

Akıllı Su Sayaçlarında Çift Yönlü LoRaWAN Protokolü ve IoT Uygulaması

    
Emrecan TANKUT¹, Burak ÇELİKKAYA¹, Ender YURDAKOÇ¹, Volkan SİSALAN¹, Muammer Catak^{*2}

¹ Baylan Ölçü Aletleri San. ve Tic. LTD. ŞTİ., BAYLAN AR-GE MERKEZİ

² College of Engineering and Technology, American University of the Middle East, Kuwait

e.tankut@baylanwatermeters.com, b.celikkaya@baylanwatermeters.com, e.yurdakoc@baylanwatermeters.com, v.sisalan@baylanwatermeters.com, Muammer.Catak@aum.edu.kw

Öz

Bu çalışmada, LoRa modülasyonu kullanarak haberleşen LoRaWAN protokolü tabanlı uzaktan okuma yöntemi sunulmuştur. Önerilen yöntem, su sayaçları için uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İlgili uygulamada, sayaç ile LoRa sunucusu arasında çift yönlü haberleşme sağlanarak, okuma işleminin doğruluğu ve güvenilirliği artırılmıştır. Ek olarak, uygulama kapsamında sayaçların LoRa sunucusuna farklı yöntemler ile kaydedilmesi, sunucuda gerçekleştirilebilecek işlemlerin anlatılması, iş emirlerinin gönderilmesi ve gönderimi sağlanan iş emirlerinin kontrolü anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler: LoRaWAN protokolü, Lora modülasyonu, Çift yönlü haberleşme, Lora su sayacı uygulaması

Bi-directional LoRaWAN Protocol and IoT Application on Smart Water Meters

Abstract

In this study, the LoRaWAN protocol based remote reading method that communicates using LoRa modulation technique is presented. The proposed method was applied for water flow meters and successful results were obtained. In the related application, the bi-directional communication between the flow meter and the LoRa server is provided, thereby improving the accuracy and reliability of the reading operation. In addition, the activation of the flow meters to the LoRa server with different methods, the operations that can be performed on the server, the sending of work orders and the control of the work orders are explained.

Keywords: LoRaWAN protocol, Lora modulation, Bi-directional communication, Lora water flow meter application

1. Giriş

Su sayaçları uzun yıllardır, ev ya da sanayi uygulamalarında tüketim değerlerinin ölçülmesi için kullanılmaktadır. Tüketim değerlerinin hesaplanması ve kullanıcılara fatura edilmesi amacıyla, sayaçlarda tüketim değerlerinin belirli aralıklarla ölçülmesi ve kayıt altına alınması gerekmektedir. Tüketim değerlerinin belirlenmesinde kullanılan en eski yöntem, sayaç başına bir görevlinin giderek son endeks bilgisini okuması, okunan bilginin bir dönem önceki endeks bilgisinden çıkartılarak o dönem içerisindeki tüketim değerinin bulunması yöntemidir.

Bu yöntemde sayaç okunabilmesi için, sayaç başına fiziksel olarak gidilmesi gerekmektedir.

Şehirleşmenin artması ve endüstriyel üretimin yaygınlaşması sebebi ile abone sayısında radikal bir artış gerçekleşmiştir (Domene and Sauri, 2006). Tablo 1'de üç büyük ilin 2013-2017 arası su abone sayısı sunulmuştur (İstanbul, Ankara, İzmir Büyükşehir Belediyeleri). Bu duruma bağlı olarak, geleneksel sayaç okuma teknikleri kabul edilebilir hata bandında ölçümler yapmak için yetersiz kalmakta ve maliyeti artırıcı bir girdi haline dönüşmektedir. Hata payları için, Resmi Gazete'de yayımlanan Ölçü ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği dikkate alınarak, en fazla %5 olarak kabul edilmiştir. Bazı kısıtları olmakla birlikte, kablosuz haberleşmeli ve uzaktan

* Corresponding Author.

E-mail: muammer.catak@gmail.com

Received : 27 Feb 2019

Revision : 20 Jul 2019

Accepted : 24 Sep 2019

otomatik okuma yöntemleri bu soruna çözüm olarak kullanılmaktadır.

Kablolu haberleşme standardı Modbus protokolü ile uzaktan okuma sağlanabilmektedir. Okuma yapılabilmesi için tüm sayaçlara ayrı ayrı kablo çekilmesi gerekmektedir. Sayaç sayısının fazla olduğu durumlarda her bir sayaç için ayrı bir kablo çekilmesi karışıklıklara, yanlış bağlama gibi sorunlara neden olmaktadır. Diğer bir kablolu çözüm ise Metering Bus (M-Bus) protokolüdür. M-Bus protokolü ModBus'a göre farklı bir modülasyon tekniği kullanılmaktadır. Fakat tek master cihazı ile en fazla 255 adet slave cihazı okunabilmektedir. Okunmak istenen sayaç sayısı 255 üzerinde olduğunda birden fazla master cihazı ile okuma yapılması gerekmektedir.

Tablo 1. Üç büyük şehirde yıllara göre değişen abone sayıları [2-8]

| Yıl | Abone Sayısı | | |
|------|--------------|-----------|-------------|
| | İstanbul | Ankara | İzmir |
| 2013 | 5.561.228 | 1.804.251 | 1.274.462 |
| 2014 | 5.753.966 | 2.011.986 | Açıklanmadı |
| 2015 | 5.939.062 | 2.090.351 | 1.632.498 |
| 2016 | 6.101.133 | 2.166.317 | 1.691.609 |
| 2017 | 6.303.040 | 2.228.014 | 1.747.031 |

Kablolu çözümlerin yetersiz olduğu düşüncesi ile kablosuz çözümler aranmaya başlanmıştır. En yaygın olarak kullanılan kablosuz çözüm olarak wM-Bus protokolü ortaya çıkmıştır. Bu protokol ile sayaçlar kablosuz olarak belirli mesafelerden okunabilmektedir. Fakat wM-Bus protokolü kapalı alanlarda 50-100 metre civarında bir menzile sahiptir. Okunmak istenilen alan büyüdükçe okuma cihazı ile birlikte gezilmesi gerekliliği doğmuştur. Gezinme yöntemi gerek yürüyüş (walk-by), gerek araçla (drive-by), gerekse havadan (fly-by) olarak gerçekleştirilebilir (Tuna, 2012). Ancak, bu çözümde de okumayı gerçekleştirmek için saha ekipleri ihtiyacı tekrar ortaya çıkmıştır.

Diğer bir kablosuz çözüm yöntemi ise GPRS ile okumadır (Ahmad et al., 2013). GPRS okumalı sayaçlarda okuma mesafesi 2G hattının çekim mesafesi kadardır. Bununla birlikte sayaçlar içerisinde sim kart takılması ve data paketi kullanılması gereklidir. Bu durum ilave masraf yaratmaktadır. Ayrıca sayaçlar ihale usulü ile satılmakta olup, ihalelerde data sağlayıcılar için çeşitli süre kısıtları bulunmaktadır. Süre bitip data sağlayıcı değiştiğinde sayaç içerisindeki tüm sim kartlarının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu durum gerek ilave masraflar oluşturmakta gerekse, sayaçların su veya toza karşı olan koruma sınıfı olan IP (ingress protection) koruma sınıfı kötü anlamda etkilenmektedir.

Bu çalışmada, LoRaWAN haberleşme protokolüne dayalı, LoRa modülasyon tekniği kullanılarak uzaktan kablosuz sayaç okuma yöntemi ve web tabanlı uygulaması tartışılmaktadır. Makalenin yazım akışı şu şekildedir: Bölüm 2'de LoRaWAN protokolü ve çalışma tekniği tartışılmakta; Bölüm 3'te LoRaWAN Protokolünün Sayaç Uygulaması anlatılmaktadır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen teknik sonuçlar sunulmaktadır.

2. LoRaWAN Protokolü

Düşük-Güç-WAN (LPWAN) kablosuz geniş alan ağı teknolojisidir. Düşük bant genişliği, az güç tüketimi ile uzun bir menzil kapsanarak kullanılmaktadır. Bu yeni teknoloji, kablosuz veri iletişimi için tasarlanmış ISM (Industry, Science, Medical) bandı olarak bilinen lisanssız spektrumda çalışmaktadır. Çalışma ortamları konut, sanayi ve modern kent merkezleri olarak tanımlanabilmektedir (Nur et al., 2017).

LoRa; nesnelerin interneti (IoT) için bir altyapı çözümü olarak tanımlanan uzun menzilli, düşük güçlü, düşük-bit hızında, kablosuz bir modülasyon tekniğidir. Son cihazlar (node/mote), bağlı olan ağ geçidine bağlanmak için tek bir kablosuz atlamada LoRa protokolünü kullanır (Augustin et al., 2016). Bu makalede çift yönlü olarak haberleşen LoRaWAN protokolünü kullanan su sayaçları tartışılacaktır.

Lloret et al. (2016), elektrik, su ve doğalgaz ölçümleri için akıllı sayaç kullanılan IoT mimarisi önermektedirler. Yazarlar, sundukları mimari ile akıllı sistemlerin hem kamu tarafında hem de müşteri tarafında olumlu etkileri olacağını beklemektedirler.

Cheong et al. (2017), LoRaWAN tabanlı sistemlerde güç tüketimini incelemektedirler. Elde ettikleri sonuçlara göre, gönderilen data boyutu arttıkça, beklendiği üzere güç tüketiminin de arttığı yönündedir.

LoRaWAN protokolü kapsamında birden fazla frekans ve veri hızı kullanılmaktadır. Frekans bantları ülkelere göre farklılık gösterebilir. Bu makalede, Türkiye ve diğer Avrupa ülkelerince de kullanılan EU868 MHz frekans bandı ile çalışılmıştır. EU868 MHz kapsamında, 3-adet zorunlu ana kanal bulunmaktadır. Bu kanallar; 868.1, 868.3, 868.5 MHz frekanslarıdır. Zorunlu ana kanallar ile birlikte bazı yan kanalların kullanımı da mevcuttur. Bu kanallar; 867.1, 867.3, 867.5, 867.7, 867.9 MHz frekanslarıdır (LoRa Alliance, 2019). Yan frekanslarının varlığı aynı anda dinlenebilecek node / mote sayısını arttırmaktadır. Ve node / mote yayınlarının birbirlerini etkilemesini engellemektedir. Bunun ile birlikte 6 adet veri hızı bulunmaktadır. Bu hızlar node ile gateway arasındaki mesafeye bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Daha uzak olan nodelerin daha düşük veri hızıyla haberleşmesi gerekmektedir. Aksi durumda haberleşme sağlanamamaktadır. İlgili modülasyon tekniği, düşük

veri boyutu ve veri hızları göz önüne alındığında LoRaWAN protokolü ile teoride 10 km, pratikte ise 4-5 km'lik alanda haberleşme sağlanabilmektedir. Bu farkın temel sebepleri, coğrafi özellikler ve kent yapılaşma durumudur. Ayrıca 8 temel alt frekans ve 6 veri hızı olduğu düşünüldüğünde toplam 48 adet node / mote aynı anda dinlenebilmektedir.

Node / mote olarak belirtilen noktalar çalışmamız için akıllı su sayaçlarıdır. Akıllı su sayaçları ön ödeme özelliğine sahip olabilen, akıllı kartlar ya da özel sunucular tarafından kontrol edilebilen su sayaçları olarak tanımlanır. Sayaçlar uzaktan Baylan Ölçüm Sistemleri (BMS - Baylan Metering Systems) olarak isimlendirilen bir web panel üzerinden kontrol

İlk olarak, işlem yapılmak istenen sayaçların LoRa Server üzerine kaydedilmesi gerekmektedir. İlgili sayaçlar temel olarak 2 farklı aktivasyon yöntemi ile LoRa Server'a kaydedilebilir. İlk yöntem ABP

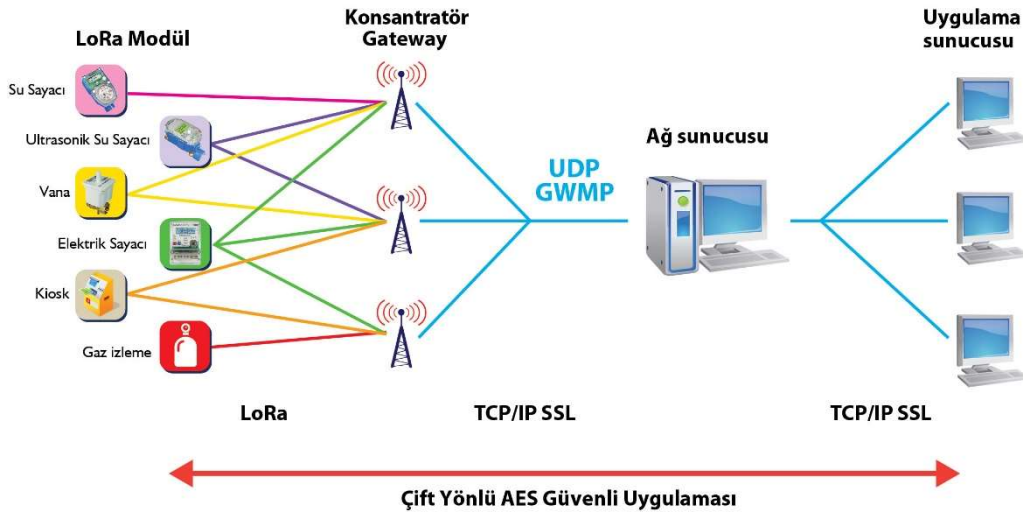
edilebilmektedir. Panele, webe erişebilen tüm platformlardan erişilebilmektedir. Bu sayede panel, platform bağımsız olarak çalışmaktadır. Panel üzerinden kredi yükleme-silme, vana açma-kapama, ceza temizleme, parametre değiştirme (RF ayarları, LoRa yayın periyodu, yangın modu süresi vb.) gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir.

3. LoRaWAN Protokolünün Sayaç Uygulaması

Bu makalede önerilen LoRa tabanlı uzaktan okuma sisteminin çalışma prensipleri Şekil 1'de özetlenmiştir.

(Activation by Personalization) aktivasyonu yöntemidir. ABP yöntemi kendi içerisinde 2 seçenek içermektedir. İlk yol, AES (Advanced Encryption Standard) key kullanılarak sunucuya kaydedilmesidir.

LoRaWAN TEKNOLOJİSİ İLE UZAKTAN SAYACI OKUMA (AMR) SİSTEMİ



Şekil 1. Uzaktan okuma sayaç uygulamasının çalışma prensipleri

AES key; sayacın kendi güvenlik şifre üretmesini sağlayan algoritmasında kullanılan özel bir anahtardır. Bahsedilen özel bir algoritma birlikte işlenerek sayaçların LoRa sunucusuna kaydedilmesi için gerekli şifrelerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Sayaç numarası, bir AES master key ile birlikte algoritmada işlenmektedir. Bu işlem sonucunda Uygulama oturum şifresi (Application Session Key) ve Ağ oturum şifresi (Network Session Key) oluşturulmaktadır. Ancak, sayacın LoRa Server'a kaydedilmesi için ilk önce Ağ oturum şifresi ve Uygulama oturum şifrelerinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmayabilir. AES şifresi, "AES şifresi kullan" (Use AES Key) kutucuğu işaretli durumda, ilgili bölüme girilerek şifre girilme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. AES şifresi girişi sağlandıktan sonra, Cihaz No ilgili alana girilerek "Ekle" tuşuna basılmalıdır. Bu işlem ile sayacın LoRa Server'a eklenmesi sağlanmaktadır.

ABP yönteminin diğer yolunu uygulamak için AES şifresi (use AES Key) kullan kutusu işaretinin kaldırılması gerekmektedir. İlgili seçim kaldırıldığında; Uygulama oturum şifresi (Application Session Key) ve Ağ Oturum şifresinin (Network Session Key) birlikte girilmeli, bunu takiben, tekil cihaz girişi (Single Device

Entry) üzerinden cihazın girilerek ekle butonuna basılmaktadır. İşlem yapıldığından sayaç Server'a kaydedilmiş olunmaktadır.

Uygulama şifresi (Application Key), Uygulama kimlik numarası (Application EUID) ve sayaca özel kimlik no (Device EUID) girilerek ekle (Add) butonuna tıklanmaktadır. Böylece ilgili sayacın server'a kaydedilmesi sağlanmaktadır.

Sayaç kayıtlanması tamamlanması ve ilk okumaların gerçekleşmesinden sonra, sayaca ait tüm bilgiler ilgili ekran üzerinden okunabilir.

İlgili ekranda sayaç bilgileri genel olarak listelenir. İstenildiğinde "+" tuşuna basılarak ilgili sayacın detay bilgilerine ulaşılabilmektedir. Genel ekran üzerinden; ürün tanıtım kodu, ürün tipi, kurum adı, sayaç endeksi, bir önceki sayaç endeksi, tür, kredi, son bağlantı zamanı, vana durumu, uyarı, ceza, pil durumu, versiyon, gateway, entegrasyon kodu, oluşturulma tarihi bilgilerine erişilebilmektedir. Sayaç detay ekranında ise; bilgi, tüketim, cezalar ve uyarılar, vana durumu geçmişi, iş emirleri, yorumlar, lokasyon, ürün geçmişleri alt menülerine erişilebilmektedir (bakınız Şekil 2 ve 3).

3.1. İş Emirlerinin Gönderilmesi

İş emirlerinin LoRa sunucusu aracılığı ile sayaçlara gönderilmektedir.

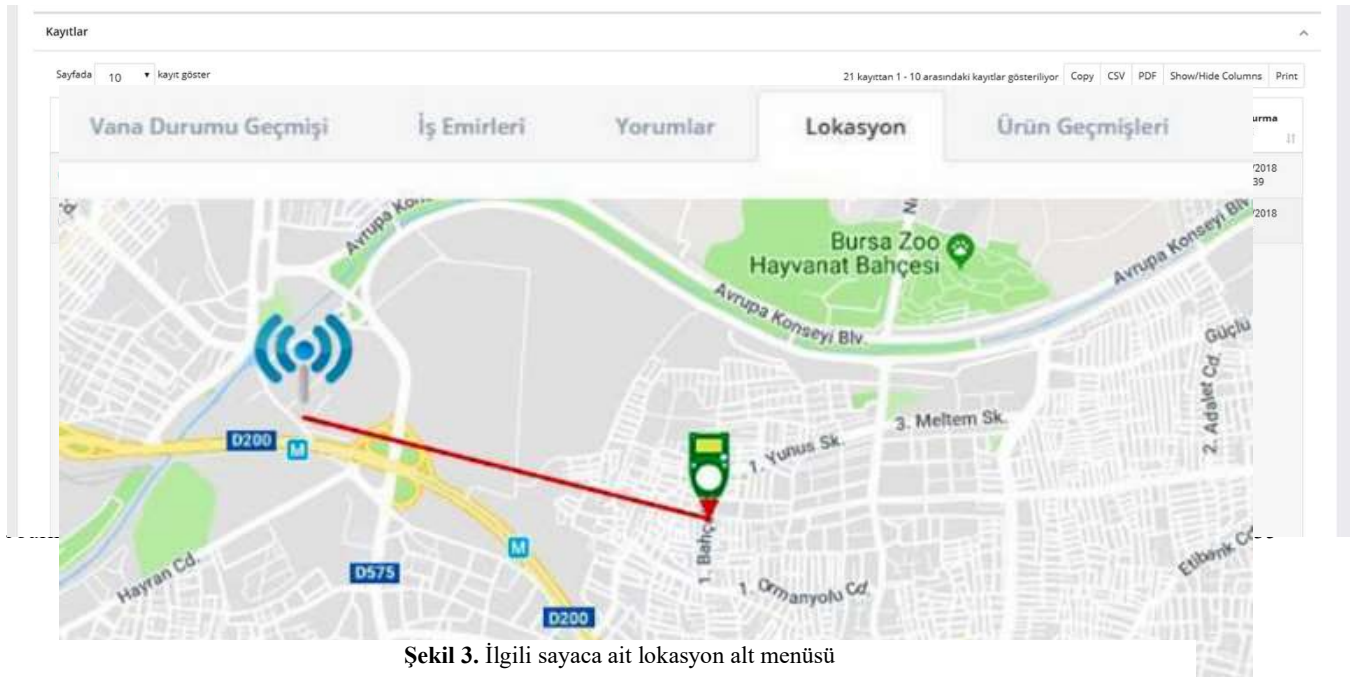
İş emri gönderilmesi için, sayaç listesinde bulunan üç nokta menüsüne tıklanmalıdır. İlgili menü altında; adres düzenle, sayaç tüketim verileri, iş emri gönder ekran işaretçileri yer almaktadır. Sayaca iş emri gönderilmesi için, iş emri gönder seçeneğinin tıklanması gerekmektedir. Gönderilmek istenilen iş emri İş Emri İsmi listesinden seçilip, listeye ekle butonu tıklanmalıdır. Bu işlemin ardından gönderilmek istenilen iş emri aşağıda bulunan İş Emri listesine gönderilmiş olur. Yanlış iş emri kodu seçildiğinde sil

butonu tıklanarak iş emri listeden

kaldırılabilir. İş emrinden emin olduğunda İş Emri Gönder butonu tıklanmalıdır. Böylece iş emrinin sayaca gönderilmesi için sıraya alınması işlemi gerçekleştirilmiş olur. Sayacın bahsedilen iş emrini alabilmesi için gateway ile bağlantıya geçmesi gerekmektedir. Sayaç gateway ile daha öncesinde planlanan haberleşme periyodunda otomatik olarak, ya da sayaç başında menü tuşuna uzun süre basılmak suretiyle manuel tetiklenerek haberleşebilmektedir. Gönderilen iş emirlerinin durumları, sayaç listesinde bulunan ilgili sayacın detay menüsünden izlenebilmektedir.

Gateway üzerinden sayaca gönderilen komut sayaç

Şekil 2. LoRa Server'a eklenmiş sayaçların liste halinde görünümü



Şekil 3. İlgili sayaca ait lokasyon alt menüsü

tarafından işlenir. Sayaç, komutu işleyerek komut içerisindeki iş emrini almakta ve iş emrini uygulamaktadır. İş emri uygulandığında ise, anında gateway'e cevap döner. Verilen cevap, gateway tarafından doğrudan LoRa server'a gönderilmekte ve server'ın mesajı anlamlandırması sağlanmaktadır. Sayaç ilgili cevabında iş emrinde istenilen komutunu başarılı olarak gerçekleştiremezse, neden başarısız olduğu ile ilgili hata kodu dönüşü yapmaktadır. Sayaç ile gateway arasında gönderilen komutlar parametrikdir. Dolayısıyla her komut kendi içerisinde farklı paket yapılarına ve paket büyüklüklerine sahip olmaktadır. Sayaçlara gönderilmek istenilen paket boyutu ne kadar küçük olursa, haberleşme için kullanılan bantı daha az meşgul etmiş olur.

Gateway tarafından sayaçlara gönderilen paketler içerisinde birden fazla iş emri yer alabilmektedir. Böylece birden fazla iş emri gönderilerek haberleşme için kullanılan bantı daha etkili bir şekilde kullanılabilir. Gateway, 9 V DC 1.7 A çıkışlı 100 – 240 V AC 50/60 Hz adaptor ile beslenmektedir. Node tarafı ise 3.6 V DC pil ile çalışmaktadır. Sayaçlar, her saatte bir, 16 byte'lık yayın ile 10 yıldan fazla pil ömrü sağlayabiliyor. Tam dolu batarya ile matematiksel olarak 16 byte datayı yaklaşık olarak 185 bin defa gönderebilir.

4. Sonuçlar

Sayaçlarda çift yönlü olarak kullanılan LoRa, sayaç okumalarının çok uzak mesafelerden yapılmasına imkan sağlar. Burada temel kazanım; çift yönlü LoRa protokolü ile su sayaçlarına uzaktan kredi yüklemek, kredi silmek, vana açmak, vana kapamak, sayaç parametrelerini değiştirmek gibi daha öncesinde sayacın başına gidilerek yapılması gereken işlemleri çok uzak mesafeden yapılabilmesidir. Bununla birlikte, sayaç başına gidilmediğinden dolayı vana açma-kapama mühürleme işlemlerinde ilave maliyet durumunun kaldırılmasıdır.

Parametrik komut ile değişen boyutlarda veri paketi kullanılmakta böylece sayaçların haberleşme esnasında daha az uyanık kalması sağlanmaktadır. Daha az uyanık kalan sayaç daha kısa sürede uyku moduna geçmekte böylece daha az pil harcamaktadır. Su sayaçları pil esaslı olarak çalıştıklarından dolayı pil ömrünün artırılması sayaç ömrünün artırılmasının önünü açmaktadır. Ayrıca parametrik komut ile haberleşme frekansları daha az meşgul edilmektedir. Haberleşme frekansları daha kısa sürelerde meşgul edildiğinde aynı gatewaye bağlanabilecek sayaç sayısı artmaktadır. LoRa sistemleri kurulumlarında en büyük maliyet kalemlerinden biri de gateway maliyetidir. Bu yapılanma ile gateway masrafının indirgenmesi sağlanmıştır.

Aynı paket içerisinde birden fazla komut gönderilmesi ile birden fazla komut gönderilmek istenilen sayaçlar bir haberleşme sekansı içerisinde bahsedilen birden fazla sayıdaki iş emrini

işleyebilmektedir. Böylece birden fazla kez uyanık duruma geçmemekte ve sayaçların pil tüketimleri azalmaktadır.

Kaynaklar

- Domene, E., Sauri, D., 2006. Urbanisation and Water Consumption: Influencing Factors in the Metropolitan Region of Barcelona. *Urban Studies*, 43(9), 1605–1623.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2018. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi İSKİ Genel Müdürlüğü 2017 yılı faaliyet raporu. İstanbul, Türkiye.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2018. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi ASKİ Genel Müdürlüğü 2017 yılı faaliyet raporu. Ankara, Türkiye.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2018. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi İZSU Genel Müdürlüğü 2017 yılı faaliyet raporu. İzmir, Türkiye.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2017. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi İZSU Genel Müdürlüğü 2016 yılı faaliyet raporu. İzmir, Türkiye.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2016. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi İZSU Genel Müdürlüğü 2015 yılı faaliyet raporu". İzmir, Türkiye.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2015. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi İZSU Genel Müdürlüğü 2014 yılı faaliyet raporu". İzmir, Türkiye.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2014. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi İZSU Genel Müdürlüğü 2013 yılı faaliyet raporu. İzmir, Türkiye.
- Tuna, G., 2012. Performance Evaluations on UAV-Aided Automated Meter Reading. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 9 (6), 229.
- Ahmad, Z., Asad, E.U., Muhammad, A., Ahmad, W., Anwar, A., (2013). Development of a Low-Power Smart Water Meter for Discharges in Indus Basin Irrigation Networks. Editors: Shaikh FK, Chowdhry BS, Ammari HM, Uqaili MA, Shah A. *Wireless Sensor Networks for Developing Countries*. 366, Berlin, Heidelberg, Germany, Springer,
- Nur, A.B.Z., Habaebi, M.H., Chowdhury, I., Rafiqul, M.I., 2017. Sensor node clutter distribution in LoRa, LPWAN. *IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications*, Putrajaya, Malaysia, 28-30 November 2017.
- Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., Townsley, W.M., 2016. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16, 1466.
- LoRa Alliance, LoRaWAN Specification version 1.0.1, <https://loro-alliance.org/resource-hub/lorawanm-specification-v11> (13/02/2019).
- Lloret, J., Tomas, J., Canovas, A., & Parra, L. (2016). An integrated IoT architecture for smart metering. *IEEE Communications Magazine*, 54(12), 50-57.
- San Cheong, P., Bergs, J., Hawinkel, C., & Famaey, J. (2017, November). Comparison of LoRaWAN classes and their power consumption. In *2017 IEEE Symposium on Communications and Vehicular Technology (SCVT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Ölçü ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 24.07.1994 Resmî Gazete Sayısı: 22000