

# WI-FI TABANLI AKILLI ENERJİ ÖLÇÜM MODÜLÜ ve MOBİL TAKİP UYGULAMASI GELİŞTİRİLMESİ

Bilal KARAMAN

Sezai TAŞKIN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

bilal.karaman@cbu.edu.tr

sezai.taskin@cbu.edu.tr

## ÖZET

Akıllı ev otomasyonu sistemlerinde güç ve enerji yönetiminin sağlanması en kritik konulardan birisidir. Elektrik enerjisinin verimli kullanılması ve tasarruf sağlanması oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ev içinde enerji tasarrufu sağlanması ve elektrikli cihazların etkinliklerinin artırılması amacıyla Wi-Fi tabanlı akıllı enerji ölçüm modülleri geliştirilmiştir. Bu modüllerin bağlı olduğu elektrikli cihazlar MQTT protokolü ile internet ortamına açılmaktadır. Geliştirilen bu modüller, bir mobil uygulama aracılığıyla kullanıcıya enerji tüketim değerlerini sunmasının yanı sıra uzaktan aç-kapa gibi özellikleri sayesinde çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Wi-Fi teknolojisinin hayatımızda giderek yaygınlaştığı göz önünde bulundurulduğunda, ek bir haberleşme altyapısı gerektirmeyen bu modüllerin kullanımı oldukça pratik olup, geliştirilen sistemin ön test sonuçları başarılıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı enerji ölçüm modülü, Wi-Fi, online durum izleme.

## 1. GİRİŞ

Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından, bilgisayar ve sensör donanımlarına sahip makineler arasında verileri raporlama ve kontrol komutlarını yerine getirme konsepti ile kullanılmıştır [1]. Günümüzde ise milyarlarca bilgisayar ve nesnenin internete bağlanmasıyla akıllı ev otomasyonu, endüstriyel otomasyon, veri toplama, cihazların yönetimi, güvenlik gibi katmanları bünyesinde barındıran IoT platform uygulamaları oldukça yaygınlaşmış durumdadır. Akıllı ev otomasyonu sistemleri güvenlik, konfor, güç tüketim analizleri, uzaktan kontrol vb. uygulamaları içermektedir. Akıllı ev otomasyonu sistemlerinde kullanılan haberleşme teknolojileri Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, Thread, Z-Wave, 6LoWPAN şeklinde özetlenebilir [2]. Bunun yanında, Wi-Fi tabanlı elektrik prizleri, fişler ve akıllı

anahtar ürünleri son yıllarda akıllı ev sistemleri için oldukça popüler hale gelmiştir. Bu ürünler, bir mobil uygulama vasıtasıyla, bağlı oldukları elektrikli aletleri uzaktan açma-kapama, zaman ayarlı çalışma, güç tüketimlerini izleme gibi kullanıcıya çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

Elektrik enerjisinin birim maliyetleri, artan enerji tüketim değerleri ve çevresel kaygılar göz önünde bulundurulduğunda, enerjiyi verimli kullanmanın ve enerji tasarrufunun önemi ortaya çıkmaktadır [3]. Bu nedenle elektrikli ev aletlerinin etkinliklerinin artırılması, enerji tasarrufu sağlamaları ve uzaktan yönetilebilmeleri büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, ev içindeki elektrikli cihazların hem tükettiği enerji miktarlarını ölçen hem de bu cihazların uzaktan yönetilebilmelerine imkan

sağlayan Wi-Fi haberleşme teknolojisine sahip akıllı enerji ölçüm modülü ve kullanıcılar için enerji tüketimlerini takip edebilecekleri bir mobil uygulama geliştirilmiştir.

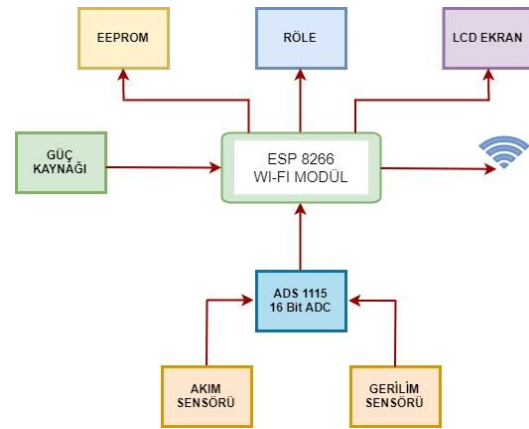
## 2. DENEY DÜZENEGİ VE ÖLÇME SİSTEMİ

Geliştirilen akıllı enerji ölçüm modülü bağlı olduğu cihazın güç tüketimini ölçerek yük profilini oluşturmaktadır. Bu sayede cihazın önceden öğrenilmiş tüketim profili dışında bir enerji harcaması tespit edilmesi durumunda cihazın enerjisini kesme gibi fonksiyonları yerine getirmektedir. Geliştirilen bu modül, Network Time Protokolü (NTP) kullanarak, gerçek zaman ve tarih bilgilerini güncelleyebilmekte ve gündüz, puant, gece olarak adlandırılan farklı tarif dilimlerindeki tüketim değerleri ile toplam tüketim değerlerini hafızasında tutabilmektedir. Ayrıca üzerinde yer alan LCD ekran ile kullanıcıya tarih ve zaman bilgilerini, zaman ayarlı çalışma bilgilerini ve bağlı olduğu cihazın tüketim değerlerini sunabilmektedir.

Mobil uygulaması sayesinde ilgili cihazları internet bağlantısı olan herhangi bir yerden uzaktan açıp kapatabilme, gerçek zamanlı olarak güç tüketimini ve farklı tarif dilimlerindeki tüketim değerlerini izleyebilme gibi çeşitli işlemler gerçekleştirilmektedir.

Tasarlanan Wi-Fi tabanlı akıllı enerji ölçüm modülüne ait donanım yapısı Şekil 1'de verilmiştir. Bu ölçüm modülü; güç kaynağı, ESP8266 Wi-Fi modülü, akım sensörü, gerilim sensörü, analog-dijital dönüştürücü, EEPROM, röle ve LCD ekran olmak üzere 8 ana bileşenden oluşmaktadır. Güç kaynağının giriş gerilimi 220VAC, çıkış gerilimi 3.3VDC olup, akıllı enerji ölçüm modülünün enerji beslemesini sağlamaktadır. Denetleyici olarak

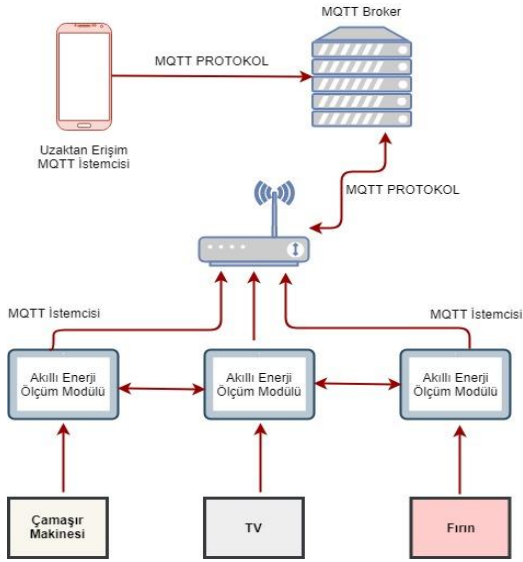
ESP8266 Wi-Fi modülü kullanılmıştır. Bu modül, 32-bit düşük güç tüketimli işlemciye ve TCP/IP stack desteğine sahiptir. Üzerinde yer alan genel amaçlı giriş çıkış pinleri vasıtasıyla sensör donanımları ve diğer cihazlara entegre edilebilen ve 2.4 GHz frekansında çalışan bu modül IoT uygulamaları için tasarlanmıştır [4]. Akım sensörü olarak ACS712 akım sensörü kullanılmış olup, 30 Amper seviyelerine kadar alternatif akım ölçebilmektedir. Gerilim sensörü olarak ZMPT101B tek fazlı AC gerilim sensörü kullanılmıştır. ESP8266 Wi-Fi modülünün 1 adet analog girişi bulunması sebebiyle, akım ve gerilim sensörlerinden alınan analog değerler, ADC1115 16-bit 4 kanal analog-dijital dönüştürücü vasıtasıyla işlenmektedir. Akıllı enerji ölçüm modülünün ölçtüğü toplam tüketim değeri ile gündüz, puant ve gece tarif dilimlerindeki tüketim değerleri, harici AT24C256 EEPROM entegresine kaydedilmektedir. Kullanıcının uzaktan aç - kapa komutlarının gerçekleştirilebilmesi ve tüketim profili dışına çıkan cihazların enerjilerinin otomatik olarak kesilmesi işleminin yerine getirilmesi için modül üzerinde bir adet röle yer almaktadır.



Şekil 1. Tasarlanan sisteme ait donanım blok diyagramı

## 2.1. Akıllı Enerji Ölçüm Modülü Haberleşme Protokolü

Akıllı enerji ölçüm modüllerinden oluşan MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) altyapısı, Wi-Fi modem ve MQTT broker Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Akıllı enerji ölçüm modülleri ile MQTT altyapısı

Şekil 1’de donanım yapısı verilen her bir akıllı enerji ölçüm modülü, MQTT protokolünü kullanarak bağlı olduğu elektrikli cihazın tüketim bilgilerini paylaşmakta ve mobil uygulama vasıtasıyla kullanıcıdan gelen komutları yerine getirebilmektedir. Bu sayede evlerimizdeki çamaşır makinesi, TV, fırın gibi elektrikli aletlerin her birine birer akıllı enerji ölçüm modülü bağlanması ile birlikte bu cihazların uzaktan kontrol ve takip işlemleri gerçekleşmektedir. MQTT protokolü, internette yaygın olarak kullanılan makinalar arası (M2M) mesaj tabanlı bir protokoldür. Bu protokol, publish(yayın)- subscriber(abone) yapısında TCP/IP bağlantısı ile iletişim kurulmasını sağlar [5]. Bu protokolde client(istemci) ve broker olmak üzere iki ana bileşen vardır. MQTT client, bir

mesaj yayınlayan veya bir mesaja abone olan bir dizi elektronik cihaz, mobil cihaz ve web uygulaması olabilir. MQTT broker, yayınlanan tüm mesajları toplayan ve abonelere ileten internet tabanlı gömülü bir bilgisayar platformudur. Client tarafından yayınlanan mesaja bir konu aracılığı ile bir veya daha fazla subscriber abone olabilir. Konu ise yayınlanacak verileri kapsayan bir kelimedir [6]. AWS, Azure ve Google Cloud Platform başta olmak üzere, hemen hemen tüm IoT bulut bilişim platformları akıllı nesnelere veri gönderip almak için MQTT protokolünü desteklemektedir [7-9].

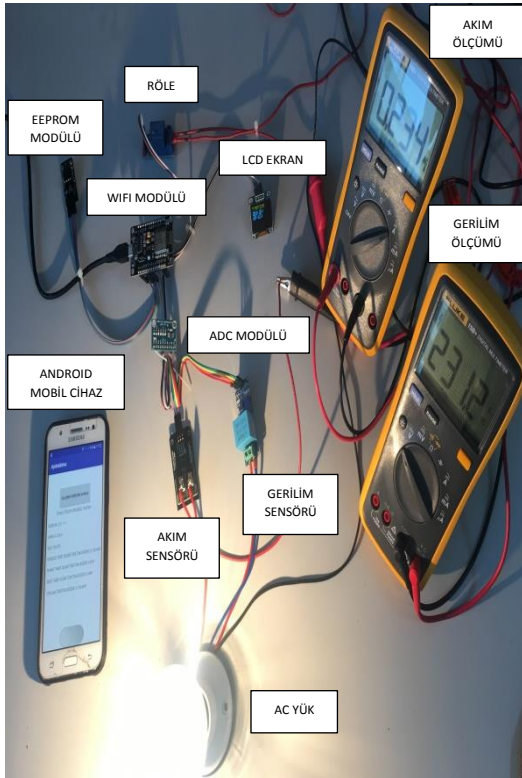
Eclipse Vakfı’nın 2019 yılı IoT anketi sonuçlarına göre IoT uygulamalarında en çok kullanılan iletişim protokollerinden biri MQTT, en yaygın kullanılan bağlantı protokollerinden biri de Wi-Fi olmuştur [10]. Bu sebeple geliştirilen akıllı enerji ölçüm modüllerinin Wi-Fi tabanlı olması ve MQTT protokolünü kullanması tercih edilmiştir.

## 3. SİSTEM TESTİ

Bu çalışmada geliştirilen Wi-Fi haberleşme yeteneğine sahip akıllı enerji ölçüm modülü ile birlikte, ev içindeki elektrikli aletlerin uzaktan yönetilebilmelerini ve tüketim değerlerini farklı tarif dilimlerini de temel alarak kullanıcıya sunan bir ev otomasyonu sistemi geliştirilmiştir. Bu enerji ölçüm modülü, kolayca konfigüre edilerek ortamdaki Wi-Fi ağına bağlanabilmektedir. Enerji ölçüm modülü, bağlı olduğu cihazın yük profilini öğrenme kabiliyetine sahiptir ve cihazın tüketim profili dışında aşırı enerji harcaması tespit edildiğinde cihazın enerjisini keserek, yangın vb. tehlike arz edecek durumların önüne geçebilecektir. Ayrıca, bu modüller kullanıcı için hazırlanan mobil

uygulamaya bildirimler göndererek, enerji tüketiminin daha düşük birim fiyattan faturalandırıldığı gece tarif diliminde çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, ütü gibi elektrikli ev aletlerinin kullanımlarını yönlendirebilmektedir.

Şekil 3'te geliştirilen sisteme ait bileşenler yer almaktadır ve örnek bir uygulamaya yer verilmiştir. Bu uygulamada elektrikli ev aleti olarak 52W gücünde bir tasarruflu halojen ampül kullanılmıştır. Enerji ölçüm modülünün ölçtüğü değerler anlık olarak android işletim sistemleri için geliştirilen mobil uygulama sayesinde takip edilmiştir. Bu deney için enerji ölçüm modülünün ölçtüğü değerlerin takip edildiği mobil uygulamaya ait arayüz ise Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 3. Geliştirilen sistemin testi

Ayrıca, tasarruflu halojen ampül ile yapılan bu deney için enerji ölçüm modülünün ölçüm sonuçları ve FLUKE

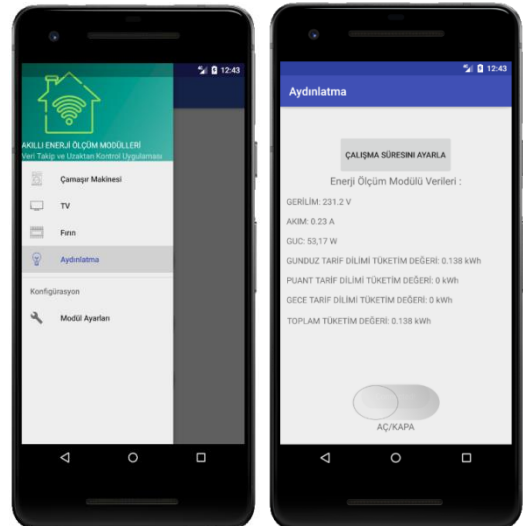
dijital multimedya ile elde edilen ölçüm sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

	Wi-Fi Tabanlı Akıllı Enerji Ölçüm Modülü	FLUKE Dijital Multimedya
Gerilim Ölçümü	231,2 VAC	231,2 VAC
Akım Ölçümü	0,23 A	0,234 A

Tablo 1. Sistem testine ait ölçüm sonuçları

### 3.1. Kullanıcı Mobil Uygulaması

Geliştirilen kullanıcı mobil uygulaması, son kullanıcı ile akıllı enerji ölçüm modülü arasında bir arayüz görevi görmektedir. Android Studio ortamında geliştirilen bu mobil uygulama, MQTT protokolü ile akıllı enerji ölçüm modüllerinin bağlı olduğu tüm elektrikli ev aletlerinin tüketim değerlerinin takip edilmesi, uzaktan açma-kapama işlemlerinin yerine getirilmesi ve kullanıcı tarafından belirlenen periyotlarla cihazların çalışmasının sağlanması gibi işlemlere sahiptir. Geliştirilen uygulamanın arayüzü, Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Geliştirilen kullanıcı mobil uygulama arayüzü

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, MQTT protokolü vasıtasıyla elektrikli ev aletlerinin etkinliklerinin artırılmasını amaçlayan bir IoT uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan akıllı enerji ölçüm modülü kullanıcı dostu olup çeşitli tasarruf avantajlarını bünyesinde barındırmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama ile ayrı ayrı tüm modüllerin verileri takip edilebilmekte ve uzaktan açma-kapama gibi işlemler yapılabilmektedir. Bu çalışma, Nesnelerin İnterneti kapsamında en popüler uygulama alanlarından biri olan akıllı ev otomasyonu sistemine hitap etmektedir. Wi-Fi tabanlı akıllı elektrik sayaçların geliştirilmesinde bu çalışmada sunulan yöntemlerden yararlanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] D. Norris, The Internet of Things: Do-It-Yourself at Home Projects for Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black (McGraw-Hill Education, New York, 2015)
- [2] Özdemir N.C., Çetiner, S. & Karakaya, E., (2019.03.02), Iot Haberleşme Teknolojileri Ve Wi-Fi Tabanlı Akıllı Yol/Cadde Aydınlatma Sistemleri. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası: [http://www.emo.org.tr/ekler/fc8aa36b235962e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/fc8aa36b235962e_ek.pdf) adresinden alındı.
- [3] Xiaodong Fan, Bo Qiu\*, Yuanyuan Liu, Haijing Zhu, Bochong Han. Energy Visualization for Smart Home. The 8th International Conference on Applied Energy – ICAE2016, pp. 2545 – 2548.
- [4] [https://nurdSPACE.nl/images/e/e0/ESP8266\\_Specifications\\_English.pdf](https://nurdSPACE.nl/images/e/e0/ESP8266_Specifications_English.pdf)
- [5] <https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki>
- [6] Rifki Muhendra, Aditya Rinaldi, Maman Budimana\*, Khairurrijal. Development of WiFi Mesh Infrastructure for Internet of Things applications. Engineering Physics International Conference, EPIC 2016, pp. 332 – 337.
- [7] <https://aws.amazon.com/>
- [8] <https://azure.microsoft.com/en-us/>
- [9] <https://cloud.google.com/>
- [10] <https://iot.eclipse.org/resources/iot-developer-survey/iot-developer-survey-2019.pdf>