

IOT TABANLI AKILLI YOL AYDINLATMA SİSTEMİ

Canan PERDAHÇI¹ Zeki ÜNAL² Burak BIKMAZ³

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Veziroğlu Yerleşkesi 41040 İzmit / Kocaeli

²Tamara Elektronik Tasarım

Teknopark İstanbul 3. Blok 1B3034912 Pendik / İstanbul

³Akım Metal San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi
34459 Tuzla/İstanbul

perdahci@kocaeli.edu.tr¹, zeki@tamara.com.tr², bbikmaz@akimmetal.com.tr³

ÖZET

Bu çalışmada enerji tasarrufu açısından büyük önem taşıyan ve önerilen IOT tabanlı akıllı sokak aydınlatma sistemine yer verilmiştir. Sistem her bir armatürün uzaktan yönetimini sağlayan ağ geçitleri üzerinden kablosuz Internet Protokolü (TCP / IP) bağlantısı içerir. Sistemin çalışma modu Wi-Fi kullanılarak kontrol edilmektedir. Tüm sistem gerçek zamanlı bir veri tabanı kullanan şehir yönetim yazılımı tarafından kontrol edilmektedir.

1. GİRİŞ

Akıllı şehir, tüm altyapılarını ve hizmetlerini uyumlu bir bütüne entegre ederek, izleme ve kontrol için akıllı cihazlar kullanarak sürdürülebilirliği ve verimliliği sağlayan şehirdir [1]. Akıllı şehirler ile amaç; aydınlatma yönetimi yoluyla enerji verimliliği optimize edilerek yeni teknolojiler ve aydınlatma sistemlerinin kontrolü ile sürdürülebilir ekonomik gelişme sağlamaktır [2]. Akıllı aydınlatma alanlarındaki yeni uygulamaların odağı, aydınlatma fonksiyonlarının daha dinamik, kontrol edilebilir, iç ve dış değişkenlere bağlı olarak uyarlanmasını sağlayarak daha akıllı aydınlatma çözümlerine yol açan dijital etkin ve kontrollü aydınlatma ara yüzleri ve sistemlerini sağlamaya yöneliktir. Verimlilik, gelişmiş yönetim özelliği ve ömür bakımından LED'li akıllı yol aydınlatma sistemlerinin konvansiyonel yol aydınlatma sistemlerine göre yüksek verimlilik, ışığın rengini ve yönünü kontrol edebilme özelliği yanında yüksek ömür gibi çeşitli avantajlar da sağlamaktır [3].

Bir şehir için en büyük enerji giderlerinden biri de sokak aydınlatmasıdır. Akıllı bir sokak aydınlatma sistemi, sokak aydınlatma maliyetlerini %50-%70 oranında azaltabilir. Akıllı bir sokak aydınlatma sistemi armatürlerin ışık çıktısını kullanım ve doluluk esasına göre ayarlayan bir sistemdir. Akıllı bir sokak aydınlatma yönetimi sokak lambalarının gerçek enerji tüketimini uzaktan izlemek ve kontrol yoluyla uygun enerji tüketimi azaltma önlemlerini almak için kablosuz tabanlı sistemin kurulmasını önerir [4]. Akıllı aydınlatma sistemi akıllı şehrin saha kurulu en alt iletişim çekirdeğini oluşturmaktadır ve açık protokoller ile bağlanabilecek tüm yan sistemlere iletişim altyapı hizmeti sunmaktadır.

Yollarda, caddelerde, evde vb. bulunan akıllı aydınlatmalar IoT'nin örnekleridir. Nesnelerin İnterneti (IoT), cihazların içinde bulunan çeşitli yazılım ve donanımlarla birbirleriyle entegre olarak iki yönlü iletişim kurmalarına yardımcı olan cihazların, otomobillerin ve diğerlerinin bağlantısıdır [5].

2. Literatürdeki Çalışmalar

Literatürde yer alan akıllı yol aydınlatma sistemleri ile ilgili önemli çalışmalar bu bölümde incelenecektir.

2017 yılında yayınlanan “**Sokak Lambalarında IoT Tabanlı Akıllı ve Uyarlanabilir Aydınlatma**” adlı makaledeki proje, güneş ışığına dayanarak sokak lambasını kontrol eden akıllı gömülü sistem ile gerçekleştirilmiştir. Gece boyunca sokak lambaları otomatik olarak kapanmaktadır. Açma/Kapama, internet üzerinden her zaman her yerden erişilebilir durumdadır. Yolda gerçekleştirilen olayları izlemek için sokak armatürünün üstüne bir kamera yerleştirilmektedir. Buna ek olarak, herhangi bir acil durum veya tehlike durumunda, tehlike altındaki kişinin yakındaki karakolda alarm veren düğmeye basabilmesi için direğe bir panik butonu yerleştirilmektedir. Panik düğmesine her basıldığında, kamera tarafından kaydedilen o andaki görüntüler doğrudan bulut hesabına gönderilir. Olay yerini tespit edebilen özel karakola bulut hesabına erişim verilir. Her bir bölgenin sokak armatürleri belirli bir bölgenin karakoluna bağlanır ve her birinde buluta erişim hesabı vardır. GSM teknolojisini kullanarak manuel işlem tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle sistem temel olarak güvenliği sağlamak ve enerji israfını önlemek için tasarlanmıştır [6].

2017 yılında yayınlanan “**IOT Tabanlı Akıllı Sokak Aydınlatma Yönetim Sistemi**” isimli diğer bir çalışmada ise güç tüketen geleneksel HID lambalarının yerini almak için çok fazla elektrik tüketmeyen Işık Yayan Diyotları (LED) kullanılmaktadır. HID lambalarıyla mümkün olmayan yoğunluk değişimi LED lambalar ile sağlanabilmektedir. Belli yönde ışık yayan LED lambalar ile sokak lambalarının verimi optimize

edilebilmektedir. Projedeki sistem ek bir DHT11 Sıcaklık-Nem sensörü içermektedir. Bu şekilde belirli bir bölgenin tam sıcaklığı ve nemi sağlanmış olur. DHT11, sıcaklık ve nemin kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışını içeren kompozit bir sensördür. Bu çalışma, çeşitli zamanlarda istenen ışık yoğunluğunu sağlamak için programlanmış bir Arduino kartı kullanılarak gerçekleştirilmektedir [7].

2016 yılında yayınlanan “**Akıllı Kontrol Sistemine Dayalı LED Sokak Lambalarının Düşük Güç Tüketimi**” adlı projede akıllı kontrol sistemine dayanan düşük güç tüketimi LED sokak lambasının kullanımı önerilmektedir. Bu sistemde LED sokak armatürlerinden çıkan ışığın yoğunluğu güneş ışığı yoğunluğu, gündüz/gece durumu ve yoldaki trafik gibi parametrelere göre değiştiğinden bunları ölçmek için sensörler kullanılmıştır. LDR sensörü ve hareket sensörü olmak üzere iki sensör kullanılmıştır. LDR sensörü, güneş ışığının durumuna bağlı olarak LED sokak lambalarının anahtarlama hareketini kontrol etmek için kullanılır. Hareket sensörü LED ışığın yoğunluğunu değiştirmek için kullanılır, sokakta gece yarısı nesnenin hareketi olmadığında güç tüketimi azaltmak için tüm sokak lambaları kısılır. Bu projede PIC 18F4550 mikro denetleyici, LDR sensörü, hareket sensörü, LED sürücüsü ve bilgisayardan oluşan bir sistem önerilmiştir. Sistemin anahtarlama hareketi güneş ışığının yoğunluğuna bağlıdır. Bu da LDR kullanılarak kontrol edilir, yani atmosferde yeterli güneş ışığı olduğunda minimum LDR direnci ve karanlık olduğunda maksimum LDR direnci olur. Direnç eşik değeri, kullanıcı ihtiyacına göre herhangi bir değere ayarlanabilir. Bu değer LED lambaları açıp kapamak için mikro denetleyiciye gönderilir. Gece yarısı yolda çok daha az trafik olduğundan, tam yoğun ışıklı LED lambalara ihtiyaç duyulmaz. Nesnenin yoldaki

hareketini tespit etmek için yedi metre mesafeden nesnenin hareketini algılayan hareket sensörü de kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından belirlenen zamanda yolda nesnenin hareketi olmazsa, ışık yoğunluğu PWM (Darbe Genişliği Modülasyonu) darbesi kullanılarak minimum değere düşer. Bir nesnenin herhangi bir hareketi bir yolda tespit edilirse, mikro denetleyiciye bir sinyal gönderir ve mikro denetleyici, tam ışık yoğunluğuyla LED ışık vermek için PWM darbesi oluşturur. Otomasyonun yanı sıra, bu proje aynı zamanda UART üzerinden PC tarafından ikincil kontrol imkânı sunmaktadır. Bir PC ile, kullanıcı LED sokak lambalarının yoğunluğunu kontrol etmenin yanı sıra anahtarlamayı da kontrol edebilir. Bu sistemde, kullanıcı LED ışığın yanacağı yoğunluk seviyesini sağlayabilir. Kullanıcı tarafından sağlanan yoğunluk seviyesine göre, sinyaller mikro kontrolör tarafından alınır, mikro kontrolör istenen görev döngüsünün PWM'sini oluşturur ve LED sürücü devresine çıkışı verir. Bu sürücü devresinde dört çıkış kanalı vardır. Mikro kontrolörden alınan PWM sinyaline göre, sürücü devresi dört çıkış kanalının tümünün akımını aynı anda ayarlar [8].

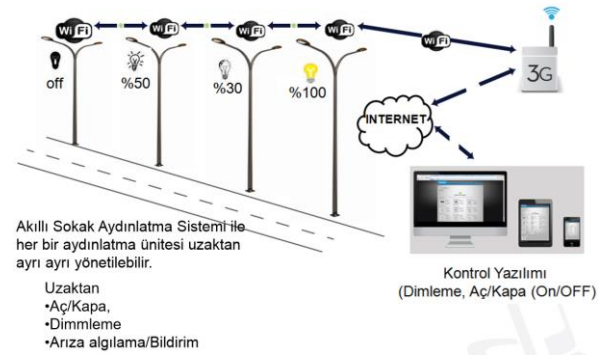
3. Sunulan Sistemin Özellikleri

Akıllı aydınlatma, iletişim ve aydınlatma olarak iki ayrı sistemden oluşmaktadır. Ancak bir elektrik direğinin o noktada olma gayesi öncelikle aydınlatma olduğu için vazgeçilemez en temel hizmet aydınlatma olacaktır.

Akıllı aydınlatmanın temel sistem olmasının sebebi aydınlatma direklerinde enerjinin bulunmasıdır. Aydınlatma direkleri sahada dağılımı da çok önemli bir özelliktir. Bu iki özellik aydınlatma direklerini birer iş istasyonu haline getirmektedir.

Sunulan akıllı aydınlatma sistemi sahada kurulu elektrik direkleri üzerinde, WiFi (kablosuz) teknolojisi ile uzaktan yönetilebilen aydınlatma birimlerinden (armatür) ve internet üzerinden erişen kullanıcılarına Web tabanlı denetim ve gözetim arayüzü sunan ve bir sunucuda çalışan aydınlatma yönetim yazılımından oluşmaktadır.

Akıllı şehir kapsamında internete bağlanılabilen Wi-Fi erişim noktaları sağlayan, “Akıllı Durak” gibi platformlar, bir üst iletişim katmanı olarak günümüzde kullanılmaktadır. Mevcut olmayan noktalarda ise sistemin ihtiyacı olan internet altyapısına erişim standart (GSM, ADSL, vb) modemler ile sağlanır.



Şekil 1. Akıllı Sokak Aydınlatma Sistemi [9]

Kapsama:

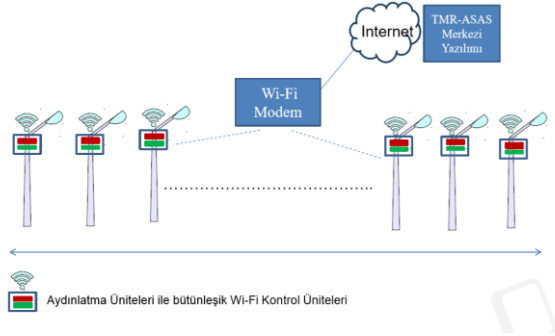
Akıllı aydınlatma sisteminin özelliği akıllı durak gibi bir erişim noktasından aldığı internet hizmetini direktten direğe aktarabilmesidir. Böylece kapsama direkler boyunca genişler. Örneğin, Wi-Fi kapsama alanını tek noktadan geniş bir park alanına yayabilmek veya bir köy yolunda 8 km uzatabilmek mümkün olmaktadır.

Şehir Yönetim Sistemi:

Sunucu yazılımı “Şehir Yönetim Yazılımı”nın doğal bir parçasıdır. Yazılım ya var olan şehir yönetim sistemine entegre çalışır veya

bu yazılımın kabiliyetlerini içeren bir şehir yönetim sistemi sunucu yazılımının yerine geçer. Bu şehrin mevcut kaynakları ile ilgili bir konudur. Örneğin; İstanbul, Antalya gibi büyükşehirlerde var olan şehir yönetim sistemleri kullanılması gerekirken, böyle bir sistemi olmayan, Anadolu'daki küçük bir ilçenin akıllı aydınlatma sunucu yazılımını kullanması gerekecektir.

Sistem Genel Yapısı



Şekil 2. Sistem Genel Yapısı [9]

Gelişime Açık:

Aydınlatma direklerinde enerjinin varlığı pil ile çalışan düşük enerji kullanım protokollerine kullanım kolaylığı sağlar. Enerji tasarrufu yapabilmek için uygulanan uyuma süreleri sistemdeki mesajların kaybolmasına, tekrarlanmasına ve gecikmesi gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bant genişliğinin, sistem tepki süresinin ve benzeri kısıtların yapılması sistemin yeni teknolojilerle yenilenmesine engel olur. Dolayısıyla, şehir şebekesinden beslenen aydınlatma direklerinin üzerinde kullanılan bu sistemler yenilebilir teknolojilerin altyapılarına uygundur.

Bunun yerine direklerde aydınlatma direklerinde şehir şebekesinin bulunması Wi-Fi sisteminin (bant genişliği ve sistem tepki süresi açısından) birçok M2M gibi protokolleri destekleyerek daha uzun süre hizmet vermesini sağlayacaktır.

Akıllı aydınlatma, oluşturduğu Wi-Fi kapsama alanı içerisinde güvenli internet erişim hizmeti verir. Bu hizmeti kullanan 3. parti sistemler, rahatlıkla kendi sunucularına erişebilir. Kullanılan protokoller tamamen açık ve standart olduğu için hiçbir uyumlanma gereği ve kısıtlama olmaz. Wi-Fi bağlantı kurabilen ve TCP/IP protokolleri ile internete bağlanabilen her türlü cihaz bu altyapıyı kullanabilir. Marka ve model bağımlılığı oluşturmaz. Rahatlıkla eklenen yeni hizmet sistemlerinin yatırım maliyetleri büyük ölçüde düşük olur.

Teknolojinin gelişmesiyle günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmakta olan Wi-Fi protokolünün yerine geçecek olan yeni protokolün geçmiş uyumluluğu ve geçiş (migration) gereklilikleri bu sayede iyi planlanmış olacaktır. Başta Wi-Fi kullanan akıllı telefonlar dahil birçok cihazda yaygınlıkla kullanılması yeni teknolojiye geçerken göz önünde bulundurmamız gereken kriterler arasındadır.

Otonomi:

Sahadaki akıllı aydınlatma birimleri, hız, hareket ve varlık gibi çevresel farkındalık sensörleri sayesinde merkezi otomasyon sisteminden bağımsız olarak yerel ihtiyaca uygun tepki verebilmektedir. Her direkte sensör bulunması gerekmez. Sensör değerleri koordinat bilgileri ile birlikte diğer direklere aktarılır. Her direk, duyduğu sensör değerini, o sensöre olan mesafesini koordinat bilgisinden çıkararak hesaba katar ve kendi kararını verir. Bu özellik her direğin IP Multicast yayın yapabilme ve dinleyebilmesi sayesinde gerçekleşir.

Ayrıca armatürler, internet bağlantısı olmasa bile en son planlandığı zamanlamalara uygun şekilde aydınlatma profillerini uygulayabilmektedir.

Ek Sistem Örneği:

Otopark (Park yeri bulma) Sistemi: Direğe monte bir kameradan alınan görüntü içinde önceden belirlenen bölgelerde araba olup olmadığını tespit eden bir yapay zeka uygulaması, elde ettiği boş/dolu bilgisini bir bulut sunucusuna gönderir. Bulut sunucusu aldığı bilgiyi kendine bağlı kullanıcılarına, bir otopark planı ve/veya harita üzerinde sunar.

Örnek Uygulamalar:

En temel hizmet uygulaması olarak park arayan kişilerin en yakın boş park yerine ulaştırılması düşünülebilir. Tersine park yasağı olan bölgelerde park ihlalini fark edip ilgili yerlere uyarı göndermek bir diğer uygulama olabilir veya otopark gibi bir uygulamanın kaçak kullanımını engellemek üzere üçüncü göz olarak kullanılabilir. Motorlu taşıtlar yol kenarında durmuş bir aracı fark edip hızlı bir şekilde olay yerine kontrol ve yardım erişirme hizmeti sağlanabilir.

Yararları:

Otomobilini park etmek isteyen sürücülerin park yeri ararken hem zaman hem de yakıt kayıpları olmaktadır. Kolay erişilebilir ve kullanılabilir akıllı Telefon uygulaması ile bulunduğu konuma en yakın park yerinin bilgisi enerji ve zaman tasarrufu çakırtacaktır.

Kişisel Bilgilerin Korunması:

Kişisel bilgilerin korunması adına kameradan alınan resim veya video bilgisinin kaydedilmesi, aktarılması önemli sıkıntılar oluşturmaktadır. Bu konuda yasal engeller mevcuttur. Ancak sunulan sistemde kameradan alınan bilgi, lokalde (direk üzerinde) değerlendirilmekte ve park yerinin dolu/boş bilgisini içeren sonucu basit bir

M2M protokolü ile bulut sistemine aktarılması sağlanmaktadır.

Entegrasyon:

Otopark (Park yeri bulma) sisteminin her bir cihazı, bulut sunucusuna erişebilmesi için uygun bir network çözümüne ihtiyaç duyar. Akıllı aydınlatma sisteminin sunduğu network bu iş için ideal bir çözümdür. Eğer akıllı şehir kapsamında kurulu bir akıllı aydınlatma sistemi var ise otopark (Park yeri bulma) sisteminin network ihtiyacını karşılamak için yatırım maliyeti sıfır olacaktır.

Güvenlik:

İnternet paylaşımında güvenliğin sağlanması, kritik öneme sahiptir. Akıllı aydınlatma sisteminin sunduğu network yapısını otopark sistemine kullanırmak için gereken sadece yeni cihazların MAC adresleri ve ilgili sunucunun IP adresinin kayıt altına alınması ve güvenlik duvarının (firewall) bu bilgiler ile konfigüre edilmesidir.

4. Sonuç

Akıllı sokak armatürleri akıllı şehirlerin geleceğidir ve bu tasarlanan sistem güç tüketimini azaltarak uygun maliyetli bir çözüm sunar. Yapısı itibariyle şehir şebekesinden beslenen, dağınık direklerden oluştuğu için diğer hizmetlere iletişim alt yapısını sunabilecek merkezi bir konuma sahiptir. Sunulan hizmette açık ve güncel protokollerin kullanılması rekabetin engellenmemesi bakımından kritik öneme sahiptir. Bugün planlanan bir kaç servis için Wi-Fi bant genişliği fazla görülmesine rağmen, ilerleyen teknolojinin çok kısa bir süre sonra çok daha fazlasına ihtiyaç duyacağını tecrübelerimize dayanarak söyleyebiliriz.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmaya yaptıkları değerli katkılarından dolayı Kocaeli Üniversitesi ve Akım Metal San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] N. Khansari, A. Mostashari ve M. Mansouri, «Impacting Sustainable Behaviour and Planning in Smart City,» *International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning*, cilt 1, no. 2, pp. 46-61, 2013.
- [2] J. Paz, J. Bajo, S. Rodriguez ve G. Villarrubia, «Intelligent system for lighting control in smart cities,» *Information Sciences*, pp. 241-255, 2016.
- [3] M. Castro, A. Jara ve A. Skarmeta, «Smart Lighting solutions for Smart Cities,» %1 içinde *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2013.
- [4] V. Kothari, A. Vinkar, M. Jain, V. Kumar ve M. Kadam, «IoT Enabled Street Light Automation System,» *Journal of Analysis and Computation (JAC)*, cilt 11, no. 1, pp. 1-4, 2018.
- [5] M. Baby ve A. Johny, «Internet of Things Based Street Lighting for Smart City,» *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, pp. 559-562, 2017.
- [6] B. Abinaya, S. Gurupriya ve M. Pooja, «IoT based smart and adaptive lighting in street lights,» %1 içinde *2017 Second International Conference On Computing and Communications Technologies (ICCT'17)*, 2017.
- [7] F. Dheena, G. Raj, G. Dutt ve V. Jinny, «IOT Based Smart Street Light Management System,» %1 içinde *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS2017)*, 2017.
- [8] V. Bhangdiya, «Low Power Consumption of LED Street Light Based on Smart Control System,» %1 içinde *2016 International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication*, 2016.
- [9] Tamara, «Tamara,» 2019. [Çevrimiçi]. Available: <http://basaksehir-livinglab.com/BLL/wp-content/uploads/2017/02/TAMARA.pdf>.