

Kablosuz Aydınlatma İçin Haberleşme Sistemi Tasarımı

Türkân ERPENÇE

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Atılım Üniversitesi

Osman ŞAHİN

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Atılım Üniversitesi

Baran USLU

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Atılım Üniversitesi

Özet

Bu çalışmada, genel olarak bir kablosuz aydınlatma sisteminin tasarımı anlatılmaktadır. Kablo maliyetinden tasarruf edilen ve çeşitli algılayıcılar yardımıyla akıllı olarak tasarlanabilen kablosuz aydınlatma sistemleri, hayatımıza giderek daha fazla girmektedir. Şiddeti ayarlanabilir ışıklar ve ışık miktarı algılayıcıları yardımıyla, ortamdaki güneş ışığı seviyesine göre lambaların şiddeti ayarlanabilmekte, bu lambaların birbirleriyle haberleşebilmeleri sonucunda farklı ortam ambiyansları oluşturulabilmektedir. Eğer ortamda kullanıcı yoksa belirli bir süre sonra ışıklar kendiliğinden kapanacak, eğer güneş ışığı azalmışsa lambaların şiddeti otomatik olarak artırılacaktır. Enerji verimli ve tadilat için esnek tasarımlı olan kablosuz aydınlatma sistemleri, geleceğin aydınlatma tercihi olacak gibi görünmektedir. Bu çalışma, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bir son sınıf bitirme projesi kapsamında yapılan ve yapılmakta olan çalışmaları sunmaktadır.

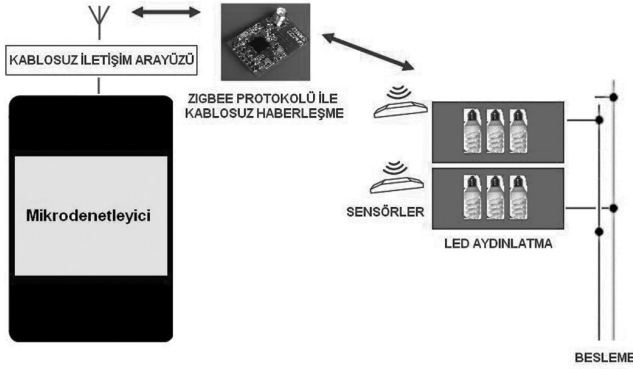
Abstract

In this study, a wireless lighting system design with its general blocks is illustrated. More economic without cables and intelligent with the help of some sensors, wireless lighting systems are entering more into our lives. Thanks to dimmer technology, lighting level can be adjusted according to the amount of daylight

and forming different ambiances are also possible with the help of light sensors. If there is no one in the environment, the lights will be turned off automatically with the help of a timer. Wireless lighting systems are energy efficient and easily installed for retrofit, and because of this they seem to become the future's lighting choice. This work presents the studies done and going on in a graduation Project at our Electrical and Electronics Engineering department.

1. Giriş

Klasik, kablolu aydınlatma sistemleri, ortam aydınlanma şartlarına göre tasarımı bir kez yapılan, daha sonra üzerinde kolay kolay değişiklik yapılamayan sistemlerdir. Bu tür devrelerde lambaların yerleri sabittir ve kumanda yapıları da, eğer sensörlü değilse, sabit anahtarlarla yapılmaktadır. Anahtarların kumanda ettiği lamba grupları da sabittir. Kablosuz aydınlatma sistemlerinde lambalar, alıcı birimleriyle birlikte, mobil olabilir; haberleşme menzilleri dahilinde yeniden yerleştirilmeleri mümkündür. Lambaların kontrolü için anahtarların bağlı olduğu kablolara bu sistemlerde gerek yoktur. Bu da kablo çekme maliyetinin düşmesi anlamına gelmektedir. Bu tür aydınlatma sistemlerinin bulunduğu binalar, “akıllı bina” olarak da adlandırılmaktadır ve enerji tasarrufu açısından oldukça avantajlıdır [1]. Bir kablosuz aydınlatma sisteminin blok şeması Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Kablosuz haberleşme sistemi blok şeması

Şekil 1’de görüldüğü gibi, mikrodnetleyici, sensörler, kablosuz haberleşme modülleri ve aydınlatma üniteleri olmak üzere, sistem dört ana bloktan meydana gelmektedir. Sensörlerden gelen veriler mikrodnetleyici tarafından değerlendirilir ve kablosuz iletişim yoluyla lambalara hangilerinin ve ne kadar yanacaklarının bilgisi gönderilir. Son dönemde pazara sunulan ürünler incelenecek olursa, cazip özelliklere sahip pek çok ürüne rastlamak mümkündür. Çizelge 1’de bunlardan bazılarına yer verilmiştir.

Çizelge 1: Kablosuz aydınlatma sistem örnekleri

• Philips OccuSwitch [2]
• Daintree ControlScope [3]
• Control 4 [4]
• Rako Controls [5]
• Leviton [6]

Çalışmamızın kurgusu şu şekildedir: Bu Giriş bölümünün ardından 2. Bölümde Aydınlatma Seçenekleri ve Sensörler anlatılmaktadır. 3. Bölümde Kablosuz Haberleşme seçenekleri incelenmektedir. 4. Bölümde Sistem Entegrasyonu ve Yazılım konusu irdelenmiş, son olarak 5. Bölümde de çalışmanın Sonuçları verilmiştir.

2. Aydınlatma Seçenekleri ve Sensörler

Bir aydınlatma projesinin çizilmesi için öncelikle belirli hesaplar yapılmalı, hangi mekâna, hangi tür armatürlerden kaç tane konulacağı, konulacak

armatürlerin güçleri, ışık akıları, aydınlatma şiddetleri belirlenmelidir. Bu hesaplamalar için öncelikle belirlenmesi gereken husus da mekânda kullanılması gereken aydınlanma şiddetidir. Bu değer amacına uygun olarak aşağıda yer alan Çizelge 2’den alınır ve diğer veriler yardımıyla en uygun armatür-lamba cinsi belirlenir.

Çizelge 2: Aydınlatma hesabı yöntemi ve gerekli veriler (EMO’nun web sayfasından alınmıştır [7, 8, 9].)

DENKLEM	SEMBOLE	AÇIKLAMA
$Z = \frac{\Phi \cdot T}{\Phi \cdot L}$	Z	Ampul sayısı
	ΦT	Gerekli toplam ışık akısı (lm)
	ΦL	Bir ampulün verdiği ışık akısı (lm.)
	k	Bölge indeksi (mahal boyutlarına bağlı olarak)
	a	Uzunluk (m)
	b	Genişlik (m)
	h	Işık kaynağının çalışma düzlemine olan yüksekliği (m)
	H	Işık kaynağının zemininden yüksekliği (m)
	H1	Çalışma düzleminin zemininden yüksekliği
	E	Gerekli aydınlık seviyesi (LUX) tablodan seçilir
	A	Aydınlatılacak bölgenin alanı (m ²)
	d	Tesisin kirlenme faktörü (Tablodan seçilir)
	η	Tesisin ışık yansıtma verimi. Aydınlatma sahasını sınırlayan tavan, duvar ve zeminin yansıtma faktörlerine, bölge indeksine ve seçilen armatür tipine bağlı olarak tablodan seçilir.

VERİLER				
ODA BOYUTLARI	KIRILANMA FAKTÖRÜ: 1.25	AYDINLIK ŞİDDETİ	ARMATÜR TİPİ	*TL* 54/40 w ampulün verdiği
a=13 m.	TAVAN: AÇIK 0.8	E=500 LUX	TMS 240	ışık akısı ÖL
b=5.5 m.	DUVAR: HAFİF KOYU 0.5	(TABLODAN	LAMBA TİPİ	
H=3 m.	ZEMİN: KOYU 0.1	SEÇİLİR)	*TL* 54/40 W.	2100 Lümen

HESAPLAMA YÖNTEMİ				
SIRA NO	İSTENİLEN	DENKLEM	HESAPLAMA	SONUÇ
1	h	$h=H-h_1$	$h=3-0.85\text{ m.}$	$h=2.15\text{ m.}$
2	k	$k=\frac{a \times b}{h(a+b)}$	$k=\frac{13 \times 5.5}{2.15 \times (13 + 5.5)}$	$k=2$
3	η	Tessin aydınlatma etkinlik faktörü (Tablodan seçilir)		$\eta=0.46$
4	d	Tessin kirlenme faktörü (Tablodan seçilir)		$d=1.25$
5	A	$A=a \times b$	$A=13 \times 5.5\text{ m}$	$A=71.5\text{ m}^2$
6	ΦT	$\Phi T=\frac{E \times a \times b}{\eta}$	$\Phi T=\frac{500 \times 71.5 \times 1.25}{0.46}$	$\Phi T=97146$
7	Z	$Z=\frac{\Phi T}{\Phi \cdot L}$	$Z=\frac{97146}{2100}$	$Z=46\text{ adet}$
8	*TL* 54/40 W	Z=46 adet floresant ampul kullanılacak		
9	TMS 240	Bir armatürde 2 adet *TL* 54/40 W. floresant ampul olduğuna göre		
10	Z/2	büro aydınlatmasında 23 adet TMS 240 armatür kullanılacaktır.		
		Büro aydınlatmasını armatür sayısına göre tekerlerarsak		
11	E	$E=\frac{\Phi \cdot L \cdot Z \cdot \eta}{d \times A}$	$E=\frac{2100 \times 46 \times 0.46}{1.25 \times 71.5}$	$E=497\text{ LUX}$
Bir büro aydınlatmasında E= 497 Lux'lık bir aydınlatma seviyesi elde edilir.				

Bir büro aydınlatmasında E= 497 Lux lük bir aydınlatma seviyesi elde edilir.

YANSITMA BİLGİLERİ				Tavan, duvarlar ve çalışma düzleminin ışık yansıtma katsayıları.		
YAPI MALZEMELERİ		DUVAR BOYLARI		Tavan	Duvarlar	Çalışma Düzlemi
Ak ağaç, huş ağacı	0.50	Beyaz	0.30-0.70			
Meşe, açık renk, parlatılmış	0.25-0.35	Açık gri	0.40-0.60	0.8	0.8	0.3
Meşe, koyu renk, parlatılmış	0.01-0.15	Orta gri	0.25-0.35	0.8	0.5	0.3
Sunta, krem rengi	0.50-0.60	Koyu gri	0.10-0.15	0.8	0.3	0.3
Granit	0.20-0.25	Mavi	0.15-0.20	0.5	0.5	0.3
Kireç taşı	0.35-0.55	Açık yeşil	0.45-0.55	0.5	0.3	0.3
Mermer, parlatılmış	0.30-0.70	Koyu yeşil	0.15-0.20	0.7	0.7	0.2
Harç, açık renk, kireç, badana	0.40-0.45	Açık sarı	0.60-0.70	0.7	0.5	0.2
Sıva (Alçı)	0.90	Kahverengi	0.20-0.30	0.7	0.3	0.2
Kum taşı	0.20-0.40	Pembe	0.45-0.55	0.8	0.8	0.1
Ahşap kaplama (Doğal)	0.20-0.30	Koyu kırmızı	0.15-0.20	0.8	0.5	0.1
Çimento, beton, ıslak	0.20-0.30			0.8	0.3	0.1
Kiremit, kırmızı, yeni	0.10-0.15			0.5	0.5	0.1
				0.5	0.3	0.1
				0.5	0.3	0.1

Bu projede, aydınlatma için LED panel veya ampüllerden yararlanılacaktır. Bilindiği gibi günümüzün enerji verimliliği en yüksek olan aydınlatma teknolojisi LED ampullerdir.

LED ampuller %90'a kadar enerji tasarrufu sağlamaktadır. Çizelge 3'te lamba türlerinin özelliklerinin bir karşılaştırımı yapılmaktadır.

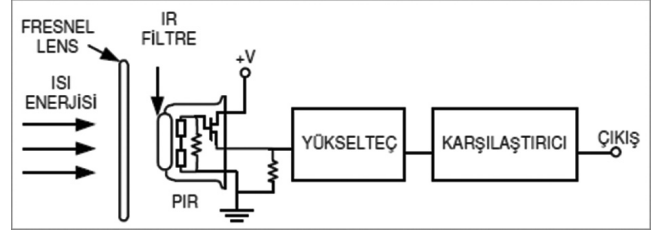
Çizelge 3: Lamba türlerinin özelliklerinin karşılaştırılması

	Tungsten	Halogen	CFL	LED (Cree)	LED (Philips)	LED (LEDNovation)
Fiyat	\$0.41	\$1.50	\$0.99	\$9.97	\$8.30	\$31.50
Güç (W)	60	43	14	9.5	10.5	9.4
lumen (ortalama)	860	750	775	800	800	810
lumen/W	14.3	17.4	55.4	84	76.2	86.2
Renk Sıcaklığı (Kelvin)	2700	2900	2700	2700	2700	2700
CRI	100	100	82	80	80	94
Ömür (saat)	1,000	1,000	10,000	25,000	25,000	50,000
Ömür (yıl olarak) (6 saat/gün kullanım)	0.5	0.5	4.6	>11.4	11.4	>22.8
Energy cost over 20 years @ 13 cents/kWh	\$342	\$243	\$80	\$34	\$60	\$34
Total cost over 20 years	\$360	\$311	\$85	\$74	\$76	\$85
Total cost per 860 lumens	\$360	\$336	\$94	\$80	\$82	\$90

Kablosuz aydınlatma sistemlerinin olmazsa olmaz bileşenleri sensörlerdir. Dilimizde, algılayıcılar olarak adlandırılan sensörlerden bu projede en gerekli olan iki tür: PIR (Passive Infra Red) hareket algılayıcıları ve LDR (Light Dependent Resistor) ışık algılayıcılarıdır.

PIR sensörler, bir insanın veya bir alevin ısını algılayabilirler. Çünkü insanlar veya sıcakkanlı hayvanlar bu tip algılayıcılar tarafından algılanabilen kızılötesi ışık üretirler. Algılayıcının ön yüzünde ısı ışınlarını IR algılayıcı üzerinde çeşitli noktalara odaklayan çok sayıda Fresnel mercekleri bulunur. Algılayıcı üzerine düşen ışınlar, algılayıcı ve ona bağlı devre ile canlı var/yok şeklinde yorumlanır.

Kızılötesi ışığın dalgaboyu görünebilir ışıktan daha uzundur. Kızılötesi ışın görünmez fakat algılanabilir. Algılayıcı, elektrik yüklü yüzey oluşturan kristalimsi bir maddeden yapılmıştır. Isı veya kızılötesi ışına maruz kaldığında, kızılötesi ışınların çarpma miktarı değiştikçe oluşan elektriksel yük miktarı da değişir ve bu yük algılayıcının içine gömülü olan duyarlı bir FET (Field Effect Transistor) ile ölçülebilir. Şekil 2'de PIR sensörün iç yapısı görülmektedir [10, 11].



Şekil 2: PIR sensörün iç yapısı

Algılayıcı elemanları geniş bir kızılötesi ışın menziline sahiptirler, bu yüzden algılayıcıya bir filtreleme penceresi eklenmiştir. Böylece algılama aralığı canlı organizmalara daha duyarlı olan 8-14 μm aralığına getirilmiş olur. PIR algılayıcının önüne **Fresnel lens (mercek)** takılarak algılama mesafesi 30 m'ye kadar çıkartılabilir. Fresnel lens fener kulesi için yapılmış bir icattır. Adını Fresnel lensin mucidi Augustine Fresnel'den almıştır. Lens silindirik değil çokgen şeklindedir. İnsan veya canlı hareket ettiğinde algılayıcı üzerine düşen ışık çokgen yapıdan dolayı kesilir ve tekrar gelir. Buradan hareketli bir canlının varlığı anlaşılabilir.

2.1. Ultrasonik Teknoloji

Bu hareket sensörü çeşidi, hareketi algılamak için Doppler sinyalizasyonlarını kullanır. Sensörler, alanda bulunan nesnelerden yansıyacak ultrasonik ses dalgaları gönderir ve sonra ses dalgalarının geri dönme süresini hesaplar. Alanda bir hareket olduğunda, bu ses dalgaları sensör alıcısına farklı frekanslarda dönecektir, bu da sensörün hareketi algılamasını sağlar. Bu teknoloji, sensörün direkt görüş alanında olmadığı ya da aktivite seviyesinin düşük olduğu zamanlarda kullanım için idealdir. Algılama mesafesi PIR dedektörlere göre daha geniştir.

2.2. Dual Teknoloji

Birden çok algılama teknolojisi kullanan hareket sensörleri genellikle Dual Teknoloji ya da Hybrid Aygıtlar olarak adlandırılır. Bu sensörlerde genellikle PIR ve Ultrasonik teknolojiler bir arada kullanılır. Işıklar, iki sensörün de hareket algılamasıyla açılır ve en az bir sensör hareket algılamaya devam ettiği sürece de açık kalır.

3. Kablosuz Haberleşme

3.1. ZigBee Teknolojisi

ZigBee teknolojisi; IEEE 802.15.4 altyapısı ve standart spiral ağları (Mesh Network dizisi) uygulama profilleri gibi kısa mesafeli kablosuz ağ standartlarının kullanımı için kurulmuştur. ZigBee teknolojisinde aydınlatma uygulamalarında RF iletişim için 2.4 GHz ISM bandı kullanılmaktadır. Bu band sayesinde 10 ve 75 metre uzaklığındaki haberleşmeler rahat bir şekilde yapılmaktadır. ZigBee protokolündeki amaç; konut veya ticari aydınlatma ağının tüm bileşenlerinin birlikte çalışabilirliğini ve kablosuz kontrolünü sağlamaktır [12].

Zigbee teknolojisi, küçük boyutta veri alışverişi ile gerçekleştirilmesi mümkün uygulamalarda düşük maliyetli olması, minimum güç tüketme prensibine dayanması, kurulumunun kolay ve esnek yapıda olması açısından büyük oranda tercih edilmektedir. Bu teknoloji sayesinde karmaşık ağ yapıları kurmak, bunları genişletmek ve bu yapıların diğer teknolojilerle haberleşmesini sağlamak mümkündür. Tüm bunların yanında ZigBee, düşük maliyetli ve enerji tasarrufu sağlayan bir protokoldür. Aynı zamanda ZigBee protokolü güvenilirliği açısından çok hassastır. Çünkü ZigBee teknolojisi: saldırganın yeniliği kontrol etmek, mesaj değiştirmek veya aygıtları başka aygıtmış gibi göstermek için yaptığı saldırıları önleyebilir. ZigBee sağladığı avantajlar sayesinde birçok sektörde sensör haberleşmesinde, kontrol ve izleme mekanizmalarında kullanılmaktadır [13].

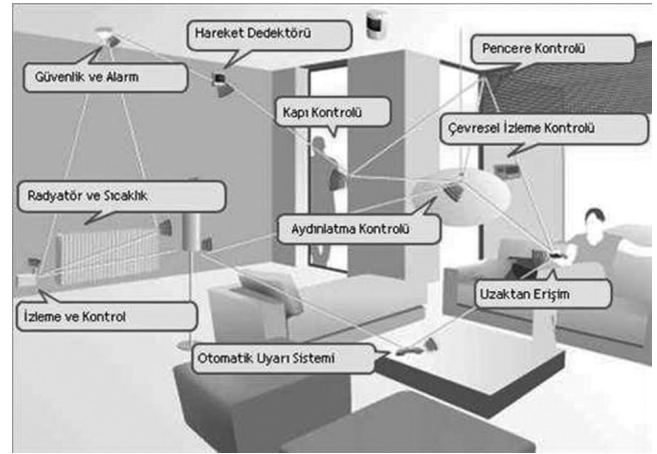
Kullanıldığı alanlar arasında:

- Endüstriyel ve ticari alanlarda; enerji kontrolünde, HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) sistemlerinde, aydınlatma ve erişim kontrolü,
- Oyuncak ve eğlence alanlarında; özel ışıklandırma sistemlerinde, gelişmiş sıcaklık kontrolünde, film ve müzik sistemlerine entegre olarak,
- Bilgisayarlar çevresel donanımlar,

- Taşınabilir servislerin ve aygıtların çevrimiçi (online) ödeme, çevrimiçi kontrol sistemleri,
- Kişisel sağlık-bakım hizmetleri,
- Ev ve iş otomasyonları

sayılabılır.

ZigBee teknolojisiyle yapılabilecekler için temsili bir resim Şekil 3'te verilmektedir.



Şekil 3: ZigBee ile kablosuz kumandanın temsili bir resmi

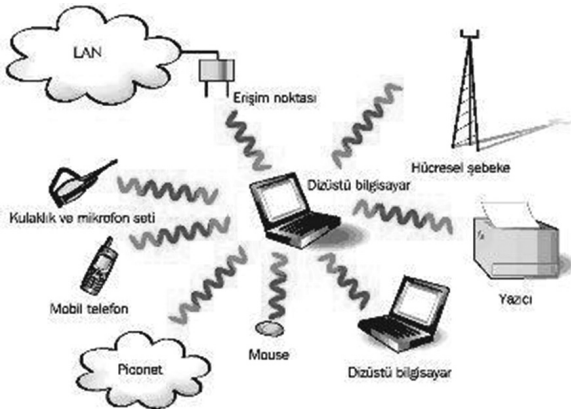
3.2. Bluetooth Teknolojisi

Bluetooth teknolojisi, kablo bağlantısını ortadan kaldıran kısa mesafe radyo frekansı (RF) teknolojisidir. Bu teknolojiye amaç, günümüzde sayıları hızla artmakta olan birbirinden farklı elektronik aletlerin kendi aralarındaki haberleşmenin kablosuz olarak gerçekleştirilmesi, bu sayede de söz konusu olan elektronik aletleri birbirine bağlamak için kullanılan kablolarla duyulan ihtiyacın ortadan kaldırılmasıdır. Bluetooth teknolojisi de ZigBee teknolojisi olduğu gibi 2.4 GHz ISM bandı kullanılmaktadır. Ancak Bluetooth teknolojisi 10 ve 100 metre olmak üzere iki mesafe menziline haberleşmeyi sağlayabilmektedir. Bluetooth teknolojisi kullanıcı koruması ve bilgi gizliliğini sağlayabilmek için, hem uygulama katmanında (application layer) hem de bağ katmanında (link layer) güvenlik önlemleri düşünülmüştür. Bluetooth güvenliğinde

cihaz, güvenlik ile ilgili hiçbir yordamı işleme sokmaz, tüm güvenlik mekanizmaları iki cihaz arasında bağlantı kurulduktan sonra başlatılır ve cihaz henüz bağlantı kurulmadan önce güvenlik mekanizmalarını işleme sokar. Tüm bu avantajların yanında Bluetooth teknolojisini birçok alanda kullanabilirsiniz [14, 15].

Bu alanlar:

- Bilgisayarınızın, yazıcınızın, farenizin kablolarını atabilir, tümüyle kablosuz bağlantıya geçebilirsiniz.
- Bluetooth ile donatılmış cep telefonunuza çantanızda taşıırken, kulağınıza takılı olan kulaklık- mikrofon ile telefon konuşmanızı yapabilirsiniz.
- Arabanızla yolculuk ederken arabanızda bir sorun olduğunda Bluetooth'lu arabanız ve cep telefonunuz aracılığı ile arabanızın tüm diyagnostik bilgilerini servise aktarabilir, hatta servisin aynı altyapı üzerinde arabanıza müdahale etmesini sağlayabilirsiniz.
- Her hangi bir yerde, Bluetooth sayesinde cebinizden Bluetooth'lu "e-mail kalem"inizi çıkarıp bir kağıdın üzerine istediklerinizi yazıp "Gönder" tuşuna basarak e-postanızı gönderebilirsiniz.
- Bluetooth'lu arabanızla Boğaz Köprüsünden veya herhangi bir otoyol gişesinden beklemeyi bırakarak geçiş yaparken arabanız gişe ile haberleşip kredi kartınızdan gerekli ödemeyi otomatik olarak yapabilir. Aynı araçla, aynı işlemi Avrupa gezisine çıktığınızda da yapabilirsiniz.



Şekil 4: Bluetooth teknolojisi ile kumandanın temsili bir resmi

4. Sistem Entegrasyonu ve Yazılım

Her sistemde olduğu gibi, kablosuz aydınlatma sistemlerinde de sistemin başarımı, tüm sistem bileşenleriyle uyumlu şekilde çalışan iyi bir yazılıma bağlıdır. Algılayıcılardan gelen bilgilerin hassas şekilde işlenmesi ve buna dayalı olarak aydınlatma seviyesinin ayarlanması, yazılımın hünerlerine bağlıdır. Ancak bu sayede değişen gün ışığı koşullarına göre uyarlanabilir, enerji verimli bir sistem elde edilebilir. Çalışma kapsamında, seçilen bir mekânın farklı ışık seviyeleri için aydınlatma durumu, bu sırada harcanan enerji ve kablolu klasik sisteme göre sağlanacak enerji tasarrufu değeri hesaplanacaktır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmayla, oldukça güncel olan bir tasarım problemi ele alınmış, yapılan inceleme ve araştırmaların ilk bulguları sunulmuştur. Kablosuz aydınlatma sistemleri; kontrol, algılayıcılar, haberleşme birimleri ve aydınlatma üniteleri olmak üzere dört alt sistemin birbiriyle uyum içinde çalıştığı sistemlerdir. Bu sistemlerin, esneklik, değiştirilebilirlik, enerji verimliliği gibi avantajları bulunmaktadır. Yakın gelecekte aydınlatma için kablosuz sistemlerin tercih edileceği düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Pandharipande, A., Caicedo, D. ve Wang, X., "Sensor- Driven Wireless Lighting Control: System Solutions and Services for Intelligent Buildings", IEEE Sensors Journal, Vol. 14, No. 12, pp. 4207-4215, 2014.
- [2] <http://www.philipslightingcontrols.com/occur-switch-wireless>
- [3] <http://www.daintree.net>
- [4] <http://www.em.avnet.com/en-us/design/technical-articles/Pages/Articles/Internet-of-Things-Using-Wireless-Controlled-Lighting-to-Reduce-Energy-Costs.aspx>
- [5] http://www.lightingcontrols.com/productcatalog/xPoint_Wireless_System.asp
- [6] <http://www.leviton.com/levnetrf>
- [7] http://www.emo.org.tr/ekler/ca070cc474c0233_ek.pdf
- [8] http://www.emo.org.tr/ekler/b33e1bc2718ddfd_ek.pdf
- [9] <http://www.elektrikce.com/aydinlatma-hesaplari-icin-en-az-aydinlik-duzeyi-tablosu/>
- [10] <http://320volt.com/pir-passive-infrared-sensor-algilayici-sensorler/>
- [11] http://www.hmyoelk.sakarya.edu.tr/bilgifazlasi/proje/ayd_hesap.htm
- [12] <http://bidb.itu.edu.tr/seyirdefteri/blog/2013/09/07/zigbee>
- [13] <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UxZjnRfCD8oJ:web.itu.edu.tr/orencik/ZigbeeStandardindaGuvencilik.ppt+&cd=4&chl=tr&ct=clnk&gl=tr>
- [14] http://web.itu.edu.tr/~orencik/AgGuvenciligi2007Sunumlari/Bluetooth_Guvenciligi_Sunum.pdf
- [15] <http://www.elektrik.gen.tr/teknik-i%C3%A7eri/bluetooth>