

# AKILLI AYDINLATMA

Arş. Gör. Fatih ATALAR  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

## AKILLI AYDINLATMA

- Dünya nüfusu sürekli artmaktadır. Kentleşme oranının 2013' te %53 iken 2040' da %63 seviyelerine yükselmesi beklenmektedir.
- Kentleşme oranının bu hızla artması enerjinin kullanımının artmasını da beraberinde getirecektir.
- Mevcut enerji politikalarının devam etmesi durumunda 2040 yılında enerji ihtiyacının 2013 yılına kıyasla %44,9 daha fazla olacağı öngörülmektedir (Eüaş, 2015).





## AKILLI AYDINLATMA

- Türkiye' nin 2002 yılında yaklaşık 80 milyon TEP olan enerji talebi, 2012 yılında yaklaşık 120 milyon TEP değerine ulaşmıştır. Bu değer 2023 yılında 218 milyon TEP değerine ulaşması öngörülmektedir (Keskinel, 2015).
- Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin %25'i aydınlatma için harcanmaktadır (Gökçay, 2008). Bu orandan yola çıkarak aydınlatmanın verimli kullanılması ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır.
- Aydınlatmanın etkin kullanılması, aydınlatma otomasyonu ile sağlanabilmektedir. Aydınlatma otomasyonu olan yerlerde gereksiz aydınlatma yapılmayacağından enerji sarfiyatı azalacaktır.



## AKILLI AYDINLATMA

- Bir şehirde modern dijital teknolojileri birbirine bağlayan bir kavram olan akıllı şehir, kentsel hizmetlerin kalitesini ve performansını artırmak için potansiyel bir çözümdür.
- Akıllı şehirde Nesnelerin İnterneti'nin (Internet of Things-IoT) tanıtılmasıyla, Bilgi ve İletişim Teknolojilerini kullanarak yeni hizmetler geliştirmek ve farklı uygulama alanlarını birbirleriyle entegre etmek için yeni imkânlar sunmaktadır.





## AKILLI AYDINLATMA

Akıllı aydınlatmada olması gereken özellikler şunlardır:

- Rahat ve konforlu bir kullanıcı alanı oluşturmalı,
- Enerji etkin tasarıma sahip olmalı,
- Çevreye duyarlı olmalı,
- Teknolojik sistemlere sahip olmalı ve bu sistemler geliştirilebilen, uyum sağlayabilen, birbiriyle haberleşebilen ve gerektiğinde karar verebilen olmalı,
- Akıllı malzemeler kullanılmalı,
- Atık üretimi minimum olmalı,
- Sürdürülebilir olmalıdır.



## AKILLI AYDINLATMA

- Bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri geleneksel sistemlere göre oldukça yüksektir.
- Ancak kullanılan akıllı sistemlerin işletme ömrü boyunca sağladığı tasarruf göz önüne alındığında, geleneksel sistemlere göre kendini amorti edip orta ve uzun vadede kazanç sağladığı görülmektedir.





## AKILLI AYDINLATMA

- Akıllı Aydınlatma Sistemi (SLS), farklı IoT iletişim protokolleri, cihazları ve sensörleri tarafından merkezi veya dağıtılmış bir şekilde yönetilen otomatik ve akıllı bir aydınlatma kontrol sistemidir.
- Evlerde, ofislerde ve caddelerde verimli aydınlatma sistemi ve enerji tüketimi kontrolü, bir SLS'deki temel kavramlardır.
- IoT özellikli bir SLS, akıllı bir şehir ortamında elektrik israfını azaltmak için bir çözüm olarak kullanılabilir.
- IoT özellikli SLS'nin mimarisi üç temel katmana sahiptir: algılama veya sensör katmanı, iletişim katmanı ve yönetim katmanı (Zanella, Bui, Castellani, Vangelista, & Zorzi, 2014).



## AKILLI AYDINLATMA

- Işık düğümlerine entegre sensörler, ışık yoğunluğuna (ışık sensörünü kullanarak) veya insan varlığına (hareket sensörlerini kullanarak) göre otomatik kontrol sağlar.
- IoT iletişim protokolleri ile bu ışık düğümleri, sensör verilerini iletebilir ve birbirleriyle iletişim kurabilir.
- Sağlanan verileri analiz etmek ve verimli güç yönetimi sağlamak için otonom kararlar almak için bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır.





# Akıllı Aydınlatmanın Faydaları ve Önemi

**Esneklik:** Aydınlatma sisteminin kontrolü tek bir merkezden yapılabilmektedir.

Mekânlarda ortaya çıkabilecek aydınlatma sisteminin değişimi, kullanım amacının değişmesi gibi durumlarda otomasyon sistemi sayesinde kolaylıkla istenilen değişiklikler yapılabilmektedir.

**Verimlilik:** Aydınlatma otomasyon sistemi sayesinde kullanım alanlarında en uygun aydınlatma yapılmaktadır.

Konferans salonu, sinema salonu gibi yerlerde senaryolar arasında otomasyon sistemiyle hızlıca geçiş yapılabilmektedir. Bu da aydınlatmanın ayarlanmasındaki zaman kaybını engellemektedir. Aydınlatma seviyesinin otomasyon sistemi tarafından otomatik olarak ayarlanması işgücü verimini arttırmaktadır.



## Akıllı Aydınlatmanın Faydaları ve Önemi

**Estetik:** Aydınlık seviyesinin değiştirilebilmesi sayesinde mekânlarda vurgulanmak istenilen yerler ön plana çıkarılabilir.

Otel, müze, restoran gibi yerlerde değiştirilebilir ışık seviyesi uygulaması dekorasyonun bir parçası olarak değerlendirilebilir.

**Enerji Tasarrufu:** Aydınlatma otomasyonunun sağladığı en büyük faydalardan biri enerji tasarrufudur.

Aydınlatma otomasyonundaki kontrol elemanları sayesinde etkin bir enerji tasarrufu yapılabilmektedir.





# Akıllı Aydınlatma Kullanılan Kavramlar

## Hareket Sensörü

- Hareket sensörleri buldukları ortamda hareket eden varlık olup olmasına göre çalışırlar.
- Sürekli varlık bulunmayan çalışma ortamlarında hareket sensörlerinin kullanılması oldukça faydalıdır.
- Hareket sensörleri hareketi algılamak için çeşitli teknolojileri kullanırlar.

## PIR Teknolojisi

- İnsanlar buldukları ortama ısı ve kızılötesi ışınlar yayarlar. PIR teknolojisine sahip algılayıcılar ortamda oluşan farkı algılayarak aydınlatma aygıtlarına sinyal gönderir.



# Akıllı Aydınlatma Kullanılan Kavramlar

## Ultrasonik Teknoloji

- Bu algılayıcılar Doppler sinyallerini kullanarak ortamdaki cisimlere sinyal gönderip geri gelme süresini hesaplarlar.
- Ortamda bir hareket olduğunda frekans değişeceğinden algılayıcılar hareketi algılar ve bağlı olduğu aygıtlara sinyal gönderir.

## Dual Teknoloji

- Hem ultrasonik, hem de PIR teknolojiler bir arada kullanılır.
- Bağlı armatürler iki algılayıcının da hareketi algılamasıyla çalışır, en az birinde hareket devam ediyorsa çalışmaya devam eder (Aydınlatma Yönetimi, 2017).

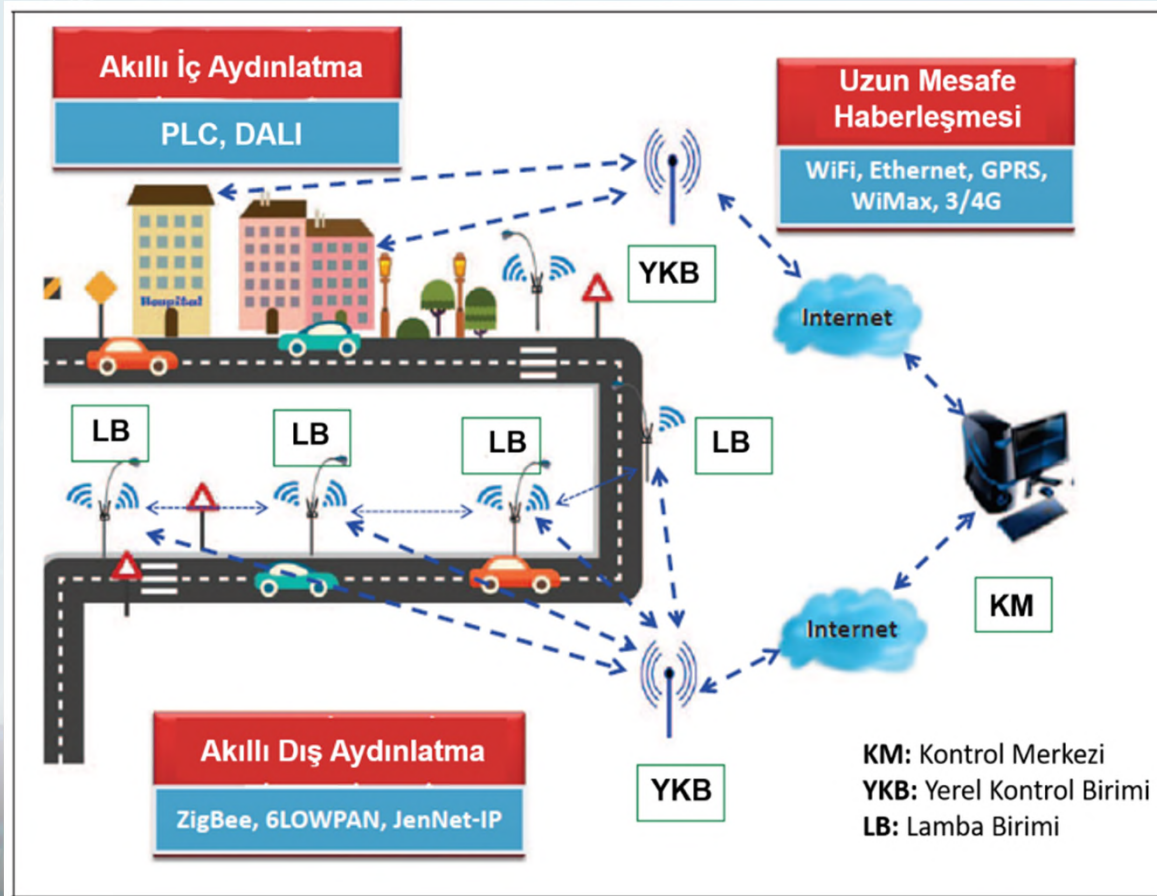




## Hareket Sensörlerinin Karşılaştırılması

Özellikler	PIR	ULTRASONİK	DUAL
Algılama Mesafesi	Orta	İyi	İyi
Hareketi Görme	Orta	İyi	İyi
Seçicilik	İyi	İyi	Çok İyi
Maliyet	Çok İyi	Orta	Orta

# Akıllı Şehir ortamında Akıllı Aydınlatma Sistemlerine Genel Bakış





## Lamba Birimi (Lamp Unit-LU)

- SLS'de kullanılan lambalar enerji açısından verimli olmalı ve kolay bakım adımlarına sahip olmalıdır.

--LB'ler, sistemin tamamına otomatik kontrol sağlamak için gerekli ve yeterli sensörlerden oluşmalıdır. Ayrıca, güç tüketimini azaltmak için akıllı açma-kapama şemasını sağlamak için sensörlerin konuşlandırılması gerekir.

- Bir SLS'nin hem merkezi hem de yerelleştirilmiş kontrol şemalarını kullanması gerektiğinden, çeşitli koşulların üstesinden gelmek için LB'lerle verimli ve güvenilir bir kontrol sistemine ihtiyaç vardır.



## Yerel Kontrol Birimi (Local Control Unit-LCU)

- Yerel kontrol ünitesi, kısa menzilli bir iletişim protokolü (örneğin, ZigBee, 6LoWPAN veya Bluetooth Düşük Enerji vb. Gibi IEEE 802.15.4 protokolleri) aracılığıyla bir dizi LU'dan verileri toplar ve Kontrol Merkezine iletir.
- Bazı dağıtılmış mimarilerde, bir örgü ağ topolojisi oluşturabilirler ve birbirleriyle de konuşma becerisine sahip olabilirler.





## Kontrol Merkezi (Control Center-CC):

- Kontrol Merkezi, LCU'lardan her türlü veriyi toplar ve bir sunucuda depolar.
- Bulut bilişimdeki son gelişmelerle birlikte, verileri bir sunucu yerine bulutta depolamak da mümkündür.
- Bununla birlikte, büyük kentsel alanlar için tüm LCU'lardan veri depolamak, sunucuda büyük depolama birimi gerektirdiğinden, daha uygun maliyetli bir SLS modeli mümkündür.



## Uzun Menzilli İletişim

- SLS bağlamında uzun menzilli iletişim genellikle LCU'lar ve CC arasında ve ayrıca LCU'lar arasında bilgi paylaşımını ifade eder.
- Büyük bir kentsel alan için, SLS genellikle birkaç LCU ve bir merkezi CC'den oluşur.
- LU'lardan veri topladıktan sonra, tüm alandaki LCU'lar verileri bir CC'ye iletir. Yine, LCU'lar da bilgileri birbirleriyle paylaşır.





## Uzun Menzilli İletişim

- LCU'lar şehrin her yerine orantılı olarak dağıtıldığı için, LCU'lar arasındaki ve LCU'lar ile CC arasındaki mesafeler uzun olabilir (birkaç yüz metreden birkaç yüz kilometreye kadar) (Mulligan, 2007).
- Bu nedenle, LCU'ları ve CC'yi bağlamak için bir iletişim kanalı oluşturmak için uzun menzilli bir iletişim protokolüne ihtiyaç vardır.
- Wi-Fi, Ethernet, GPRS, WiMax, 3G / 4G / 5G gibi protokoller, LCU'lar ile CC arasında iletişim kanalları kurmak için kullanılır (Rajput, Khatav, Pujari, & Yadav, 2013).

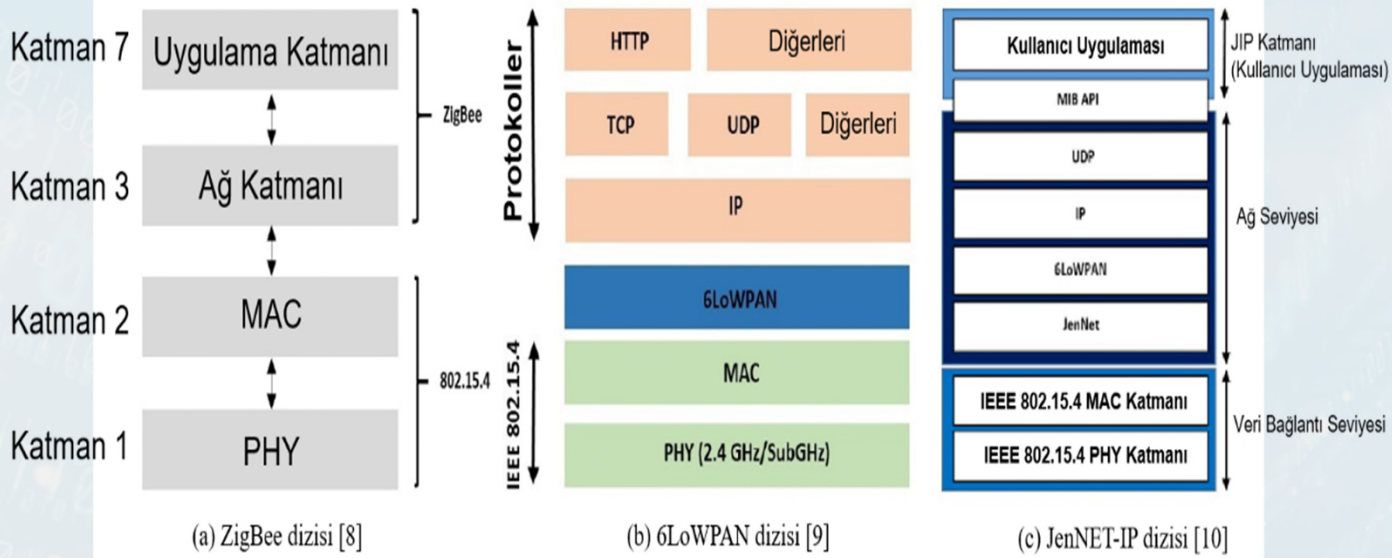


## Kısa menzilli iletişim

- Kısa menzilli iletişim genellikle görüş hattındaki cihazlar arasındaki iletişimi ifade eder.
- Bir SLS için, LU'lar ile karşılık gelen LCU arasındaki mesafeler küçük bir aralıktadır (100 metreden az) (Han & Lim, 2010).
- Kısa menzilli protokoller, esas olarak bir SLS'deki LCU'lar ve LU'lar arasında bir iletişim sağlamak için kullanılır.
- Kısa menzilli protokoller hem kablolu hem de kablosuz (örneğin, ZigBee (Leccese, 2013), JenNET-IP (Lavric & Popa, 2015), 6LoWPAN (Mulligan, 2007)) olabilir







## Akıllı Dış Aydınlatma Senaryosu

- Sokak aydınlatması, akıllı şehir ortamında diğer uygulama alanlarından daha fazla güç tüketir (Escolar, Carretero, Marinescu, & Chessa, 2014).
- Tipik bir sokak aydınlatma senaryosu, sabit zamanlı anahtarlama şemasıyla kontrol edilir, bu da sokak lambasına yalnızca gece saatlerinde ihtiyaç duyulduğu için günlük olarak on iki saatlik çalışma süresi (zamanında) anlamına gelir.





## Akıllı Dış Aydınlatma Senaryosu

- SoLS'de hem ışık hem de hareket sensörü uygulandığında, sokak lambalarının çalışma süresi kontrol edilebilir, böylece güç tüketimi kontrol edilebilir.
- Yolun her iki tarafında her bir LU 20m aralıklı 10 km'lik bir yol varsayın. Yolu düzgün bir şekilde aydınlatmak için toplamda 100 LU gereklidir.



## Akıllı Dış Aydınlatma Senaryosu

- Tipik bir günde, ışıklar çoğunlukla 18:00 - 06:00 saatleri arasında 12 saat açık tutulur.
- Yaz saati için SoLS'deki ışık sensörü, gündüz normalden daha uzun olduğu için LU'ların çalışma süresini (açık kalma süresini) azaltabilir.
- Gündüz süresini dikkate alarak sokak lambaları için yılı ortalama çalışma süresi civarında hesaplarsak, bu yaklaşık 10 saattir.
- Yine, trafik profili gece boyunca aynı değildir.





## Akıllı Dış Aydınlatma Senaryosu

- Hareket sensörlerini kullanarak, LU'lar yolların trafik durumunu algılayabilir ve trafik profiline göre çalışma süresi SoLS'de kontrol edilebilir.
- Genellikle, 18:00 - 00:00 saatleri arasında, sokaktaki trafiğin daha yüksek olması beklenir.
- Gece yarısından sonraki trafik hacmi, toplam trafiğin% 10'u kadar düşük olabilir (Mullner & Riener, 2011).



## Akıllı Dış Aydınlatma Senaryosu

- SoLS için, LU'lar 18:00 - 12:00 (mesai çalışma saatleri) ve 12:00 - 6:00 (mesai dışı çalışma saatleri) arasında nominal yoğunlukta işlevsel olabilir, LU'lar açma / kapama süresini kontrol etmek için hareket sensörlerini kullanabilir.
- Trafik hacmi, sokak lambalarının çalışma süresi ile orantılı olduğundan, toplam güç tüketimi, geleneksel sokak aydınlatma sisteminden bir azalmayı gösterir.





## Akıllı Dış Aydınlatma Sistemi (Sols) Kullanılarak Bir Sokak Aydınlatma Senaryosu İçin Güç Tüketimi Hesaplaması

LU'ların ortalama çalışma süresinin 00:00 - 18:00 zaman aralığı için% 60 azalacağını varsayıyoruz.

Senaryolar	Toplam Düğüm Sayısı (n)	Ortalama Çalışma Süresi (saat)	Çalışma sırasında tamamen açık durumda kalma süresi (saat)	Toplam Güç Tüketimi (kWh)
Geleneksel Aydınlatma	100	12	12	288
Işık Sensörü	100	10	10	240
Hareket Sensörü	100	12	9.6	230.4
Işık ve Hareket Sensörü	100	10	8	192



# TEŐEKKÜR EDERİM



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI