



Research Article

Akıllı Yol Aydınlatması Sistemi

Zafer Örs¹, Tayyip Uğur Taşkın^{2*}, İrem Arhan³, Levent Doğan⁴, Cengiz Gezer⁵, Ahmet Faruk Karakebelioğlu⁶, Meltem Kesler⁷

¹ Panasonic Electric Works Türkiye, 0000-0003-1869-6774, zafer.ors@tr.panasonic.com

² Panasonic Electric Works Türkiye, 0000-0003-1036-5807, ugur.taskin@tr.panasonic.com

³ Panasonic Electric Works Türkiye, 0000-0002-9455-2441, irem.arhan@tr.panasonic.com

⁴ Panasonic Electric Works Türkiye, 0000-0001-8185-1285, levent.dogan@tr.panasonic.com

⁵ Panasonic Electric Works Türkiye, 0000-0002-9360-5978, cengiz.gezer@tr.panasonic.com

⁶ İSBK A.Ş., 0000-0001-9077-9414, afkarakebelioglu@isbak.istanbul

⁷ İSBK A.Ş., 0000-0001-8763-4425, meltemkesler@isbak.istanbul

* Sorumlu Yazar: ugur.taskin@tr.panasonic.com

(First received September 18, 2022 and in final form December 26, 2022)

2nd International Conference on Design, Research and Development
December 14 - 17, 2022

Reference: Örs, Z., Taşkın, T. U., Arhan İ., Doğan L., Gezer, C., Karakebelioğlu, A. F., Kesler M. Akıllı Yol Aydınlatması Sistemi. Orclever Proceedings of Research and Development,1(1), 188-197.

Özet

Yol aydınlatmaları, şehirlerin enerji tüketiminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Enerji verimliliğini arttıran uygun akıllı aydınlatma sistemleriyle aydınlatma maliyetinden büyük oranda tasarruf etmek mümkündür. Akıllı yol aydınlatması sistemleri, genel olarak aydınlatma yapılacak bölgede yer alan lamba, balast ve loşlaştırma cihazları, farklı aydınlatma bölgelerinde yerleştirilen kontrol üniteleri ve bu bölgesel kontrolleri yöneten ve izleyebilen merkezi yönetim sistemlerinden oluşmaktadır. Enerji verimliliğine uygun akıllı aydınlatma sistemleriyle çevreyi korurken aydınlatma maliyetinden de büyük oranda tasarruf etmek mümkündür. Mevcut projeler incelendiğinde, yol aydınlatmalarında otomasyon sistemleri kullanıldığında %80'lere varan enerji tasarrufu elde edilebileceği görülmektedir. Sürücü emniyetini ve konforunu azaltmadan ışık akısını kontrol eden ve makine öğrenmesi yöntemlerini de kullanarak loşlaştırma çalışmaları yapan bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bu bildiride İSBK ve Panasonic tarafından beraberce geliştirilmekte olan akıllı yol aydınlatması sistemi anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Yol Aydınlatması, DALI, G3-PLC, Nema Socket



Smart Street Lighting System

Abstract

Street lighting is an important part of the energy consumption of cities. With suitable smart lighting systems that increase energy efficiency, it is possible to save on lighting costs substantially. Intelligent street lighting systems generally consist of lamps, ballast and dimming devices located in the area to be illuminated, control units placed in different lighting zones, and central management systems that can manage and monitor these regional controls. With smart lighting systems suitable for energy efficiency, it is possible to save a great deal of lighting costs while protecting the environment. When current projects are examined, it is seen that up to 80% energy savings can be achieved when automation systems are used in street lighting. There is a need for an approach that controls the luminous flux without reducing the driver's safety and comfort, and that performs dimming studies using machine learning methods. In this paper, the smart street lighting system developed jointly by ISBAK and Panasonic is explained.

Keywords: Smart Street Lighting, DALI, G3-PLC, Nema Socket

1. Giriş

Bu çalışmada Panasonic ve İSBAK tarafından geliştirilen akıllı yol aydınlatma sistemi anlatılmaktadır. Literatür taramasında mevcut sistemler anlatılmış ve kullanılabilecek teknolojilerden bahsedilmiştir. Sistem mimarisi bölümünde geliştirilen mimari ve bileşenleri anlatılmıştır. Tartışma ve sonuç kısmında ise sistem tasarımı üzerine verilen kararlar irdelenmiş ve kazanılan yetkinliklerden bahsedilmiştir.

1.1. Literatür Araştırması

1.1.1 Akıllı Şehirlerde Enerji Verimliliği

Dünyamızda teknolojinin gelişmesiyle enerjinin önemi ve enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Enerjinin fazla kullanılması dünyadaki kaynaklarımızı hızlı bir şekilde tüketmektedir. Dünya genelinde yol aydınlatmaları şehirlerin enerji tüketiminin 25-30%'unu kapsamaktadır [1] ve enerji verimliliğine uygun aydınlatma sistemiyle çevreyi korurken aydınlatma maliyetinden 50-70% oranında tasarruf etmek mümkündür [2]. Son yıllarda tüm dünyada araştırmacılar, ilerleyen teknolojilerden faydalanarak insanların yaşam kalitelerini arttırmak amacıyla akıllı şehirlerin yapı taşlarını oluşturacak akıllı sistemler üzerine çalışmalar yürütmektedir. Akıllı şehirler için

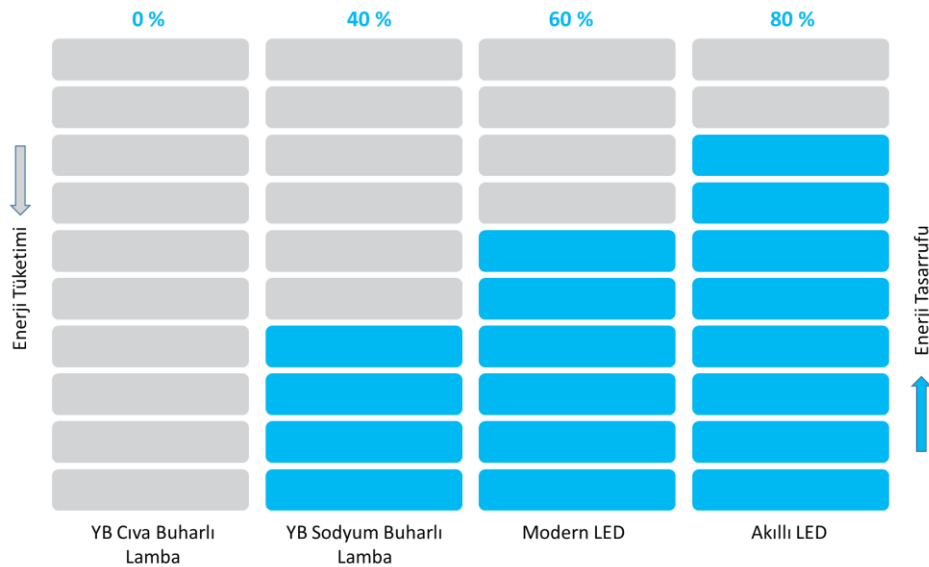
odaklanması gereken bir nokta da şehir hayatının kusursuz bir şekilde işlemlerini sağlayan aydınlatma sistemleridir.

1.1.2. Aydınlatma Sistemleri

Yeni teknolojiler ve aydınlatma sistemlerinin kontrolü ile aydınlatma yönetiminin denetlenmesi, enerji verimliliğini optimize edip daha konforlu bir kullanım sağlayacaktır. Aydınlatma kalitesinden ödün vermeden ve görüş konforunu bozmadan gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilmelidir.

Mevcut projeler incelendiğinde, yol aydınlatmalarında otomasyon sistemleri kullanıldığında önemli oranda enerji tasarrufu elde edilebileceği anlaşılmıştır. Sürücü emniyetini ve konforunu azaltmadan ışık akısını kontrol eden ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak loşlaştırma çalışmaları yapan bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Aydınlatma otomasyon sistemlerinin başka bir fonksiyonu da aydınlatmalarının durumlarının izlenebilmesidir. Bu hizmet sayesinde enerji maliyetlerinin yanında bakım maliyetlerinin de azalması amaçlanmaktadır.

Enerji verimliliği kapsamında az enerji harcayıp çok ışık üretebilen LED teknolojisi aydınlatma sektöründe sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur. Akıllı kontrol sistemlerine sahip, düşük güç tüketimi sağlayan LED yol aydınlatma lambalarının kullanımı önerilmektedir [2].



Şekil 1: Enerji Tasarrufu Potansiyeli [3]



Şekil 1’de gösterildiği şekilde, geleneksel aydınlatma yöntemleri yerine LED yol aydınlatmasının kullanılması %50-70’e varan, bu yöntemlerin akıllı sistemlerle birleşmesi ise %80’e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır [3].

Tablo 1: Aydınlatma Tipleri Karşılaştırması [4]

Aydınlatma Tipleri	LED	AB Sodyum Buharlı Lamba	YB Sodyum Buharlı Lamba	YB Cıva Buharlı Lamba	Floresan Lamba
Işık Etkinliği(Lm/W)	80-160	100-192	88-130	40-60	46-80
Ömür(Saat)	500.000	16000-20000	160000-32000	15000-24000	6.000-15.000
Renksel Geri Verim	65-99	0-15	25-70	40-60	75-90
Dim Edilme	Var	Yok	Var	Var	Var
Kullanım Alanı	İç-Dış Mekan	Dış Mekan	İç-Dış Mekan	İç Mekan	İç Mekan

Akıllı yol aydınlatması sistemleri, genel olarak aydınlatma yapılacak bölgede yer alan lamba, balast ve loşlaştırma cihazları, farklı aydınlatma bölgelerinde yerleştirilen kontrol üniteleri ve bu bölgesel kontrolleri yöneten ve izleyebilen merkezi yönetim sistemlerinden oluşmaktadır. Merkezi yönetim sisteminden kontrol üniteleri aracılığıyla gönderilen sinyaller ile lamba ışık akılarının ayarlanması, cihazlardan arıza durumu ve cihaz ömrü bilgilerinin toplanması sağlanır. Bu sayede merkezi yönetim birimi tarafından tüm sistem izlenebilir durumdadır [5].

1.1.3. Yol Aydınlatması Projeleri

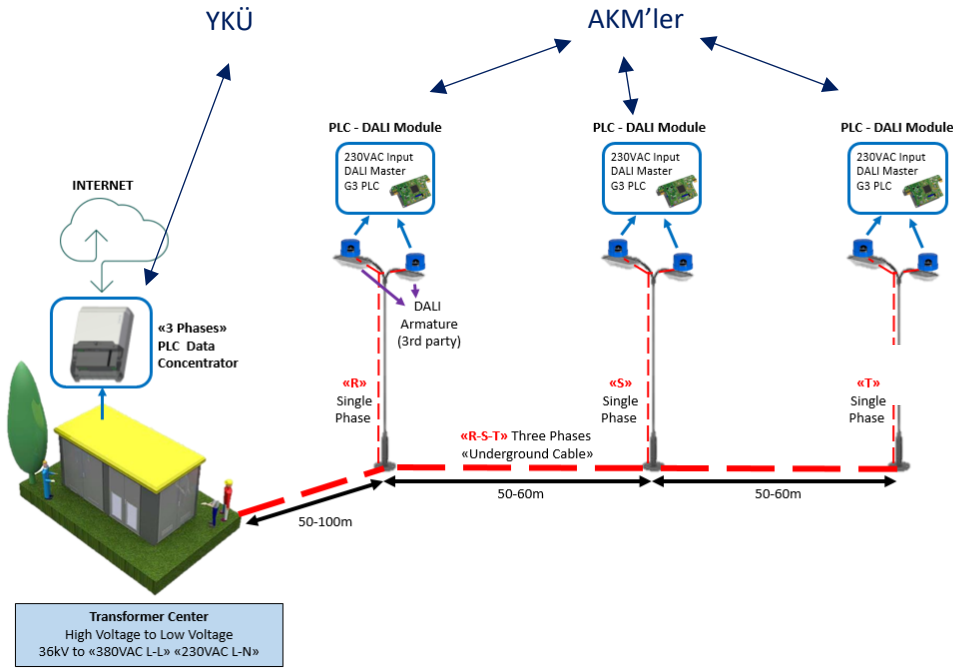
Yol aydınlatması enerji verimliliği üzerine yapılmış Arista, SOWIN, Tvilight, Fonda, Aaeon vb. projeler incelendiğinde önemli sonuçlara ulaşılabilir. Mekanik yapıları incelendiğinde nema soketin farklı projelerde kabul görmüş standart bir soket yapısı olduğu görülmektedir. Çift yönlü haberleşmeye izin vermesi sayesinde, enerji tasarrufu için aydınlatma uç birimine komutlar iletebilen DALI, uç birimden de bakım ve çalışma bilgilerini alabilir. Tüm bu özellikler, aydınlatmada önemli bir standart olarak karşımıza çıkmasına olanak sağlamaktadır. Akıllı aydınlatma sistemlerinin haberleşme ihtiyaçları 250kbps’a kadar haberleşme hızları ile karşılanmaktadır. Sağladıkları mesh haberleşme yapısının yanı sıra, PLC ve RF gibi farklı fiziksel katmanlara müsaade eden IEEE 802.15.4 ve 6LowPAN standartları ile uyumlu sistemler, ileriye dönük esnek yapılar olarak değerlendirilebilir. G3-PLC, sistem mimarisinde bulundurduğu 802.15.4 ve 6LowPAN standartları ile ileriye dönük, güncel ve esnek bir yapıya izin veren, RF fiziksel katmanının da kolayca entegre edilebileceği bir standart yaklaşımdır. Bu projeleri karşılaştırdığımız tablo 2’de bulunabilir.

**Tablo 2:** Yol Aydınlatması Projeleri Karşılaştırma Tablosu

Proje	Arista [6]	SOWIN [7]	Tvilight [8]	FONDA TECH PLC[9]	FONDA TECH [10]	AAEON [11]
Haberleşme Protokolü	RF Mesh	PLC or LoRa / G3-PLC + LoRa with 2G/3G/4G	2.4 GHz IEEE 802.15.4 RF	G3-PLC	Zigbee MESH	LoRa, NB-IoT, Sub-GHz
Mekanik	NEMA	Özelleşmiş	Zhaga D4i	NEMA	NEMA	NEMA
Dim	1-10V	1-10V	DALI / DALI 2.0 / SR / D4i, DALI MultiMaster mode	PWM, 0-10V	PWM, 0-10V, DALI	ON/OFF, 1-10V
Besleme Gerilimi	220VAC	220VAC	24V	96-264VAC	96-264VAC	90-277VAC
Menzil	>1km	PLC : 400m LoRa : 2km	200m	500m	150m	1.5km
Ağ Geçidi: Cihaz	1:64	1:255	1:200	1:200	1:200	-
Hız	-	-	-	5.5Kbps	250Kbps	-

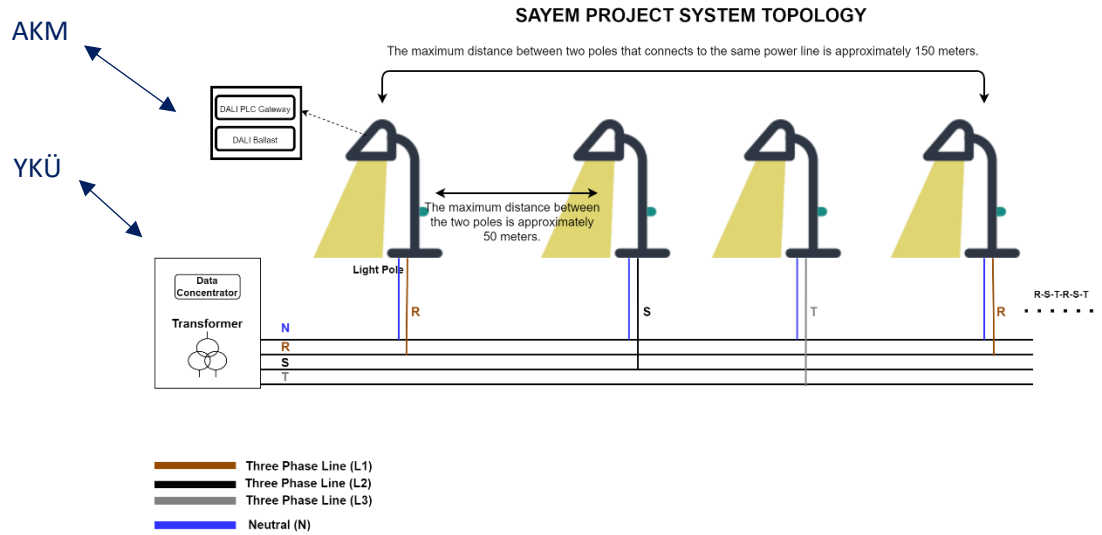
2. Sistem Mimarisi

Projede hedeflenen akıllı aydınlatma çözümü, Panasonic tarafından geliştirilecek olan Armatür Kontrol Modülü (AKM) ve Yerel Kontrol Ünitesi (YKÜ), İSBAK tarafından geliştirilecek Merkez Kontrol Yazılım (MKY) ile yönetilecektir. İSBAK NEMA soketli aydınlatma armatürleri Panasonic AKM ile entegre çalışacaktır. Bu sisteme ait çizimler Şekil 2 ve Şekil 3' de sunulmuştur. Projenin saha ayağında, mevcut elektrik ağının kullanılmasının mümkün olduğu G3-PLC teknolojisi üzerinden DALI gateway oluşturularak DALI protokolünün kullanımı sağlanacaktır. Bu gateway bileşeni, Yerel Kontrol Ünitesi (YKÜ) olarak adlandırılacaktır.



Şekil 2: Akıllı Aydınlatma Projesi Sistem Mimarisi

Merkez yazılım ile Yerel Kontrol Ünitesi internet üzerinden haberleşecek olup, bu internet kullanımının GSM ağı üzerinden sağlanması öngörülmektedir. HTTP ve REST API yöntemi kullanılarak YKÜ'ye merkez yazılım üzerinden komutlar gönderilecektir. Örneğin, bir grup yol aydınlatmasının açılmasının istendiği durumda, merkez yazılım üzerinden uzaktan bir komut gönderilip, bu komutun YKÜ aracılığıyla DALI protokolüne dönüştürülmesi sağlanacaktır. G3-PLC paketlerine gömülmüş olan DALI protokolü ilgili AKM'ye yönlendirilecektir. AKM'ler paketleri aldıktan sonra PLC içinden datayı çezecekler ve cihazlar böylece DALI paketlerini almış olacaklardır. Bu DALI paketleri de fiziksel olarak DALI hattından ilgili armatür cihazındaki balast'a iletilecektir. Dolayısıyla, bu çalışma prensibi doğrultusunda MKY tarafından gönderilen istek gerçekleştirilmiş olacaktır.



Şekil 3: Akıllı Aydınlatma Projesi Kablolama Kriterleri

2.1. Armatür Kontrol Modülü (AKM)

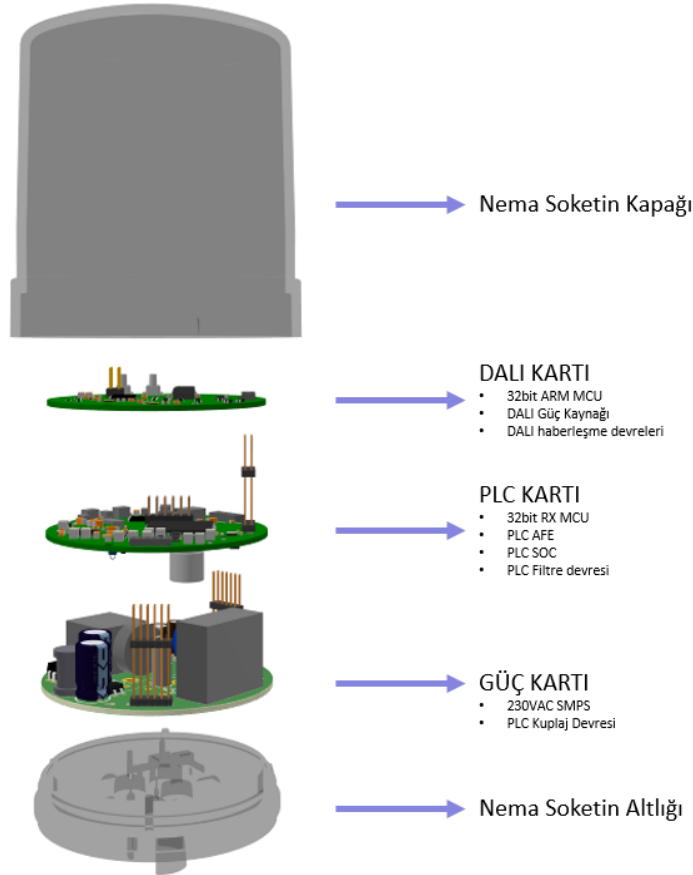
Armatür Kontrol Modülü, nema soketin yuvarlak yapısına uygun olacak şekilde kurgulanmıştır. Bu nedenle AKM' ye ait elektronik devreler 3 katman olacak şekilde tasarlanmıştır.

Nema soket, aydınlatma armatürlerine sahada devreye alındıktan sonra dahi yeni özellikler kazandırabilmek için düşünülmüş yenilikçi bir yaklaşımdır. Nema soket prensip olarak eklenecek yeni özelliklerin ek maliyetinin armatür yerine sokete takılacak donanımlarda olması üzerine kurgulanmıştır. AC/DC çevirimi ve diğer haberleşme ile ilgili yapılar nema sokete takılacak modüllerde bulunmalıdır. Nema sokete takılacak modüllerin mekanik tasarımları standart boylarda ve yapılardadır. Bu standart mekanik tasarım elektronik donanım tasarımında sınırlı ve zorlayıcı (silindir şeklinde, yükseldikçe daralan) bir alandır.

Geliştirilecek donanım, yol aydınlatma armatürlerinde yaygın olarak kullanılan, farklı üreticilerden tedarik edilebilen ve ANSI C136.41 standartlarında tanımlanmış "Nema Socket" ile uyumlu olarak geliştirilmektedir. Bu sayede projedeki kalıp yatırımı yapılması ihtiyacı ortadan kaldırılmıştır. (Bu hazır plastik kutu kullanımı nedeniyle ilk safhada ürün maliyetini yükseltse de, satış adetlerinin yükselmesi sonrası gelecekte yapılacak yatırımlar ile maliyet aşağıya çekilebilir.)

Güç Kartı şebekeden gelen 230VAC gerilimi sistemin çalışması için 15VDC seviyesine indirmektedir. Flyback topolojili SMPS üzerine kurulacak bu yapı ile yüksek verim ve düşük güç tüketimi hedeflenmektedir. PLC kartında, Analog AFE, giriş filtre devresi, PLC için SOC ve PLC için MCU ve çevre komponentleri bulunmaktadır. DALI kartında,

DALI güç kaynağı, DALI fiziksel katmanı, DALI için MCU ve çevre komponentleri bulunmaktadır.



Şekil 4: AKM Patlatılmış Resim

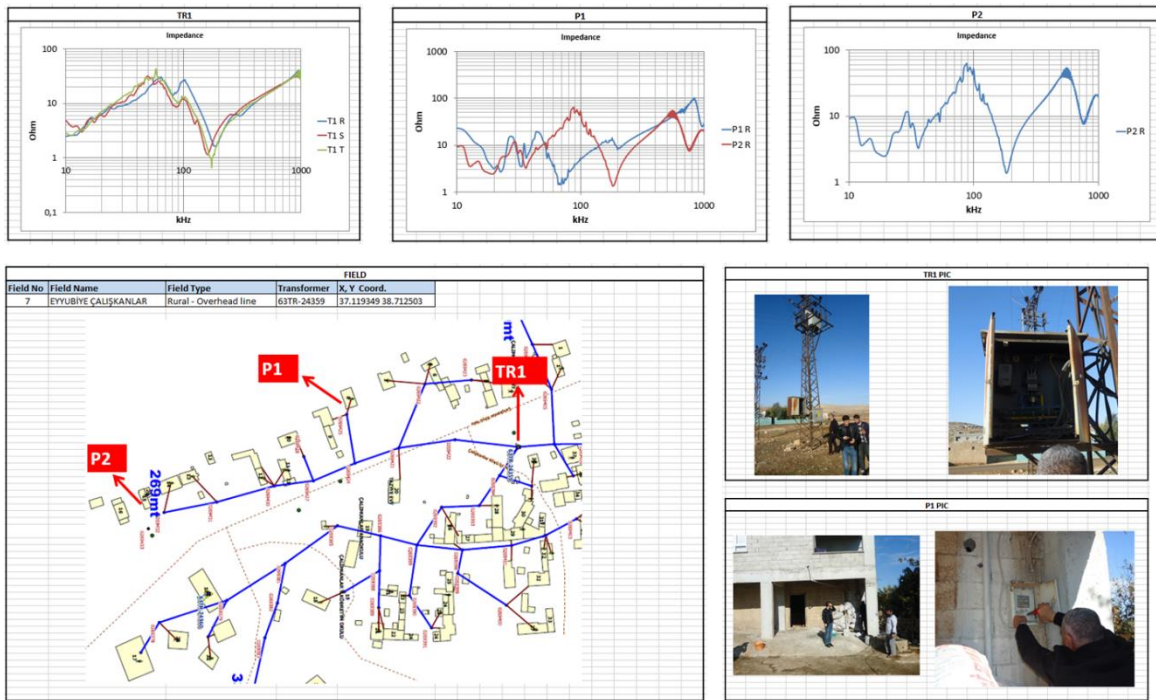
2.2. Yerel Kontrol Ünitesi (YKÜ)

Yerel Kontrol Ünitesi, kontrol ve beyz katı olmak üzere iki temel devreden oluşmaktadır. Kontrol kartı üzerinde, Linux temelli karta gömülü bir SOM, 2G-3G GSM modül, USB, ETHERNET, izole RS485 ve kuru girişler bulunmaktadır. Beyz kartı üzerinde, 3 faz AC girişli bir SMPS, G3 temelli PLC haberleşme modülü, kesinti algılama devresi, röle çıkışı ve süper kapasitör destekli yedek güç devresi bulunmaktadır.

3. Tartışma ve Sonuçlar

Nema soketin yenilikçi yaklaşımı sayesinde, eklenecek yeni özelliklerin ek maliyetinin armatür yerine sokete takılacak donanımlarda olmasının yanında nema soketin standart mekanik tasarımı elektronik donanım tasarımında sınırlamalara neden olabilir.

PLC haberleşmesi, özellikle tahmin edilmesi güç ortam koşulları sebebiyle teknik anlamda zorlayıcı çevresel parametreler (ör. empedans, zayıflama, gürültü) içermektedir. Panasonic olarak geliştirdiğimiz G3-PLC çözümümüz birçok farklı koşulda sahada test ettiğimiz ve haberleşme bant genişliğinin sınırlı olduğu kullanım senaryolarında başarılı bir şekilde çalışan olgun bir çözümdür. Aşağıda saha ölçümlerimizden bir örnek verilmiştir.



Şekil 5: Panasonic tarafından geliştirilen G3-PLC modülünün saha ölçümlerinden bir örnek

Dünyamızda teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisinin önemi ve bu enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Akıllı aydınlatma sistemleri sağladıkları enerji tasarrufu potansiyeliyle dünyanın çeşitli bölgelerinde araştırma projelerinin konusu olmuştur. Öne çıkan projeleri karşılaştırdığımızda aşağıda listelediğimiz sonuçlara ulaşmaktayız.

- Nema Soket farklı projelerde kabul görmüş bir standart soket yapısıdır.



- DALI özellikle çift yönlü haberleşmeye izin vermesiyle hem enerji tasarrufu için aydınlatma uç birimine komutlar iletebilirken uç birimden bakım ve çalışma bilgilerini de alabilmesi ile aydınlatmada önemli bir standart olarak karşımıza çıkmaktadır.
- 250kbps'a kadar haberleşme hızları akıllı aydınlatma sistemlerinin haberleşme ihtiyaçlarını karşılamaktadır
- IEEE 802.15.4 ve 6LowPAN standartlarıyla uyumlu sistemler hem sağladıkları mesh haberleşme yapısı hem de PLC ve RF gibi farklı fiziksel katmanlara müsaade etmeleriyle ileriye dönük esnek yapılar olarak değerlendirilebilir.
- G3-PLC, sistem mimarisinde bulundurduğu 802.15.4 ve 6LowPAN standartları ile ileriye dönük güncel ve esnek bir yapıya izin veren, RF fiziksel katmanının da kolayca entegre edilebileceği bir standart yaklaşımdır.

4. Bilgi ve Teşekkür

Bu proje TÜBİTAK tarafından SAYEM Programı kapsamında 3219500-366 Ürün Proje Numarası ile desteklenmiştir. Literatür araştırması çalışmaları esnasındaki katkıları sebebi ile Polen Cengiz'e teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] C. Subramani, S. Surya, J. Gowtham, et al. «Energy Efficiency and Pay-Back Calculation on Street Lighting Systems», AIP Conference Proceedings 2112, 2019
- [2] C. Perdahçı, Z. Ünal, B. Bıkmaz. «IOT Tabanlı Akıllı Yol Aydınlatma Sistemi», Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- [3] Akıllı Şehirler Çağının En Hızlı Oyuncusu: Akıllı Aydınlatma. Fermada Led Aydınlatma. (2020, July 1). Online: <https://fermada.com.tr/akilli-sehirler-caginin-en-hizli-oyuncusu-akilli-aydinlatma/>
- [4] Online: <https://www.pelsan.com.tr/tr-TR/isik-kaynaklari/26128>
- [5] B. Büyükkınacı, «Yol Aydınlatması Otomasyonu», İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Mayıs 2008
- [6] Online: <https://add-bg.com/en/innovative-solutions/smart-street-lighting/>
- [7] Online: https://www.stsystemplc.com/street-light-control-system_c1
- [8] Online: <https://tvilight.com/>
- [9] Online: https://www.fondalighting.com/plc-solution_0031
- [10] Online: https://www.fondalighting.com/rf-mesh-solution_0032
- [11] Online: <https://www.aaeon.com/en/ac/intelligent-street-lighting>