

Ayşe ÖZTÜRK, Sepanta NAİMİ

AKILLI EV SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN FARKLARI, AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Ayşe ÖZTÜRK
Istanbul Aydın University
aseztrk@gmail.com

Sepanta NAİMİ
Istanbul Aydın University
sepantanaimi@aydin.edu.tr

ÖZ

“Akıllı ev” kavramı 1980’lerin başında ortaya çıkmaya başladı. Günümüzde akıllı bir ev, sakinlerine binanın işlevleri üzerinde gelişmiş denetim ve kontrol olanağı sağlamak için gelişmiş otomasyon sistemlerini içeren bir evdir [1]. Bu sistemlerde aydınlatma, sıcaklık, çoklu ortam, güvenlik, pencere ve kapı işlemlerini ve diğer pek çok fonksiyon çok rahat kontrol edebilir. Akıllı ev sistemleri tarafından sağlanan bu hizmetler, kullanıcının mobil cihazından veya web üzerinden izlenebilir ve kontrol edilebilir [2]. Bu çalışmada, iç aydınlatma kontrolünde kullanılan PLC’nin avantajlarından, dezavantajlarından, PLC kullanarak kurulan akıllı ev sistemi ile kablosuz ağ teknoloji temelli bir akıllı ev sisteminin karşılaştırılması yapılacaktır. Karşılaştırma yapılırken, kablosuz ağ teknolojisi ile oluşturulan sistemde Z-Wave protokolünün kullanıldığı varsayılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *PLC, otomasyon, akıllı ev, kablosuz ağ haberleşmesi, Z-Wave*

DIFFERENCES, ADVANTAGES, AND DISADVANTAGES OF THE METHODS USED IN SMART HOME SYSTEMS

ABSTRACT

The “Smart Home” concept has appeared in the beginning of 1980s. Today, a smart home is a home that incorporates advanced automation systems to provide the inhabitants with sophisticated monitoring and control over the building’s functions [1]. In these systems, a smart home can control lighting, temperature, multi-media, security, window and door operations as well as providing many other functions. These services, offered by the smart home systems, can be

monitored and controlled from the user's mobile device or over the web [2]. Current study will analyze the advantages and disadvantages of PLC which is used in indoor lightning control, and make a comparison between smart homes that are built with wireless network technology and smart homes that are built with PLC. This comparison assumes that Z-Wave protocol is used for smart homes that are built with wireless network technology.

Keywords: *PLC, automation, smart home, wireless network communication, Z-Wave*

1. GİRİŞ

Akıllı ev teknolojisi, çeşitli bileşenlerin yerel bir ağ üzerinden iletişim kurduğu evlerde kullanılan bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) için ortak bir terimdir [3]. Geçmişten bugüne insanlar yaşam kalitesinin daha güvenli ve daha yüksek olmasını istemişlerdir. Evde yapılan günlük işlerin cihazlar yardımıyla otomatik yapılması, akıllı ev kavramını oluşturmaktadır. Kullanıcı hedefli olan sistemler sayesinde, kişiler günlük işlerini daha pratik ve güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler. Böylece kullanıcılar, zamandan tasarruf edebilmektedirler. Ayrıca akıllı ev sistemlerinin kullanılması, yapılması güç işlerin de yapılmasına imkan sağlamaktadır.

Teknoloji, seçilen kriterlere göre fonksiyonları izlemek, uyararak ve yerine getirmek için kullanılabilir. Akıllı ev teknolojileri, hem bireysel hem de toplum çapındaki faydaları farklı şekillerde değerlendirilebilir. Mali tasarruf sağlayabilir, tüketicilere kolaylık sağlayabilir; daha fazla ekolojik ve sürdürülebilir yaşama katkıda bulunur, alıcının güvenlik ve güven duygusunu pekiştirir ve daha fazlasını yaparlar [4].

Akıllı bir evin en önemli yapı taşından biri akıllı sensör ağıdır. Sensörler, otomatik olarak evde kontrol edilen bir ağ yapılandırmasında farklı parametreleri algılamak için kullanılır. Akıllı ev teknolojisinin temel yapı taşlarının akıllı ev sunucusu ve sensör ağı olduğuna dikkat edilmelidir. Servis modülleri, WIFI, ZIGBee, vb. gibi kısa mesafeli teknolojilere dayanan çeşitli modüller olabilir. Bu çalışmada Z-Wave protokolünün kullanıldığı varsayılmıştır.

Protokoller, cihazların birbirleri ile konuşmasını sağlayan dildir. Akıllı bir ev sisteminde diğer önemli husus ise iletişimdir. Günümüzde akıllı ev sisteminde kullanılan başlıca protokoller şunlardır: X10, Z-Wave, UPB, WiFi, ZegBee, EnOcean [5]. Bu protokollerden bazıları tek çalışabilirken, bazıları ise çeşitli protokollerle çalışmaktadır.

“Akıllı tasarım” terimi; sürdürülebilir tasarım, yüksek teknoloji kullanımı ve kullanıcı dostu tasarım gibi anlamları içerir [6].

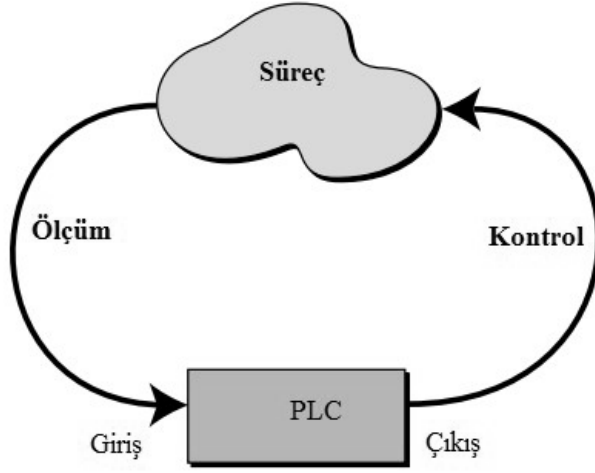
Akıllı ev teknolojisi, binanın fiziksel yapısı, ev otomasyonu ve güvenlik, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir tasarım, e-Sağlık (Teletıp), e-Eğitim, aletleri uzaktan izleme, iletişim ve eğlence, ev ve ev ofis için IT hizmetleri ve evde yardım (Tele-Assistance) gibi alanlarda uygulanabilmektedir.

Akıllı ev sistemlerinde cihazların birbirleriyle haberleşerek tek bir sistem üzerinden çalışarak büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca web ortamından ya da mobil cihazlar yardımıyla dünyanın herhangi bir noktasından uzaktan erişim imkanı sunmaktadır. Basit bir aracı yardımıyla alarmı devreden çıkarma, güneşlikleri indirme, ışıkları kısma gibi işlemleri kolaylıkla yapabiliriz.

Bir ev otomasyon sistemi genişletilebilir olmalıdır ve mevcut yapısına yeni aygıtlar eklenebilmelidir. Kullanıcı kişisel cihazı ya da web üzerinden bu sistemi kontrol edebiliyor olmalıdır. Sistemden kaynaklı ya da elektrik kesintisinden dolayı meydana gelebilecek veri kaybının olmaması için iyi bir yedekleme sisteminin olması gerekmektedir. Böylece sorun giderildiğinde tüm işlevlerin aynen devam ettiği görülmelidir [7].

2. PLC İLE AKILLI EV SİSTEMLERİ

Programlanabilir denetleyiciler (PLC; Programmable Logic Controller = Programlanabilir Lojik Kontrolör) sektörlerde çeşitli elektro-mekanik süreçlerin otomasyonu için kullanılan bir dijital bilgisayardır [8]. PLC'ler eski zamanlardan beri fabrika otomasyonu ve endüstriyel proses kontrolünün ayrılmaz bir parçası olmuştur. PLC'ler, basit aydınlatma işlevlerinden çevresel sistemlere, kimyasal işleme tesislerine geniş bir uygulama yelpazesini kontrol etmektedir. PLC'nin temel işleyişi kullanılan kontrol mantığına veya programlama tekniğine dayanır. Programlama; akış çizelgelerini kullanarak, ladder mantığı kullanarak, deyim mantığı veya hatırlatma kullanarak yapılabilir. PLC bilgisayar dili kullanılarak programlanır bir mikroişlemciden meydana gelir [9]. PLC, kontrol fonksiyonlarını sağlamak için elektromanyetik cihazlarının yerine entegre devreler kullanarak bilgisayar ailesinin katı hal üyesidir. Bunlar endüstriyel makineler ve süreçleri kontrol etmek için sıralama, zamanlama, sayma, aritmetik, veri işleme ve iletişim gibi hafızaya alma talimatları yeteneğine sahiptir [10]. Şekil 1'de PLC uygulamasının kavramsal diyagramını göstermektedir.

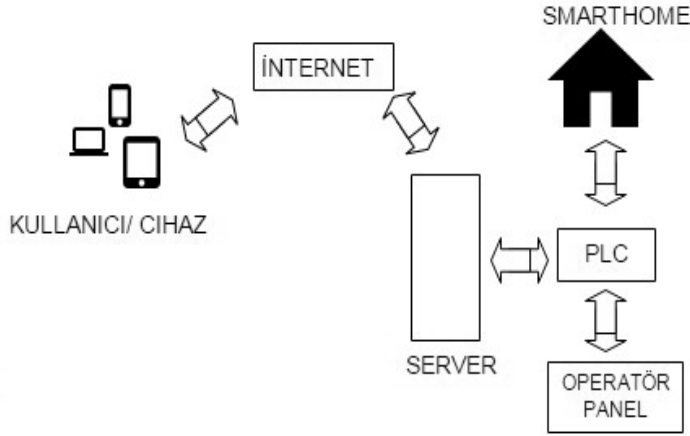


Ev otomasyon sistemi etkili, kolay uygulanabilir ve uygun fiyata sahip olmalıdır. PLC, bu tür sistemlere bir alternatif olarak düşünülmektedir. Ayrıca endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış zamanlama, sayma, veri işleme, karşılaştırma, sıralama, veri aktarma ve aritmetik işlemlerin doğal fonksiyonları aracılığıyla genel kontrol sağlayan analog / dijital veri giriş / çıkış terminalleri vasıtasıyla bir sistemi veya sistem gruplarını kontrol eden bir elektronik cihazdır [11].

PLC'nin kullanımı, yazılım üzerinde değişiklikler yapabilmek ve elektrik kesilmesi durumunda veriyi uzun süre saklayarak enerjinin tekrar elde edilmesiyle algoritmaya yeniden başlamak gibi çeşitli nedenlerden dolayı çok avantajlıdır [11], [12], [13].

2.1. Mimari

Bu çalışmada, internet üzerinden bilgisayar, mobil cihazlar ve operatör panelleri kullanılarak kontrol edilebilen bir PLC kontrollü akıllı ev uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yazılım ve donanım da dahil olmak üzere iki kısımdan oluşan bir sistem ele alınarak konu ele alınmıştır. Sistemin genel blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. PLC Kullanılan Akıllı Ev Sisteminin Blok Diyagramı

2.1.1. DONANIM ALTYAPISI

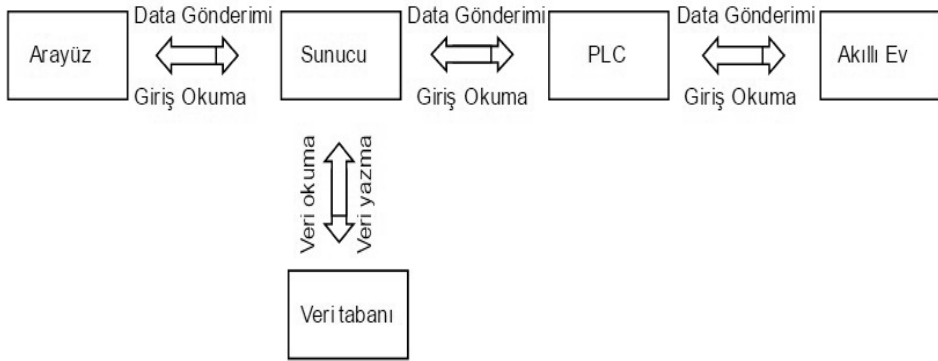
Akıllı ev donanımının uygulanan uygulamanın altyapısı PLC, Ethernet modülü, dokunmatik operatör paneli, sensörler, aktuatörler ve elektronik devrelerden oluşur [14].

Akıllı ev sisteminde kontrol edilen üniteleri aydınlatma kontrolü, güvenlik kontrolü ve klima ünitesi olarak bölmek mümkündür. Bu ünitelerin kumandaları PLC'ye bağlı Ethernet modülü üzerinden mobil cihazlara ve PLC'ye bağlı operatör paneli tarafından gerçekleştirilir [15]. Aydınlatma ünitesi aracılığıyla oturma odası, yatak odası, mutfak ve salon ışıkları kontrol edilir. Sistem açıldığında, odaların aydınlatma verileri okunur, veri tabanına yazılır ve sonra kullanıcının odaların mevcut durumunu ve ışık durumundaki değişiklikleri gözlemleyebilmesi için kullanıcı arayüzüne aktarılır. Enerji tasarruf modunda sensörler sayesinde kullanılmayan odalardaki ışıklar otomatik olarak kapanır.

2.1.2. YAZILIM ALTYAPISI

Akıllı evin gerçek zamanlı olarak internet üzerinden kontrolü için, istemci / sunucu mimarisi temelinde basit ve kullanışlı bir altyapı oluşturulur. Bu altyapı, istemci yazılımı, sunucu yazılımı ve veri tabanı bölümünden oluşur [15]. İstemci yazılımı, kullanıcıların internet üzerinden akıllı ev sistemini denetleyebildiği web arayüzüdür. Sunucuda çalışan istemci yazılımının ana görevi, akıllı ev sistemine yerleştirilen aydınlatma, havalandırma ve güvenlik birimlerini yönetmektir. İnternet erişimi olan tablet, cep telefonu ya da bilgisayar ile kullanıcılar sisteme bağlanabilirler.

Kontrol yazılımı, akıllı ev sisteminin tüm iletişimlerinin sağlandığı sunucuda tutulur. Sunucu her iki yönde de çalışır. Akıllı evden alınan komutları veri tabanına kaydeder ve kayıtlı kontrol komutlarını veri tabanından akıllı eve PLC yoluyla gönderir. Veri tabanı çalışmanın bu bölümünde devreye girmektedir. Akıllı ev sistemi ile ilgili tüm ayarlamalar ve işlemler veri tabanına kaydedilir [16], [17]. Akıllı ev durumuyla ilgili raporlar, kullanıcı isteğine ve zamana bağlı olarak verilir. Programlama dili istemci ve sunucu yazılımı için kullanılırken, SQL ise sunucu programı veri tabanı için kullanılır. Bu üç ünite, farklı görevler ve süreçler içerse de birbirleriyle sürekli etkileşim halindedir. Bu birimler ile gelişmiş sistem mimarisi arasındaki etkileşim Şekil 3'teki blok diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 3. Yazılımların Birbiri İle Etkileşimi

2.1.3. KULLANICI ARAYÜZÜ

Arayüz ile birlikte kullanıcı, sistemin kurulu olduğu ortamı kontrol altına almaktadır. Ortamda meydana gelen herhangi bir değişiklik bu arayüz sayfasına dinamik bir şekilde yansımaktadır. Kullanıcılar, akıllı ev sisteminin tüm odalarına, evin sıcaklık değerine, evdeki hareket kontrolüne (hırsız), gaz ve duman kontrolüne ve kapı kontrol ünitelerine arayüz üzerinden erişebilir. Böylece ortam uzak bir noktadan da kontrol altına alınabilmektedir.

Kullanıcı ile entegre olan akıllı ev sisteminin bir kısmı kontrol sayfasıdır. Bu sayfa dinamik olarak çalışmaktadır ve akıllı evde meydana gelen herhangi bir değişiklik kontrol sayfasına yansır. Aynı şekilde, kontrol sayfası aracılığıyla verilen bir komut akıllı eve gönderilir [13], [14], [15]. Kullanıcı kontrol sayfasına baktığında evin durumuyla ilgili gerçek zamanlı bilgi alır. Kullanıcı kontrol sayfasını kullanarak, odaların aydınlatma, güvenlik ve klima ünitelerini kontrol edebilir. Aynı zamanda, bu sistemler ile ilgili düzenlemeler sistemin aktif / pasif olmasını sağlar. Raporlama sayfası, kullanıcılara internet üzerinden ya da operatör paneli aracılığıyla yapılan tüm değişiklikleri sistem veri tabanından alır. Kullanıcı ev ile ilgili tüm değişiklikleri tarihe göre görebilir.

2.1.4. OPERATÖR PANELİ ARA BİRİMİ

Akıllı evin kontrol işlemi, internet olmadan operatör paneli aracılığıyla da gerçekleştirilebilir. Operatör paneli doğrudan PLC ile iletişim kurar. Akıllı ev sisteminin tüm işlemleri operatör paneli üzerinden yapılabilir. Akıllı ev sisteminde internet üzerinden kontrol edilen ve izlenen aydınlatma, güvenlik ve klima sistemleri de operatör paneli aracılığıyla gerçekleştirilmektedir [15].

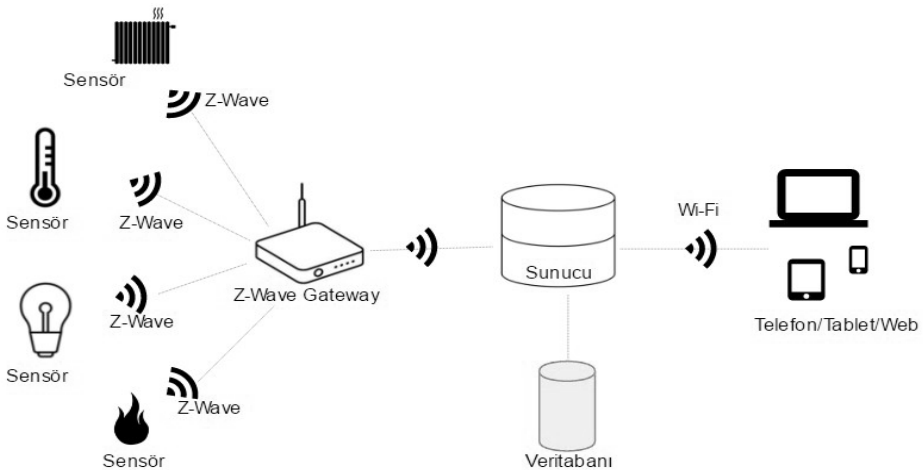
3. KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİSİ İLE AKILLI EV SİSTEMLERİ

Kablosuz aygıtlar, çoğu zaman 'protokoller' olarak adlandırılan birçok farklı dil türünü konuşurlar [18]. Kablosuz ağ teknoloji sisteminin etkin ve sürekli iletişim kurması önemlidir. Bu nedenle, amacınıza en uygun kablosuz protokolü seçmeniz gerekmektedir. Bu çalışmada kablosuz haberleşme ile kurulan akıllı ev sistemi, Z-Wave protokollü ile ele alınmıştır.

Z-Wave protokolü, özellikle konut ve hafif ticari ortamlarda kontrol, izleme ve durum okuma uygulamaları için tasarlanmış, basit, birlikte çalışabilir, kablosuz, RF tabanlı bir iletişim teknolojisidir. Z-Wave, ağdaki her cihazın kontrol komutları gönderip alabileceği bir MESH ağ oluşturma teknolojisidir. Aygıtlar ayrıca belirli modüllerin çalışmasını kontrol etme ve izleme yeteneğine sahiptir ve merkezi birime durumlarını sürekli olarak bildirir [18].

3.1. MİMARİ

Akıllı evler için kullanılan bu sensör ağı sisteminde, sensörler tarafından tespit edilen bilgiler toplanır ve Z-Wave gateway'i (iki protocol arasında iletişimi sağlayan donanım) üzerinden bu bilgiler, Wi-Fi veya Ethernet aracılığı ile bir web sayfasına veya bir tablet/ telefon terminaline iletebilir.



Şekil 7. Kablosuz Kullanılan Akıllı Ev Sisteminin Blok Diyagramı

Şekil 7’de Z-Wave ile haberleşen bir akıllı evin blok diyagramı gösterilmektedir. Sensörler ortamdaki herhangi bir değişimi algılar. Bu değişim ışık, ses, ısı vb. değişimler olabilir. Algılanan bu değişimler sensörler aracılığıyla elektriksel işaretlere dönüştürülürler.

Sensörlerde oluşturulan elektriksel işaretler bilgiler Z-Wave protokolü üzerinden Z-Wave gateway’ine gönderirler. Z-Wave gateway’i sensörlerden aldığı değerleri doğrudan sunucuya iletir. Z-Wave gateway, hem z-wave protokolü aracılığı ile sensörlerle konuşabildiği gibi hem de Wi-Fi ve mobil ağ üzerinden sunucu ile haberleşebilmektedir. Bu haberleşme neticesinde sensörlerden üretilen bilgiler sunucuya ulaştırılmış ve sunucu veri tabanına kayıt edilmiş olur. Sunucu kendi veri tabanında tuttuğu bu verileri talep eden client cihazlara sunar. Kullanıcı, kontrolünü bir bilgisayar, tablet, cep telefonu ya da web üzerinden sağlayabilir. İstemci (client) olarak bir cep telefonunu ele alırsak, cep telefonu belirli aralıklarla veya kullanıcı tarafından yapılan taleple sunucudan talep edilen sensörün durumunu öğrenmek ister. Yapılan bu istek JSON (JavaScript Object Notation) formatında hazırlanmış bir talep cümlesiyle sunucuya bildirilir. Sunucu bu JSON cümlesini ilgili uygulama programlama arayüzlerini (API) kullanarak çözümler ve kullanıcının talebini algılar. Bu talebe karşılık sensörlerden aldığı bilgilerle birlikte kendi JSON formatındaki verisini oluşturarak client cihaza iletir. Client cihaz sunucu üzerinden gelen JSON formatındaki cümleyi çözümler. Böylece kullanıcı cep telefonu üzerinden evindeki bir odanın ısısını, bir kapının açık olup olmadığını veya ortamın aydınlık seviyesini görebilir.

Kullanıcı cep telefonu üzerinden evindeki odanın lambasını kapatmak istediğinde ise cep telefonu üzerindeki arayüzden istediği cihazla alakalı ayarı seçer. Yapmış olduğu seçim neticesinde bir JSON cümlesi oluşturulur ve sunucuya gönderilir. Sunucu almış olduğu JSON cümlesini çözümleyerek hangi sensörle ilgili nasıl bir iş yapılmak istendiğini tespit eder. Test edilen bu işi yerine getirmek için ilgili sensöre ID (kimlik) bilgisi üzerinden erişerek Z-Wave protokolü üzerinden gerekli bildirimini yapar. Burada Z-wave protokolü, Wi-Fi veya mobil ağlar verinin taşınması için gereken yolu temsil etmektedir. Z-Wave protokolü üzerinden gönderilen bilgi sensörler tarafından elde edilir. Elde edilen bu bilgi neticesinde bir elektriksel işaret üretilerek talep edilen aksiyon alınmış olunur. Sensörde bir durum değişim meydana geldiği için ilgili durum tıpkı ilk senaryoda anlatıldığı gibi tekrar sunucu veri tabanına yazılarak, client cihaza bu verinin ulaştırılması sağlanır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada PLC kullanılarak oluşturulacak akıllı ev otomasyon sisteminde web tabanlı bir yazılım ve donanım uygulandığı ve akıllı ev sistemin operatör panel tarafından kontrol edildiği varsayılmıştır. Kullanıcının dünyanın herhangi bir yerinden akıllı ev sistemine erişim sağladığı tablet, cep telefonu gibi cihazlarda rahatlıkla kullanılan arayüz uygulamasının java dili ile yazıldığı esas alınmıştır. Bir akıllı ev sisteminde iki temel husus vardır. Bunlardan biri konfor diğeri ise güvenlik kontrolleridir. Operatör paneli üzerinde akıllı bir ev sistemi ve uygulamasında gerekli olan bilgi depolama kolaylığı için yeterli sayıda sayısal ve analog adrese sahip olan PLC cihaz kullanılmaktadır. PLC'ler titreşim, sıcaklık, nem, gürültü gibi dış etkenlere karşı oldukça dayanıklı aygıtlardır. Ancak bir ev ortamından çok endüstri ortamında kullanıma elverişlidir. Kablo sayısının oldukça fazla olması PLC'lerin ev ortamında kullanımına uygun olamamasının nedenlerinden biridir. Tercih edilmemesinin bir başka nedeni ise, PLC'lerde hataları bulmak oldukça zordur. Mevcut hataların çözüme ulaşması ise yetkili bir kişi ile mümkündür. Bu nedenle herhangi bir problem oluşması durumunda, çözüme ulaşmanın net bir zamanı yoktur. Ancak genellikle uzun sürmektedir. Ayrıca PLC, merdiven diyagram mantığına göre çalışmaktadır. Yani bir işlem yapılıyorken diğeri bir işlemi aynı anda yaptıramayız. İkinci bir iş yaptırabilmek için diğeri işlemin bitmesini beklememiz gerekmektedir.

Bu çalışmada kablosuz ağ teknolojisiyle oluşturulan akıllı ev sistemlerini incelerken Z-Wave protokolü kullanılacağı 3. bölümde bahsedilmişti. Basit olması, dış etkenlerden kolay etkilenmemesi, çift taraflı haberleşme özelliğinin olması, güvenli ve akıllı olması Z-Wave protokolünün tercih edilmesinin başlıca nedenleri olarak gösterilebilir. Bir başka özelliği ise, PLC'deki gibi kablolarla sahip değildir. Bu da ev ortamında tercih edilen protokol olmasını sağlamaktadır. Kablo yapısı olmamasına rağmen tüm elektronik aletleri entegre ederek kablosuz ağ yapısına dahil etmektedir. Z-Wave kontrolü, hemen hemen her cihaza dakikalar içinde kolayca eklenebilir.

Kontrol etmek istenilen cihaz, bir Z-Wave modülüne takılarak "Z-Wave" ağına eklenebilir. Z-Wave, Mesh ağı topolojisine dayalı olduğundan çok uzaktaki cihazlara ya kontrol ünitesinden ya da normal anahtardan kullanıcılar tarafından kolayca erişilebilir. Z-Wave sayesinde tam kontrol sağlanabildiğinden evde olunmama durumunda bile kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Dünyanın herhangi bir yerinden arayüz aracılığı ile verilen komutlarla akıllı ev yönetilebilir. Z-Wave sayesinde, kapıları kilitleyebilir, çocuklar okuldan eve geldiğinde haberdar olabiliriz. Yaşlı tanıdıklarımızın günlük aktivitelerini izleyebiliriz. İşyerinde veya tatilde, akıllı telefon yardımıyla evin durumu hakkında bilgi alabiliriz. Z-Wave tüm bunları ve hatta daha fazlasını yapabilir bir teknolojidir. Çok düşük elektromanyetik dalga nedeniyle son derece güvenlidir.

Sonuçta, hem PLC ile hem de kablosuz ağ teknolojisi ile ev otomasyonu yapılabilmektedir. Ancak evde yapılacak aydınlatma sisteminin kontrolü için PLC yerine kablosuz ağ yapısını tercih etmek hem ev ortamına daha uygundur hem de olası bir sorunda kullanıcının onarım için aksiyon alması daha pratiktir.

KAYNAKÇA

G. Demiris and B. Hensel, "Technologies for an Aging Society : A Systematic Review of ' Smart Home ' Applications," 2007.

A. Peine, *The Sources of Use-Information: A review of relevant literature and an exploration into innovation and aging.* 2007.

S. K. Das, D. J. Cook, A. Bhattacharya, E. O. Heierman, and T. Y. Lin, "The Role of Prediction Algorithms in the MavHome Smart Home Architecture," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 9, no. 6, pp. 77–84, 2002.

R. S. Hall and H. Cervantes, "An OSGi Implementation and Experience Report," *Consum. Commun. Netw. Conf. 2004. CCNC 2004. First IEEE*, pp. 394–399, 2004.

K. L. Courtney, G. Demiris, M. Rantz, and M. Skubic, "Needing smart home technologies: The perspectives of older adults in continuing care retirement communities," *Inform. Prim. Care*, vol. 16, no. 3, pp. 195–201, 2008.

S. S. Intille, "Designing a Home of the Future," *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 1, no. 2, pp. 80–86, 2002.

T. Laberg, H. Aspelund, and H. Thygesen, *Smart Home Technology Planning and Management in Municipal Services.* 2005.

T. Wilson, "PLC Based Substation Automation and SCADA Systems and Selecting a Control System Integrator," *West. Electr. Power Inst. Distrib. Autom. Work.*, pp. 1–14, 1999.

A. Rullan, "Programmable Logic Controllers versus Personal Computers for Process Control," *21st Int. Conf. Comput. Ind. Eng.*, vol. 33, pp. 421–424, 1997.

W. Bolton, *Programmable Logic Controllers.* 2006.

V. R. Segovia and A. Theorin, "History of Control, History of PLC and DCS," *The Staff of Lab-Volt, "Programmable Logic Controller,"* 2011.

S. J. Hsieh and P. Y. Hsieh, "Web-Based Modules for Programmable Logic Controller Educatio," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 13, no. 4, pp. 266–279, 2005.

A. Nandgave, H. Deshbhratar, S. Khandare, and L. Heda, "Industrial Drives & Automation using PLC," vol. 3, no. 2, pp. 2228–2233, 2014.

O. Bingol, K. Tasdelen, Z. Keskin, and Y. E. Kocaturk, "Web-based Smart Home Automation : PLC- controlled Implementation," Acta Polytech. Hungarica, vol. 11, no. 3, pp. 51–63, 2014.

P. Guide and P. L. Controllers, PLC Handbook, Practical Guide to Programmable Logic Controllers.

A. R. Kiran, B. V. Sundeep, S. C. Vardhan, and N. Mathews, "The principle of programmable logic controller and its role in automation," Int. J. Eng. Trends Technol., vol. 4, no. 3, pp. 500–502, 2013.

S. Rackley, Wireless Networking Technology. 2007.