

# Bina Aydınlatmasının Ağ Tabanlı Tasarımı ve Bulanık Mantık İle Uzaktan Denetimi

## Network Based Building Lighting Design and Fuzzy Logic via Remote Control

Cemal YILMAZ <sup>a</sup>, İlhan KOŞALAY <sup>b</sup>, Yusuf SÖNMEZ <sup>c,\*</sup>, Uğur GÜVENÇ <sup>d</sup> ve İ. Serkan ÜNCÜ <sup>e</sup>

<sup>a</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara

<sup>b</sup>Türkiye Radyo Televizyon Kurumu, Bilgi Teknik Daire Bşk., Enerji Sismik Müd., 06109, Ankara

<sup>c</sup>Gazi Üniversitesi, Gazi Meslek Yüksekokulu, 06760, Ankara

<sup>d</sup>Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Bölümü, 81620, Düzce

<sup>e</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Bölümü, 32060, Isparta

Geliş Tarihi/Received : 12.03.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 17.06.2009

### ÖZET

Bu çalışmada, bir binanın aydınlatma sistemi ağ tabanlı olarak tasarlanmıştır. Tasarımda Profibus-DP ağ yapısı kullanılmıştır. Bina aydınlatmasının kontrolünde Bulanık Mantık Denetimi (BMD) kullanılmıştır. BMD uygulamasında, bina aydınlatma seviyelerini ölçen algılayıcılardan gelen bilgiler kullanılmıştır. Bu bilgiler Profibus-DP ağı üzerinden sisteme aktarılmıştır. Aydınlatma armatürlerinin Profibus-DP ağı üzerinden denetimi sağlanmıştır. Tasarlanan sistemde, bina içi aydınlatma ihtiyaç duyulan seviyede kalması sağlanmıştır. Tasarım ile, enerji tasarrufu ve sağlıklı aydınlatma imkanı elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler :** *Profibus-DP, BMD, Aydınlatma denetimi.*

### ABSTRACT

In this paper, a network based building lighting system is implemented. Profibus-DP network structure is used in the design and Fuzzy Logic Controller (FLC) is used on control of the building lighting. Informations received from sensors which measures level of the building illumination is used on FLC and they are transferred to the system by Profibus-DP network. Control of lighting luminaries are made via Profibus-DP network. The illuminance inside the bulding is fitted required level. Energy saving and healthy lighting facilities have been obtained by the design.

**Keywords :** *Profibus-DP, FLC, Lighting control.*

### 1. GİRİŞ

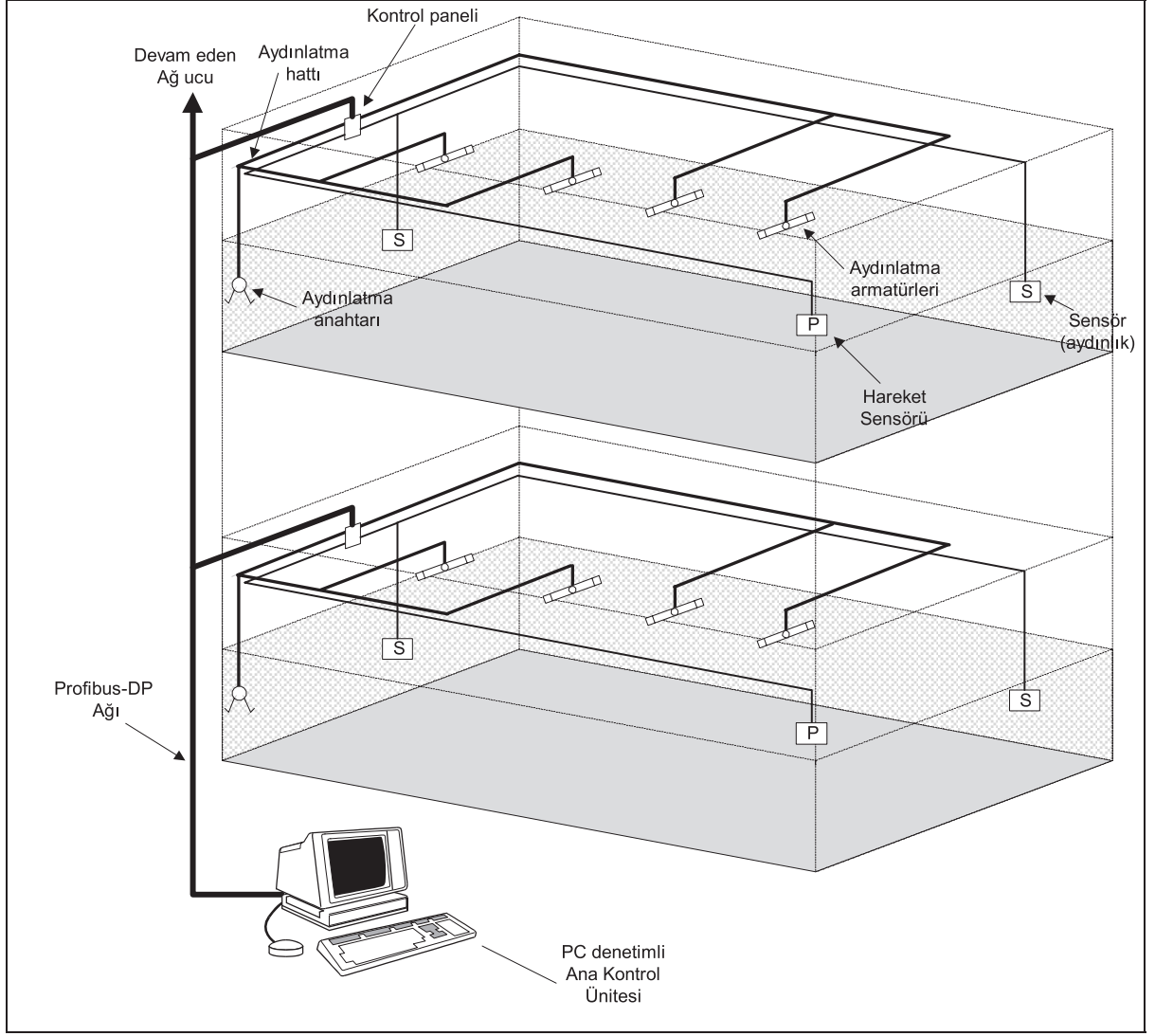
Binalarda aydınlatma denetimi, gün ışığı seviyesi, çalışma saatleri, çalışma alanlarının yoğunluğu ve enerjinin pahalı olduğu saatler göz önüne alınarak gerçekleştirilmektedir. Aydınlatmanın denetimi ile yüksek oranda enerji tasarrufu, günışığının daha verimli kullanılması ve elde edilen sağlıklı aydınlatma sayesinde çalışanların veriminin artırılması hedeflenmektedir.

Binalarda mikroşilemcili donanımların kullanılmasıyla akıllı binalar geliştirilmiştir (Stipidis v.d.,

1998; Davidsson ve Magnus, 2000). Akıllı binalarda önemli bir gelişme de ağ protokollerinin bina içi donanımlar arasındaki haberleşmede kullanılmasıdır (Lee v.d., 2002).

Lamba ve aydınlatma armatür üreticilerinin teknolojilerini sürekli geliştirmeleri ve farklı amaçlara yönelik değişik tip ve boyutlarda aydınlatma armatürleri üretmeleri ile tasarımcıların hayallerindeki mekanları oluşturmasında, aydınlatma çok daha önemli bir araç haline gelmiştir. Bunun sonucunda mekanlar içerisinde kullanılan aydın-

\* Yazılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail adress: ysonmez@gazi.edu.tr (Y. Sönmez)



Şekil 1. Aydınlatma denetimi için örnek bir bina tasarımı.

latma armatürleri tiplerinin ve sayılarının artması, aydınlatmanın kontrolünü oldukça karmaşık bir hale getirmiştir.

Akıllı binalarda kullanılan aydınlatma denetim sistemleri incelendiğinde Adreslemeli (IP) aydınlatma sistemi ve DALI (Digital Addressable Lighting Interface) aydınlatma denetim sistemleri ön plana çıkmaktadır (Cziker v.d., 2007). IP ve DALI sistemleri sadece aydınlatma sistemlerini kontrol edebilmekte, bina içerisinde çalıştırılan diğer alıcıları denetleyemediği görülmektedir.

Bu çalışmada; bir bina aydınlatmasının, değişen aydınlık seviyelerine göre sağlıklı bir görme olayının gerçekleşmesi için gerekli olan seviyede aydınlık oranının sabit tutulmasını sağlayacak bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarımın getirdiği yenilik aydınlatma armatürlerinin Profibus ağı ile uzaktan denetlenmesi ve bu denetimde aynı zamanda Bulanık Mantık Denetimi (BMD) kullanı-

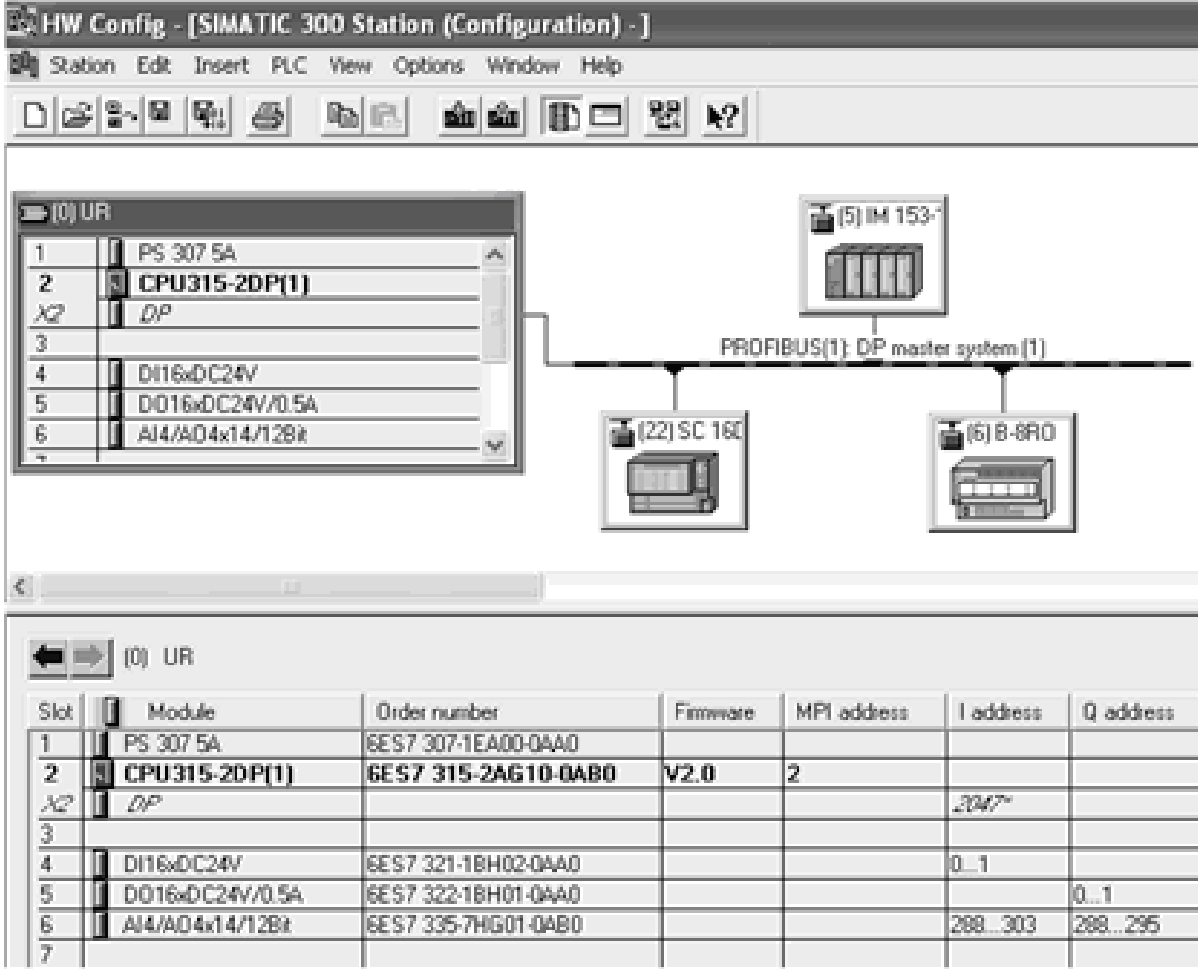
masıdır. Bulanık mantık denetimi, enerjinin optimum kullanımının yanı sıra fizyolojik aydınlatma ortamının elde edilmesini de sağlamıştır (Cziker v.d., 2007).

Çalışmada 4 kanallı flouresant EDX-F4 dimmer kullanılmıştır. Böylece 0-10V ile Aydınlatma seviyesi denetimi sağlanabilmiştir. Aydınlık seviyesi ölçümleri için deney amaçlı olarak geliştirilen sensör board üzerine yerleştirilmiş olan silisyum fotodiyot kullanılmıştır.

## 2. AĞ TABANLI AYDINLATMA TASARIMI

Aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanım amacını; verimlilik, enerji tasarrufu, estetik ve esneklik olarak dört ana başlıkta toplayabiliriz.

Verimlilik, iyi programlanmış bir aydınlatma otomasyon sistemi ile çalışma alanlarında, aydınlatma seviyesinin çalışma saatlerine, gün ışığının ko-



Şekil 2. Profibus ağ kurulumu.

numuna ve yapılan işin niteliğine göre en uygun ışık sahnesini devreye alarak iş veriminin en yüksek seviyede olması sağlanabilir. Aydınlatmanın denetimi ile enerji tasarrufu elde edilebilir (Tablo 1) ve ışık kaynaklarının ömrü uzatılabilir.

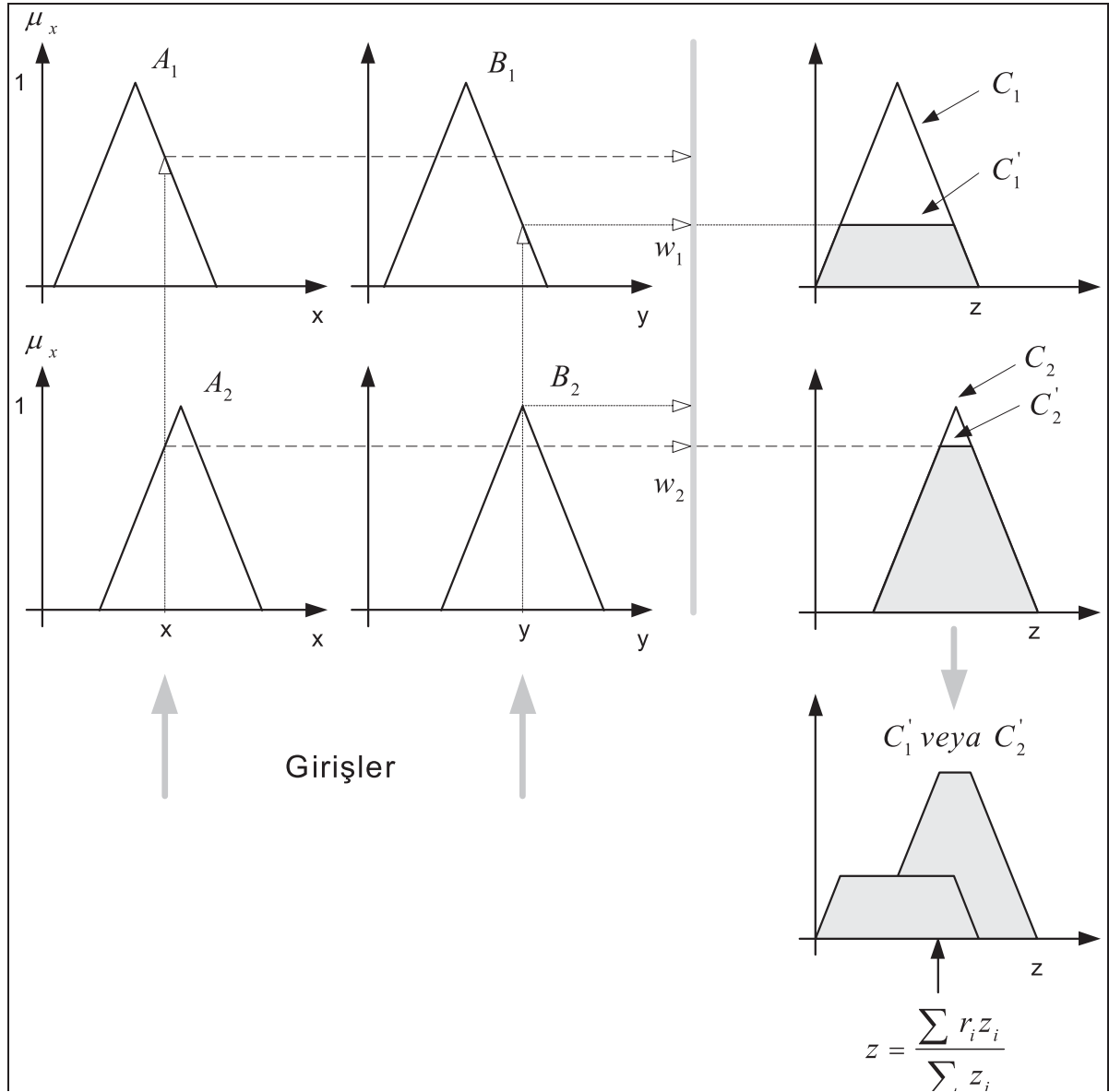
Tablo 1. Denetim ile elde edilen enerji tasarrufu.

Enkandesan ve halojen ampullerde enerji tasarruf tablosu		
Işık Seviyesi	Enerji Tasarrufu	Ampul Ömrü
% 90	% 10	x 2
% 75	% 20	x 4
% 50	% 40	x 20
% 25	% 60	>x 20

Dimmer üniteleri ile elde edilen bu enerji tasarrufunu çalışma alanlarında maksimum düzeyde sağlayabilmek için aydınlatma otomasyon sistemleri gerekli ve çok önemlidir. Gün ışığından maksimum seviyede yararlanmak için ışık sensörleri kullanılmaktadır. İçerisinde çalışan kimsenin bulunmadığı alanlarda enerji sarfiyatını önlemek amacı ile hareket sensörleri ve çalışma saatlerine göre aydınlatma kontrolünü düzenlemek için za-

man saatleri tercih edilmektedir. Çevre aydınlatmalarını ekonomik şekilde programlayabilmek amacı ile astrolojik zaman saatleri aydınlatma otomasyon sistemi içerisine entegre edilerek maksimum düzeyde enerji tasarrufu sağlanır. Ayrıca elektrik enerjisinin pahalı veya ucuz olduğu zamanlar için yapılacak farklı aydınlatma programlarının otomatik olarak devreye girmesi ile enerji tasarrufu yapmak mümkündür.

Işık sensörleri, hareket detektörleri ve zaman saatleri tek başlarına kullanılarak da belirli oranlarda enerji tasarrufu elde edilebilir, fakat koşullu programlama yapabilen herhangi bir aydınlatma otomasyon sistemi ile hepsi birlikte kullanılarak enerji tasarrufu maksimum seviyeye çıkarılabilir. Böyle bir sistemin kullanıldığı binalarda gün ışığı seviyesi, çalışma saatleri, çalışma alanlarının yoğunluğu göz önüne alınarak yapılacak güç kontrolü ile en yüksek seviyede enerji tasarrufunun sağlanabileceği ışık programı kullanılır. Bu çalışmanın yapılan diğer BUS (veri yolu) sistemlerinden farkı, tüm işletme bünyesinde çalışan donanımların ve tesisat sisteminin tek merkezden Profibus-DP ağı üze-



Şekil 3. Max- Min çıkarım metodu.

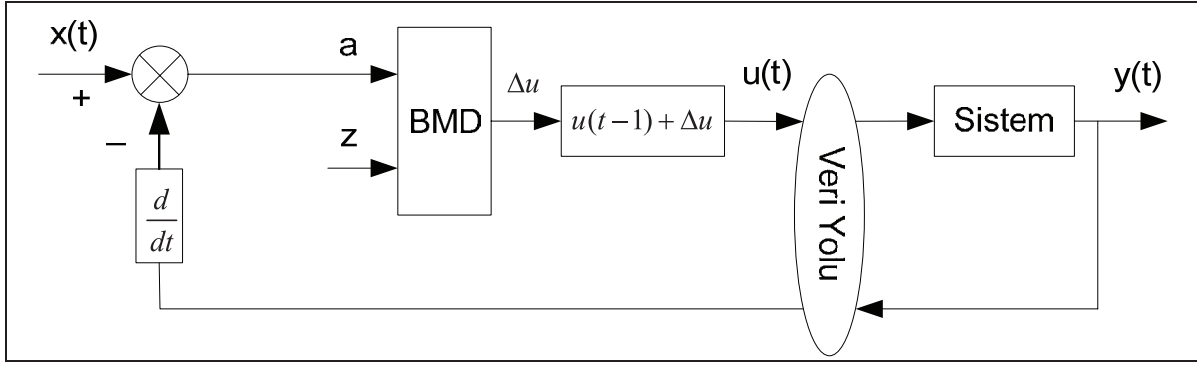
rinden kontrol edilebilmesidir. Bu çalışmada, mekanlar içerisindeki aydınlatma ünitelerinin kontrolünü daha basit bir hale getirmek, dekorasyonu tamamlayacak ihtiyaçlara uygun ışık etkileri elde etmek, optimum enerji tasarrufu sağlamak ve aydınlatmayı en verimli şekilde kullanabilmek amacı ile aydınlatma kontrol sistemi geliştirilmiştir.

### 3. PROFIBUS

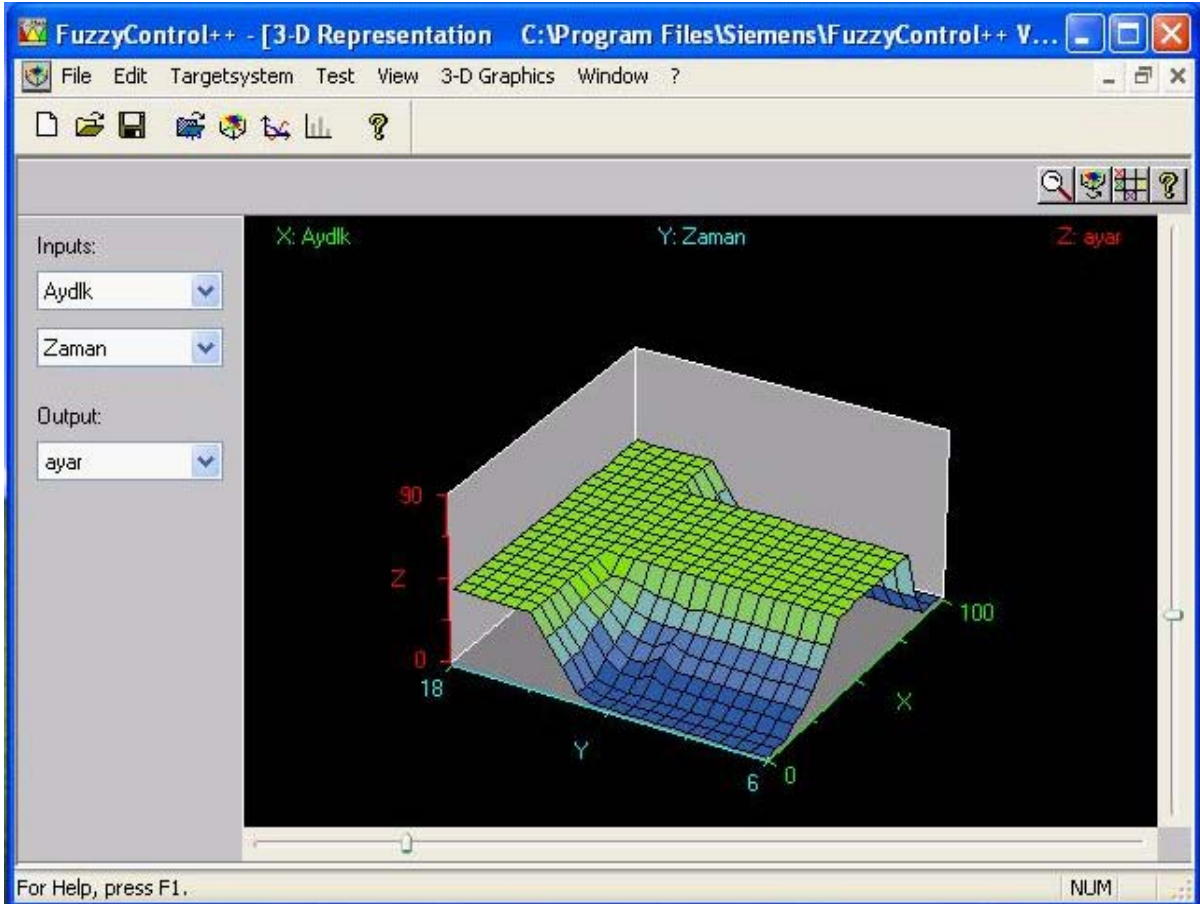
Profibus (Process Field Bus), Açık Sistem Bağlantıları (OSI, Open System Interconnection) referans modeli ile birlikte Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO, International Standards Organization) 7498'e uygun protokol mimarisine sahip olup, uluslararası EN 50170 ve EN 50224 standartlarına uygun olarak geliştirilmiştir. FMS (Fieldbus Mes-

sage Specification), PA (Process Automation) ve DP (Decentral Periphery) gibi farklı haberleşme seçeneklerine sahip olan Profibus, uygulamaya bağlı olarak veri iletiminde RS-485, IEC 1158-2 ve Fiber Optik teknolojisinin kullanımına imkan vermektedir. Profibus, ağ tabanlı sistemlerin denetiminde (Tovar ve Vasques, 1999), görüntü iletimi gibi yüksek hız gerektiren uygulamalarda (Blanes ve Paya, 2001; Blanes v.d., 2002), robotik uygulamalarda (Valera v.d., 1999) geniş uygulama alanı bulmuştur.

Tasarımda; Profibus'ın yüksek hızlı veri iletim prosedürüne sahip olan DP mimarisi kullanılmıştır (Rubio Benito v.d., 1999). Şekil 1'de görüldüğü gibi tasarımda algılayıcı (ışık ve hareket sensörleri, zamanlayıcılar) ve diğer donanımların verileri Profibus-DP ağı üzerinden kontrol merkezine



Şekil 4. BMD Blok Şeması.



Şekil 5. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonu grafiği

iletilmektedir. Donanımların Profibus ağına bağlantısı ise ET200 arabirimleri kullanılarak sağlanmaktadır. Şekil 2'de SIMATIC Manager programı kullanılarak kurulan Profibus-DP ağı, ağa bağlanan modüller ve CPU bağlantısı görülmektedir. CPU üzerine Analog giriş-çıkış ve Dijital giriş-çıkış modülleri bağlıdır.

#### 4. BULANIK MANTIK DENETİMİ

Bu çalışmada önerilen bulanık mantık kontrolü sistemde giriş değişkenleri aydınlık seviyesi ve zaman bilgisi, çıkış değişkenleri ise aydınlatı-

cıların sayısı ve konum ayarlarıdır. Yapısının basit olması ve hesaplamalardaki yüksek veriminden dolayı üçgen üyelik fonksiyonu tercih edilmiştir. Sistemin BMD uygulaması FuzzyControl++ V5.0 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle uzman bilgisine dayanarak denetlenecek olan sistemin Bulanık Mantık yazılımı için gerekli olan girişler ve çıkış üyelik fonksiyonları ve kural tablosu bilgileri FuzzyControl++ V5.0 yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılır ve denetim için kullanılır duruma getirilir. Bulanık bir sistem uzman bilgisine dayanan birçok sözel ifadeler ile tanımlanır ve uzman bilgisi "eğer-o halde" kuralı biçimindedir. Bulanık kontrol kurallarının tamamı kural tabanını

oluşturmaktadır. Denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları burada bulunur ve çıkarım motoruna buradan verilir. Genellikle, kuralların sayısı giriş değişkenlerindeki bulanık küme sayısının matematiksel çarpımına (product) eşittir. Girişler ve çıkış arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır.

Bulanık mantık denetiminde en önemli aşamalardan biri olan "karar verme birimi" çıkarım motoru (Fuzzy Engine) olarak da adlandırılır. Bulanık mantık denetimin çekirdek kısmıdır. Bu kısım bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler. Bulanık mantık denetleyicilerde kullanılan çıkarım metotlarından Mamdani (max-min) çıkarım metodu kullanılarak gerçek çıkışın elde edilmesi için gerekli olan bulanık değer bulunur (Şekil 3). Her bir giriş değeri için ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmı kesilir. Bu metot Mamdani'nin minimum operatörünü kullanmaktadır ve 7'inci kural kontrol kararını vermektedir (Lee, 1990; Elmas, 2003). Çıkış değeri, elde edilen bu bulanık kümelerle genellikle ağırlık ortalaması yönteminin uygulanmasıyla bulunur.

Elde edilen bulanık çıkış değeri durulama işlemi ile gerçek değere yani sistemde kullanılabilecek denetim sinyaline dönüştürülür. Burada durulama işlemi ağırlık ortalaması yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ağırlık merkezi veya alan merkezi olarak da bilinen bu yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır ve Eş.1'de gösterildiği gibi ifade edilmektedir (Şen, 2004).

$$z_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_z(w_j)w_j}{\sum_{j=1}^n \mu_z(w_j)} \quad (1)$$

Burada;

$w_j$ = Üyelik fonksiyonu

$\mu_z(w_j)$ = Üyelik fonksiyonunun değeri

$z_0$ = Çıkış değeri olarak ifade edilmiştir.

Tasarlanan sistemin Bulanık Mantık ile denetiminde Şekil 4'te gösterilen blok şema uygulanmıştır (Suk v.d., 2001).

Şekil 5'de tasarlanan sistemin giriş üyelik fonksiyonları ile çıkış üyelik fonksiyonunun birbirleri ile ilişkisi grafiksel ortamda gösterilmiştir.

## 5. SONUÇ

Tasarlanan aydınlatma denetim stratejisi ile enerji tasarrufu sağlanmış ve BMD kullanılarak aydınlık seviyeleri arasında keskin geçişler önlenmiştir. Geleneksel denetim ile açık-yarı açık-kapalı seçenekleri sunulmaktadır. Bu durum ışık seviyesinde %50 oranında bir değişimi ifade etmektedir. Tasarlanan sistem ile bu değişim %25 ile %90 aralığında değişen geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Böylece göz sağlığı için uygun bir yöntem elde edilmiştir. BMD, enerjinin optimum kullanımının yanı sıra fizyolojik aydınlatma ortamının elde edilmesini de sağlamıştır. Aydınlık seviyesinin artması devreye alınacak armatür sayısını azaltmaktadır. Armatürlerin kullanım süresinin azalması lamba ömrünü artırmaktadır. Işık seviyesinin denetimi % 25-90 aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu durum % 10 ile % 60 aralığında değişen enerji tasarrufu demektir. Enerji tasarrufu, daha az kullanım anlamına gelmekte olup aydınlatma araçlarında (lamba, armatür ve diğer bileşenler) 20 kata kadar kullanım ömrünün artmasını sağlamaktadır. Kullanılan araçların ömrünün uzaması ekonomiye enerji tasarrufu dışında ilave bir kazanım getirmektedir. Tasarımda; Profibus'ın DP mimarisini kullanmak yüksek hızlı veri iletimi imkanı sunmuştur. Yapılan çalışmada deneysel olarak hazırlanan sistemde % 28 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu verinin daha da geliştirilebilmesi için ortamların kullanım amaçlarının tam olarak belirlenmesi gereken fizyolojik aydınlatma şartlarının bu durumlara göre belirlenerek aydınlık seviyelerinin ortama göre değişkenliğinin sağlanması gereklidir.

Ayrıca Profibus-DP'de algılayıcı ve sürücü devre elemanların veri iletimi ağ omurgası üzerinden gerçekleştirilerek donanımların devreye alınması, sistem denetimi ve bakım-onarımı daha etkin gerçekleştirilmiştir. Böyle bir sistemin kullanıldığı binalarda gün ışığı seviyesi, çalışma saatleri, çalışma alanlarının yoğunluğu ve enerjinin pahalı olduğu saatler göz önüne alınarak yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Tasarım ile elde edilen sağlıklı aydınlatma sayesinde çalışanların verimi de artmaktadır.

KAYNAKLAR

- Blanes, J. S. and Paya, V. M. S. 2001. **"Machine vision in Profibus Networks"**, Emerging Technologies and Factory Automation, 8th IEEE International Conference. Vol. 1, pp. 367-375.
- Blanes, J. S., Paya, V. M. S., Montava Belda, M. A. 2002. **"Optimization of the capacity of Profibus for the transmission of images and control traffic"**, Factory Communication Systems, 4th IEEE International Workshop. pp. 133-140.
- Cziker, A., Chindris, M., Miron, A. 2007. "Fuzzy controller for indoor lighting system with daylighting contribution", ELECO'2007 5th international conference on electrical and electronics engineering.
- Davidsson, P., Magnus, B. 2000. "A multi-agent system for controlling intelligent buildings", In Proceedings of 4th International Conference on Multi-Agent System. USA, pp. 377-378.
- Elmas, Ç. 2003. "Bulanık mantık denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık mantık)", *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 35-40, 85-95.
- Lee, C. C. 1990. "Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller, part I", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 20 (2), 404-418.
- Lee, K. S., Lee, S., Oh, K. T., Baek, S. M. 2002. "Network configuration technique for home appliances", Proceedings of ICCE. Vol. 1, pp. 180-181.
- Rubio Benito, M. D., Fuertes, J. M., Kahoraho, E., Perez Arzo, N. 1999. "Performance evaluation of four fieldbuses", Emerging Technologies and Factory Automation, Proceedings, IEEE International Conference. Vol 2, pp. 881-890.
- Stipidis, E., Shuming, L., Powner, E. T. 1998. "Intelligent building systems: System integration using ATM", *IEEE*, pp. 349-358.
- Suk, L., Sang, H.L., Kyung, C. L. 2001. **"Remote fuzzy logic control for networked control system"** Industrial Electronics Society, *IECON'01. The 27th Annual Conference of the IEEE*. Vol. 3, pp. 1822-1827.
- Şen, Z. 2004. "Mühendislikte bulanık mantık ile modelleme prensipleri", Bilge kültür sanat, Özener matbaacılık, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul, 2. baskı 7-13.
- Tovar, E., Vasques, F. 1999. "Real-Time fieldbus communications using profibus networks", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vol. 46, No. 6, pp. 1241-1251.
- Valera, A., Salt, J., Casanova, V., Ferrus, S. 1999. **"Control of industrial robot with a fieldbus"**, Emerging Technologies and Factory Automation, Proceedings. ETFA '99. 1999 7th IEEE International Conference on, Vol. 2. pp. 1235-1241.