

# Gömülü Sunucu ile Tasarlanmış İnternet Tabanlı Sera Otomasyon Sistemi Uygulaması

Mesut BAYTÜRK<sup>1</sup>, Gürcan ÇETİN<sup>2</sup>, Aydın ÇETİN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği, TEF, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

<sup>3</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

[mesutbayturk@gmail.com](mailto:mesutbayturk@gmail.com), [gctin@mu.edu.tr](mailto:gctin@mu.edu.tr), [acetin@gazi.edu.tr](mailto:acetin@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 31.05.2013; Kabul/Accepted: 19.06.2013)

**Özet** –Bu makalede, yerleşim alanlarına uzak konumlarda bulunan sera ortamlarının denetlenmesine olanak sağlayacak, gömülü sistem ile tasarlanmış, internet tabanlı ve düşük maliyetli bir sera otomasyon sistemi sunulmuştur. Gerçek zamanlı çalışacak şekilde tasarlanan sera otomasyon sistemi ile bir sera ortamı içerisindeki sıcaklık ve toprak nemi değerleri ölçülmekte, ölçülen değerlere sistem değişkenleri kontrol edilmekte ve toplanan verilerin gömülü bir web arayüzüne aktarılarak kullanıcılar tarafından izlenebilmesi sağlanmaktadır. Sistem, aynı zamanda kullanıcılara gömülü web arayüzünü kullanarak, sera içerisine yerleştirilen sıcaklık, nem ve sulama sistemlerinin denetlenmesini sağlayan mikrodenetleyicili websunucu kartına veri gönderme imkânı da sağlamaktadır. Böylece, web arayüzü kullanılarak eş zamanlı olarak sisteme müdahale edebilme ve sulama sistemini kontrol edebilme olanağı da sağlanmıştır. Gömülü web arayüzü, veri tabanında kaydedilen sıcaklık ve nem değerlerini kullanarak, kullanıcıların bu değerlerin zamana bağlı değişimlerini inceleyebilmesini sağlayan grafiksel bir arayüzü sağlarken, onlara kontrol sisteminde oluşabilecek arızalar durumunda da uyarı vermektedir. Bu çalışmada tasarlanan internet tabanlı sera kontrol sistemi, sera ortamı yetiştiriciliğinin önemli parametrelerden sıcaklık ve toprak nemi gibi değerlerin denetimine ve arıza durumlarında uyarı amaçlı geri bildirim koşullarına göre laboratuvar ortamında başarıyla test edilmiştir. Makalede sunulan sistem, yazılım alt yapısında yapılan ufak değişikliklerle diğer tarım alanları için de kolaylıkla uygulanabilir bir yapıya sahiptir.

**Anahtar Kelimeler** –Sera otomasyonu, internet tabanlı denetim, gömülü sistem

## The Application of Internet Based Greenhouse Automation System Designed with Embedded Server

**Abstract** –In this paper, a low cost and internet based automation system that is designed with embedded system is presented for controlling of greenhouses in rural areas. The ambient temperature and humidity of soil of the greenhouse are measured with automation system which is enhanced to run in real time. According to measured values, the ambient temperature and humidity of soil in the greenhouse environment are controlled and these values could be traced by sending an embedded web interface. By using this embedded web interface, the automation system also enables to send data to embedded web server along with microcontroller that enables to control the humidity, temperature and sprinkler system of the greenhouse. Therefore, users may intervene to the system, may adjust control parameters of sprinkler system by using web interface and observe system failure messages. Embedded web interface in the microcontroller card unit also permits users to keep temperature and humidity statistics for a defined period and shows them in a graph. Test results under laboratory conditions show that the low cost internet based embedded control and monitoring system could be applied to greenhouses in rural areas. The application of the system can be easily extended with a little programming effort to other similar agricultural areas that have a sprinkler or water pump system.

**Keywords** –Greenhouse automation, internet based control, embedded system

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte uzak noktalardan denetim imkânı sağlayan uygulamaların sayısı giderek artmaktadır. Bu uygulamaların alt yapılarında sistem

kurulum maliyeti, mesafe ve veri iletim hızı gibi ihtiyaçlara bağlı olarak RS-485, CAN (Controller Area Network), Bluetooth, GPRS (General Packet Radio System), GSM (Global System for Mobile Communications) ve İnternet gibi farklı iletişim

protokolleri kullanılmaktadır [1]. Ancak, son yıllarda Internet protokolü yaygın kullanımı, hızı ve alt yapıda geniş alanlara yayılımı ile uzaktan veri iletişimi ön plana çıkmıştır. Günümüzde akıllı ev uygulamalarında [2], endüstriyel otomasyon sistemlerinde [3], tarım arazileri [4] ya da sera otomasyon sistemleri [5] gibi farklı alanlarda internet üzerinden kontrol ve izleme sistemleri geliştirilmiştir.

Sera ortamlarında, istenilen ürünlerin yetiştirilmesinde mikro iklim şartlarının sağlanması açısından otomasyon sistemleri oldukça önemlidir. Otomasyon sistemleri yetiştirilmek istenilen ürünlerin gereksinimlerine ve ortam değerlerine bağlı olarak sulama, havalandırma, gübreleme, soğutma ya da ısıtma işlemlerini gerçekleştirirler. Otomasyon sistemi kullanılmayan bir sistemde ısıtma maliyetinin bazı durumlarda toplam maliyetin %65'ini geçtiği görülmektedir. Bu maliyet nedeniyle sera ortamında yeterli ısıtmanın sağlanmaması durumunda ise ürün kalitesi ve miktarında istenilen verim alınmamaktadır [6].

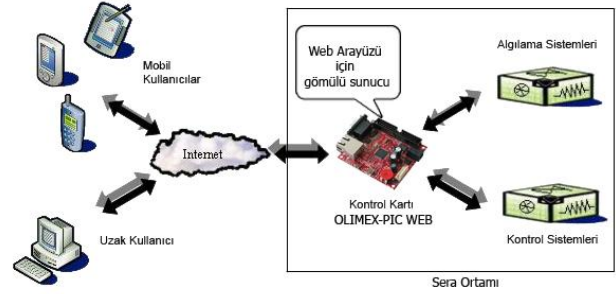
Bu çalışmada, sera ortamlarının uzaktan denetimi için düşük maliyetli yeni bir model sunulmuştur. Bu model ile bir sera ortamında gerçekleştirilen tüm kontrol işlemlerinin aynı zamanda internet üzerinden de yapılabilmesi gömülü bir sistem tasarlanmıştır. Çalışma, uzaktan kontrol ve izleme işlemlerinin internet ortamından yapılabilmesi ve sunucu tarafta bilgisayar yerine gömülü bir sunucu kartı (OLIMEX-PIC WEB) kullanması yönünden mevcut sistemlerden farklıdır. Mevcut uzaktan denetim sistemleri, birbirlerinden uzak konumlara yerleştirilmiş iki ayrı bilgisayar arasındaki veri iletişimi mantığı üzerine kuruludurlar. Bu durum hem sistem maliyetini hem de sorun yaşanma olasılığını arttırmaktadır.

Geliştirilen internet tabanlı sera otomasyon sisteminde tüm işlemler ek bir donanıma ihtiyaç duyulmadan tek bir gömülü sunucu kartı üzerinde gerçekleştirilmektedir. Sunucu kartı üzerinde bulunan mikrodenetleyici ile sera içerisinde sıcaklık ve toprak nemi kontrolü yapılırken, internete bağlı her hangi bir cihaz (bilgisayar, notebook, PDA vb.) ile istenilen yerden, gerçek zamanlı olarak sera ortamının sıcaklık ve toprak nemi değerleri gömülü sunucu kartının flash belleğine programlanan web arayüzüne bağlanılarak izlenebilmekte ya da yönetilebilmektedir. Hazırlanan gömülü web arayüzü kullanıcının kontrolleri kolayca sağlayabileceği ve detaylı istatistikleri alabileceği şekilde tasarlanmış ve flash animasyonları ile görselleştirilmiştir.

## 2. İNTERNET TABANLI SERA OTOMASYON SİSTEMİ (INTERNET BASED GREENHOUSE AUTOMATION SYSTEM)

Geliştirilen internet tabanlı sera otomasyon sistemi kullanılarak sıcaklık ve toprak nemi gibi iç alan çevre değişkenleri algılanabilmekte, izlenebilmekte ve kontrol edilerek düzenlenebilmektedir. Tasarlanan sisteminin

mimarisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Internet tabanlı sera otomasyon sistemi iki ana bölümden meydana gelmektedir. İlk bölüm sistemde çevre değişkenlerinin algılanması, sayısal verilere dönüştürülmesi, iletilmesi ve kontrol edilmesi için gerekli elemanlarının bulunduğu donanım altyapısıdır. İkinci bölüm ise, kullanıcıların sera ortam değerlerini izleyebilmek için bağlantı kurdukları gömülü web arayüzü yazılımıdır.



Şekil 1. İnternet tabanlı sera otomasyon sistemi  
(Internet based greenhouse automation system)

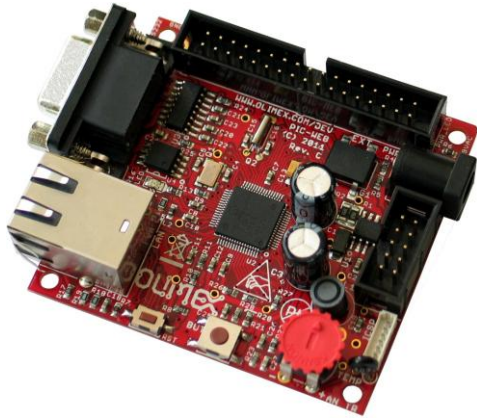
### 2.1. Sera Otomasyon Sisteminin Donanım Altyapısı

(Hardware Infrastructure of the Greenhouse Automation System)

- **Algılayıcılar ve Dönüştürücüler:** Geliştirilen sistemde, sera ortamı içerisindeki sıcaklık ve toprak nemi değerlerini ölçebilmek için algılayıcılar kullanılmıştır. Algılayıcılar tarafından alınan analog verilerin sayısal sistemler tarafından kullanılabilir hale getirilmesi içinse A/D dönüştürücülerden faydalanılmıştır. Bu çalışmada sunulan sera otomasyon sistemi uygulamasında ortam sıcaklık değerlerini elde etmek için PTC termistör kullanılmıştır.
- **Sulama Sistemi:** Geliştirilen sistemde sera ortamındaki ürünlerin su ihtiyaçlarını karşılamak için bir sulama sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sulama sisteminde, algılayıcılar tarafından ölçülen toprak nemi değerleri gömülü sunucu kartı üzerinde bulunan mikro denetleyicide işlenmekte ve yorumlanmaktadır. Mikro denetleyici işlediği verilere bağlı olarak ürünlerin su ihtiyaçlarını takip eder ve sulama işlemini otomatik olarak kontrol eder. Tasarlanan sistemde sulama suyunun otomatik olarak verilmesinde elektrik kontrollü valfler kullanılmıştır.
- **Arıza Kontrol Sistemi:** Geliştirilen internet tabanlı sera otomasyon sisteminde arıza kontrol sistemine bağlı olan birimin çalışmaması durumunda, arıza kontrol sistemi aktif hale gelerek, gömülü web arayüzü üzerinden kullanıcıların bilgilendirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada arıza durumlarının tespit edilmesi aşamasında switch butonlar kullanılmıştır. Switch butonlar bağlı bulunduğu kontrol sistemi üzerinde meydana gelebilecek mekanik arıza durumlarında aktif hale gelerek kontrol sisteminin bağlantı uçları üzerinden iletim sağlamaktadırlar.
- **Kontrol Sistemi:** Geliştirilen sistemde, elektronik sunucu kartının düşük gerilimde çalışması, ancak

elektrikli sulama valfi gibi sera içi elemanların yüksek gerilimde çalışması nedeniyle, sera sistemlerinin kontrol edilmesinde, yüksek gerilim ya da akımda çalışabilen kontrol elemanları kullanılmıştır. Bu kontrol elemanları sera sistemi ile elektronik sunucu kartı arasında geçiş elemanı olarak çalışmaktadırlar.

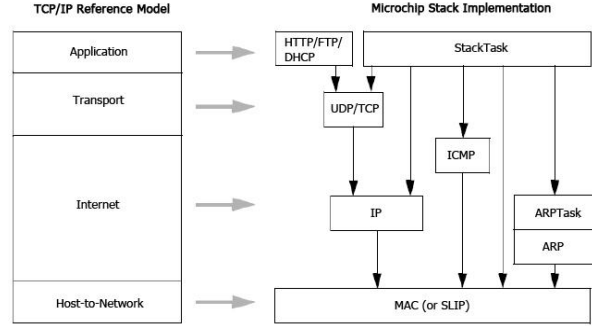
- **Kontrol Kartı ve Bileşenleri:** Geliştirilen sera otomasyon sisteminde kontrol işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gömülü web sunucu özelliğine sahip OLIMEX-PIC WEB kontrol kartı kullanılmıştır. OLIMEX-PIC WEB kartı 128Kb'lık flash program belleği, açık kaynak kodlu Microchip TCP/IP Stack kod kütüphanesi ve 7 adet I/O portu[7] ile diğer kartlara göre ön plana çıkan bir karttır. Port sayısının fazlalığı ile geliştirilen sistem yazılımsal olarak yeni eklentilere açık olduğu gibi donanımsal olarak da bu eklentilere destek vermektedir. Tasarlanan otomasyon sisteminde OLIMEX-PIC WEB kontrol kartının 3 giriş ve 1 çıkış portundan faydalanılmıştır. Bu portlar sıcaklık algılama, toprak nemi algılama, sulama sisteminin kontrolü ve arıza kontrol sisteminin yönetimi için analog veya sayısal çalışma durumlarına göre programlanmışlardır. İnternet tabanlı sera otomasyon sisteminde kullanılan OLIMEX-PIC WEB kontrol kartı Şekil 2'de gösterilmiştir. OLIMEX-PIC WEB kontrol kartının üzerinde bulunangömülü web sunucusu sisteme internet bağlantısı sağlamak için ek bir devrenin kullanılmasına gerek bırakmamaktadır.



Şekil 2. OLIMEX-PIC WEB sunucu kartı  
(OLIMEX-PIC server card)

OLIMEX-PIC WEB kontrol kartının bir diğer elemanı PIC18F67J60 mikro denetleyicisidir. Bu mikro denetleyici, sera otomasyon sisteminde kullanıcıdan bağımsız bir şekilde ortamdaki veri toplama, sistemi yönetme ve kontrol işlemlerinin denetlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Geliştirilen sistemde, PIC18F67J60 mikro denetleyicisine sera ortam sıcaklığı ve toprak nemi değerlerinin ölçümü ve bu değerlerin kontrol işlemlerini gerçekleştirmek için gerekli PIC yazılımı yüklenerek algılayıcı ve kontrol sistemlerinin yönetimini gerçekleştirilmiştir.

OLIMEX-PIC WEB kontrol kartının en önemli özelliklerinden bir diğeri de üzerinde "Microchip TCP/IP Stack" kod kütüphanesini bulundurmasıdır. Stack kütüphanesi, TCP/IP referans modelini kullanmaktadır[8]. TCP/IP ile stack yapılarının karşılaştırması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. OLIMEX-PIC WEB sunucu kartı[9]  
(OLIMEX-PIC WEB server card)

## 2.2. Sera Otomasyon Sisteminin Yazılım Altyapısı (Software Infrastructure of the Greenhouse Automation System)

Sunulan internet tabanlı sera otomasyon sistemi üzerinde web tabanlı kullanıcı arayüzü ile ölçülen değerlerin izlenmesi, sulama sisteminin kontrolü ve sistem üzerinde bir arıza oluşması durumunda kullanıcıların bilgilendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hazırlanan gömülü web arayüzü ile kullanıcı sera ortamı içerisinde bulunan kontrol sisteminin yaptığı tüm işlemleri kullanıcının internet bağlantısının bulunduğu uzak bir noktadan da hızlı bir şekilde yapması sağlanmıştır.

Gömülü web arayüzünün tasarımında Ajax teknolojisi ve Flash animasyonları kullanılarak, hazırlanan web sayfalarının internet tarayıcısı ve Flash desteği bulunan tüm bilgisayar ve mobil cihazlarda hızlı ve sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi sağlanmıştır. Kullanıcıların isteklerine bağlı olarak, izlenen değerlerin istatistiklerini tutmak ve grafik üzerine aktarmak için Microsoft Visual Studio 2010 programında hazırlanan ASP.net sayfaları ile SQL veri tabanından faydalanılmıştır.

Hazırlanan gömülü web arayüzünün geliştirilmesinde aşağıda verilen faktörler göz önünde bulundurulmuştur;

- Kullanıcıların kolay kullanabilmesi ve esnek yapılı olması,
- Sistemin gelecekte yapılacak iyileştirmelere sorunsuz uyum sağlayabilmesi,
- Sera ortamındaki sıcaklık ve nem değerlerinin internet üzerinden eş zamanlı olarak izlenebilmesi,
- Ölçülen değerlerin SQL veri tabanında tutulması, ölçüm değer istatistiklerinin kullanıcıya sunulması ve grafik üzerinden kullanıcıya aktarılması,
- Kullanıcıların sulama sisteminin çalışma durumunu internet üzerinden takip edebilmesi ve istediğinde açıp kapatabilmesi,

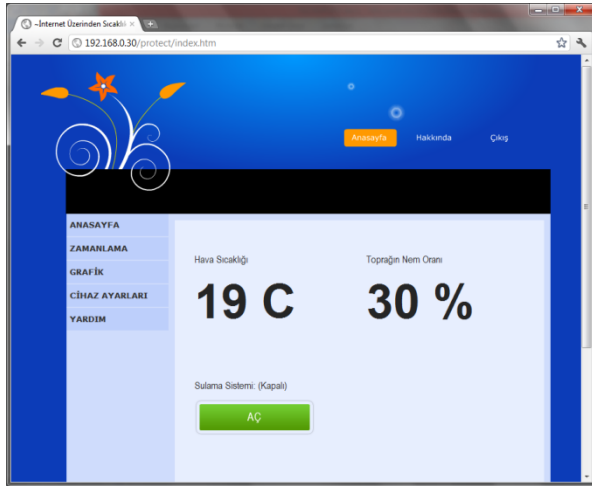
- Sulama sisteminin kontrolü için otomatik zamanlama ayarlayabilmesi,
- Sistemin arızalanması durumunda kullanıcının bilgilendirilmesi,
- Kontrol işlemlerinin ve izleme işlemlerinin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi.

### 2.2.1. Giriş Sayfası(Login Page)

Gömülü web arayüzü sistemine erişim sağlandığında giriş animasyonu ile kullanıcıların karşılandığı web sayfasıdır. Kullanıcı bu sayfa üzerinde kullanıcı adı ve şifresini girerek izleme ve kontrol işlemlerinin gerçekleştirildiği sayfalara yönlendirilmektedir.

### 2.2.2. Kontrol Sayfası(Control Page)

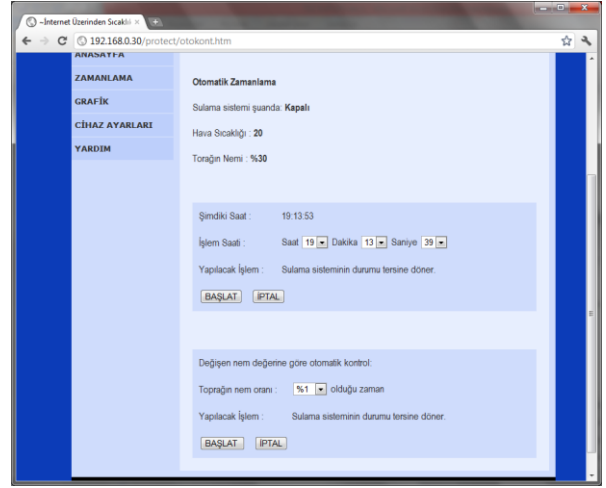
Kullanıcıların eş zamanlı olarak sera içi sıcaklık ve toprak nemi değerlerini öğrenebilmesini, sulama sistemini açıp kapatabilmesini ve sistemin çalışma durumunu öğrenilebilmesini sağlayan sayfadır. Gömülü web arayüzüne ait kontrol sayfası Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Gömülü web arayüzü kontrol sayfası  
(Embedded web interface control page)

### 2.2.3. Zamanlama Sayfası (Scheduling Page)

Hazırlanan gömülü web arayüzündeki zamanlama sayfası ile kullanıcılar sulama sistemini otomatik olarak istenilen bir zaman aralığında çalıştırabilmekte ya da açık olan sulama sistemini belirli bir zaman aralığı için kapalı konuma getirebilmektedirler. Bir kullanıcı, sulama sistemini ana sayfadan manuel olarak açtıktan sonra zamanlama sayfasına gelerek sulama sistemi için tarih ve zaman aralığı girebilir veya sulama sırasında toprağın neminin hangi seviyeye kadar çıkartılacağını belirleyebilir. Zamanlama işlemi yoluyla kullanıcıların kontrol sistemi için atadıkları görev gömülü web sunucusu üzerinde bulunan mikro denetleyici tarafından kontrol edilerek gerçekleştirilir. Gömülü web arayüzüne ait zamanlama sayfası Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Gömülü web arayüzü zamanlama sayfası  
(Embedded web interface scheduling page)

### 2.2.4. Grafik Sayfası(Graphic Page)

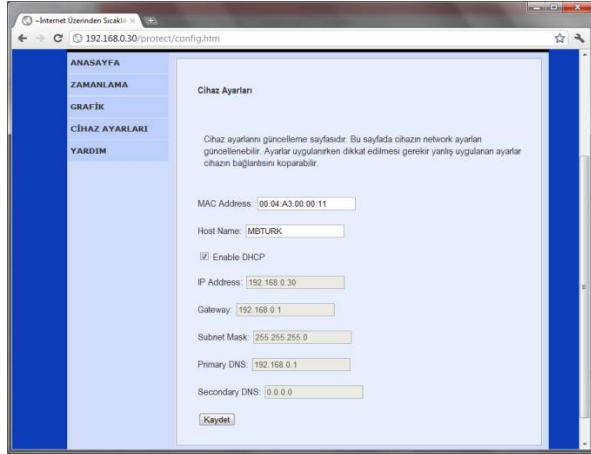
Geliştirilen gömülü web arayüzü, kullanıcıya sistemi kontrol etme ve izleme işlemlerini sunmanın yanında, izlenen sıcaklık ve nem değerlerini kaydederek bu değerlerin istatistiksel grafiklerini de göstermektedir. Şekil 6'da, ölçülen sıcaklık ve nem değerlerinin zamanla değişimlerini gösterenörnek bir istatistiksel grafik sayfası verilmiştir.



Şekil 6. Ölçüm değerleri istatistikleri  
(Statistics of measured values)

### 2.2.5. Ayarlar Sayfası (Settings Page)

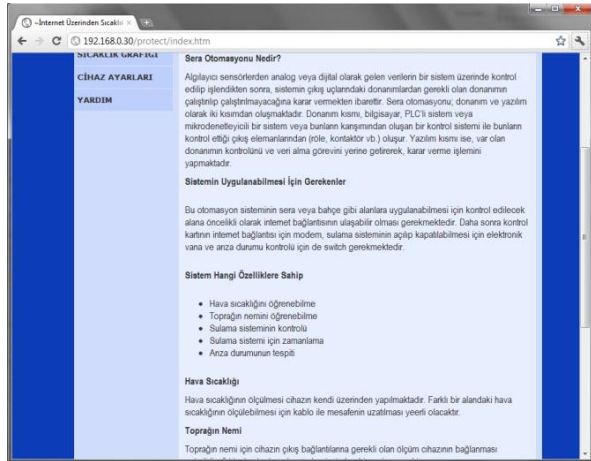
OLIMEX-PIC WEB kontrol kartının MAC adresi, host ismi, IP adresi, gateway, ağ maskesi ve DNS adresi gibi ağ ayarlarının yapılabildiği, aynı zamanda kontrol kartını DHCP sunucusu olarak da çalıştırılabilmek için gerek duyulan ayarların yapıldığı sayfadır. Gömülü web arayüzüne ait cihaz ayarları sayfası Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Cihaz ayarları sayfası  
(Device settings page)

### 2.2.6. Yardım Sayfası (Help Page)

Yardım sayfası kullanıcıların sistemin kullanımı hakkında yardım bilgileri alabileceği sayfadır. Bu sayfa aynı zamanda sistemdeki donanım elemanları ve yazılım içerikleri hakkında da bilgiler içerir. Örnek olarak, Şekil 8'de verilen yardım sayfası içerisinde sistem özellikleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.



Şekil 8. Yardım sayfası  
(Help page)

## 3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Sera otomasyon sistemlerinin yüksek maliyetli olmaları ve kullanımları sırasında teknik eleman ihtiyacı getirmeleri, bu alanda otomasyon sistemlerinin kullanılması açısından önemli engeller oluşturmaktadır. Geliştirilen internet tabanlı sera otomasyon sisteminde, sera içerisinde mikro denetleyiciye sahip, gömülü sunucu kartının kullanımı ile hem otomasyon sisteminin kontrol edilmesi hem de kullanıcıların izlenen değerleri gömülü bir web arayüzünden takip ederek sisteme müdahale edebilmeleri tek bir aygıt üzerinden sağlanmıştır. Böylece, düşük maliyetli ve uzun dönemde sistem üzerinde yapılabilecek yenilemelere uyum sağlayabilecek esnek bir alt yapıya sahip sera otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Bu makalede sunulan yöntem, sadece sera kontrol gereksinimleri için değil aynı zamanda uzaktan

kontrol gerektiren tüm ortamlar için de uygulanabilir bir yapıya sahiptir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] L. Guofang, C. Lidong, Q. Yubin, L. Shengtao and X. Junyu, **Remote Monitoring System of Greenhouse Environment Based on LabVIEW**, *International Conference on Computer Design and Applications (ICCD)*, 2010.
- [2] C. H. Kuo, F. G. Huang, K. L. Wang ve H. W. Chen, **Design and Implementation of Internet-Based in-House Healthcare and Home Automation Systems**, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2003.
- [3] P. Shao, B. Boye and G. Zongqi, **One Solution to Internet Oriented Industry Control System Based on Software Bus**, *International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering*, 2008.
- [4] J. C. Zhao, J. F. Zhang, Y. Feng and J. X. Guo, **The Study and Application of the IOT Technology in Agriculture**, %1 içinde *3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*, 2010.
- [5] A. Kürklü, N. Çağlayan, **Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma**, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25-34, 2005.
- [6] A. Çolak, **Isıtılmayan Bir Cam Serada Sera İçi Sıcaklık, Çiğlenme Sıcaklığı ve Bağlı Nem Deseni Üzerine Bir Araştırma**, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt 39, no. 3, 105-112, 2002.
- [7] OLIMEX Ltd, **PIC-WEB REV.C development board User's Manual**, 2013.
- [8] İnternet: OLIMEX, <https://www.olimex.com/Products/PIC/Development/PIC-WEB/>, 13.5.2013.
- [9] Microchip Technology Inc., **The Microchip TCP/IP Stack**, 2002.