

UZAKTAN ERİŞİMLİ ÇEVRESEL ŞARTLARI İZLEME VE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

¹Mustafa Direk, ¹İhsan Pehlivan, ¹Selçuk Coşkun, *Gizem Hazar, ^{1,2}Mehmet Ali Hazar
*¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Türkiye.
²Biyomedikal Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (BIYOTAM), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, kapalı ortamlardaki sıcaklık, nem, su sızıntısı gibi çevresel koşulların uzaktan izlenmesi ve yönetilmesini sağlayan bir sistem tasarlanmış ve prototipi üretilmiştir. Sistem, ilaç ve gıda depoları, sunucu merkezleri ve laboratuvarlar gibi alanlarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. ARM tabanlı NUCLEO-F429ZI geliştirme kartı kullanılarak kontrol kartı tasarlanmış, gömülü web sunucusu LwIP TCP/IP yığınıyla oluşturulmuş ve web arayüzü tasarımı tamamlanmıştır. DS18B20 sıcaklık ve DHT11 nem sensörleri ile çeşitli dedektörlerin eş zamanlı çalışmasını sağlayan dört kuru kontak girişi eklenmiştir. Ayrıca, dört bağımsız cihazın kontrolü için kuru kontak çıkışlarıyla altyapı sağlanmıştır. Uzaktan Çevresel Şartları İzleme ve Denetleme (UÇŞİD) sistemi, sensör yerleşim esnekliği, sunucuya ihtiyaç duymadan uzaktan erişim ve yazılım güncellemeleriyle öne çıkmış ve yapılan testlerden başarıyla geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Erişim, Çevresel Şartları İzleme ve Denetleme, Web Arayüzü, Ethernet, Seri Haberleşme

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF REMOTE ACCESS ENVIRONMENTAL CONDITIONS MONITORING AND CONTROL SYSTEM

Abstract

In this study, a system for remotely monitoring and managing environmental conditions such as temperature, humidity, and water leakage in enclosed spaces was designed and prototyped. The system was developed for use in environments such as pharmaceutical and food storage facilities, data centers, and laboratories. A control board was designed using an ARM-based NUCLEO-F429ZI development board, and an embedded web server was implemented using the LwIP TCP/IP stack, with the web interface design completed. The system incorporates DS18B20 temperature and DHT11 humidity sensors, as well as four dry contact inputs allowing simultaneous operation of various detectors. Additionally, infrastructure was provided for controlling four independent devices via dry contact outputs. The Remote Environmental Monitoring and Control System (UÇŞİD) stands out with its sensor placement flexibility, remote access without the need for a dedicated server, and capability for remote software updates, and it successfully passed all testing phases.

Key words: Remote Access, Monitoring and Controlling of Environmental Conditions, Web Interface,

*Sorumlu yazar: Adres: Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya TÜRKİYE E-mail adres: gizemketenci@subu.edu.tr, Telefon: +0264 616 0974

Serial Communication, Ethernet

1. Giriş

Kapalı ortamlarda çevresel koşulların izlenmesi ve yönetilmesi, özellikle hassas koşulların korunması gereken depolama alanları, laboratuvarlar ve veri merkezleri gibi yerlerde büyük bir önem taşımaktadır. Bu tür ortamlarda sıcaklık, nem, su sızıntısı ve benzeri parametrelerin sürekli olarak takip edilmesi, hem güvenlik açısından hem de ortamın verimliliğini koruma açısından kritik rol oynamaktadır. Çevresel koşulların izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla geliştirilen sistemler, bu parametrelerin uzaktan izlenmesine ve gerektiğinde müdahale edilmesine olanak tanıyarak, insan müdahalesine duyulan ihtiyacı minimize etmektedir. Özellikle uzaktan erişim ve yönetim imkanı sunan gömülü sistemler, kullanıcıların herhangi bir fiziksel erişim gereksinimi olmaksızın çevresel koşulları yönetmesine imkan tanımakta, bu da sistemlerin verimliliğini artırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, kapalı ortamlardaki çevresel şartların izlenmesi ve yönetilmesi amacıyla bir sistem tasarlanmış ve prototip düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemin temel amacı, ilaç ve gıda depoları, sunucu odaları, laboratuvarlar ve benzeri kritik ortamların koşullarının güvenilir bir şekilde izlenmesi ve gerektiğinde uzaktan yönetilmesidir. Bu bağlamda, literatürde mevcut çözümler incelenmiş ve sistemin tasarımında en uygun teknolojik çözümler kullanılarak uygulama aşamasına geçilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, STM firmasına ait NUCLEO-F429ZI geliştirme kartı kullanılmış ve üzerinde bulunan port çıkışları, tasarlanan kontrol kartına entegre edilmiştir. Elektronik baskı devre kartı tasarımı Altium Designer yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup, tasarım sonrasında üretim dosyaları oluşturularak bir elektronik kart üreticisi aracılığıyla prototip kart üretimi tamamlanmıştır. Üretilen kartlar üzerine gerekli elektronik bileşenlerin montajı yapıldıktan sonra testleri gerçekleştirilmiştir. UÇŞİD (Uzaktan Çevresel Şartları İzleme ve Denetleme) sistemine ait gömülü yazılım, Atolic TrueStudio derleme ortamı kullanılarak geliştirilmiştir. Sistem, kullanıcının herhangi bir program yüklemesine gerek kalmadan doğrudan web tarayıcısı aracılığıyla erişim sağlayabileceği web tabanlı bir arayüze sahiptir. Bu amaçla, gömülü web sunucusu olarak LwIP TCP/IP yığını tercih edilmiştir.

Sistem, sıcaklık ve nem takibi için sırasıyla DS18B20 ve DHT11 sensörlerini kullanmaktadır.

DS18B20 sıcaklık sensörünün genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır [1]:

- -55 °C ile 125 °C arası sıcaklık gösterimi
- Tek hat haberleşme protokolü ile çalışma
- 0,5 °C hata payı ile ölçüm
- 9 bit ile 12 bit arası ayarlanabilir dahili analog dijital dönüştürücü

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752 Fax: +902642955601

- 12 bit analog dijital dönüştürücü seçme durumunda 0,0625 °C ölçüm çözünürlüğü
- En fazla 750 mili saniye ölçüm süresi
- Kullanıcı tarafından ayarlanabilen alarm yapısı

DHT11'in başlıca özellikleri aşağıda sıralanmıştır [2]:

- Besleme gerilimi 3-5,5V
- Çalışma akımı 0,5,-2,5 mA
- Bekleme modu akımı 100 uA-150 uA
- Nem ölçümü: %1 RH çözünürlük (8 bit), %5 RH doğruluk, %20 RH-%90 RH ölçüm aralığı
- Sıcaklık ölçümü: 1°C çözünürlük (8bit), 2°C doğruluk, 0°C-50°C ölçüm aralığı

Ayrıca, dört adet kuru kontak girişi ile gaz detektörü, su sızıntısı, kapı kontağı, titreşim, hareket veya ışık algılayan detektör ve sensörlerin eş zamanlı olarak çalışması sağlanmıştır. UÇŞİD sisteminde dört adet kuru kontak çıkışı bulunmakta olup, farklı voltaj seviyelerinde çalışan dört bağımsız cihazın kontrol edilmesine olanak tanımaktadır. Sistem üzerinde bulunan buzzer ve LED'ler ile sesli ve görsel bildirimler sağlayarak kullanıcıya geri bildirim verilmiştir. Kontrol kartı, 220 VAC güç kaynağı ile çalışan raf tipi bir prototip kutu içerisine yerleştirilmiş ve gerekli montaj işlemleri tamamlanmıştır.

2.1. ARM Mimarisi

ARM (Acorn RISC Machine) mimarisinin temelleri 1983 yılında Acorn Computer Ltd. tarafından atılmıştır. Geliştirme ekibinin başını Steve Furber ve Roger Wilson çekmektedir. İleri seviye bir MOS Technology 6502'yi ortaya çıkarmışlardır [3]

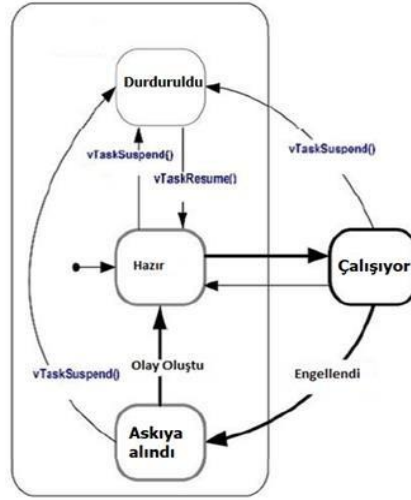
ARM işlemciden bağımsız bir şekilde RISC tabanlı bir mikro denetleyici mimarisidir. Mikro denetleyici üretimi yapan firmalar için ARM firması tarafından dizayn edilen işlemci mimari yapısıdır [4].

32 bit ve 64 bitlik olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Güç sarfiyatlarının az olması ile ön plana çıkmaktadır. Diğer RISC tabanlı işlemciler ile kıyaslandığında performans olarak daha iyidir. X86-X64 işlemcilere kıyaslandığında fiyat olarak daha düşük olması ve düşük güç tüketimi ARM işlemcilerin kullanımını artırmaktadır. ARM firması işlemcinin üretim kısmını üstlenmez. Sadece mimari dizaynını yapıp lisans satışını gerçekleştirir. CISC (karmaşık komut seti kütüphanesi) tabanlı işlemcilere özel tasarımlar yapılabildiğinden aynı nesil işlemciler farklı üretim yapan firmalar için değişik versiyonları olabilir. Bu sebepler performansları aynı olmayabilir. Bundan dolayı işlemci nesilleri ve karakteristikleri ele alınırken ARM referans dizaynı dikkate alınır [5].

2.2. FreeRTOS

FreeRTOS mikro denetleyicilerde koşabilecek kadar küçük olan bir gerçek zamanlı işletim sistemidir. Real Time Engineers Ltd firması tarafından geliştirilmiştir. Açık kaynaklı olan FreeRTOS C dili ile geliştirildiğinden farklı ortamlara adaptasyon kolaylığı bulunmaktadır [6].

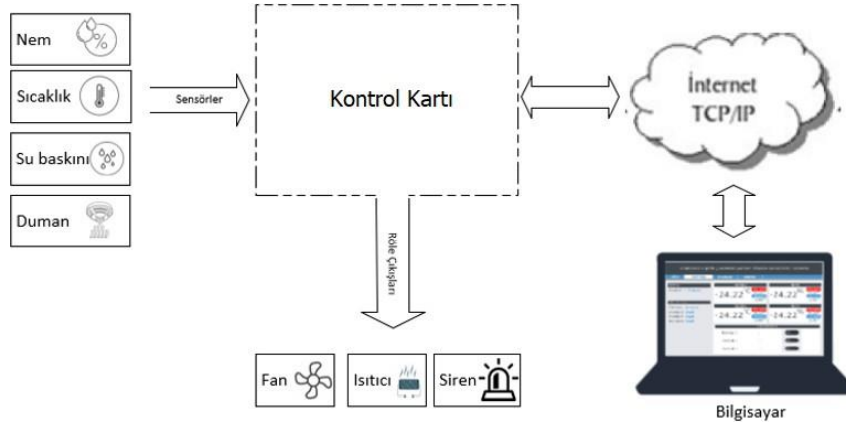
FreeRTOS'ta temel olarak görev (task), görev durumları (task states), görev önceliği (task priorities) olmak üzere üç kavram bulunmaktadır. Belirlenen önceliklere bağlı olarak işletim sistemi görevleri icra etmektedir. Görevlerin çalışıyor (running) hazır olma (ready) durduruldu (blocked), askıya alındı (suspended) olmak üzere dört ayrı durumu vardır. Bu durum geçişlerini anlatan akış şeması Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. FreeRTOS durum geçişleri

2.3. UÇŞİD Sistemi

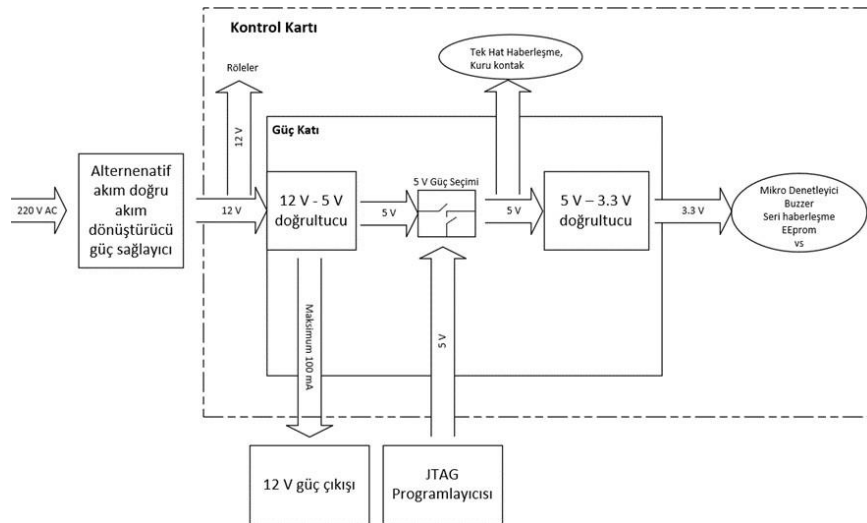
UÇŞİD sisteminin uzaktan erişimli olması TCP/IP protokolü ile ethernet üzerinden lokal veya geniş ağ bağlantısı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Uzaktan erişim için arada herhangi bir sunucu bilgisayar olmasına gerek yoktur. Gömülü sistem içerisinde web sunucu çalışmaktadır. Sisteme sıcaklık, nem, su baskını, duman detektörü vb. çevresel şart algılama sensörleri bağlanabilmektedir. Ayrıca röle çıkışları sayesinde hem doğru akımla çalışabilen cihazın hem de alternatif akımlı şebeke gerilimi ile çalışan herhangi bir cihazın denetimi yapılabilmektedir. Sistemin genel yapısı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Sistemin genel yapısı

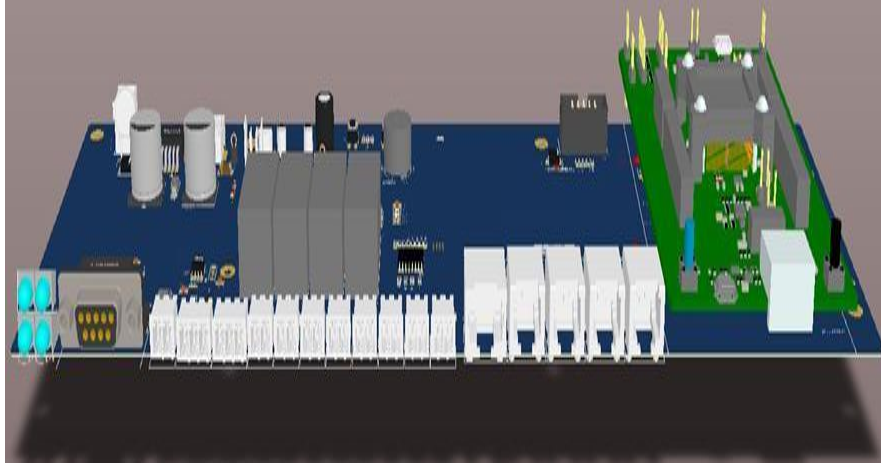
2.4. Tasarlanan Güç Kartı ve Dağılımı

Tasarımı yapılan kontrol kartında 12V, 5V ve 3,3V olmak üzere üç farklı besleme voltajı ihtiyacı bulunmaktadır. Bu sebeple iki ayrı voltaj doğrultma devre tasarımı yapılmıştır. Birinci voltaj doğrultucu devre 12 V'ü 5V'a düşürmekte, ikinci doğrultucu devre 5V'ü 3,3V'a dönüştürmektedir. Ayrıca JTAG programlayıcı ile de devre beslemesi yapılabilir. Bunun 5V güç seçimi atlamacı (jumper) ile yapılmaktadır. Bu sayede karta program yüklemek için ayrıca bir güç kaynağına gerek olmamaktadır. Devreye ait güç dağılımını anlatan blok şema Şekil 3'de yer almaktadır.



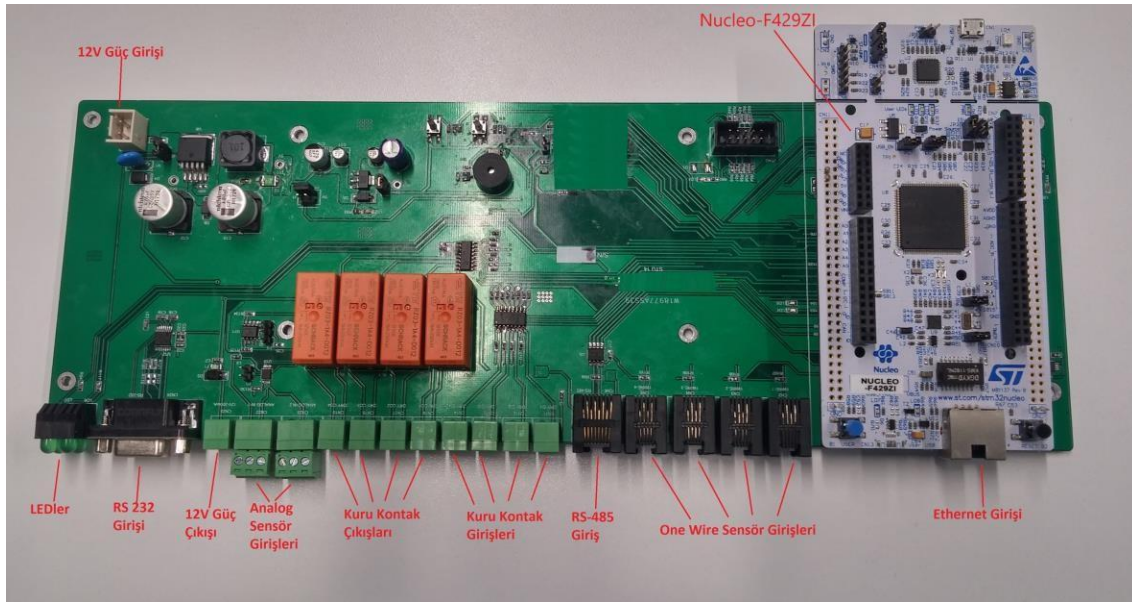
Şekil 3. Tasarlanan güç kartı blok diyagramı

Sistemin kontrol kart tasarımı Altium Designer devre tasarım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan elektronik kart tasarımına ilişkin Altium Designer programından alınan üç boyutlu görsel Şekil 4’te yer almaktadır.



Şekil 4. Kontrol kartının üç boyutlu tasarım görseli

Dizgisi yapılmış olan kontrol kartına ait görsel Şekil 3.31.’de yer almaktadır.



Şekil 5. Dizgisi yapılmış kontrol kartı

Kartın boyutu ve içeresine yerleştirilecek olan güç sağlayıcı hesaba katılarak 20,6 mm derinliğe sahip RM-110-20 kutusunun kullanımına karar verilmiştir. Kutulama yapılmış olan cihaza ait görsel Şekil 6’da yer almaktadır.

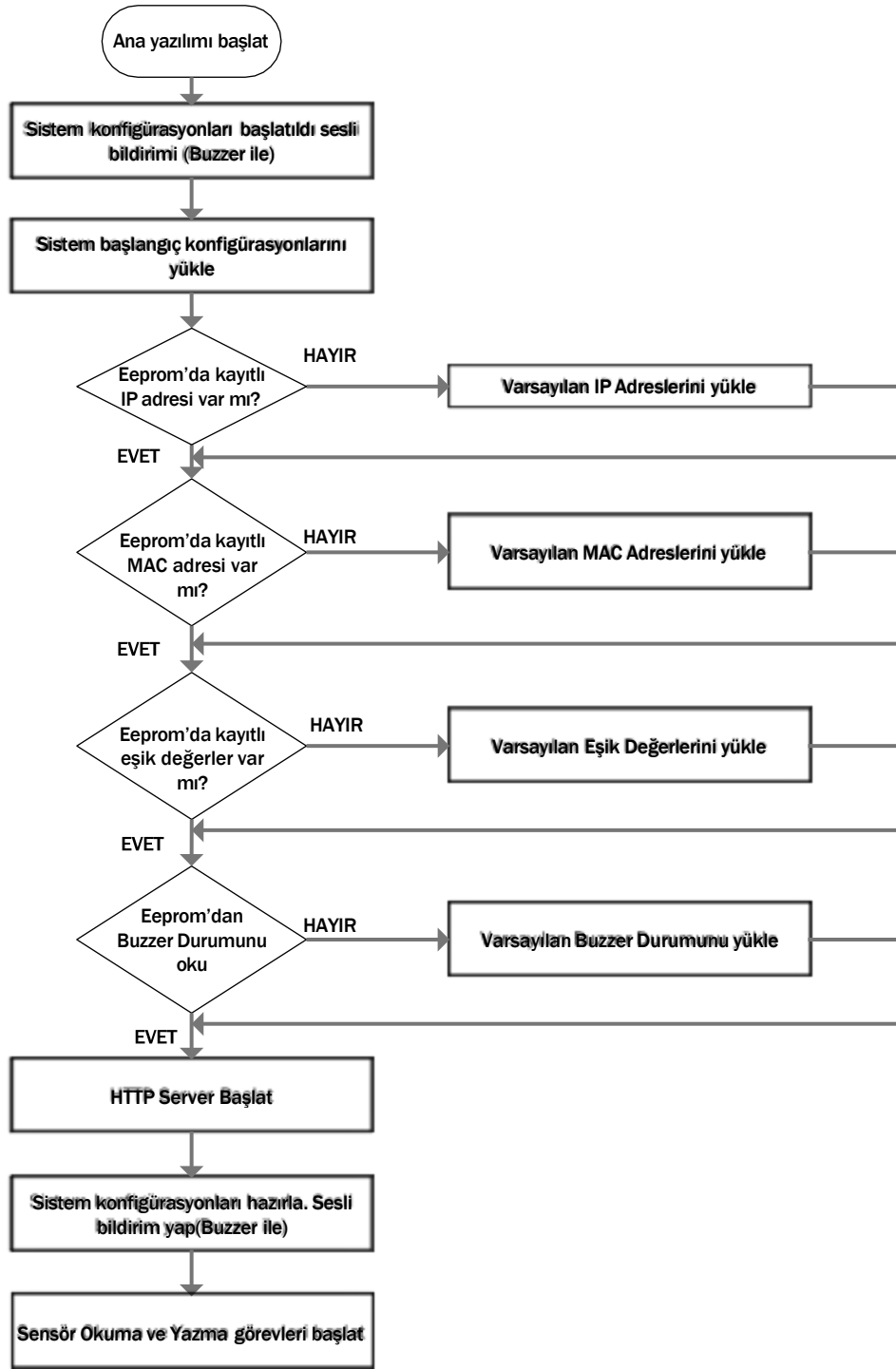


Şekil 6. Cihazın kutulanmış halinin önden görünümü

2.5. Yazılım Tasarımı

Bu çalışmada, yazılım tasarımı herhangi bir sunucu bilgisayara ihtiyaç duymadan internet ağına bağlanabilen bir web server kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı arayüzü, web tabanlı olup, kurulum gerektirmeden kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Gömülü web sunucu için LwIP kütüphanesi kullanılmış ve sistem, FreeRTOS gerçek zamanlı işletim sistemi üzerinde çalıştırılmıştır. FreeRTOS, açık kaynak kodlu bir kernel olup, GPL lisansı ile kullanıcının kodlarının gizliliğini koruyarak ücretsiz kullanım imkanı sunmaktadır. Ayrıca, FreeRTOS birçok farklı işlemci ve mimariyi destekleyerek geniş bir uyumluluk sunmaktadır. FreeRTOS iş zamanlayıcısı, görevlerin belirli bir sırada gerçekleştirilmesini sağlar ve gerçek zamanlı yapısı sayesinde iş parçacıkları zaman kısıtları içinde yürütülebilir. Kullanıcılar ayrıca iş parçacıklarına öncelik vererek sistemin performansını optimize edebilirler.

Sistemin ana yazılımın akış diyagramı Şekil 7’de yer almaktadır.



Şekil 7. Yazılım akış diyagramı

3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, kapalı ortamlardaki çevresel şartların izlenmesi ve yönetilmesi amacıyla tasarlanan UÇŞİD sisteminin prototip düzeyinde gerçekleştirilmesi ve test edilmesi başarıyla tamamlanmıştır. Sistem, NUCLEO-F429ZI geliştirme kartı üzerinde ARM tabanlı bir mikro denetleyici ile kontrol edilmekte olup, sıcaklık, nem ve su sızıntısı gibi kritik çevresel parametrelerin izlenmesini sağlamaktadır. Geliştirilen elektronik kart, Altium Designer programı kullanılarak tasarlanmış ve üretim sürecinden sonra malzeme dizgisi yapılarak kapsamlı testlerden geçirilmiştir. Ayrıca, gömülü yazılım Atolic TrueStudio ortamında geliştirilmiş ve LwIP yığını kullanılarak web tabanlı bir arayüzle entegrasyonu sağlanmıştır.

UÇŞİD sisteminde kullanılan DS18B20 ve DHT11 sensörleri ile sıcaklık ve nem takibi yapılmış, dört adet kuru kontak girişi ile çeşitli algılayıcılar ve detektörlerin sisteme entegrasyonu mümkün kılınmıştır. Sistemin sunduğu dört adet kuru kontak çıkışı ile birbirinden bağımsız olarak çalışan dört cihazın farklı voltaj seviyelerinde kontrol edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, sistemde bulunan buzzer ve LED'ler ile kullanıcıya hem sesli hem de görsel bildirimler sunulmuştur. Prototip sistem, raf tipi 1U'luk bir kutu içerisine yerleştirilmiş ve 220 VAC güç kaynağı ile çalışacak şekilde kutulama işlemi tamamlanmıştır.

Tablo 1. UÇŞİD sistemi ile benzer sistemleri karşılaştırma

	Sensör konumlandırma esnekliği	Program yüklemeyen web ara yüzü çalıştırma	Uzaktan erişim için sunucu bilgisayar ihtiyacı	Uzaktan program yükleme desteği	Kablosuz erişim
UÇŞİD sistemi	Var	Var	Yok	Var	Yok
Masaüstü yazılım tabanlı gömülü sunucu olmayan sabit sensörlü sistemler	Yok	Yok	Var	Yok	Yok
Masaüstü yazılım tabanlı gömülü sunucu olmayan, sabit sensörlü kablosuz sistemler	Yok	Yok	Var	Yok	Var

Tabloyu genel olarak değerlendirecek olursak; UÇŞİD sistemi, sensör konumlandırma esnekliği, program yüklemesi yapmadan kullanıcı arayüzüne erişim, herhangi bir sunucu bilgisayara ihtiyaç duymaması ve uzaktan kolaylıkla program güncelleme yapabilmesi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. UÇŞİD sistemin kablolulu olması negatif yönlerinden birisidir. Kablosuz özelliği kazandırmak için ileri aşamalarda Wi-fi modülleri ile çalışma yapılması düşünülmektedir.

UÇŞİD sistemi, ilaç ve gıda depolama alanları, sunucu merkezleri ve laboratuvarlar gibi çeşitli ortamlarda kullanım potansiyeline sahiptir. Sistem, uzaktan program yükleme desteği ile yazılım güncellemelerinin ve hatalara müdahalenin kolayca yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Gömülü web tabanlı arayüzü sayesinde, kullanıcıların herhangi bir ek yazılım yüklemeksizin sisteme erişimi sağlanmıştır. Sensörlerin konektörler vasıtasıyla kolayca bağlanabilmesi, sensörlerin esnek bir şekilde farklı noktalara konumlandırılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, sistemin bir sunucu bilgisayara ihtiyaç duymadan çalışabilmesi, kullanım kolaylığını artıran bir özellik olarak öne çıkmaktadır.

Sistem tasarımı kablolu haberleşme üzerine yapılandırılmıştır, ancak gelecekte kablosuz erişim ve kablosuz sensör desteği eklenerek sistemin daha da geliştirilmesi planlanmaktadır. Elektronik kart tasarımı raf tipi kutular için optimize edilmiştir, ancak konektör sayısının azaltılması ve giriş voltaj seviyesinin 12 V doğru akıma dönüştürülmesi, sistemin daha kompakt bir formda çalışmasını mümkün kılacaktır.

Referanslar

- [1] M. I. Products, “DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer Absolute Maximum Ratings”, c. 92, ss. 1–21.
- [2] D. Uk, “Temperature Sensor DHT 11 Humidity & Temperature Sensor”, 2010.
- [3] Ö. Türk, “Arm İşlemciler İle Tek Kullanımlık Şifre Uygulamasının Gerçekleştirilmesi”, Firat Üniversitesi, 2011.
- [4] S. Güzel, “Soğuk Zincir Lojistiği İçin Usb Arayüzlü Sıcaklık Veri Kayıt Cihazı Tasarımı ve Uygulaması”, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 2018.
- [5] H. Y. Cebeci, “Düşük Maliyetli, Bilgisayar Tabanlı Data Logger Özellikli Osiloskop Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Gazi Üniversitesi, 2014.
- [6] “RTOS”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://qqq.freertos.org>. [Erişim: 23-Nis-2024].