

Seralar İçin Bluetooth Tabanlı Kablosuz Ölçüm Sisteminin Tasarımı: Prototip Geliştirme ve Uygulama

Mehmet Ali DAYIOĞLU

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 06130-Aydınlıkevler-Ankara
dayioglu@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 06.05.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 19.06.2013

Özet: Bu araştırma çalışmasında, seralar için Bluetooth tabanlı kablosuz ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sistemin prototip uygulaması sera içinde kurulan deneylerle test edilmiştir. Sistem yönetici bilgisayar, CB-RSPA333 seri port adaptörü ve 2 kablosuz iletişim biriminden oluşmuştur. Her kablosuz iletişim biriminde PIC16F876 mikrodenetleyicisi, CB-SPA331 Bluetooth modülü ve birer adet SHT11 ve DS18B20 sensörleri bulunmaktadır. Sistem sera dışındaki yönetici bilgisayardan gönderilen komutlara göre, sera içindeki kablosuz birimlerin kontrolü, bilgisayara verilerin aktarılması ve kaydedilmesi, gerçek zamanlı monitörleme işlemlerini yapacak şekilde programlanmıştır. Test çalışmalarında bitkinin tepe ve alt seviyelerindeki hava, toprak sıcaklıkları ve bağıl nem verileri ölçülmüştür. Tipik bir yaz gününde kablosuz olarak kaydedilen verilere göre, bitkinin tepe ve alt taraflarındaki hava sıcaklıkları sırasıyla 12.1°C - 36.2°C ile 13.9°C - 31.7°C aralıklarında değişmiştir. Bağıl nem değişimleri sırasıyla % 19.9 - 67.3 ile %25.9 - %72.1 aralığında ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Sera, Bluetooth, kablosuz iletişim, mikrodenetleyici, veri toplama

Design of Wireless Data Acquisition System Based on Bluetooth for Greenhouses: Prototype and Implementation

Abstract: In this study, a wireless data acquisition system based on Bluetooth for greenhouses was designed. The prototype application of system was tested with experiments which were located in greenhouse. System was consisted of a host computer, CB-RSPA333 serial port adapter a two wireless communication units. There are PIC16F876 microcontroller, CB-SPA331 Bluetooth module, an SHT11 and a DS18B20 in each wireless unit. The system was programmed by means controlling of wireless units, data transferring and recording to host computer, and real-time monitoring according to commands sent from host computer located outside greenhouse. In test studies, air and soil temperatures and relative humidity data at top and bottom of crops were measured. According to wirelessly recorded data on typical summer day, air temperatures at top and bottom of crops were changed between 12.1°C - 36.2°C and 13.9°C - 31.7°C, respectively. Relative humidity data were measured between % 19.9 - 67.3 and %25.9 - %72.1, respectively.

Key words: Greenhouse, Bluetooth, wireless communication, microcontroller, data acquisition

GİRİŞ

Modern tarımsal üretimin tüm süreçlerinde çevresel (sıcaklık, yağış, nem vb.), bitkisel üretim (toprak nemi ve besin seviyeleri, hastalık ve zararlıların izlenmesi, sulama gibi), hayvansal üretim (izlenebilirlik, kimlik, süt verimi, aşılama gibi) ve soğuk zincir verilerine gereksinim duyulmaktadır. Sahadan verilerin toplanması, bu verilerin gerekli nokta ya da noktalara iletilmesi ve analizi önemli bir sorundur.

Sahadaki veriler fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri elektriksel büyüklüklere dönüştüren sensörler

ile ölçülmektedir. Bu verilerin iletilmesi kablolu ya da kablosuz olarak yapılabilmektedir. Karmaşık ortamlarda birbirinden farklı birçok ölçüm ve kontrol cihazının iletişiminde kablo kullanması sorun yaratmaktadır.

Kablosuz iletişim teknolojisi kablolu iletişimin yol açtığı maliyet, montaj ve yönetim sorunlarına etkin çözümler sunabilmektedir. Kablosuz iletişimde lisanssız olarak ayrılmış belirli frekanslardaki radyo (RF) dalgaları kullanılmaktadır.

Son 13 yılda, Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), UWB (IEEE 802.15.3), Wi-Fi (IEEE

802.11b/g/n) ve WiMax (IEEE 802.16e) gibi standardize edilmiş kablosuz teknolojiler, gerek günlük yaşamımızda gerekse sanayide, etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Chandra ve ark., 2008). Bu teknolojiler arasında günlük yaşamımızda kısa mesafelerde (10 – 100 m) kullanılan Bluetooth tabanlı uygulamalar (sayısal kamera, yazıcı, dizüstü bilgisayar, el bilgisayarı, cep telefonu, fare ve klavye) dikkat çekmektedir.

Bluetooth ile iletişim lisanssız ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandında FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) frekans atlama tekniğini kullanır. Bluetooth teknolojisi güvenilir ve etkili bir haberleşme sağlar. Veri paketlerini farklı kanallardan 2,402 GHz ile 2,480 GHz bandında gönderir. Sinyal 1 MHz'lik aralıklarla 79 frekans atlaması ile saniyede ortalama 1600 atlama yaparak tam çift yönlü (full duplex) olarak iletilir (Chandra ve ark., 2008).

Bluetooth bağlantısı yönetici-katılımcı (master-slave) haberleşmesine dayanır. Bluetooth sistemi genel olarak küçük ağ (piconet) ya da birçok küçük ağdan oluşan dağıtık ağ (scatternet) topolojisine göre tasarlanabilir.

Düşük güç tüketimi ve 1000 m'ye kadar uzun menzile sahip yeni nesil Bluetooth teknolojisi sanayide veri toplama ve kontrol işlemlerinde kullanılmaya başlamıştır. Dolayısıyla, endüstriyel seviyede kullanıma uygun olan Bluetooth'lu cihazlar bitkisel ve hayvansal üretimin tüm süreçlerinde aktif olarak kullanılabilir.

Tarımın farklı alanında kablosuz ağ teknolojisi ile toprak sıcaklığının ölçümü (Hamrita ve Hoffacker, 2005), toprak neminin izlenmesi (Bogena ve ark. 2007), tarlada bölgeye özel sulama (Kim ve ark. 2008), hassas bağcılık (Morais ve ark., 2008), hava durumu ve don olayının gerçek zamanlı takibi (Pierce ve Elliot, 2008) örnek uygulamalardan bazılarıdır.

Serodio ve ark. (2001) seralar için farklı platformlarda çalışan CAN (Controller Area Network), RF kablosuz bantlarını (433 MHz ve 458 MHz), Ethernet ve internet teknolojilerini kullanarak veri toplama ve kontrol işlemlerini yapan bir sistem geliştirdiler.

Lea-Cox ve ark. (2007) sıcaklık, nem, elektriksel iletkenlik, fotosentez etkili ışınım ve yaprak ıslaklığını anlık ölçmek üzere bir kablosuz sensör ağı tasarlamışlardır. Sistemin daha az hastalık oluşumu ile birlikte daha etkin su ve gübre kullanımı sağladığını bildirmişlerdir.

Dae-Heon Park ve Jang-Woo Park (2011) serada yaprakların ve bitkilerin üstünde çiyin yoğunlaşmasıyla ortaya çıkabilecek mantar ve bakteriyel hastalıkları önlemek için kablosuz sensör ağına dayalı kontrol sistemi geliştirmişlerdir.

Yu ve ark. (2013) tarımda toprak nemi ölçümünde kullanılabilecek farklı sinyal frekanslarına (433, 868 ve 915 MHz) sahip melez kablosuz sensör ağı üzerine özel protokoller ve topolojiler geliştirdiler.

Sera içindeki sıcaklık, bağıl nem ve ışık seviyelerinin izlenmesi için kablosuz sensör ağları teknolojisini kullanan özel tasarımlar da mevcuttur (Wang ve ark., 2008, Garzon ve Riveros 2010, Zhiyuan ve ark., 2012).

Bu araştırma çalışmasında, sera çevresinde ölçüm yapabilen Bluetooth tabanlı kablosuz iletişim sistemi prototip olarak tasarlanmıştır. Sistem yönetici bilgisayar, Bluetooth adaptörü ve kablosuz iletişim birimlerinden oluşmuştur. Sistem sera dışındaki yönetici bilgisayardan gönderilen komutlara göre, sera içindeki kablosuz birimlerin kontrolü, bilgisayara verilerin aktarılması ve kaydedilmesi ile gerçek zamanlı monitörleme işlemlerini yapacak şekilde programlanmıştır. Test çalışmalarında bitkinin tepe ve alt seviyelerindeki hava, toprak sıcaklıkları ve bağıl nem verileri kablosuz olarak ölçülmüş ve sayısal veriler irdelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

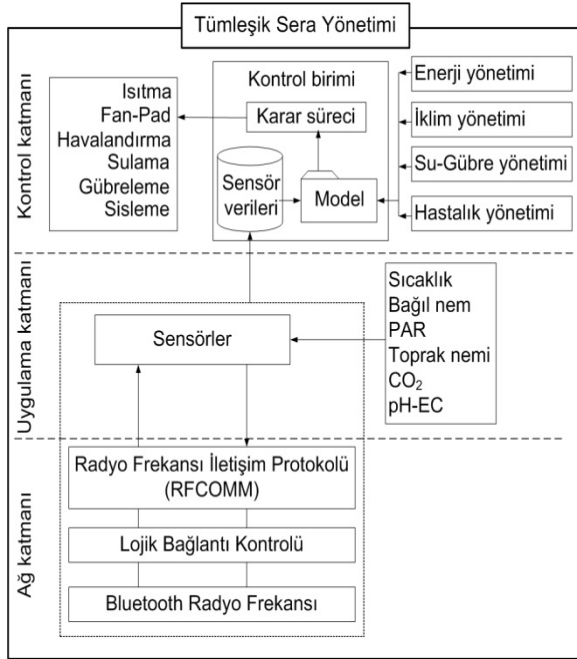
Sistem Tasarımı

Modern seralar için Bluetooth mimarisine uygun Şekil 1'de gösterilen üç katmanlı iletişim sistemi önerilmiştir. Bu sistem tümleşik sera yönetimi kavramını kullanan ağ katmanı, uygulama katmanı ve kontrol katmanından oluşur.

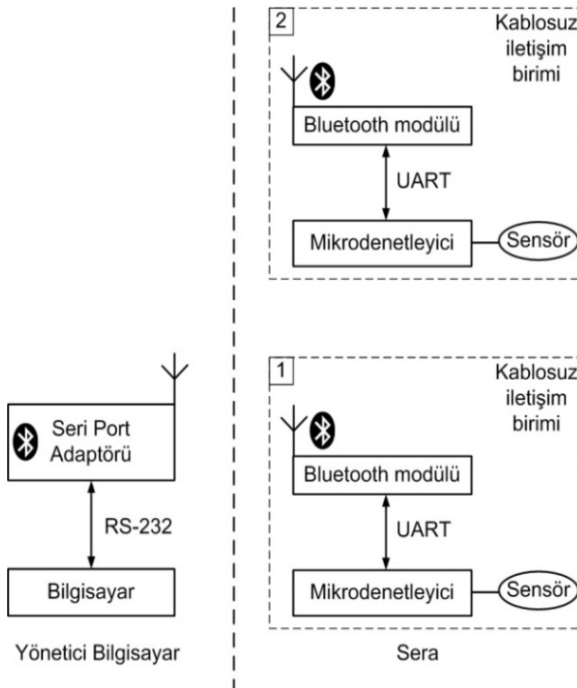
Bluetooth İletişim Sistemi

Kablosuz iletişim sistemi Şekil 2'de gösterildiği gibi sera dışında Bluetooth bağlantılı yönetici bilgisayar (master) ile sera içine yerleştirilen kablosuz iletişim birimlerinden (slave) oluşmaktadır. Sistem piconet topolojisine göre düzenlenmiştir. Burada ana bilgisayara 7 kablosuz iletişim birimi bağlanabilir.

Yönetici olarak görev yapan ana bilgisayarın kablosuz iletişime uygun hale getirilmesi için CB-RSPA333S seri port adaptörü (ConnectBlue, 2011) kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 1'de verilen Bluetooth adaptörü bilgisayara RS-232 yada RS-485 arabirimleri ile bağlanabilmektedir.



Şekil 1. Seralar için önerilen Bluetooth tabanlı iletişim mimarisi



Şekil 2. Sera için önerilen Bluetooth iletişim sistemi

Çizelge 1. Sistemde kullanılan Seri Port Adaptörü ve Bluetooth Modülünün teknik özellikleri

	Yönetici tarafı	Sera tarafı
Model	CB-RSPA333S	CB-SPA331-x
Tipi	Bluetooth 2.0, Sınıfı 1	
Menzil	300 m açık alan	
Çıkış frekansı	2.402 -2.480 GHz, ISM band	
Bağlantı	Bir yönetici + 7 katılımcı	
Veri iletim hızı	300-115200 kb/s	
Arabirim	RS232-RS485	UART, MAX232
RF çıkış gücü	20 dBm	16.9 dBm
	100 mW	49 mW
Güç kaynağı	8-30 VDC	3-6 VDC
Akım tüketimi	10 - 50 mA@9 V	17-22 mA@3.3 V
Anten	Dış	Dış/iç
Kutu, koruma	Metal, IP65	-

İletişim Birimi Devre Tasarımı

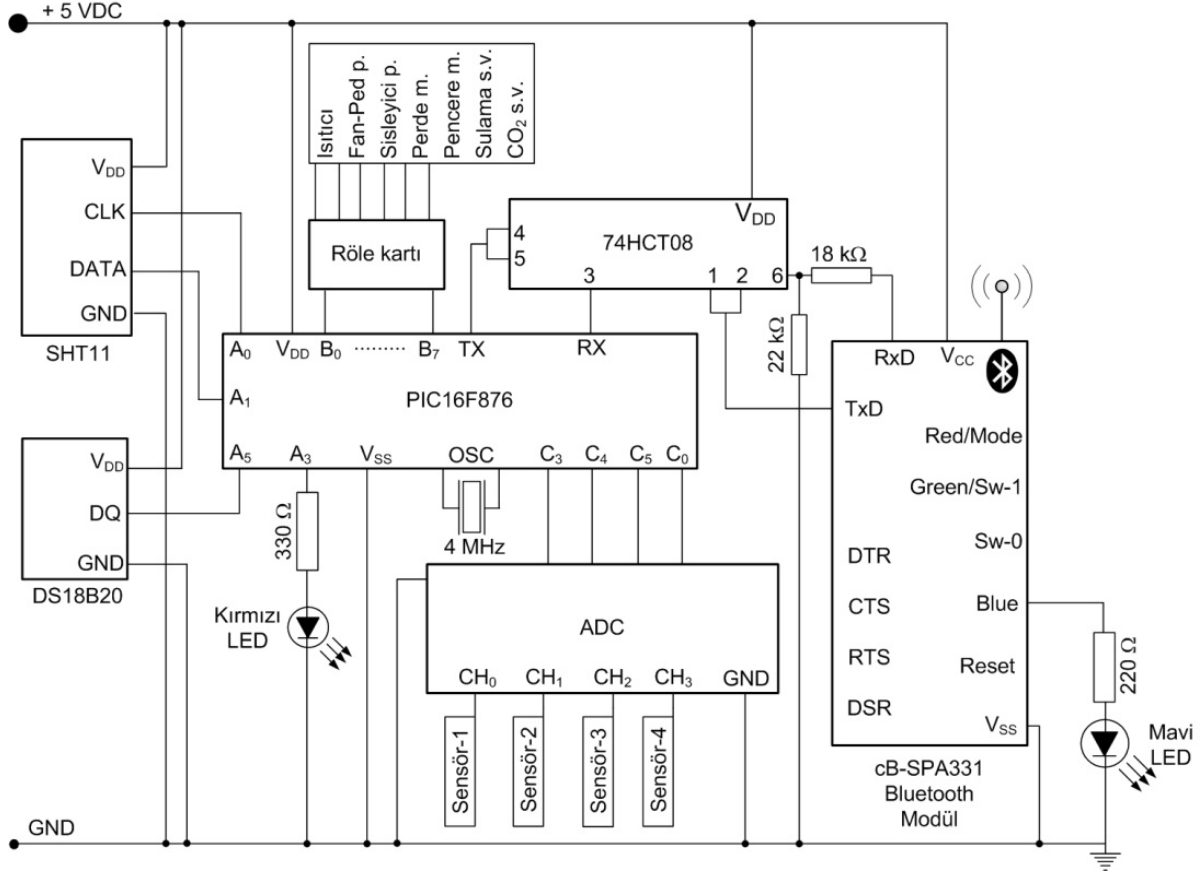
Sera içindeki kablosuz iletişim için Şekil 3'de şematik olarak gösterilen elektronik devre tasarlanmıştır. Devre sera içindeki büyüklüklerin analog ve dijital olarak ölçümü ile sera donanımlarının kontrol edilmesinde esnek özelliklere sahiptir. Devrede PIC16F876 (Microchip) mikrodenetleyici, CB-SPA331-x Bluetooth iletişim modülü (ConnectBlue, 2011), 74HCT08 AND kapısı, SHT11 (Sensirion, 2011) dijital sıcaklık-bağıl nem sensörü, DS18B20 (Maxim) dijital sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Mikrodenetleyici +5 VDC güç kaynağı ve 4 MHz'lik osilatör ile çalıştırılmıştır.

Mikrodenetleyici içinde 8 K kalıcı bellek, 368 bayt RAM, 256 bayt EEPROM, 20 MHz kadar osilatör girişi, 22 I/O portu, 5 ADC girişi ve 1 UART (RX,TX) bulunan 28 bacaklı bir mikroişlemci yongadır. PIC16F876 yongasının port bağlantıları Çizelge 2'de verilen detaylara göre yapılmıştır.

SHT11 tek bir yonga içerisinde sıcaklık ve bağıl nemin dijital olarak ölçümünde kullanılmıştır.

Çizelge 2. PIC16F876 port bağlantıları

PIC16F876	Devre bileşenleri
A ₀	SHT11 – DATA
A ₁	SHT11 – CLK
A ₃	Kırmızı LED
A ₅	DS18B20
B _{0...B₇}	Röle kartı
C ₀ C ₃ C ₄ C ₅	12 bit ADC
C ₆	74HCT08 – BT modül – Rx/D
C ₇	74HCT08 – BT modül – Tx/D



Şekil 3. Seralar için tasarlanan kablosuz iletişim birimi devre şeması

Her SHT11 sensörü imalat sırasında hassas nem odasında tek tek kalibrasyon işlemine tabi tutulmakta ve elde edilen kalibrasyon katsayıları kendi yongası içindeki OTP (One Time Programable) hafızasına kaydedilmektedir. Bu katsayılar sıcaklık ve nem için ayrı ayrı kalibre edilmiş dijital sinyallerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu sensörlerin sertifikalı ölçüm cihazlarıyla test edilmesine gerek kalmadan, doğrudan kullanımı kolay ve esnek çözüm sağlamaktadır (Sensirion Calibration Certification, 2010). Ayrıca, devrede tek veri hattı üzerinden seri olarak bağlanabilen DS18B20 dijital sıcaklık sensörü de kullanılmıştır. Her DS18B20 sensörü kendi okunabilir hafızasında kayıtlı 64 bitlik adrese sahip olup, sensör çıkışı fabrikada dijital olarak kalibre edilmiştir. SHT11 ve DS18B20 sensörlerine ilişkin ayrıntılı teknik özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

PIC16F876 yongasının B portları (B₀...B₇) röle kartı için, C₀ C₃ C₄ C₅ portları analog-dijital çeviricinin (ADC)

bağlanması için ayrılmıştır. B portları serada ısıtma, soğutma, sisleme, sulama, gölgeleme, havalandırma sistemlerinin kontrol edilmesini sağlar.

Mikrodenetleyici ve Bluetooth modülü arasında yüksek hızlı iletişim elde etmek için 74HCT08 (4 adet 2 girişli AND kapısı) yongası tampon olarak bağlanmıştır. Burada, yüksek seviyeli (+5 V) dijital sinyalleri UART-TxD ve UART-RxD lojik seviyesine çekmek (3 V) için AND kapısı ile birlikte Şekil 3’de gösterildiği gibi 18 kΩ/22 kΩ dirençleri kullanılmıştır. Yönetici tarafında kullanılan Bluetooth adaptörü ve sera tarafında kullanılan Bluetooth modüllerine ilişkin teknik özellikler Çizelge 1’de bir arada verilmiştir.

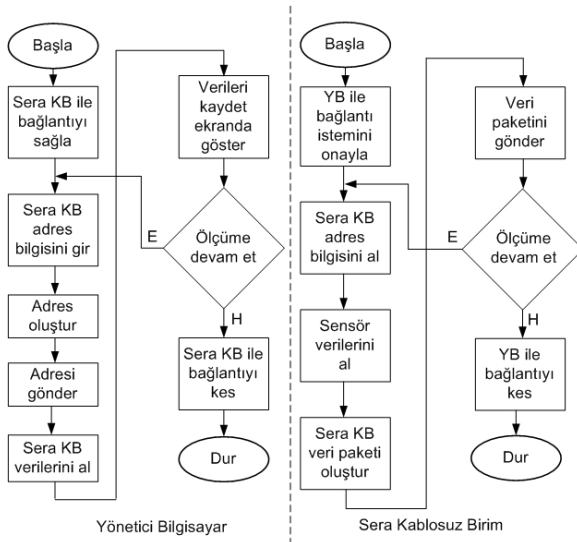
Program Geliştirme

Yönetici bilgisayarda (YB) Borland Delphi 7.0 ve kablosuz iletişim birimlerinde (KB) MikroPascal 6.0.0.2 ile yazılan programlar kullanılmıştır. Her iki programın akış şemaları Şekil 4’de verilmiştir.

Çizelge 3. SHT11 ve DS18B20 teknik özellikleri

Parametre	SHT11*		DS18B20
	T (°C)	RH (%)	
Ölçüm aralığı	-40/124	0/100	-55/125°C
Çözünürlük	14 bit	12 bit	12 bit
Hassasiyet	±0.4	± 3	±0.5 °C
Yinelenebilirlik	±0.1	±0.1	±0.1 °C
Histerizis	-	±1	-
Güç tüketimi	5 mW		5 mW
Güç kaynağı	2.4 – 5.5 VDC		3-5.5 VDC
İletişim	İki telli		Tek telli
Ölçüm için EK çevrim süresi	255 ms (14/12 bit)		750 ms (12 bit)
Kalibrasyon	Fabrika OTP		Fabrika ROM

*T: Sıcaklık, RH: Bağıl nem, EK: En küçük

**Şekil 4. Yönetici bilgisayar ile sera kablosuz birimleri için program akış şemaları**

Yönetici bilgisayar ve kablosuz birimler arasındaki seri iletişim ayarları (port, veri iletim hızı, data bitleri, parite, stop biti ve akış kontrolü sırasıyla COM1, 2400, 8, none, 1, none olarak yapılmıştır.

Öncelikli olarak sahada bulunan her Bluetooth adaptör ve modüllerin 48 bitlik on altılı adres bilgileri tespit edilmiştir. Adres bilgileri cihazların birbirini tanıması için kalıcı belleklerine kaydedilmiştir. Ayrıca, cihazların temel ayarları, güvenlik, yönetici-katılımcı (master-slave), bağlantı ve tarama profillerinin konfigürasyonu için AT komut seti kullanılmıştır.

Kablosuz birimlerin yönetici bilgisayar ile birlikte, sensör, modül ve diğer çevre bileşenleriyle uyumlu çalışması için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım mikrodenetleyicinin kalıcı belleğine HEX uzantılı olarak aktarılmıştır. Yönetici bilgisayardan gelen adrese göre her kablosuz birim kendine bağlı olan sensörlerden ölçüm yapmakla sorumludur. Kablosuz birimler sensör verileriyle birlikte kendini tanımlayan veri paketini yönetici bilgisayara sırası gelince aktarır. Yönetici bilgisayar ile seradaki kablosuz birimler arasında adrese dayalı olarak sırasıyla iletişim kurulur. Yönetici bilgisayar 1 dakika aralıkla her kablosuz birime bağlantı istemini sırayla gönderir. Adres bilgisi uygun olan kablosuz birim (KB) ölçüm yaparak kendi veri paketini hazırlar. Kablosuz birim tarafından yönetici bilgisayara gönderilen veri paketi gerçek zamanı esas olarak kaydedilir. Yönetici bilgisayar için yazılan grafik arayüz programı sensör verilerini görsel izleme olanağı sağlar.

Serada Uygulama Geliştirme

Test deneyleri 64 m² büyüklüğündeki Venlo tip serada 7 sıra (0.9 × 0.4 m) 98 sırk domates bitkisi (Beta Riva F1) bulunan koşullarda yapılmıştır. Oluk altı yüksekliği 3 m ve mahya yüksekliği 4 m olan seranın galvaniz çelik konstrüksiyonu 4 mm kalınlığında çift kat polikarbonat örtü ile kaplıdır.

Seralarda kablosuz olarak ölçüm yapabilecek bir sistemin prototipi geliştirilmiştir. Sistem prototipi bir yönetici bilgisayar (master), iki kablosuz iletişim biriminden (slave) oluşmaktadır. Her birimde birer adet mikrodenetleyici, Bluetooth modülü, hava ve toprak sıcaklık sensörleri ile nem sensörleri vardır.

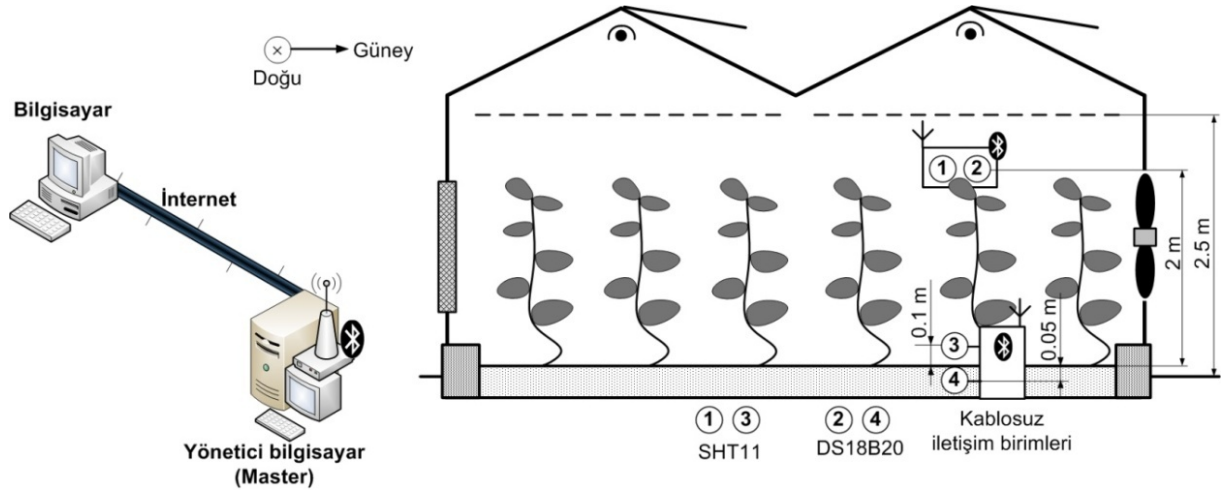
Deney serası içine kurulan Bluetooth'lu kablosuz ölçüm sisteminin yerleşimi Şekil 5'de şematik olarak gösterilmiştir. Kablosuz iletişim birimleri bitki tepesi ve zemin olarak iki farklı yükseklikte yerleştirilmiştir.

(1) ve (2) nolu sensörler zeminden 2 m yüksekliğe bitki üstüne, (3) nolu sensör zemin seviyesine (h=0.1 m) ve (4) nolu sensör toprağın 0.05 m altına yerleştirilmiştir. Burada (1) ve (3) nolu sensörler (SHT11) havanın sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde, (2) ve (4) nolu sensörler (DS18B20) sırasıyla buldukları noktaların sıcaklık ölçümünde kullanılmıştır. İletişim birimleri seranın ortasında güney duvarına 3 m uzaklıktadır. Yönetici bilgisayar kablosuz iletişim birimlerinden yaklaşık 30 m uzaklıktadır.

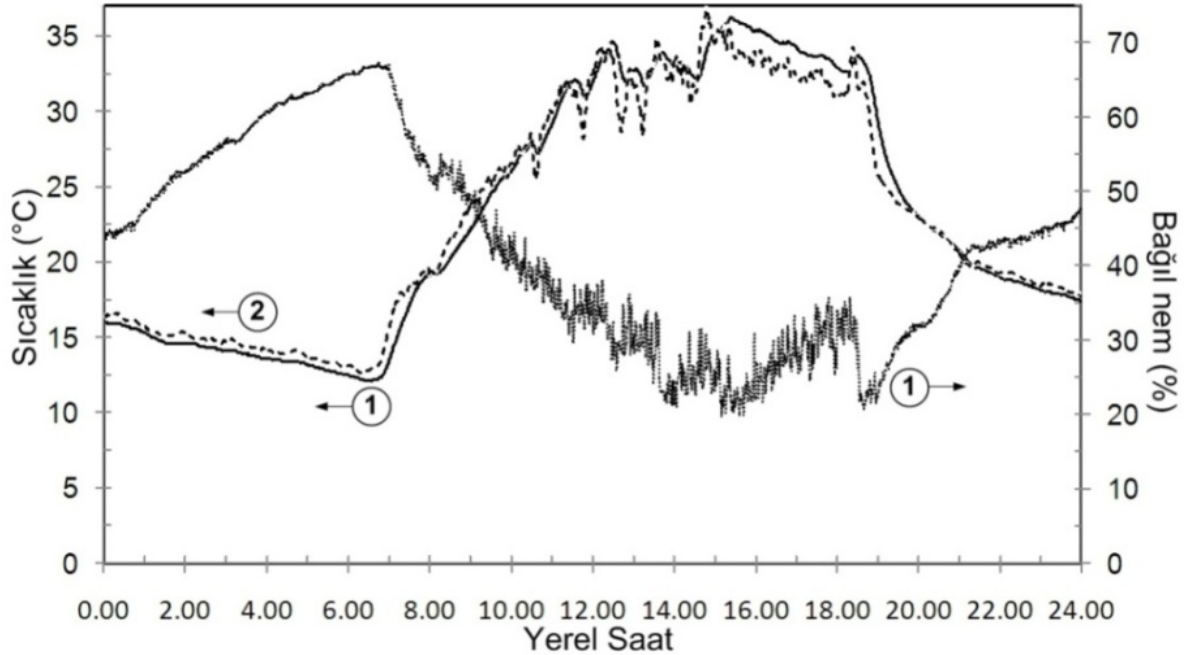
PROTOTİP TEST SONUÇLARI

Kablosuz iletişim sisteminin deneme testleri 2011 yılının Ağustos-Eylül aylarında Şekil 5'de şematik olarak gösterilen Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü serasında yapılmıştır. Tipik bir yaz günü için serada bitkinin alt ve üst seviyelerinde 1 dakika aralıkla ölçülerek kablosuz olarak ana bilgisayara aktarılan sensör verilerinin

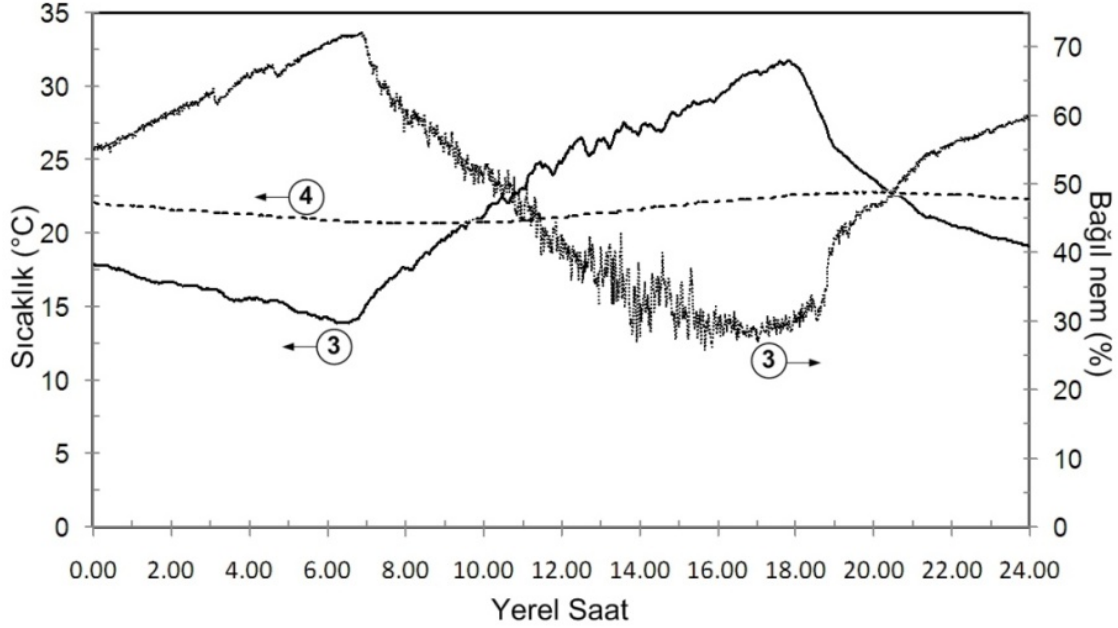
grafikleri Şekil 6 ve Şekil 7'de çizilmiştir. Ayrıca, 6 saatlik dilimlerde (00:00-06:00, 06:00-12:00, 12:00-18:00, 18:00-24:00) kullanılan sensörlerin ölçüm verilerinden standart sapma (SS), aritmetik ortalama (AO), en küçük (EK) ve en büyük (EB) gibi bazı istatistiksel parametreler hesaplanmıştır. Bunlar, benzer koşullarda farklı sensörlerin tepkilerinin karşılaştırması amacıyla Çizelge 4 ve 5'de yazılmıştır.



Şekil 5. Deney serası içine kurulan Bluetooth'lu kablosuz ölçüm sisteminin yerleşimi



Şekil 6. Serada bitki standının üst tarafında (1) nolu sensör (SHT11) ile hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümü; (2) nolu sensör (DS18B20) ile hava sıcaklığı ölçümü ve günlük değişimleri



Şekil 7. Serada bitki standının alt tarafında (3) nolu sensör (SHT11) ile hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümü; (4) nolu sensör (DS18B20) ile toprak sıcaklığı ölçümü ve günlük değişimleri

Çizelge 4. SHT11 ve DS18B20 sıcaklık verilerinden hesaplanan bazı istatistiksel parametreler*

		Saat dilimleri	SS	AO	EK	EB
SHT11-(1) °C	00:00-06:00	0.97	14.2	12.5	16.0	
	06:00-12:00	6.44	22.1	12.1	32.1	
	12:00-18:00	1.17	33.9	31.7	36.2	
	18:00-24:00	5.23	22.7	17.4	33.7	
DS18B20-(2) °C	00:00-06:00	0.94	14.7	13.0	16.6	
	06:00-12:00	6.06	22.8	12.6	32.6	
	12:00-18:00	1.48	32.9	28.3	36.9	
	18:00-24:00	4.47	22.4	17.8	34.3	
SHT11-(3) °C	00:00-06:00	1.02	16.1	14.2	17.9	
	06:00-12:00	3.45	19.4	13.9	24.9	
	12:00-18:00	1.98	28.3	24.8	31.7	
	18:00-24:00	3.36	22.9	19.1	31.5	
DS18B20-(4)°C	00:00-06:00	0.32	21.5	20.9	22.1	
	06:00-12:00	0.12	20.8	20.6	21.1	
	12:00-18:00	0.43	21.8	21.1	22.6	
	18:00-24:00	0.13	22.6	22.3	22.8	

* SS: Standart sapma, AO: Aritmetik ortalama, EK: En Küçük, EB: En Büyük.

Çizelge 5. SHT11 bağıl nem verilerinden hesaplanan bazı istatistiksel parametreler

		Saat dilimleri	SS	AO	EK	EB
SHT11-(1) %	00:00-06:00	6.72	55.9	43.7	65.9	
	06:00-12:00	11.29	49.1	29.7	67.3	
	12:00-18:00	3.95	27.4	19.9	38.0	
	18:00-24:00	7.64	37.1	20.8	47.7	
SHT11-(3) %	00:00-06:00	4.47	62.7	54.7	70.6	
	06:00-12:00	9.38	56.8	39.3	72.1	
	12:00-18:00	4.27	32.8	25.9	42.9	
	18:00-24:00	8.91	49.5	29.3	60.0	

Şekil 6 bitki üstündeki (1 - 2) hava sıcaklıkları ile bağıl nem verilerini göstermektedir. Toplanan verilere göre, bitki üst tarafında SHT11 sensörüyle ölçülen sıcaklıklar 12.1°C ile 36.2°C arasında değişmiştir. Aynı yükseklikte DS18B20 sensörüyle ölçülen sıcaklık değişimleri 12.6°C ile 36.9°C arasındadır. Bitkinin üst tarafında ölçülen bağıl nem seviyesi % 19.9'a kadar düşmüş, buna karşın gece saatlerinde % 67.3 seviyesine kadar yükselmiştir.

Şekil 7'de bitkinin alt seviyesinde (3 - 4) ölçülen hava ve toprak sıcaklıkları ile bağıl nem verileri grafik olarak çizilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, toprağın

0.1 m üstünde SHT11 sensörüyle ölçülen sıcaklıklar 13.9°C ile 31.7°C arasında değişmiştir.

Toprağın 0.05 m altında DS18B20 sensörüyle ölçülen sıcaklık değişimleri 20.9°C ile 22.8°C aralığında kalmıştır. Bitkinin alt seviyesindeki bağıl nem değerleri %25.9 ve %72.1'dir.

Sıcaklık grafikleri irdelendiğinde öğle saatlerinde üst taraf alt taraftan en fazla 8.2°C daha sıcak, gece saatlerinde alt taraf 2.2°C daha sıcaktır. Bağıl nemde gündüz saatlerinde transpirasyon nedeniyle ani değişimler gözlenebilmektedir. Gece saatlerinde alt taraftaki bağıl nem 20 birim daha yüksektir.

Sera içinde farklı lokasyonlardaki sıcaklık ve bağıl nem değişimleri mikroklima ve bitki fizyolojisi açısından önemli olmaktadır. Bitkinin üstü daha fazla güneş ışınımına maruz kaldığı için öğle saatlerinde sıcaklık artarken bağıl nem düşer. Akşam ve gece ise sıcaklık düşerken bağıl nem artar. Grafiklerde (1) ve (2) noktalarında ölçüm yapan SHT11 ve DS18B20 arasındaki sıcaklık farkı (1-2°C) öğle saatlerinde direkt güneş ışınımından kaynaklanmaktadır. SHT11 sensörü direkt güneş ışınımının etkisine karşı korunmuştur.

Sera için prototip olarak tasarlanan kablosuz ölçüm biriminin maliyeti yaklaşık 150 TL'dir. Bu maliyetlere yönetici bilgisayar ve mikrodenetleyici yazılımları dahil edilmemiştir. Ayrıca, RS485'e dayalı kablolu ile Bluetooth teknolojisine dayalı kablosuz ölçüm sisteminin karşılaştırılması için birim uzaklık başına olan maliyetler ölçüt olarak kullanılabilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Sera çevresinde farklı ortamlarda oluşan sıcaklık ve bağıl nem en önemli iklim faktörlerinden ikisidir. Sera içinde yetiştirilen bitki sürekli değişen fiziksel ve fizyolojik koşullardan etkilenir. Bu etkileri kontrol altına almak için seranın endüstriyel bir tesis olarak yönetilmesi gerekir. Tümleşik sera yönetiminde kablosuz ölçüm ve kontrol sistemleri etkin bir şekilde kullanılabilir. Sanayide kablosuz iletişimde adaptör yada modül olarak kullanılan Bluetooth teknolojisi,

LİTERATÜR LİSTESİ

Bogena H.R., Huisman J.A., Oberdorster C., Vereecken H., 2007. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications, J. Hydrology, 344:32-42.
Chandra, P., Dobkin, D. M., Bensky, A., Olexa, R., Lide D., Dowla F., 2008. Wireless Networking: Know It All: Know It All, Elsevier, p:558.

seralarda esnek ve çok fonksiyonlu çözümlerin sağlanmasına yardımcı olabilir. Bu çalışmada, sera çevresindeki verilerin ölçülmesi ve kontrol sinyallerinin iletilmesi için Bluetooth teknolojisine dayalı kablosuz iletişim sistemi tasarlanmıştır. Serada materyal ve enerji akışının yanı sıra, Bluetooth'a dayalı bilgi akışının kontrolü de önemli olmaktadır. Bitkiler yetiştirilirken çevresel faktörlerin bilinmesi, kontrol altında tutulması gereklidir. Dolayısıyla, kablosuz teknolojilerin kullanımı etkin ve esnek yönetim sağlayacaktır. Seralardan elde edilen ürünlerin miktarının artması, kalitenin yükselmesi ve maliyetlerin azalması beklentiler arasındadır. Bu çalışmada önerilen kablosuz sistemin seralarda kullanımı otomasyon açısından esnek ve ucuz bir çözüm sağlayabilir. Burada prototipi sunulan sistemin ileri sürümleri SCADA'nın bir parçası olarak kullanılabilir. Seranın farklı lokasyonlarına çok sayıda dağıtılacak kablosuz iletişim birimleri sera mikrokliması açısından detaylı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlar.

Standart gösterimler ve Kısaltmalar

ADC	: Analog dijital çevirici
AO	: Aritmetik ortalama
CLK	: Saat ucu
CTS	: Clear to Send
DATA	: Veri ucu
DSR	: Data Set Ready
DTR	: Data Terminal Ready
EB	: En büyük
EK	: En küçük
KB	: Kablosuz birim
RTS	: Request to send
RX	: UART received data
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
SS	: Standart sapma
UART	: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UWB	: Ultra wide band
TX	: UART transmitted data
VDD	: + 5 VDC
VSS: GND	: 0 VDC: toprak
Wi-MAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access
YB	: Yönetici bilgisayar

Connectblue,2011. OEM Serial Port Adapter - Bluetooth Module, OEMSPA331 datasheet.
Connectblue, 2011. RSPA333 Serial port Adapter, datasheet.
Dae-Heon Park, Jang-Woo Park, 2011. Wireless Sensor Network-Based Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System for Dew Condensation Prevention, Sensors, 11, 3640-3651.

- Garzon, C.A.L, Riveros, O.J.R, Temperature, humidity and luminescence monitoring system using Wireless Sensor Networks (WSN) in flowers growing, ANDESCON, 2010 IEEE, 2010, Pages: 1 – 4.
- Hamrita T.K., Hoffacker, E.C., 2005. Development of a smart wireless soil monitoring sensor prototype using RFID technology, *Applied Eng. in Agric.*, 21:139–143.
- Kim Y., Evans R.G., 2008. Iversen W.M. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 57:1379–1387.
- Lea-Cox J.D., Kantor G., Anhalt J., Ristvey, A., Ross D.S, 2007. A wireless sensor network for the nursery and greenhouse industry. *Southern Nursery Association Research Conference*, 454-458.
- Morais R., Fernandes M.A., Matos S.G., Serodio C., Ferreira P., Reis M., 2008. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture, *Comput. Electron in Agr.*, 62:94–106.
- Pierce F.J., Elliott T.V., 2008. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington. *Comput. Electron in Agr.*, 61:32–43.
- Sensirion, 2010. Calibration Certification.
- Sensirion, 2011. SHT11 datasheet, pp:11.
- Serodio C., Cunha J. B. Morais, R., Couto, C., Monteiro, J. 2001. A networked platform for agricultural management systems, *Comput. Electron in Agr.*, 31. 75-90.
- Wang C., Zhao C.J., Qiao X.J., Zhang X., Zhang Y.H., 2008. The design of wireless sensor networks node for measuring the greenhouse's environment parameters. *Comput. Computing. Technol. Agric.*, 259:1037–1046.
- Yu, X., Wua, P., Hana, W, Zhanga, Z., 2013. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture, *Computer Standards & Interfaces* 35, 59–64.
- Zhiyuan GAO, Yingju JIA, Hongwei ZHANG, Xiaohui LI, 2012. A Design of Temperature and Humidity Remote Monitoring System based on Wireless Sensor Network Technology, *ICCECT.2012*, 896-899.