



Seralarda Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Uygulanması: Tasarım ve Prototip Geliştirme Mehmet Ali Dayıoğlu^{1*} Furkan UĞUR² Ufuk TÜRKER¹

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 06130, Aydınlıkevler, Ankara

²T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi, Ankara

*e-posta: dayioglu@agri.ankara.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 08.08.2016

Kabul tarihi (Accepted): 22.08.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.08.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 31.08.2016

Öz: Tarımsal üretim süreçlerini iyileştirmek, ürün kalitesini arttırmak, girdi kullanımını azaltmak için sahadaki verilerin toplanması ve bunların yararlı bilgiye dönüştürülmesi gerekmektedir. Sahadan internet erişimi olan, birbiri ile haberleşebilen akıllı sistemler, makinalar, akıllı nesnelere ile verimlilik artışı ile birlikte, daha etkin enerji, su, gübre ve kaynak kullanımı sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak, sera içindeki sıcaklık değişimlerinin ölçülmesi, kablosuz olarak Web ortamına aktarılması ve izlenmesi amacıyla prototip bir sistem geliştirilmiştir. Sıcaklık ölçümü için internete bağlanabilen iki kablosuz sensör düğümü tasarlanmıştır. Her düğüm Raspberry Pi 2 tek kart bilgisayar, Wifi adaptörü ve 2 adet DS18B20 sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. Sistem sera içinde ölçülen hava, toprak ve su sıcaklığı verileri Web ortamında izlenerek ve veritabanına kaydedilerek test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Nesnelerin interneti, kablosuz sensör ağı, sera, sıcaklık

Implementation of Internet of Things Technology in Greenhouses: Design and Prototyping

Abstract: In order to improve agricultural production processes, to increase product quality, to reduce the input use, the collection of data in the field, and those must be converted to useful information. The smart systems, machines and smart objects with internet access from the field, enabling communication with each other can provide more efficient energy use, water, fertilizer and resource use, along with increased productivity. In the study, a prototype system was developed by using internet of things technology so that temperature variations in greenhouse can measure, monitor, and connect to the Web as wireless. Two wireless sensor nodes that can be connected to internet were designed for temperature measurement. Each node consists of a Raspberry Pi 2 single board minicomputer, Wifi adapter and two DS18B20 temperature sensor. The system was tested by recording to database and by monitoring at Web environment air, soil and water temperature data, which were measured inside greenhouse.

Key Words: Internet of things, wireless sensor network, greenhouse, temperature

1. Giriş

Tarım Türkiye'nin ekonomik büyümesinde önemli rol oynayan dinamik bir sektördür. Ekonomik büyümeyi sürdürmek için tarımsal üretimde verimliliği ve kaliteyi arttırmak, işletme maliyetlerini azaltmak gereklidir. Bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak, anlamlı verilerle tarımsal faaliyetlerde riskler azaltılabilmektedir. Tarım sektöründe seracılık, et, süt, yumurta üretimi yüksek teknolojinin kullanıldığı, endüstriyel yönetim anlayışının benimsendiği fabrikalarda yapılmaktadır.

Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde uygulamaya aktarılan Sanayi 4.0 teknolojisinin etkileri akıllı ve hassas tarım teknolojileri ile

tarımda da görülmeye başlamıştır. Sanayi 4.0 denilince genellikle, nesnelerin interneti, servislerin interneti, ağa bağlı fiziksel sistemler ve veri güdümlü mimariler anlaşılmaktadır. Burada amaç, sahada makinadan makinaya, cihazdan cihaza iletişim kurularak, çok sayıda sensörden gelen veriler değerlendirilerek, daha etkili ve verimli çalışan sistemler, akıllı imalat, akıllı üretim organizasyonunun geliştirilmesidir (Vermesan ve Friess 2013). Geleceğin endüstriyel organizasyonunda klasik internet altyapısı yeterli olmayıp; geleceğin interneti konusunda önemli teknolojik çözümler geliştirilmektedir. Bu çözümlerden birisi de

nesnelerin interneti (The Internet of Things - IoT) teknolojisidir.

Nesnelerin interneti kavramı ile ilgili literatürde pek çok tanım yer almaktadır. IoT herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, her nesnenin, herhangi bir ağ üzerinden birbirine bağlanabildiği bir teknolojidir (Guillemin ve Friess 2009).IoT teknolojisi ile çevre, sanayi, tarım, sağlık, güvenlik sektörlerinde, her sektörün farklı yapısal özelliklerine göre internet üzerinden nesneler arasında esnek bir şekilde erişim sağlanabilmektedir (Borgia 2014).

Sanayi 4.0 gibi, tarımda da akıllı sistemler ve makineler kullanılarak verimlilik artışı ile birlikte, daha etkin enerji, su, gübre ve kaynak kullanımının sağlanması amaçlanmaktadır. Toprak ve iklim koşullarına göre, doğru sulama ve gübreleme, doğru ilaçlama zamanı çiftçilerin işlerinin kolaylaşmasına ve çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır. Birbirleriyle konuşan sistemler ve senkronize çalışan makineler sayesinde iş yükü ve maliyet de azalmaktadır. Tarımda nesnelerin interneti teknolojileri bitkilerin üretilmesinden, depolanmasına ve dağıtımına kadar tüm süreci etkin bir şekilde yönetmek için kullanılabilir (ITU ve Cisco 2016).

Tarımda yerel meteorolojik verilerin toplanması ve kullanımı kritik öneme sahiptir. Farklı tip mikro hava istasyonları hava ve toprak sıcaklıkları, hava ve toprak nem seviyeleri, güneş ışınımı, rüzgar yönü ve hızı, atmosfer basıncı, yağmur miktarı, toprağın elektriksel iletkenliği ve görüntü gibi bilgileri toplayabilmektedir. Veriler değerlendirilerek anlamlı sonuçlar uygulamada risk tahmini, tarım sigortası, finansal destek ve tazminat mekanizmalarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır (FAO 2015, ITU ve Cisco 2016).

Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi veri güdümlü akıllı tarım uygulamalarında kullanılabilir. IoT teknolojisi fiziksel ve diğer nesnelerin durumunu takip edebilen, anlamlı verileri alabilen, eylem aşamalarını analiz edebilen ve buluttaki bir bilgisayara kablosuz ağ üzerinden bağlanabilen esnek çözümler sunabilmektedir.

Son yıllarda, tarımda önemli üstünlükler sağlayan ICT ve IoT teknolojilerinin kullanımı konusunda bir çok araştırma yapılmıştır.

Blank ve ark. (2013) Almanya'da gerçekleştirdikleri iGreen projesi kapsamında geleceğin hassas tarımı, tarımsal üretimde filo yöntemi, buğday ve yem bitkileri üretiminde imalatçılardan bağımsız veri paylaşımı sağlayan yaygın dinamik ağ konusu üzerinde deneysel çalışmalar yapmışlardır.

Gawali ve Gajbhiye (2014), ARM7 işlemcisi ve ENC28J60 ethernet yongası ile tarımsal uygulamalar için gömülü web sunucusu geliştirmişlerdir. Çoğu internet uygulamasının istemci/sunucu bazlı çalıştığını belirten araştırmacılar; kapladığı hacim, maliyet ve enerji kullanımı göz önüne alınarak PC sunucular yerine gömülü web sunucuların kullanımının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Patil ve Malviya (2014) yayınladıkları makalede tarımsal sulama uygulamasını ARM tabanlı işlemci ve GSM modem desteğini kullanarak, SMS ile kontrol eden bir sistem geliştirmişlerdir.

Pesonen ve ark. (2014) Finlandiya'da gerçekleştirdikleri Cropinfra projesi kapsamında geleceğin tarımında bitkisel üretimin verimliliğini arttırmak için internet teknolojilerine dayalı çok katmanlı servis iş platformu geliştirmişlerdir. Dört katmanlı iş platformu alet ve makinelerdeki sensörler, veri toplama ve makine kontrolü, veri depolama gibi alt-servisler ile hava durumu ve hastalık tahmini işlerini yapan dış servislerden oluşmuştur.

Dlodlo ve Kalezhi (2015) makalelerinde, Güney Afrika ve Zambiya'da sürdürülebilir kırsal gelişmenin sağlanmasında bitki üretimi, su yönetimi, bitki ve hayvan hastalıkları, hava durumu tahmini, vahşi yaşam yönetimi, market tanımlama ve kırsal finansman alanında nesnelerin interneti teknolojisinin sağladığı üstünlükleri, çözümleri araştırmışlardır.

Gayatri ve ark. (2015) Hindistan'da akıllı tarımsal üretim için IoT ve Bulut Bilişim teknolojilerinin kullanımını konusunu araştırmışlardır.

Guo ve Zhong (2015) seralarda daha verimli üretim için nesnelerin interneti teknolojisini hassas sulama, gübreleme ve iklimlendirme sistemleri üzerinde uygulamışlardır.

Srbinaovska ve ark. (2015), serada sebze üretimi ve çevresel verilerin takibi sayesinde daha az yönetim maliyetini sağlamak için kablosuz sensör ağı mimarisi önermişlerdir. Sıcaklık, nem ve ışık gibi temel çevresel parametreleri izlemek için pratik ve ucuz maliyetli bir veri izleme sistemini kablosuz sensör ağı teknolojisine dayalı olarak tasarlamışlardır.

Vijayakumar ve Ramya (2015), yayınladıkları makalede içme suyunun güvenli dağıtımını sağlamak için su kalitesinin gerçek zamanlı izlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. İçme suyu kalitesini ölçmek için tasarlayıp geliştirdikleri sistemin düşük maliyetli bir nesnelerin interneti uygulaması olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada sensörlerin bağlandığı mini bilgisayar Raspberry Pi tek kartta bilgisayarın düşük maliyetli, verimli ve toplanan verilerin işlenmesi, analizi, bulut sunucuya gönderilmesi ve izlenmesi için yeterli olduğunu savunmuşlardır. Vujovic ve Maskimovic (2015), yayınladıkları makalelerinde, ev otomasyonunda Raspberry Pi tek kart bilgisayarı, ucuz, tamamen özelleştirilebilir ve programlanabilir nesnelerin interneti düğümü olarak kullanmışlardır.

Zaceping ve Kviess (2015), yayınladıkları makalelerinde hassas arıcılıkta kullanılabilecek

gerçek zamanlı arı kolonisi sıcaklık izleme sistemi mimarileri üzerine çalışmalar yapmışlardır.

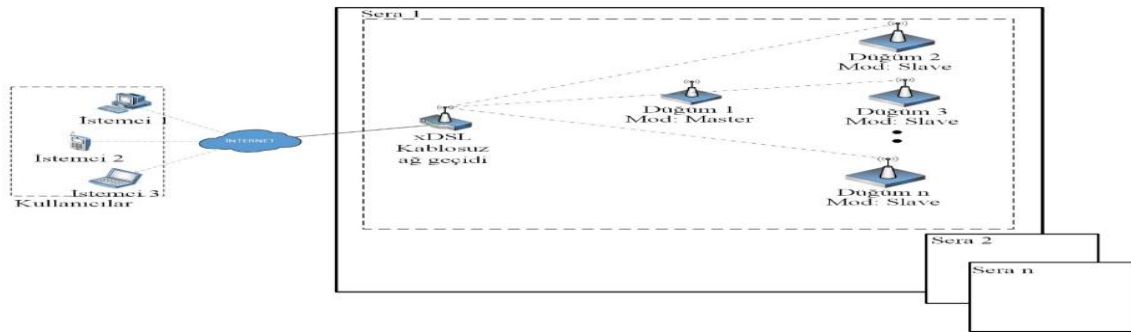
Sarangi ve ark. (2016) Hindistan'da kablosuz sensör bilgi arşivini (Wisekar) kullanarak, internet teknolojilerine dayalı otomatik bitki hastalıkları danışma servisi üzerinden hastalık teşhisini sağlayan bir sistem geliştirmişlerdir.

Uğur (2016) yüksek lisans tez çalışmasında seralar için kablosuz sensör ağı ve Web tabanlı sıcaklık izleme sistemi geliştirmiştir.

Bu çalışmada, nesnelerin interneti teknolojisi serada uygulanmış olup; hava, toprak ve su sıcaklıklarını kablosuz sensör ağı ve Web üzerinden izleyen prototip bir sistem geliştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Nesnelerin interneti teknolojisi kapsamında seralarda kullanılması önerilen kablosuz sensör ağı ve Web takip sistemi şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Raspberry Pi 2 tek kart bilgisayar ve DS18B20'nin teknik özellikleri sırasıyla, Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Sistem kablosuz sensör düğümü, modem (kablosuz erişim noktası), sunucu ve istemciden oluşturulmuştur (Çizelge 1).



Şekil 1. Kablosuz sensör ağı ve Web tabanlı takip sistemi

Figure 1. Wireless sensor network and monitoring system based on Web

Çizelge 1. Sistem bileşenleri

Table 1. Components of system

Sistem bileşenleri	
Kablosuz sensör düğümü	Raspberry Pi 2 Model B tek kart mini bilgisayar (Şekil 2) Kablosuz ağ adaptörü (Linux ile çalışmaya uygun, Şekil 3a) - ZyXEL NWD-270N - Asus USB-N10 Nano Mikro SD hafıza kartı (Şekil 3b) Sensör (2 adet DS18B20, Şekil 3c-d) Güç kaynağı (5 V DC)
Modem	ZyXEL VMG3312-B10B kablosuz erişim noktası
Sunucu	Master düğüm
İstemci	HTML5 standardını destekleyen ağ tarayıcı yazılımına sahip dizüstü bilgisayar, tablet ve akıllı cep telefonları
Yazılım	İşletim sistemi: Raspbian Linux dağıtımı Derleyici: Mono C# derleyicisi Apache Web Server - 2.2.22:Düğüm konfigürasyonu, izleme arayüzü ve düğümler arası iletişim MySQL veritabanı - 5.5.46: Verilerin kaydedilmesi

Çizelge 2. Raspberry Pi 2 Model B'nin teknik özellikleri 4

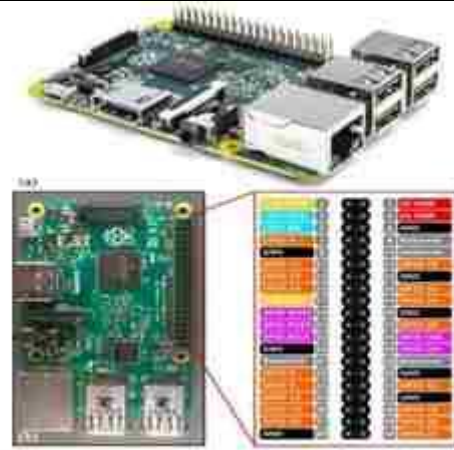
Table 2. Technical specifications of Raspberry Pi 2 Model B

	Özellikler
SoC	Broadcom BCM2836
İşlemci	900 MHz dört çekirdek ARM Cortex-A7
Grafik İşlemci	Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz
Bellek	1 GB
USB 2.0 portları	4
Dahili Depolama	MicroSD yuvası
Ağ Bağlantısı	10/100 Mbit/s Ethernet
Sayısal G/Ç	17× GPIO
Güç Tüketimi	800 mA (4.0 W)
Boyutlar	85.60 mm × 56.5 mm
Ağırlık	45 g

Çizelge 3. DS18B20 teknik özellikleri

Table 3. Technical specifications of DS18B20

Ölçüm aralığı	-55/+125°C
Çözünürlük	Programlanabilir 9 - 12 bit
Hassasiyet	±0.5 °C
Yinelenebilirlik	±0.1 °C
Güç tüketimi	5 mW
Güç kaynağı	3-5.5 VDC
İletişim	1-Wire
Ölçüm için çevrim süresi	750 ms (12 bit)
Kalibrasyon	Fabrika ROM



Şekil 2. (a) Raspberry Pi 2 Model B, (b) Pin isimleri

Figure 2. (a) Raspberry Pi 2 Model B, (b) Pin equivalents



Şekil 3. (a) USB Wi-fi adaptörleri, (b) MicroSD kart, (c) DS18B20 sıcaklık sensörü, (d) Su geçirmez DS18B20

Figure 3. (a) USB Wi-fi adapters, (b) MicroSD card, (c) DS18B20 temperature sensor, (d) Waterproof DS18B20

2.1 Sistem Tasarımı

Sistem üç katmanlı mimariye dayalı olarak tasarlanmıştır (Şekil 4).

- **Kullanıcı katmanı:**

İnternet erişimine sahip kişisel bilgisayarlar, akıllı cep telefonları ve diğer akıllı cihazlar gibi tüm cihazları kapsar.

- **Yazılım katmanı:**

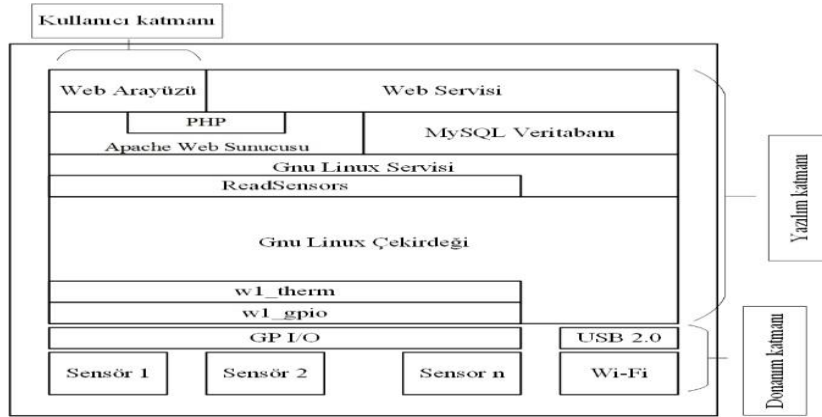
Veri tabanı, Web sunucu ve veri işleme görevlerini yerine getirmektedir.

- **Donanım katmanı:**

Tek kart ARM bilgisayar, sensör ve kablosuz modülleri kapsar. Kablosuz sensör düğümü sistemin donanım ve yazılım özelliklerine göre programlanır.

- **Kablosuz sensör düğümü:**

Sensör düğümlerinden birisi kurulum aşamasında yönetici (master) ve diğerleri yönetilen (slave) olarak ayarlanır. Her düğümün kendine özel bir IP adresi vardır. Slave düğümler ayarlanırken master olarak ayarlanan düğümün IP adresi ve master düğümündeki doğrulama anahtarı (API anahtarı) girilir. Kurulan sistemin doğru çalışması için hem yönetici olarak belirlenmiş düğümün, hem de diğer düğümlerin ayarlarındaki doğrulama anahtarları aynı olmalıdır. Birden çok sensör düğümünün kullanıldığı durumlarda, sadece yönetici cihaza internet erişimi vermek ve internet üzerinden erişilebilmesini sağlamak yeterlidir.



Şekil 4. Üç katmanlı mimari: Düğümlerin donanım – yazılım – Web ara yüzü

Figure 4. Architecture with three layers: Hardware – software – Web interface for nodes

S18B20 tek hat (1-wire bus) protokolü üzerinden mini bilgisayara bağlanmıştır. Her sensörün 64 bitlik seri numarası onun adresi olarak atanmıştır. DS18B20'nin data pinine(DQ)lojik sinyal seviyesi için pull-up4.7 kΩ direnç bağlantısı yapılmıştır.

Düğümde bağlı kaç sensör varsa, her bir sensörün seri numaralarına göre ölçümler yapılır ve sonuçlar geri döndürülür. Sensör okuma aralığı 60 saniye olarak girilmiştir. Sıcaklık verileri heksadesimal olarak okunur ve çevrimsel hata denetimi (Cyclic Redundancy Check: CRC) yapılarak, doğru okuma onayı alınır ve desimal sıcaklık bilgisine dönüştürülür. Veriler, master olarak belirlenen düğümün veritabanında, düğümün takma adı ve

sensörlerin seri numaraları ile birlikte saklanmaktadır.

Düğüme bağlı sensörler sistem içinde düğümün nesnesi olarak çalışmaktadır.

2.2 Linux servisi

Linux servisi, sistemin en önemli bileşenidir. Servis çekirdek modüllerini hazırlama, belirlenen zaman aralıklarında sensörlerden ölçüm alma ve bu ölçümleri yerel veya uzak sunucuya gönderme görevini üstlenmektedir. Servis yazılımı Mono C# derleyicisi kullanılarak derlenmiş ve oluşan uygulama dosyası "service.exe" olarak /usr/local/RTHService klasörü altına yerleştirilmiştir.

2.3 Ağ Servisi

Ağ servisi, Linux servisi-intranet-veritabanı sunucusu arasında köprü kurarak, sensörlerden okunan verinin veri tabanında depolanmasını sağlamaktadır. Sistemin yetkisiz erişimden korunması için ağ servisi, kendisine gelen veri paketi ile yüklü olduğu düğümdeki API anahtarını karşılaştırmaktadır. API anahtarının uyuşması durumunda gelen veri paketi içindeki verileri veritabanına kaydetmektedir.

2.4 Kullanıcı Ara yüzü Tasarımı

Kullanıcı ara yüzü, Html5, PHP, JS ve CSS ile hazırlanmıştır. Kullanıcı ara yüzü sayesinde, sensör düğümünün kurulumu ve uzaktan izlenmesi sağlanmaktadır. Ara yüz, Bootstrap 3 CSS çatısının yardımıyla geliştirilerek kullanıcı ekranı boyutundan bağımsızlığı gözetilmiştir. Sensör düğümü giriş bilgilerine sahip herhangi biri, cihaz üzerinden ölçüm sonuçlarına erişebilmekle birlikte cihazın konfigürasyonunu da değiştirebilir. Yetkisiz erişimlerden sistemi korumak için kullanıcı ara yüzüne şifre ile oturum açma özelliği eklenmiştir. Kullanıcı ara yüzünde iki farklı rol tanımlanmıştır:

- Kullanıcı rolü: Sadece düğüm izleme özelliğini kullanır. Oturum açan kişinin yetkisi, düğümün genel bilgilerine göz atmak ve ölçüm sonuçlarını izleyebilmek olarak kısıtlanmıştır.
- Yönetici rolü: Yöneticisi şifresi ile sensör düğümü kullanıcı ara yüzünde oturum açan kişi, kullanıcının yapabildiği tüm eylemleri gerçekleştirebilmenin yanı sıra, sensör düğümünün ayarlarını da değiştirebilmektedir.

2.5 Deney serası

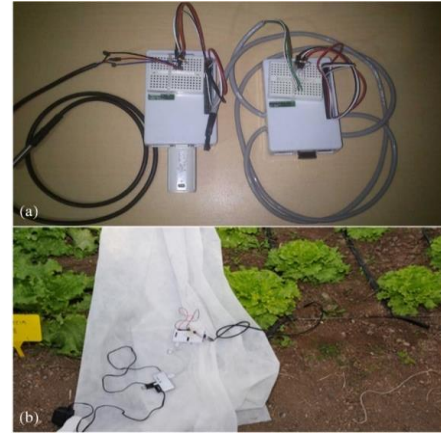
Prototip test denemeleri T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na ait kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiş, 2.000 m² büyüklüğünde çelik konstrüksiyonlu cam örtülü serada gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Deney serası
Figure 5. Experimental greenhouse

3. Bulgular ve Tartışma

Nesnelerin interneti teknolojisini kullanarak seralarda çevresel verilerin ölçülmesi, kablosuz olarak Web ortamına aktarılması ve izlenmesi amacıyla prototip bir sistem geliştirilmiştir. Saha denemeleri için kıvrıkcık serasında farklı noktalara yerleştirilen iki kablosuz sensör düğümü kullanılmıştır (Şekil 6).

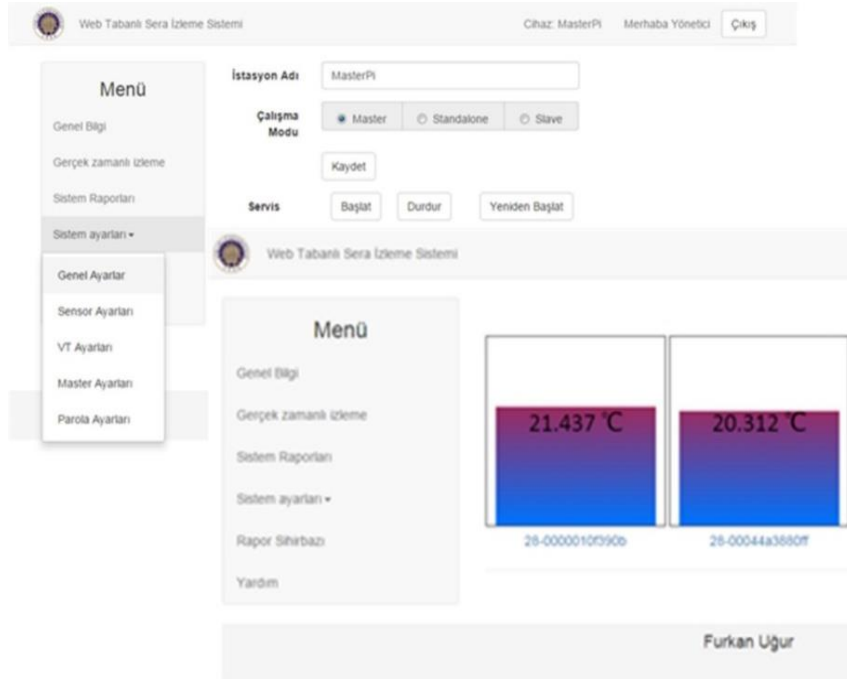


Şekil 6. (a) MasterPi ve SlavePi olarak tanımlanan düğümler, (b) Sera uygulaması
Figure 6. (a) Nodes defined as MasterPi ve SlavePi, (b) Greenhouse experiment

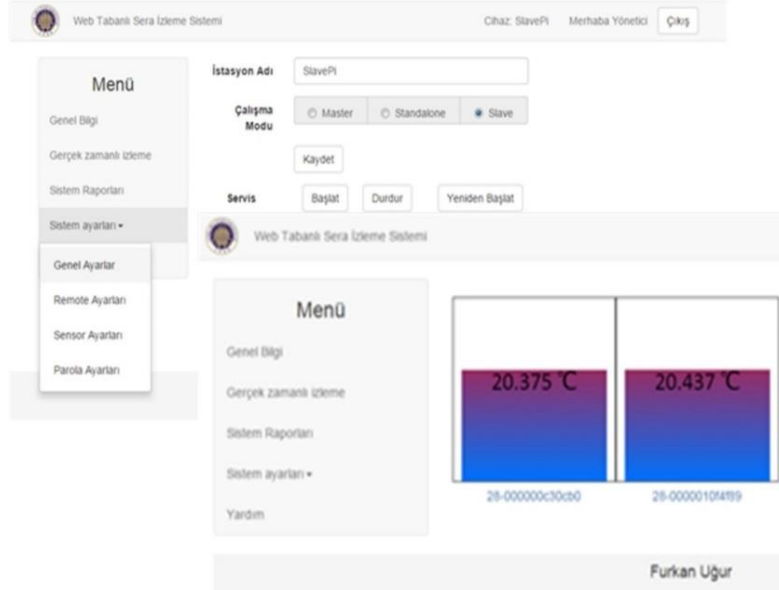
Her düğüme iki sıcaklık sensörü bağlanarak sera içindeki hava, toprak ve su sıcaklıkları ölçülmüştür. Veriler kablosuz olarak Web ortamına aktarılarak veri tabanına gerçek zamanlı olarak kaydedilmiştir. MasterPi ve SlavePi olarak adlandırılan iki sensör düğümü için yapılan yapılandırma ayarları Çizelge 4'de verilmiştir. MasterPi ve SlavePi düğümleri kullanıcı arayüzü ekran görüntüleri Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Düğümlere bağlı 4 sensörden alınan hava, toprak ve su sıcaklık değişimleri Şekil 9'da grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4. Sistemde kullanılan kablosuz sensör düğümlerinin yapılandırma ayarları
Table 4. Configuration settings of wireless sensor nodes used in system

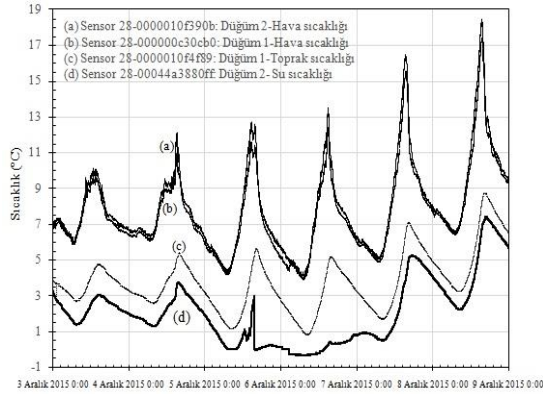
Düğüm 1	Düğüm tanımı		Amaç
	Ad	MasterPi	-
	Çalışma modu	Master	Yönetici
	IP	192.168.1.34	İnternet protokol adresi
	Sensör 1 ID	28-000000c30cb0	Hava sıcaklığı
	Sensör 2 ID	28-0000010f4f89	Toprak sıcaklığı
API anahtarı		1234567890	Güvenlik
Düğüm 2	Ad	SlavePi	-
	Çalışma modu	Slave	Yönetilen
	IP	192.168.1.55	İnternet protokol adresi
	Sensör 3 ID	28-0000010f390b	Hava sıcaklığı
	Sensör 4 ID	28-00044a3880ff	Su sıcaklığı
API anahtarı		1234567890	Güvenlik



Şekil 7. MasterPi için kullanıcı arayüz ekran görüntüleri
Figure 7. Screen captures of user interface for MasterPi



Şekil 9. Seraya yerleştirilen düğümlerde ölçülen hava, toprak ve su sıcaklıklarının günlük değişimleri
Figure 9. Daily changes of air, soil and water temperature measured at nodes deployed in greenhouse



Şekil 8. SlavePi için kullanıcı arayüz ekran görüntüleri
Figure 8. Screen captures of user interface for SlavePi

Grafik 3-9 Aralık 2015 tarihleri arasında 60 saniye aralıklarla yapılan ölçümleri kapsamaktadır. MasterPi ve SlavePi düğümlerine bağlı sensörlerden alınan sıcaklık verilerine ilişkin istatistiksel parametreler Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. DS18B20 sensörleriyle ölçülen sıcaklık verilerinden hesaplanan bazı istatistiksel parametreler* (Örnekleme aralığı: 60 saniye)

Table 5. Some statistical parameters calculated from temperature data measured with DS18B20 sensors* (sample interval: 60 seconds)

	MasterPi		SlavePi	
	Hava -1	Toprak -1	Hava-2	Su-2
EK	3.875	0.813	4.062	-0.312
EB	17.375	8.687	18.437	7.375
AO	7.624	3.765	8.001	2.068
SS	2.374	1.654	2.576	1.845

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

3. Sonuç

Bu makalede ARM tabanlı mini bilgisayarlar kullanılarak seralarda nesnelerin interneti teknolojisinin uygulamaya aktarıldığı prototip bir sistem üzerine çalışılmıştır. Sistem, önceki çalışmalardan farklı olarak, tek bir düğümün hem kablosuz sensör düğümü hem de sunucu bilgisayarı olarak yapılandırılmasına olanak vermektedir. Bu özelliğe sahip kablosuz sensör düğümleri internetin bir parçası olmakta ve IoT düğümü olarak çalışmaktadır. Düğümlerin çalışma ayarları web ara yüzü üzerinden değiştirilebilmektedir. Düğümlerdeki gömülü web sunucusu nedeniyle sistem intranet üzerinden, internet bağlantısı olmadan da kullanılabilmesi diğer sistemlere göre avantaj sağlamaktadır.

Sahada bulunan nesnelere ile internetin olduğu sanal dijital ortam arasında doğrudan erişimin sağlanması tarımın birçok alanında kolay ve ucuz çözüm sunabilecektir. Tarımda kablosuz sensör ağlarının kullanımı sahada uygulamaya özel üstünlük sağlamaktadır. Tarla, bağ-bahçe, otlak, balık çiftliklerinin internete erişimine açılması geniş alana yayılmış bir çok düğümdeki bilgiye ulaşmayı kolaylaştırmakta, sahadaki verilerden anlamlı veriler türetilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisinin seralarda iklim yönetimi, bağ-bahçe ve tarlada su yönetimi, hava tahmini, bitki-hayvan hastalık takibi ve yönetimi, tarımsal ürünlerin taşınması ve depolanması gibi bir çok tarımsal uygulamaya esnek ve ucuz çözüm sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

Blank S, Bartolein C, Meyer A, Ostermeier R and Rostanin O (2013). iGreen: A ubiquitous dynamic network to enable manufacturer in dependent data exchange in future precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture* 98: 109–116.

Borgia E (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54:1–31.

Dlodlo N and Kalezhi J (2015). The Internet of Things in Agriculture for Sustainable Rural Development. *IEEE International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications*, Page: 13 – 18, Windhoek, Namibia.

FAO (2015). Success stories on information and communication technologies for agriculture and

rural development. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Pages: 94 p, Bangkok.

Gayatri MK, Jayasakthi J and MalaGSA (2015). Providing Smart Agricultural Solutions to Farmers for better yielding using IoT. *IEEE International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR 2015)*, 40-43, Ramapuram, Chennai, Tamil Nadu, India.

Gawali SM and Gajbhiye SM (2014). Design of ARM based Embedded Web Server for Agricultural Application. *IJCSIT*, 5(1): 254-358.

Guillemain P and Friess P (2009). Internet of things strategic research roadmap, The Cluster of European Research Projects, Tech. Rep., September 2009. http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf, Erişim tarihi: 01/04/2016

Guo T and Zhong W (2015). Design and Implementation of the Span Greenhouse Agriculture Internet of Things System. *IEEE International Conference on Fluid Power and Mechatronics*, 398-401, August 5-7, 2015, Harbin, China.

ITU ve Cisco (2016). Harnessing the Internet of Things for Global Development, 58 pages, Geneva.

Patil, S and Malviya AV (2014). Review for ARM Based Agricultural Field Monitoring. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 3 (4): 8781-8787.

Pesonen LA, Teye FK-W, Ronkainen AK, Koistinen MO, Kaivosoja JJ, Suomi PF and Linkolehto RO (2014). Cropinfra: An Internet-based service infrastructure to support crop production in future farms. *Biosystems engineering*, 120: 92 -101.

Sarangi S, Umadikar J and Kar S (2016). Automation of Agriculture Support Systems using Wisekar: Case study of a crop-disease advisory service, *Computers and Electronics in Agriculture* 122: 200–210.

Srbinska M, Gavrovski C, Dimcev V, Krkoleva A and Borozan V (2015) Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*, 88: 297–307.

Uğur F (2016). Seralar için kablosuz sensör ağı ve web tabanlı sıcaklık izleme sisteminin geliştirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 sayfa, Ankara

Vermesan O and Friess P (2013). Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, 348 pages, River Publishers.

Vijayakumar N and Ramy R (2015). The Real Time Monitoring of Water Quality in IoT, Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2015 International Conference, 1-4, Nagercoil.

Vujovic V and Maksimovic M (2015). Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers and Electrical Engineering*, 44: 153–171.

Zaceping A and Kviess A (2015). System Architectures for Real-time Bee Colony Temperature, *Procedia Computer Science*, 43: 86-94.