



Alınış tarihi (Received): 21.04.2017
Kabul tarihi (Accepted): 27.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Hakan POLATCI

Kızgınlık Tespitinde Kullanılan Pedometrelerde Kablosuz Veri İletim Yöntemleri

Mehmet Metin ÖZGÜVEN^{a,*} Mustafa TAN^a

^a*Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat*
^{*}*: Sorumlu yazar, e-posta: metin.ozguven@gop.edu.tr*

ÖZET: Süt sığırı yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için ineklerden her yıl yavru almak öncelikli konudur. Bu nedenle ineğin zamanında tohumlanmasında kızgınlığın doğru olarak belirlenmesi çok önemlidir. Kızgınlığın zamanında belirlenememesi tohumlamanın gecikmesine, gebelik oranının düşmesine ve doğum aralığının uzamasına yol açmaktadır. Kızgınlık, yetişkin bir ineğin gebeliğine kadar düzenli aralıklarla çiftleşme belirtisi gösterdiği dönemdir. Bu dönemde inek, pedometre cihazları ile tespit edilebilen artan hareketlilik aktiviteleri göstermektedir. Pedometre ile adım ve sıçrama gibi hareket verileri elde edilmekte, daha sonra bu veriler kablosuz olarak ana bilgisayara iletilmekte ve ana bilgisayarda bulunan yazılımlarla da kızgınlık kararı verilmektedir. Piyasada var olan ya da hali hazırda araştırma konusu olarak tasarlanan pedometrelerde değişik kablosuz veri iletimi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kızgınlık tespitinde kullanılan pedometrelerde kablosuz veri iletim yöntemleri (Radyo Frekans (RF), Zigbee, RFID ve wi-fi) irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Pedometre, kablosuz iletişim, kızgınlık, veri iletimi

Wireless Data Transmission Methods for Pedometer Used in Estrus Detection

ABSTRACT: It is a priority to get calf from cows every year for the sustainability of dairy cattle breeding. For this reason, it is very important to determine the oestrus in the timely insemination. If the oestrus cannot be determined on time, it will causes delays in insemination, decline of pregnancy rates and the birth interval prolongation. Oestrus is the period when an cow shows signs of mating at regular intervals until its pregnancy. In this period, cows show increased mobility activities that can be detected with pedometer devices. The pedometer provides motion data such as stepping and mounting. Then a wireless communication module was used to transfer data from the pedometer to the computer. The software on the main computer also decided to oestrus. Different wireless data transmission methods are used for pedometers that exist in the market or are currently designed as research subject. In this study, wireless data transmission methods (Radio Frequency (RF), Zigbee, RFID and wi-fi) will be investigated in the pedometers used for detecting the oestrus.

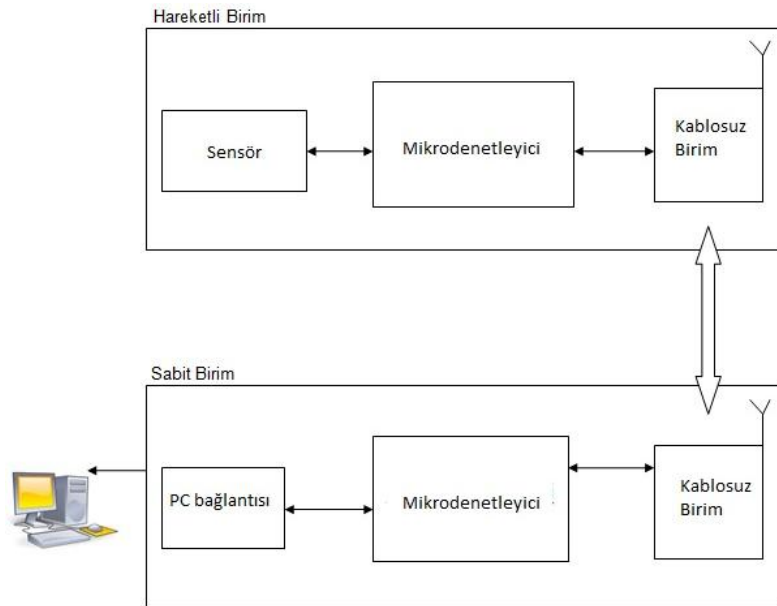
Keywords – Pedometer, wireless communication, oestrus, data transmission

1. Giriş

Süt sığırı yetiştiriciliği, modern tarımın önemli bir parçasıdır. Süt endüstrisinin istikrarlı ve sağlıklı gelişimi, tarımsal yapıların optimize edilmesi ve çiftçilerin gelirlerinin artırılması bakımından önemlidir (Shen et al., 2015). Son yıllarda hayvan davranışlarının izlenmesi ve sınıflandırılması için otomatik sistemler yaygın şekilde geliştirilmektedir. Bu sistemler ineklerde sağlık problemlerini tanımlamada yararlı bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca yüksek

üreme oranlarını sağlamak için ineklerde kızgınlık tespitinde de otomatik sistemler üzerine çalışılmaktadır. Kızgınlığın yüksek doğrulukta tespiti gebeliğin gerçekleştirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir (Dulyala et al., 2014). Kızgınlık ovulasyondan hemen önce biyolojik ve fiziksel değişiklikler ortaya çıkan bir durum olup süresi 4 ile 24 saat arasında değişmektedir. İneklerde kızgınlığın tespiti ile ilgili yaşanan sıkıntılar kızgınlık periyodunun her bir inekte ayrı olup kısa ve değişken olmasından dolayıdır. İneklerin üreme kabiliyetlerinin yüksek oranlarda gerçekleştirilmesi buzağı üretimini artırırken, ineklerden daha uzun süre ve daha yüksek oranlarda süt üretimine imkân vermektedir. Belirlenemeyen veya yanlış belirlenen kızgınlıklar işletmelerin süt ve buzağı üretim potansiyellerini azaltmaktadır (Tan, 2016).

Kızgınlığın en açık belirtisi sıçrama hareketidir. Kızgınlık davranışlarını tespit etmek için her gün 30'şar dakikadan 2 ya da 3 defa inekler gözlenirse bile sadece %12 ila %19 arasında yakalama şansı olabilmektedir. Bunun sebebi sıçrama hareketlerinin %60'dan fazlası gece ile sabah arasında meydana gelmesidir. Bu sebeple otomatik sistemler ineklerde kızgınlık tespitinde kullanılmaktadır (Chan and Lin, 2015). Sıçramanın yanı sıra kızgınlıktaki hayvanlar diğer hayvanlara göre daha fazla hareket halindedir. Bu nedenle otomatik sistem olarak pedometre cihazları sayesinde atılan adımların ölçülmesi ile kızgınlık belirlenebilmektedir. Hayvanlarda hareketlilik ölçümü yapılan cihazlara ayağa takılana pedometre ve boynuna takılana ise respactor denilmektedir (Tarhan ve ark., 2015). Hareketlilik verilerine göre kızgınlık belirlenmesinde kullanılan pedometrenin genel blok yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Pedometrenin hareketleri algılayabilmesi için tasarlanan elektronik karttaki sensör ve mikrodenetleyici ile adım bilgilerini oluşturmakta ve bu bilgileri belirli aralıklarla kablosuz olarak merkezde bulunan bilgisayara aktarmaktadır.



Şekil 1. Pedometrenin genel blok yapısı

Figure 1. The general block structure of the pedometers

Kablosuz iletişim, esasında iki nokta arasında bilginin taşınmasını sağlamaktadır. Bu amaçla bilginin uzun mesafeler boyunca taşınabilmesi için bir tür taşıyıcı dalga kullanılması gereklidir. Taşıyıcı dalga olarak dalga spektrumundaki çok geniş bir bant aralığı kullanılabilir. Birlikte, en çok tercih edilenleri kızıl ötesi (infrared), lazer ve radyo dalgalarıdır. Radyo dalgaları 3 kHz ile 3000 GHz arasında oldukça geniş bir frekans aralığını kapsamakla birlikte VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF bantlarına ayrılmakta ve

haberleşme uygulamalarında bu bantların sadece belirli bölümleri kullanılmaktadır (Tan, 2016). ISM (Industrial Scientific Medical) bandı birçok ülkede telsiz iletişimi için sertifika veya lisansa gerek olmadan belirli bir çıkış gücü sınırlamasına uyararak, üzerinden yayın yapılabilen bir banttır. Ülkemizde ISM bandı frekansları olarak 315 MHz, 418 MHz, 433.92 MHz, 868 MHz, 915 MHz ve 2.4 GHz yaygın olarak kullanılmaktadır (Çayırpınar, 2007).

2. Materyal ve Metot

Kablosuz RF iletişimde; Bluetooth, WiFi, Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) ve ZigBee gibi farklı iletişim protokolleri kullanılmaktadır. Günümüzde birçok uygulamada veri elde etme amacıyla aynı anda birden fazla sensör kullanılabilir. Birden çok sensörün olduğu uygulamalarda sağlıklı veri elde etmek için Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) olarak adlandırılan yöntemler kullanılmaktadır. KAA uygulama isteğine göre optimum sayıda Merkezi Düğüm (MD) ve Ağ Düğüm (AD) olarak kategorize edilen noktalardan oluşmaktadır. MD ile AD arasında iletişim tek yönlü ve çift yönlü olabilmektedir. Çift yönlü veri iletişim özellikle tarımsal uygulamalarda veri trafiği azaltılırken aynı zamanda enerji tasarrufu bakımından önemli kazançlar sağlamaktadır (Tan ve ark., 2013).

2.1. Bluetooth (IEEE 802.15.1&2)

Bluetooth (IEEE 802.15.1&2) kısa mesafe için kullanılan kablosuz iletişim protokolüdür. Bluetooth standardı 10 – 100 metre arasındaki mesafeye kadar ses ve veri iletişimini desteklemektedir. Frekans bandı 2,4 GHz ile 2.48 GHz arasındadır. Bluetooth teknolojisi hem zamanın önemli olduğu veri iletişimine, hem de zaman duyarlılığı olmayan fakat yüksek hızlı paket data iletişimine imkan tanımaktadır. Kısa iletim mesafesi olmasına rağmen yüksek güç tüketimi ihtiyaç duymaktadır (Tan, 2016).

2.2. Wi-fi (IEEE 802.11x)

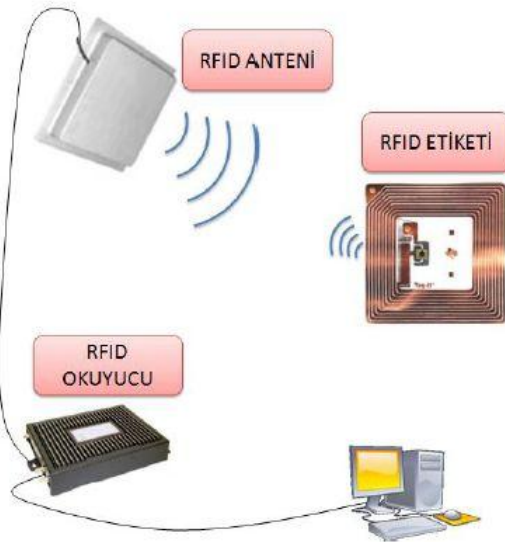
Wi-fi (IEEE 802.11x) yerel ağlarda bilgisayarlar veya diğer aygıtlar arasında yüksek bant genişliğinde veri transferi yapabilmek amacıyla geliştirilmiş ve Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE, Institute of Electrical and Electronical Engineers) tarafından 802.11 adı altında standartlaştırılmış bir iletişim protokolüdür. Veri aktarım hızını 1 Mbps den 50 Mbps arasında sağlamaktadır. Normalde standart bir anten ile 100 metre uzaklığa kadar veri aktarımı yaparken daha güçlü bir anten ile çok daha uzak mesafelere veri iletimi gerçekleştirebilmektedir. Veri aktarım hızı kablosuz sensör uygulamaları için yeterli düzeyde olsa da yüksek güç tüketimine olan gereksinimleri kablosuz sensör uygulamalarında kullanılmalarının önüne geçmektedir (Baysal, 2011).

2.3. Radyo Frekans Tanımlama (RFID)

Radyo frekans tanımlama (RFID) sistemleri radyo frekanslarını kullanarak durağan ya da hareket halinde bulunan canlılar ve nesnelere tekil veya çoğul halde tanımlamakta kullanılmaktadır. Radyo frekans tanımlama sistemleri, tanımlama uygulamasını radyo dalgalarını kullanarak gerçekleştirdiğinden alıcı ve verici arasında doğrudan temas ve doğrudan görüş şartına gerek duymamaktadır. Radyo frekans tanımlama sistemleri, Şekil 2’de gösterildiği gibi radyo frekansı ile yapılan sorguları almaya ve cevaplamaya olanak tanıyan etiket (transponder), okuyucu (alıcı-verici) ve alınan bilgilerin depolandığı veri

tabanından oluşmaktadır. Radyo frekans kimlik tanıma sistem iletişimde okuyucu radyo frekans sinyallerini göndermektedir. Okuyucunun radyo frekans alanına girmiş bulunan pasif etiket, iletişimi için gerekli olan enerjiyi bu alandan almaktadır. Etiket iletişimi için gerekli olan enerjiyi aldığı anda, üzerinde depolanmış bilgiye göre taşıyıcı sinyali modüle etmektedir. Modüle edilmiş taşıyıcı etiketten okuyucuya gönderilir. Okuyucu modüle edilmiş sinyali algılamakta, şifresini çözmekte ve okumaktadır. Son olarak alınan bilgi veri tabanının bulunduğu bilgisayara aktarılmaktadır. RFID etiketi, radyo frekansı kullanılarak yapılan sorgulamaları alan, cevaplayan sınırlı kapasitede belleğe sahip, taşınabilen, içinde bilgi barındıran, mikro yonga, anten ve taban malzemesinden oluşmaktadır. RFID etiketleri fonksiyonları bakımından;

- Aktif etiketler
 - Pasif etiketler
 - Yarı pasif etiketler
- olarak sınıflandırılmaktadır (Tan, 2016).



Şekil 2. RFID sistem yapısı

Figure 2. RFID system structure

2.4. ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee (IEEE 802.15.4) KAA teknolojisinde önemli rol oynamaktadır. ZigBee teknolojisi, uzaktan izleme, kontrol ağları uygulamalarında ve geniş çaplı kablosuz ağların daha düşük maliyet ve güç tüketimi ile oluşturulmasında kullanılabilir. ZigBee temelli cihazların mevcut pilleri uzun bir zaman çalışarak görevini yerine getirebilmektedir. Güçlü mesh ağı teknolojilerini de destekleyebilen ZigBee teknolojisi; ev, askeri, zirai, tıbbi ve ticari uygulamalarda kullanılabilir gibi sismik, termik, manyetik ve görsel algılayıcıları da içermektedir (Karasulu ve ark., 2011).

ZigBee, IEEE'nin 802.15.4 standardı üzerine inşa edilmiştir. ZigBee kablosuz personel alan ağları için gerekli şartname ile donatılmıştır. ZigBee düşük veri oranına sahip, çok düşük enerji tüketen ve böylelikle uzun pil ömrüne sahip cihazlar için kuralları belirler. ZigBee aynı zamanda fiziksel katmanı tanımlar ve bu katman üç farklı frekans bandını destekler: 2.450 MHz (250 kbs), 915 MHz (40 kbs) ve 868 MHz (20 kbs). ZigBee

uygulamalarda yıldız, ağaç, uçtan uca ve düğüm gibi farklı ağ topolojilerini de destekler. ZigBee cihazların en uzun iletişim mesafesi 75 metredir (Kalra et al., 2010).

2.5. RF modüller

Çalışmada ölçülen adım verilerinin kablosuz olarak bilgisayara aktarılması için basit RF alıcı – verici çift olarak bilinen modüller kullanılmaktadır. Gerek kullanımları gerekse yazılımları kolay olduğundan basit haberleşme devrelerinde sık sık bu modüller kullanılmaktadır. RF haberleşme modülleri ISM bandında çalışan ya alıcı ya da verici olarak çalışan modüllerdir.

Profesyonel ve ticari düşünülen ürünlerde transceiver (hem alıcı, hem verici) modül kullanılmaktadır. Bu modül düşük maliyetli ve çift yönlü RF modülü olup yüksek hassasiyete (-121dBm) ve +20dBm yüksek çıkış gücüne sahiptir. ISM bandında frekans kaymalı modülasyon ile çalışan, seri bağlantı arayüzü kullanan, düşük enerji tüketimi ile 1,8V ile 3,6V arasında çalışabilen bir modüldür (Tan, 2016).

2.6. Hayvansal işletmelerde uygulanması

Büyükbaş hayvanların takibinin yapılmasında kullanılan kulak numarası, RFID taşıyıcı yongalarla ilişkilendirilerek hayvanlara ait bilgilerin veritabanı oluşturulmuştur. Veritabanında hayvanlarla ait yaş, cinsiyet, baba kulakno, anne kulakno, geçirdiği hastalıklar gibi bilgiler tutulmuştur. Bu bilgiler web sayfası olarak internet ortamında sunulmuştur. Sonuçta Türkiye'nin her bir şehrinde 387.420.489 tane büyükbaş hayvanın internet üzerinden izlenebileceği görülmüştür (Tuna, 2005).

Açık ahır şartlarında süt ineklerinin davranışlarının kablosuz sensörler kullanarak uzaktan izlenmesi ve kayıt edilmesi pratik bir uygulama olduğundan ZigBee tabanlı kablosuz sensör ağı kullanarak süt inekleri ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Hayvanların boyunları takılan kablosuz düğümler ile boyun ve hayvan hareketleri ölçülmüştür. Dış ortamlarda süt ineklerinin davranışlarını izlemede kablosuz sensör ağlarının etkili olduğu görülmüştür. Bu yaklaşımlar hayvan davranışlarını izleme, modelleme ve sınıflandırma gibi uygulamaları içinde kullanılabilir (Nadimi, 2008).

Süt ineklerinin RFID etiketlerinden veri toplamak için iki tane RFID okuyucusu (sağım tesisinin girişinde ve çıkışında kurulu) ve yazılımı uygulaması geliştirilmiştir. Bu iki RFID okuyucusunun bilgisayara bağlantısı Şekil 3 ve Şekil 4'de görülmektedir. Sistem "otomatik tarama" düğmesine basarak, uygulama okuyucunun alanına giren RFID etiketlerinin varlığını otomatik tarama modunda taramaktadır (Stankovski et al, 2012).

Chin and Lu (2008), yaptıkları çalışmada akıllı pedometre yaptıklarını ve yürüme, koşma ve aşım hareketlerini tespit etmede kullandıkları pedometrenin ivmeölçer sensör, mikrodenetleyici ve RF modül içerdiğini belirterek, bu aktivitelerde sırasıyla %7, %10 ve %14 hata oranlarını elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Chen et al. (2015) yaptıkları çalışmada süt inekleri için kızgınlık belirtilerinin tespitinde ve yönetim sistemlerini geliştirmede ZigBee tabanlı kablosuz sensör ağları kullanmışlardır. Sistem kablosuz sensör ekipmanları, bir veritabanı sistemi ve cep telefon entegre sistemi içermektedir. Bu sistem ineklerin ön ayakları üzerine yerleştirilmiş bir kablosuz sensör içinde 3 eksenli ivmeölçer kullanılarak atlama davranışının hareket sinyallerini algılar.

İvmeölçer sinyali bir eşik değeri aştığında ZigBee sinyalleri çevresindeki sensör düğümleri ile yayınlamaya başlamaktadır.



Şekil 3. Sağım tesisi girişinde yer alan RFID okuyucu
Figure 3. RFID reader at the entrance to the milking facility



Şekil 4. Sağım tesisi çıkışında ki RFID okuyucu
Figure 4. RFID reader at the exit of the milking facility

Hayvan davranışlarını sınıflandırmada merkezi düğüm ve sensör düğümlerden oluşan otomatik sistem düşünülmüştür. Merkezi düğüm ve sensör düğüm arasındaki iletişimde kablosuz alıcı – verici olarak ZigBee kullanılmıştır. İneğin davranışlarını sınıflandırma oranının başarısı için ineğin bir bacağına sensör düğüm takılmış ve 5 günün üzerinde test edilmiştir. Klasik gözlem ile otomatik sistem başarı sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçta otomatik sistemin daha etkili olduğu bulunmuştur (Dulyala et al., 2014).

Shen et al. (2015), kablosuz ağ, düğüm düzeni, inekler arasındaki çarpışma ve düşük güç tüketimi gibi konuları içeren kapsamlı bir tasarımın tüm yönlerini tam olarak entegre etmişlerdir. Bluetooth, farklı güçte Wi-Fi ve kızılötesi gibi ZigBee teknolojilerini karşılaştırmışlar Kısa menzilli, güvenilir, kolay, düşük veri hızı, çift yönlü kablosuz iletişim teknolojisi, düşük güç, düşük maliyeti gibi avantajlarından dolayı ZigBee kablosuz ağları kullanmaya karar vermişlerdir. İnek vücut yapısı ve diğer faktörler sebebiyle gerçek testler kapalı alanda kızgınlıktaki üç inek örnek alınarak gerçekleştirmişler ve ZigBee'nin etkili iletişim mesafesinin 60 metre olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak, ineğin sabit ve hareketli sınıflandırma doğruluğu için algoritma %93.26, hafif ve keskin bir hareket doğruluğu %84.81, inekleri kızgınlık veya fiziksel anormallikler açısından değerlendirmede etkili bir temel oluşturduğunu göstermişlerdir. Bu sistem, ineklerin

beslenmesinin ve sağlık kültürünün iyileştirilmesine katkıda bulunacağını ve süt endüstrisinin istikrarlı ve sağlıklı gelişimi için büyük önem taşıdığını vurgulamışlardır.

Bir başka çalışmada kızgınlığın saptanması için yürüme davranışın ve alınan mesafenin artışını karakterize etmek için 3 eksenli ivmeölçer ve GPS verilerini kullanılarak alternatif bir sığır hareketi izleme cihazını sunulmuştur. Tek bir ineğin beş dakikalık zaman dilimlerinde aldığı yol karşılaştırılmıştır. Kızgınlık olmadığı zamanlarda sığır tarafından alınan yol hesaplandığında toplam mesafe 77 m, ortalama hız 0.52 m/s hesaplanmıştır. Kızgınlık olduğu varsayıldığında ise alınan yol 92 m ve ortalama hız 0,62 m/s olmuştur. İnek kızgınlıkta olmadığı zamanlar veya hamile olduğuna inanıldığındaki verilerle karşılaştırıldığında toplam hareket mesafesi ve ortalama hız %20 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kızgınlıkta olmadığı zamanlarda ineğin aynı genel alanda kalma eğiliminde olduğunu, kızgınlık döneminde olduğu varsayıldığında ise daha büyük bir alanda hareket ettiği görülmüştür (Hanson and Mo, 2014).

3. Sonuçlar ve Tartışma

Otomatik sistemler bir ineğin yeme, ayakta durma veya yatma sürelerini kolayca tanımlayabilir ve operatöre ineğin davranışındaki önemli değişiklikleri haber verebilir. Sistem aynı zamanda ineğin kızgınlık ve sağlık bilgilerini de belirleyebilir. Bu tür bilgileri izleyebilme yeteneğine sahip olmak, işletmeler için karlı olduğu gibi ineklerinde konforlarının genel olarak daha iyi olmasına neden olur. Dolayısıyla bu sistem, insanların gözlemlerindeki eksikliklerini iyileştirmede, insanların tespitlerdeki hatalarından kaynaklı doğum kayıplarının azaltılmasında ve ineklerde kızgınlığı tespit etmede etkin olduğu açıktır.

Şekil 1’de genel blok yapısı verilen sistemde herhangi bir kablosuz yöntemi kullanabiliyor olsak da kablosuz yöntem seçiminde, sistem içerisinde kullanılacak olan diğer malzemelerle uyum aranmalıdır. Çünkü enerji tüketiminde kablosuz veri iletimi önemli yer tutmaktadır. Pedometre içerisindeki elektronik devreler dış ortam etkilerine karşı değişik kimyasallarla korumaya alındığından ve pedometre kapalı olarak tasarlandığından seçilen kablosuz yöntemin iletim mesafesinin etkilenip etkilenmediği de iyi irdelenmelidir. Çizelge 1’de kablosuz iletim yöntemlerinin odaklanma alanı, pil ömrü, kapsama alanı vb. özellikleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Tek yönlü RF alıcı - verici modüllerin kolay kullanım ve yazılımları olmasına rağmen çevredeki elektromanyetik alanlardan çabuk etkilenecek gürültüye sebebiyet vermeleri ve mesafe arttıkça veri kayıplarının yaşanması gibi olumsuzluklar olabilir. Bu nedenle çift yönlü transceiver (hem alıcı hem verici) modül kullanılması daha uygun olacaktır.

RFID sistemler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en büyük sorunu RFID okuyucusunun sabit olması ve istenilen zamanda ineklerden verileri alamamasıdır. Genelde işletmelerde sağımhane girişlerine monte edilen okuyucular süt sağım zamanlarında verileri alabilme imkanına sahip oluyorlar. Bununla beraber pasif yapıda çalışan cihaz olduklarından uzun pil ömürleriyle öne çıkmaktadırlar.

Bluetooth modüller kısa haberleşme mesafesi, yüksek enerji tüketimi, sınırlı sayıda düğüm noktasına izin vermesi gibi olumsuz durumlardan dolayı kullanımı sınırlı kalmaktadır. Buna rağmen hızlı veri iletimi, güvenilirlik, otomatik bağlanma gibi özellikleri öne çıkmaktadır.

ZigBee modüller kullanım kolaylığı, diğer donanımlarla düşük uyum problemi, düşük enerji tüketimi, çoklu ağ topolojilerini desteklemesi gibi özellikleri önemlidir. Lakin fiyatının pahalı olması, iletim mesafesinin açık olmayan alanlarda sorunlu olabilmesi gibi sorunları da mevcuttur.

Çizelge 1. Kablosuz iletim yöntemlerinin karşılaştırılması

Table 1. Comparison of wireless transmission methods

Özellik	RFID	ZigBee	GPRS/ GSM	Wi-Fi	Bluetooth
Odaklanma alanı	İzleme ve Kontrol	İzleme ve Kontrol	Geniş alan ses ve veri	Web, email	Kablo yerine
Sistem Kaynağı	20-250 Kb	4-32 Kb	16 Mb+	1 Mb+	250Kb+
Pil Ömrü (gün)	100- 1000+	100- 1000+	1-7 Gün	0.5-5	1-7
Ağ Boyutu	256	~ Sınırsız (2^{64})	16 Mb+	32	7
Ağ veri genişliği (kb/sn)	64 - 128+	100- 1000+	64 - 128+	11000-54000	720
Kapsama Alanı (metre)	1 - 100+	1 - 100+	1000+	1-100	1-10+
Başarı alanları	maliyet, güç tüketimi	Dayanıklılık, güç tüketimi	Ulaşılabilirlik, kalite	Hız, esneklik	Maliyet, rahatlık

Kaynaklar

- Baysal, K., 2011. Kablosuz Sensörler.. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Chen, C. and Lin, H., 2015. Estrus detection for dairy cow using zigbee-based sensor Networks. International Journal of Information and Electronics Engineering, 5: 250-253.
- Chin, A. and Lu, P., 2008. Intelligent Wireless Pedometer. Ece4760 – Final Projects, Cornell Univ., Electrical and Computer Engineering, P:37.
- Çayırpunar, Ö., 2007. Kablosuz seri haberleşme uygulamaları ve RF kontrol. ODTU Robot Topluluğu, Ankara.
- Dulyala, R., Kuankid, S., Rattanawong, T. and Aurasopon, A., 2014. Classification system for estrus behavior of cow using an Accelerometer. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association (APSIPA) Annual Summit and Conference, 9-12 December 2014, FA1-6, Siem Reap, city of Angkor Wat, Cambodia.
- Hanson, D. and Mo, C., 2014. Monitoring Cattle Motion using 3-axis Acceleration and GPS Data. Journal of Research in Agriculture and Animal Science, vol. 2: 01-08.
- Kalra, A., Chechi, R. and Khanna, R., 2010. Role Of Zigbee Technology In Agriculture Sector. National Conference on Computational Instrumentation, 19-20 March 2010, 151-152, Chandigarh India,
- Karasulu, B., Toker, L. ve Korukoğlu, S., 2009. ZigBee - IEEE 802.5.4 Standartı Temelli Kablosuz Algılayıcı Ağları. Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir.
- Nadimi, E.S., 2008. Modeling Wireless Sensor Networks For Monitoring In Biological Processes. Doktora tezi. Department of Electronic Systems, Section for Automation and Control, Aalborg University. Aalborg East, Denmark.
- Shen, W., Chen, C., Zheng, S., He, S. and Li, M. 2015. The Design of System about Cow Activity Based on SVM. International Journal of Smart Home, vol. 9: 91-100.

- Tan, M., 2016. Radyo Frekanslı (RF) Pedometre Tasarımı. GOÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Tan, M., Özgüven, M.M. ve Tarhan, S., 2013. Tarımda Radyo Frekans RF Haberleşme Uygulamaları. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 4-6 Eylül 2013, s:183-190, Konya.
- Tarhan, S., Özgüven, M.M. ve Ertuğrul, M., 2015. Süt Sığırcılığı İşletmelerindeki Bilgi Teknolojileri Uygulamaları, GAP VII. Tarım Kongresi, 28-30 Nisan 2015, Şanlıurfa.
- Tuna, H., 2005. Büyükbaş Hayvanların Zeki RF Kartlarla İnternet Üzerinden Kimliklendirilmesi. Gazi Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi., Ankara.