



High-speed Data Collection Method Using Low-speed ZigBee on Wireless Sensor Network for Oestrus Detection in Cow

Ki-Young Kim¹, Dong-Kyun Kim¹, Sang-Jeong Lee²

¹VirtualStorm Co., Ltd.

²Department of Computer Science and Engineering, Soonchunhyang University

ABSTRACT

Efficient and accurate discovery of Cow's estrus makes breeding rate to higher, and very important to maintain the profitability, but in the farm be devoted to in order to improve estrus detection rate, but this does not significantly improved. Recently sensor network technology is perched as an important technical factor of a variety of devices to exchange of information. The sensor networking is applied to the farm for the massive movements of cows to gather information, the information collected based on the analysis of the estrus behavior patterns can used to efficiently improve cow estrus detection rate. In this paper, to transmit and receive a lot of information at a high speed on the low-speed ZigBee used in the sensor network, separated the ZigBee's band to 16 channels in order to use. The effectiveness of the channel separated transmission can be tested, confirmed at the actual farm through experimentation.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Oestrus Detection, Wireless Sensor Networks, ZigBees, Behavior Patterns, ZigBee Channel Separation, Livestock Farms

ARTICLE INFO: Received 22 April 2014, Accepted 13 June 2014.

1. 서론

*Corresponding author is with the Department of computer science and engineering in Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Sinchang-myeon, Asan-si, Chungcheongnam-do, 336-745, KOREA
E-mail address: sjlee@sch.ac.kr

최근에 기후 변화로 인한 고온 기간이 길어짐으로써 젖소의 번식률에 좋지 않은 영향을 미치고 있다. 특히 발정이 발현되어야 인공수정을 하여 수태가 이루어지게 되는데, 발정 행동이 눈에 띄지 않을 정도로 약하거나, 발정 발견이 곤란한 심야 또는 새벽 시간대에 발정이 오는 비율이 높고(65%

이상), 발정 발견이 가능한 시간대라 하더라도 경영이나 정보활동 등으로 목장에 부재하는 시간이 많아 발정이 오는 것을 발견하지 못하고 지나치게 되는 경우가 많다[1].

소는 발정기 동안 다른 소의 등에 턱을 괴고 있거나, 다른 소를 핥거나 냄새 맡기, 다른 소를 공격하기와[2], 다른 소에게 승가하기 등을 포함하여 여러 가지 행동의 변화를 보이게 된다. 특히 발정 발견의 가장 중요한 지표가 되는 승가 허용[3-5] 원리를 이용하여 소의 미근부에 부착하는 형태의 일회용 또는 전자식 보조기가 많이 개발되어 보급되고 있다[1].

무선 센서 네트워크 기술은 컴퓨팅 능력과 무선 통신 능력을 갖춘 센서노드를 응용 환경에 배치하여 자율적인 네트워크를 형성하고 센서 노드로부터 획득한 정보들을 무선으로 수집하여 감시/제어 등의 용도로 활용하는 기술이다.

무선 센서 네트워크는 일반적으로 저비용/저전력/다기능의 센서노드들로 이루어져 있으며, 이러한 센서들은 라디오 트랜시버와 데이터 처리를 실현하는 마이크로 프로세서가 장착되어 있다.

이 센서들은 전통적인 RF 기술을 이용한 단거리 통신을 시작으로 3G, LTE 등의 기술을 이용한 장거리 통신을 실현하고 있으며 RFID, NFC, WiFi, Bluetooth, ZigBee, GSM, 3G, LTE 등 다양한 네트워크 기술에 적용되고 있다.

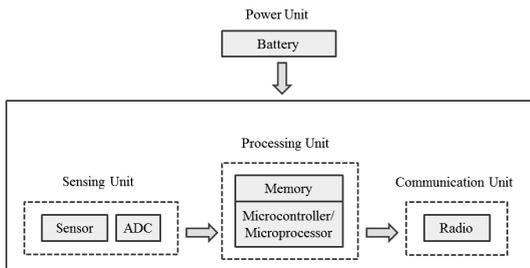


그림 1. 센서 노드 구조
Figure 1. Sensor Node Configuration

센서 노드는 <그림1>에서 보는 바와 같이 일반적으로 ‘센싱유닛(Sensing Unit), 프로세싱 유닛(Processing Unit), 통신 유닛(Communication Unit), 전원 유닛(Power Unit)’의 4가지 구성요소로 이루어진다. 센싱 유닛은 하나 이상의 센서와 아날로그-디지털 변환기(ADC)로 구성되어 있으며, 아날로그-디지털 변환기는 센서에서 수집한 정보를 디지털로 변환한 후, 해당 정보를 프로세싱 유닛에 전달한다. 프로세싱 유닛은 마이크로 프로세서와 메모리로 구성되어 있으며, 센서 노드를 제어하는 기능과 정보를 사용자가 요구하는 규약에 따라 처리하여 통신 유닛으로 전달한다. 통신 유닛은 데이터 전송을 처리하는 라디오 장치로 구성되어 있으며 라디오 장치는 정보를 무선장치에 해당하는 무선전파로 변환하는 기능을 수행한다[6].

본 논문에서는 소의 발정 행동패턴 분석을 위해서 스마트센서를 이용하여 양질의 많은 데이터를 수집하는 방법을 제시하고, 실제 축산농가에서 실험을 통해 제시한 방법의 효율성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본론으로 축산농가의 센서네트워크 구축을 위해 저속의 ZigBee를 사용해야하는 이유와 ZigBee를 이용할 때의 문제정의 및 효율적인 해결방법에 대해 기술하고, 3장에서는 실제 축산농가인 필드(Field)에서 테스트를 통해 효율성을 검증하고, 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 본론

실제 축산 농가에서 소의 발정 행동패턴을 분석하기 위해서는 양질의 많은 양의 데이터를 필요로 한다. 기존에는 CCTV를 이용해서 저장된 화면을 사람이 수작업으로 일일이 모니터링 하여 분석을

했다. 이와 같은 방법은 발정이후의 행위에 대해서 확실하게 판단을 할 수 있겠지만, 농가의 규모에 따라서 CCTV 개수는 늘어날 것이고, 모니터링 해야 하는 데이터는 몇 사람으로는 감당할 수 없을 정도로 누적될 수밖에 없다.

따라서 스마트센서를 이용하면, 소의 행동패턴을 분석하여 어떤 소가 발정의 행동을 보이고 있다는 것을 관리자에게 통보하여 줌으로써 저비용으로 효율적인 축사관리를 할 수 있도록 하는 시스템을 구축 할 수 있다.

소의 행동패턴을 분석하기 위해서는 여러 종류의 데이터가 필요할 것이다. 그 중에서 소의 움직임에 대한 정보가 가장 중요하다. 이러한 움직임에 대한 정보를 이용, 모든 소들에 대해서 완전히 일치할 수는 없지만, 특정 상황에서 비슷한 패턴을 찾을 수 있을 것이다. 따라서 소의 움직임을 감지할 수 있는 센서로는 3축가속도 센서를 이용하고, 소의 움직임 방향을 감지할 수 있는 지자기센서를 복합적으로 이용하여 행동패턴을 분석한다.

3축가속도 센서와 지자기 센서를 탑재한 센서 노드를 소에 부착하여 1년, 하루 24시간의 모든 데이터를 수집하여야 한다.

소는 항상 움직이는 동물이기 때문에 데이터 수집을 위해서는 1차적으로 무선 센서네트워크를 구축하여 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 2차적으로 유선 인터넷망을 이용하여 원격지의 데이터베이스 서버에 전송해야 한다.

유선 인터넷망은 이미 국내에서는 방대한양의 데이터를 고속으로 전송하는 방법이 대중화 되어 있다. 하지만 무선 센서네트워크의 경우는 사정이 조금 다르다.

고정된 위치에서 무선 통신을 사용할 수 있는 기기 간에는 전원 케이블을 통해 계속 전원을 공급할 수 있지만, 항상 움직이는 동물에 부착된 센서 노드는 배터리를 이용하여 전원을 공급할 수밖에

에 없는 구조이다.

<그림 2>는 대표적인 무선통신 기술의 특징을 비교한 것이다[7].

고속이면서 가장 많이 사용하는 Wi-Fi의 경우 전력소비가 많고, 많은 수의 노드를 동시 접속하기 위해서는 access point가 추가로 필요하기 때문에 센서 네트워크를 구성하기에는 부적합하다. 블루투스의 경우는 전송거리가 10미터라는 한계와 동시 접속 노드의 수가 제한적이라 이 또한 부적합하다.

	ZigBee	Wi-Fi	Bluetooth
Application	Monitoring and Control	Email, Web, Video	Cable replacement
Physical/ MAC layers	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1
Data Rate	250 Kbits/s	11 & 54 Mbits/sec	1 Mbits/s
Range	10-100 meters	50-100 meters	10 meters
Networking Topology	Mesh	Point to hub	Ad-hoc, very small networks
Operating Frequency	2.4 GHz	2.4 and 5 GHz	2.4 GHz
Complexity (Device and application impact)	Low	High	High
Power Consumption	low	High	Medium
Number of devices for Network	64K	32 per access point	7
Network Latency			
New slave enumeration	30 ms	-	20 sec
Network Latency			
Sleeping slave changing to active	Devices can join an existing network in under 30ms	Device connection requires 3-5 seconds	Device connection requires up to 10 seconds
Typical Applications	Industrial control and monitoring, sensor networks, building automation, home control and automation, toys, games	Wireless LAN connectivity, broadband Internet access	Wireless connectivity between devices such as phones, PDA, laptops, headsets

그림 2. 지그비, Wi-Fi, 블루투스 특징
Figure 2. ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth feature

축산 농가에 구축되어야 하는 무선 센서네트워크는 동시에 데이터를 전송하는 많은 수의 센서 노드가 산재해 있고, 거리도 짧게는 30미터에서 길

게는 100미터 정도까지 개방된 영역이다. 따라서 다음과 같은 특징을 필요로 하는 어플리케이션에서 사용하기 위한 용도로 개발된 ZigBee를 이용할 수밖에 없다.

ZigBee는 저속 전송 속도와 근거리 통신을 위하여 ZigBee Alliance에서 개발한 무선 네트워크 기술인데, 작은 크기로 전력 소모량이 적고 값이 싸 홈 네트워크 등 유비쿼터스 구축 솔루션으로 각광받고 있으며 지능형 홈네트워크, 빌딩 등의 근거리 통신시장과 산업용기기 자동화, 물류, 휴먼 인터페이스, 텔레메틱스, 환경 모니터링, 군사 등에 활용된다[6].

축산 농가의 무선 센서네트워크를 구축하기 위하여 네트워크 구성방법, 최대 전송거리, 전력소모량, 동시접속 노드 개수 등의 특징을 모두 만족하는 ZigBee를 사용해도 한 가지 문제가 발생한다.

특정 기기의 상태 모니터링과 제어 또는 많은 수의 센서 노드를 필요로 하는 어플리케이션이라도 아주 가끔 데이터를 필요로 하는 경우라면 ZigBee의 250Kbits/s의 저속 전송속도로도 충분하다.

하지만 축산농가에서의 무선 센서네트워크에서는 250Kbits/s 속도가 문제가 된다.

소는 덩치가 크고 무겁기 때문에 평소에는 대부분 움직임이 적고, 움직일 때에도 어슬렁거리는 정도로 활동을 한다. 그러나 발정시기가 되면 어슬렁거리는 활동량 자체도 증가를 하고, 암소 간에도 수소가 하는 승가행위를 한다. 다른 소의 등에 올라타는 승가행위는 평소 움직임보다 상당히 큰 동작이고, 올라타는 순간의 시간이 길어야 1초 정도이다. 따라서 축산농가에서 소의 움직임에 대한 센서 데이터는 1개의 센서 노드마다 초당 수회 실시간으로 서버에 전송이 되어야 한다. 1개의 노드에 대해서는 250Kbits/s의 전송속도로도 크게 문제가 되지는 않지만, 전체 센서네트워크 측면에서는 아무래도 전송 속도의 한계에 부딪힐 수밖에 없다.

소의 움직임 데이터를 전송하는 센서 노드와 데이터를 수신하는 베이스노드 사이의 통신을 위해서 UC Berkeley 대학에서 센서 네트워크를 위해서 개발된 소형 OS형태인 TinyOS를 이용한다.

<그림 3>은 TinyOS에서의 기본적인 전송 동작 flow이다.

하나의 패킷을 전송하기 위해서는 Fired 이벤트 발생 후 SendDone 이벤트 발생까지의 시간이 소요된다.

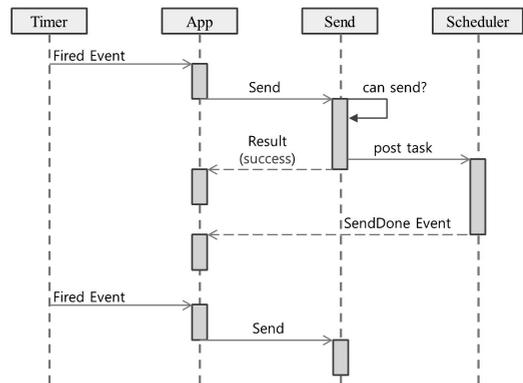


그림 3. 기본적인 전송 flow
Figure 3. Default Transfer flow

1개의 센서 노드에서는 <그림 3>과 같이 데이터를 전송하게 된다. 하지만, 문제는 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 하나로 구성하지 않는다는데 있다. 여러 개의 센서 노드들이 수집된 정보를 동시다발적으로 전송을 하게 되는데, 그림 4와 같이 각각의 노드들은 타이머에 의한 Fired 이벤트에 의해 전송을 시도하게 된다. 하지만 다른 노드에서 수행중인 Send 동작이 완료되기 전에는 전송을 할 수 없는 상황이 발생하게 되어 전송 지연이 발생된다. 이는 1개의 채널에 여러 개의 노드가 동시다발적으로 브로트캐스트로 전송을 하면서 발생하고 이때 실패한 Send 동작은 스케줄러에 의

해 다음 이벤트가 발생 했을 때 다시 전송을 시도 하게 된다.

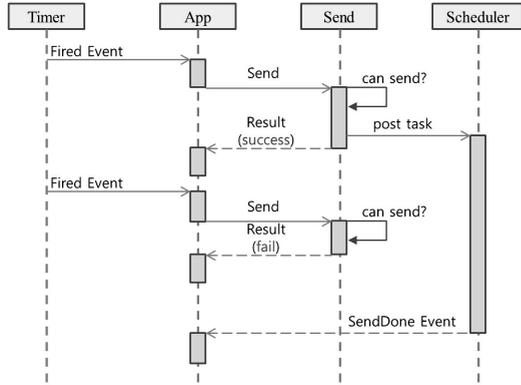


그림 4. 전송 지연 flow
Figure 4. Delay Transfer flow

데이터를 수신하는 1개의 베이스노드와 N개의 센서 노드간의 통신을 할 경우 전송 지연의 상황이 많이 발생하게 된다.

따라서 ZigBee의 전체 통신대역을 여러 개의 채널로 분리하여 N개의 베이스노드와 N개의 센서 노드의 개수를 동일하게 설정하면 1대1 통신이 가능하게 되므로 1개 채널에 여러 개의 노드들이 통신을 할 때 보다 효율적으로 데이터를 전송할 수 있다.

본 논문에서는 250Kbits/s의 저속인 ZigBee를 이용하여 많은 양의 센서 데이터를 실시간으로 전송하는 방법으로 채널 분리를 통해 ZigBee의 전체 주파수 대역을 모두 사용하여 전송효율이 향상됨을 실험을 통해 검증한다.

ZigBee의 주파수대역은 다음 <표 1>과 같이 나누어진다.

국내에서는 2.4GHz 대역의 ZigBee를 사용하기 때문에 2405~2480까지 5MHz단위로 16개의 채널을 분리해서 사용한다.

표 1. 주파수대역과 전송률
Table 1. Frequency bands and data rates

Frequency band(MHz)	Bit rate	channel
868-868.6	20K	1
902-928	40K	10
2400-2483.5	250K	16

<표 2>는 소의 발정탐지를 위한 기존 연구와 본 논문에서의 방법과 비교한 표이다.

표 2. 기존 연구 비교표
Table 2. previous research compare

	본 논문	기존 연구
통신방식	ZigBee	ZigBee
센서	가속도센서 지자기센서	가속도센서 압력센서
초당 데이터 전송량	평균 7회	확인불가

기존 연구에서는 소의 발정탐지를 목적으로 목걸이타입의 가속도 센서와 둔부에 착용하는 압력 센서를 이용하여 발정을 탐지하는 목적의 연구가 있었으나, 본 논문에서는 동물복지 문제를 감안해 목걸이타입의 센서만을 이용하여 발정탐지를 위한 데이터 값을 실시간으로 전송하는 방법에 대해서 연구하였다.

3. 실험 및 검증

먼저 1개의 베이스노드와 여러 개의 센서 노드 사이에 통신지연이 얼마나 발생할 하는지 알아보기 위한 테스트를 진행했다. 10개의 센서 노드에서 140ms에 한 번씩 데이터를 전송하도록 테스트 한다. 데이터 전송 시 Race Condition이 지속적으로 발생을 하면서 ZigBee 통신 모듈에서 더 이상 데이터를 전송할 수 없는 상태에 빠지면서 동작이 되지 않았다.

<그림 5>는 통신 동작 중인 센서 노드들로 데이

터 전송이 성공한 후에 RF Send LED를 점멸하는 동작을 하는데, 일정하진 않지만 Race Condition이 지속적으로 발생하면서 더 이상 점멸동작이 되지 않는 문제가 발생했다. 더 이상 동작하지 않는 포인트를 추적해본 결과 RF Send() 함수가 호출된 이후에 멈추는 것을 확인했다.

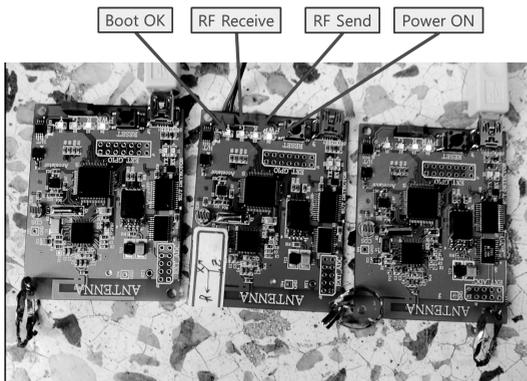


그림 5. 동작 중인 센서 노드
Figure 5. Running on the sensor

전송 지연 문제를 해결하기 위해 베이스노드를 이중으로 설치해서 두 개의 베이스노드에서 센서 데이터를 수집 한 후 데이터베이스 서버에 전송을 하면 베이스베이스 서버에서 중복된 데이터를 병합하도록 설계를 해보았으나, 이는 전송 지연 문제가 두 개의 베이스노드에 동시에 발생할 하는 것이기 때문에 효율성은 극히 미미한 방법으로 판단했다.

가장 시급한 문제는 센서 노드의 동작이 멈추는 현상을 해결하는 것이었다. 여러 가지 방안을 모색해 보았으나 동작이 멈추는 현상을 해결하지는 못하였다. 마지막 방법으로 RF Send 동작이 정상적으로 완료가 되면 SUCCESS 값을 리턴하게 되는데, SUCCESS 가 아닌 값이 리턴이 되면 센서 노드를 리셋하는 방법으로 해결을 하였다.

센서를 리셋하면 연속된 데이터가 끊기는 문제

가 있는데, 실험을 통해 검증해 본 결과 센서 노드가 정상상태로 복구된 후 정상적으로 데이터를 받기 시작했을 때 까지 최대 2개의 패킷 정도를 잃어버리게 된다. 이는 24시간의 데이터를 기준으로 한번 리셋될 때 280ms 동안의 데이터 손실이 발생한다. 그러므로 소의 행동패턴을 분석하는데 지장을 줄 정도의 손실을 아니라고 판단하여 동작 멈춤 문제는 리셋을 통해 해결하였다.

1	961	2	1581	3	1590	4	3306
1	962	2	1582	3	1591	4	3307
1	0	2	0	3	0	4	3308
1	1	2	1	3	1	4	3309
1	2	2	2	3	2	4	0
1	3	2	3	3	3	4	1
1	4	2	4	3	4	4	2
1	5	2	5	3	5	4	3

그림 6. 센서 노드의 리셋 결과
Figure 6. Reset Result of Sensor

<그림 6>은 데이터베이스 서버에 전송된 데이터를 센서 노드의 아이디와 수집된 센서값에 대한 시퀀스 번호를 보여주는 그림이다. 시퀀스번호는 4byte 로 약 4억 개의 값을 카운트 할 수 있는데, 리셋이 되면서 이 값이 0부터 다시 시작하는 것을 볼 수 있다.

표 3. 센서 노드 사양
Table 3. Sensor Node Specification

MCU	MSP430F1611
Memory	48KB+256B Flash 10KB RAM
zigbee RF	CC2420
Sensors	BMA150 triaxial acceleration MDS-CPE Compass
Battery	SB-D02(3.6V 19.0Ah) 4ea serial connect (7.2V) * 2

필드 실험은 실제 축산 농가에서 소의 발정 행동패턴을 수집 분석하기 위해서 센서 노드를 소의 목에 부착시키고, 베이스노드로 수신된 각각의 센

서 데이터를 필드서버라고 하는 수집 서버에서 취합하여 원격지의 데이터베이스 서버에 전송한다.

실험에서 사용한 센서 노드의 사양은 표 3과 같고, <그림 7>은 소에 부착시킬 실제 센서 노드이다.

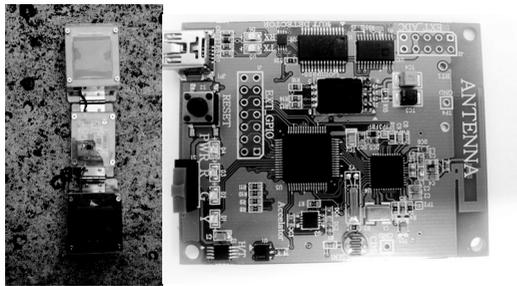


그림 7. 센서 노드
Figure 7. Sensor Node

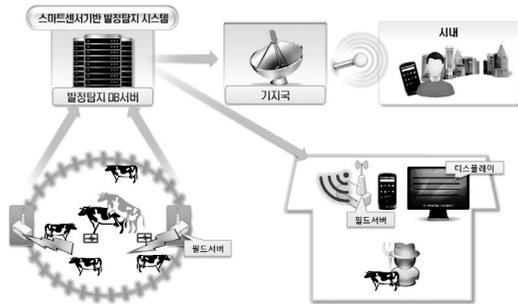


그림 8. 발정탐지 시스템 개념도
Figure 8. Estrus Detection System

<그림 8>은 실제 축산농가의 스마트센서기반 발정탐지 시스템의 실험환경에 대한 개념도이다.

소에 장착된 센서 노드는 가속도 센서와 지자기 센서의 데이터를 수집하여 140ms에 한 번씩 베이스노드로 전송하게 된다. 필드서버는 연결된 베이스노드로부터 데이터를 취합하여 원격지에 있는 발정탐지 DB서버에 TCP/IP를 이용하여 전송을 한다. DB서버의 데이터를 분석하여 어떤 소가 발정이 발견되었는가에 대한 정보를 축산농가의 대내

PC 또는 외부에 있는 농장관리자에게 스마트폰으로 결과를 전송한다.

<그림 9>는 실제 축산농가에 설치된 필드서버와 베이스노드이다.



그림 9. 필드서버와 베이스노드
Figure 9. Field Server & Base Node

<그림 10>은 센서 노드를 착용한 소의 모습이다.

실험은 두 가지 방식으로 진행하였다. 우선 1개의 베이스노드에서 5개의 센서 노드로부터 데이터를 전달받아 원격지의 데이터베이스 서버로 전송한다. 각각의 센서 노드에서는 수집된 센서 정보와 시퀀스번호를 함께 전송한다. 이번 실험에서는 초당 6번의 정보를 전송한다.



그림 10. 센서 노드를 착용한 소
Figure 10. Sensor nodes worn by Cow

두 번째는 14개의 베이스노드와 14개의 센서 노드를 1대1 통신하도록 분리를 해서 원격지의 데이터베이스 서버로 전송한다. 위의 실험과 달리 초당 7번의 정보를 전송한다.

<그림 11>은 1개의 베이스노드에서 5개의 센서 노드로부터 수집된 데이터를 데이터베이스 서버에 전송한 결과이다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
37	1	5339	2	1614	3	4851	4	12259	5	5045
38	1	5340	2	1615	3	4852	4	12261	5	5046
39	1	5341	2	1616	3	4853	4	12262	5	5047
40	1	5342	2	1617	3	4854	4	12263	5	5049
41	1	5344	2	1618	3	4855	4	12264	5	5050
42	1	5345	2	1619	3	4856	4	12265	5	5052
43	1	5346	2	1620	3	4857	4	12266	5	5053
44	1	5348	2	1621	3	4858	4	12267	5	5054
45	1	5349	2	1622	3	4859	4	12268	5	5055
46	1	5350	2	1623	3	4860	4	12269	5	5056
47	1	5352	2	1624	3	4861	4	12270	5	5057
48	1	5353	2	1625	3	4862	4	12272	5	5058
49	1	5354	2	1626	3	4865	4	12274	5	5060
50	1	5355	2	1627	3	4866	4	12275	5	5061
51	1	5357	2	1629	3	4867	4	12276	5	5064
52	1	5359	2	1630	3	4868	4	12277	5	5068
53	1	5361	2	1631	3	4869	4	12278	5	5070
54	1	5362	2	1632	3	4870	4	12279	5	5071
55	1	5364	2	1633	3	4871	4	12280	5	5073
56	1	5365	2	1634	3	4872	4	12281	5	5074
57	1	5366	2	1635	3	4873	4	12285	5	5075
58	1	5367	2	1636	3	4874	4	12286	5	5076
59	1	5369	2	1637	3	4875	4	12287	5	5077
60	1	5370	2	1638	3	4876	4	12288	5	5078
61	1	5371	2	1639	3	4877	4	12289	5	5080
62	1	5372	2	1640	3	4879	4	12290	5	5081
63	1	5373	2	1641	3	4880	4	12291	5	5082
64	1	5374	2	1642	3	4881	4	12293	5	5083
65	1	5375	2	1643	3	4882	4	12294	5	5084
66	1	5377	2	1644	3	4883	4	12295	5	5085
67	1	5378	2	1645	3	4884	4	12296	5	5086
68	1	5379	2	1646	3	4885	4	12297	5	5088
69	1	5380	2	1647	3	4887	4	12298	5	5089
70	1	5381	2	1648	3	4888	4	12300	5	5091

그림 11. 1대5 통신 결과
Figure 11. 1 vs. 5 Communication result

<그림 12>는 14개의 베이스노드와 14개의 센서 노드간의 통신을 통해서 수집된 데이터를 데이터베이스 서버에 전송한 결과이다.

<그림 11>과 <그림 12>의 결과는 각 센서 노드 ID 와 센서 데이터의 시퀀스번호를 보여주는 그림이다.

<그림 11>에서는 중간 중간 시퀀스번호가 한두 개씩 빠지는 것을 볼 수 있다. 방대한 데이터를 전부 보여줄 수 없어서 결과의 일부분만을 보여주는 그림인데, 연속된 여러 개의 패킷이 빠지는 경우도 많이 존재한다. 이에 반해 각각의 채널을 형성해서

1대1 통신을 통해 데이터를 수집하는 경우 <그림 12>에서 보는 것처럼 시퀀스번호가 일정하게 들어오는 것을 확인할 수 있다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	1	3748268	2	3727242	3	3749686	4	3752094	5	3755214
3	1	3748269	2	3727243	3	3749687	4	3752095	5	3755215
4	1	3748270	2	3727244	3	3749688	4	3752096	5	3755216
5	1	3748271	2	3727245	3	3749689	4	3752097	5	3755217
6	1	3748272	2	3727246	3	3749690	4	3752098	5	3755218
7	1	3748273	2	3727247	3	3749691	4	3752099	5	3755219
8	1	3748274	2	3727248	3	3749692	4	3752100	5	3755220
9	1	3748275	2	3727249	3	3749693	4	3752101	5	3755221
10	1	3748276	2	3727250	3	3749694	4	3752102	5	3755222
11	1	3748277	2	3727251	3	3749695	4	3752103	5	3755223
12	1	3748278	2	3727252	3	3749696	4	3752104	5	3755224
13	1	3748279	2	3727253	3	3749697	4	3752105	5	3755225
14	1	3748280	2	3727254	3	3749698	4	3752106	5	3755226
15	1	3748281	2	3727255	3	3749699	4	3752107	5	3755227
16	1	3748282	2	3727256	3	3749700	4	3752108	5	3755228
17	1	3748283	2	3727257	3	3749701	4	3752109	5	3755229
18	1	3748284	2	3727258	3	3749702	4	3752110	5	3755230
19	1	3748285	2	3727259	3	3749703	4	3752111	5	3755231
20	1	3748286	2	3727260	3	3749704	4	3752112	5	3755232
21	1	3748287	2	3727261	3	3749705	4	3752113	5	3755233
22	1	3748288	2	3727262	3	3749706	4	3752114	5	3755234
23	1	3748289	2	3727263	3	3749707	4	3752115	5	3755235
24	1	3748290	2	3727264	3	3749708	4	3752116	5	3755236
25	1	3748291	2	3727265	3	3749709	4	3752117	5	3755237
26	1	3748292	2	3727266	3	3749710	4	3752118	5	3755238
27	1	3748293	2	3727267	3	3749711	4	3752119	5	3755239
28	1	3748294	2	3727268	3	3749712	4	3752120	5	3755240
29	1	3748295	2	3727269	3	3749713	4	3752121	5	3755241
30	1	3748296	2	3727270	3	3749714	4	3752122	5	3755242
31	1	3748297	2	3727271	3	3749715	4	3752123	5	3755243
32	1	3748298	2	3727272	3	3749716	4	3752124	5	3755244
33	1	3748299	2	3727273	3	3749717	4	3752125	5	3755245
34	1	3748300	2	3727274	3	3749718	4	3752126	5	3755246
35	1	3748301	2	3727275	3	3749719	4	3752127	5	3755247

그림 12. 1대1 통신 결과
Figure 12. 1 vs 1 Communication result

4. 결론 및 향후 연구방향

일반적으로 사용하는, 1개의 채널을 통해서 여러 개의 센서 노드들에서 동시다발적으로 데이터를 송신 하는 경우 Race Condition 발생으로 인해 데이터의 지연 및 손실 발생이 불가피하게 발생한다.

이에 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경의 각 센서 노드에서 획득된 많은 양의 데이터를, 저속으로 동작하는 ZigBee를 이용하여 고속으로 전달하고자 할 경우 효율적으로 수신하기 위한 방법으로 채널을 분리하는 방법을 사용하였고, 이를 실제 축산농가인 필드에서 테스트를 통해서 검증하였다.

ZigBee의 전체 대역폭을 16개 채널로 분리하여

베이스노드와 센서 노드를 1대1 통신하도록 설정함으로써 고속의 데이터에 대해서 전송 지연을 최소화하였다. 이는 실험을 통해 테스트해 본 2가지 방식의 결과로 알 수 있듯이 무선 센서 네트워크에서 고속의 많은 데이터를 전송하기 위해서는 1대N 통신 방식보다 1대1 통신방식을 이용하는 것이 전송 Race Condition 때문에 발생하는 전송지연 문제를 최소화 할 수 있는 방법이라는 것을 검증하였다.

향후에는 배터리를 사용하여 동작하는 무선 센서 네트워크상에서 고속으로 많은 데이터를 전달하면서 발생하는 에너지 소비를 어떻게 효율적으로 줄일 수 있는지에 대하여 연구하고자 한다. 하드웨어적으로 에너지 소비를 줄이는 방법과 에너지 소비가 가장 큰 데이터 전송을 소프트웨어적으로 줄이기 위한 방법 등 여러 가지 복합적인 방법을 적용하여 테스트를 통해 연구할 예정이다.

또한 1대1 통신방식의 경우 대단위 농장의 경우 불리한 점이 발생하기 때문에 16개 채널 사용의 단점을 극복하기 위한 방법을 연구할 예정이다.

References

[1] K.-S. Baek, W.-S. Lee, J.-K. Son, H.-J. Lim, H.-B. Yoon, T.-I. Kim, T.-Y. Hur, C.-Y. Choe, Y.-H. Jung, E.-G. Kwon, Y.-S. Jung, S.-K. Kim, and J.-I. Won, *The analysis of estrus behavior and the evaluation of conditions required for improving reproductive efficiency in holstein dairy cows using a heat detector*, Journal of Embryo Transfer, Vol. 28, No. 3, pp. 177~184, 2013.

[2] Kerbrat S and Disenhaus C, *A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows*, Applied

Animal Behaviour Science, Vol. 87, pp. 223-238, 2004.

[3] O'Connor ML., *Heat detection and timing of insemination for cattle*. The Pennsylvania State University, R6M8/00ps 39073 pp. 3-18, 1993.

[4] Van Vliet JH and Van Eerdenburg FJCM, *Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows*, Applied Animal Behaviour Science, Vol. 50, pp. 57-69, 1996.

[5] Ball PJH and Peters AR, *Reproduction in cattle*, Third edition Blackwell publishing, Oxford, UK. pp. 95-99.

[6] Wireless Sensor Network based IoT technology, Broadcasting and Communications Technology Issue&Prospect, Vol. 37, 2014. <http://kompass.or.kr>.

[7] About ZigBee, <http://tcplink.com/xe/notice/5376>.

[8] Jung-Tack Seo, Beum-Jung Yoo, Sang-Youn Kim, Phil-Hwan Jung, and Chan-Young Park, *Detection system of standing estrus in cattle using USN*, Proceedings of KIISE, Vol. 36, No. 2(D).

소의 발정탐지를 위한 무선 센서 네트워크에서 저속의 ZigBee를 이용한 고속 데이터 수집방법

김기영¹, 김동균¹, 이상정²

¹(주)버추얼스톱

²순천향대학교 컴퓨터공학과

요 약

효율적이고 정확한 소의 발정 발견은 번식 성적을 좋게 하고, 수익성을 유지하는데 매우 중요하기 때문에 목장에서는 발정 발견율을 높이기 위하여 심혈을 기울이고 있지만, 크게 개선되지는 않고 있다. 최근 다양한 기기와의 정보 교환과 연동을 위해 센서 네트

워크 기술이 중요한 기술 요소로 자리 잡고 있다. 측사에 센서 네트워크를 적용하여 소의 움직임에 대한 방대한 정보를 수집하고, 수집된 정보를 토대로 발정 행동패턴을 분석하면 효율적으로 소의 발정 발견율을 높일 수 있다. 본 논문에서는 저속의 ZigBee를 이용하는 센서 네트워크에서 방대한 양의 정보를 고속으로 송수신하기 위하여 ZigBee의 주파수대역을 16개의 채널로 분리하여 사용한다. 실제 측사에서의 실험을 통해 채널 분리의 송수신 효율성을 확인한다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임



Ki-Young Kim received the bachelor's degree in 2003, and the M.S. degree in 2005 in the Department of Computer Science and Engineering from the Soonchunhyang University.

He was a ARM Firmware Engineer at FCI Co., Ltd. from 2005 to 2008. He was a senior researcher at msilicon Co., Ltd. from 2009 to 2010. He was a senior researcher at PrimumDesign Co., Ltd. from 2010 to 2013. He has been a senior researcher at VirtualStorm Co., Ltd. since 2014. His current research interests include Agriculture Convergence, Network application, Home network, telematics, Embedded System, Application Specific Integrated Circuit, System on Chip.

E-mail address: k71077@nate.com



Dong-Kyun Kim

received the B.S. degree in 1997 in the Mechanical Engineering from the Kumoh National Institute of Technology. He received the B.S. degree in 2002, and the M.S. degree in 2004, and the Ph.D. degree in 2008 in the Department of Computer Science and Engineering from the Soonchunhyang University. He was a appliances design Engineer at Tongyang Magic Co., Ltd. from 1996 to 2000. He was a development manager at Smart home technology Co., Ltd. from 2006 to 2009. He has been a director researcher at VirtualStorm Co., Ltd. since 2014. His current research area include Agriculture Convergence, Network application, Home networks, Telematics.

E-mail address: kdk703@gmail.com



Sang-Jeong Lee

received the B.S., M.S., Ph.D. in the Department of Electronic Engineering from the Hanyang University in 1983, 1985 and 1988, respectively. He is currently a professor at the Department of Computer Science and Engineering in Soonchunhyang University, Korea. His current research area include computer architecture, network application and embedded systems.

E-mail address: sjlee@sch.ac.kr