

산지초지에서 한우 활동량 정보 수집을 위한 데이터 중계 알고리즘 및 시스템 구현

김석준¹, 김종원^{2*}, 김춘수¹

¹이노비스, ²한국기술교육대학교 기전융합공학과

Implementation a of data repeating system using solar charging and develop algorithm for data repeating in the pasture

Suc-Jun Kim¹, Jong-Won Kim^{2*}, Chun-Su Kim¹

¹Innobis

²Department of Electromechanical Convergence Engineering, KOREATECH

요약 본 논문에서는 산지초지에서 가축 방목 시 효율적인 개체 관리를 위한 소의 생체 데이터 수집 시 데이터 전송이 가능한 데이터 중계시스템을 제안하였다. 산지초지 방목 시 소의 먹이활동 및 초지의 훼손 면적을 고려하여 방목지를 여러 구역으로 구분하고 순환 방목하는 방법이 일반적이고, 대부분 초지가 데이터를 수집할 사무실과 거리가 멀기 때문에 데이터 전송 및 시스템 전원 공급이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 중계기를 개발하고 중계기의 전력소모량을 측정하여 태양 전지모듈 60W, 배터리 12V/100A, 태양전지의 단락전류 6A이상의 성능으로 태양광 충전 시스템을 구축했다. 방목지에서 발생하는 데이터의 전송을 위해 다수의 중계기를 배열시켜 거리를 확장하였다. 그리고 산지초지에서 중계 전송할 수 있도록 중계 알고리즘을 개발하였다. 시스템과 알고리즘에 대한 성능 검증은 여러 가지 지형에 대한 테스트 포인트를 설정하였고, 데이터 전송 여부로 중계 거리에 대한 검증을 하였다. 태양광 충전 시스템의 전력 수급 유효성 검증은 일정기간동안 연속적으로 중계기를 동작시켜 데이터를 송수신하고 날씨의 변화에 따라 시스템이 데이터 송수신을 위한 전력을 안정적으로 공급하는지 검증하였다. 또한, 산지초지에서 제안된 중계기 및 중계 알고리즘을 이용하여 데이터를 송수신함으로써 제안된 태양광 충전을 이용한 데이터 중계 시스템이 유효함을 보였다.

Abstract In the paper, we propose a data transmission repeating system that allows data transmission for the effective supervision of cows grazing in the pasture. It is normal practice to divide the pasture into different areas for the purpose of distributing the grazing. However, this makes it difficult to supply electrical power and transmit data, because some of the pastures are far away from the office used for collecting data. To solve this problem, we developed a repeating system that can allow data transmission in the pasture using a solar charging system that consists of a 60W solar panel, 12V/100A battery and 6A solar controller for the power supply and a data transmission algorithm which extends the range of data transmission when using the proposed repeating system. We verified the performance of the repeating system by checking whether the data transmission is successful or not when transmitting from various test points when there is an obstacle between the receiver and repeating system. We also verified the solar charging system by measuring the battery voltage when the system is operated continuously for 31 days and whether the system can supply sufficient power when the weather is cloudy or rainy for a few days. Finally, we verified the performance of the repeating system and data transmission algorithm by conducting experiments in a pasture.

Keywords : cow management, data transmission, gazing in the pasture, repeater, repeating system, solar

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(PJ010183032016)로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jong-Won Kim(KOREATECH)

Tel: +82-41-560-1249 email: kamuiai@koreatech.ac.kr

Received September 20, 2016

Revised October 21, 2016

Accepted November 10, 2016

Published November 30, 2016

1. 서론

축산 농가에서 농가수입에 직접적인 영향을 미치는 번식관리는 중요한 이슈이다. 한우는 연중번식 또는 주년번식을 하는 동물이며, 적절한 관리를 위해 번식 시기 조절이나 기후에 따라 번식을 유도하는 등 효율적인 번식관리가 필요하다[1].

이러한 한우 사육의 형태는 축사사육과 방목사육의 두 가지로 구분하는데, 어떤 형태의 사육이든 공태나 분만 사고들은 농가 수입을 감소시키는 중요한 문제이다. 공태 기간의 증가는 사료비용 증대, 송아지 생산량 감소 등 경제적 손실을 가져온다. 한우 번식우가 10두 이하의 농장에서 발정 발현 관찰은 육안으로 비교적 쉽게 가능하지만, 30두가 넘어서면 분만 간격이 늘어나고, 수태당 종부횟수가 길어지는 등 번식관리가 어려워진다. 또한, 축사에 사람이 없거나 야간 및 새벽시간에는 발정 발현 관찰이 어렵다는 점 역시 공태를 발생시키는 요인이 된다.[2]

또한, 농가에서는 분만 작업에 대해 심리적 부담감과 피로도가 가장 높는데, 출산을 앞둔 한우에 대해서는 전문지식이나 경험을 가진 사람이 항상 해당 가축 곁에서 돌보며 그 가축의 출산에 따른 몸 상태의 변화를 측정하지 않으면 알 수가 없어 가축 출산 예정이 가까워지면, 장시간 긴 경우에는 2,3일 동안 밤낮을 막론하고 그 가축을 감시해야하는 경우가 있고, 이러한 체제에서 축산 농가의 인력부족은 분만 사고를 야기하여 경제적 손실이 크게 발생한다[3].

이러한 문제를 해결하기 위하여, 소와 주위 환경에 데이터를 얻을 수 있는 센서를 부착하고 소 개체에 대한 여러 가지 번식정보들과 개체 감시를 위한 시스템이 연구되었다. 기존 연구들은 주로 축사 환경 모니터링 시스템에 대한 연구나 가축의 상태 자체에 대한 모니터링 시스템에 대한 연구로 구분할 수 있다.

축사를 모니터링하기 위한 연구는 바이오 및 환경센서를 활용한 무선센서 네트워크 기반의 축사관리 시스템 [4], 적외선 무선 센서 노드 및 무인감시카메라를 이용한 선진화된 축사 관리[5], 한우 행동특성에 기반한 축사 모니터링 시스템[6]등의 연구가 보고되고 있고, 가축의 상태 자체에 대한 모니터링 연구는 IoT 기반의 한우 생체 정보 수집용 단말기 개발[7], 상황 인식 기반의 한우 생체정보 모니터링 시스템[8], 가축 질병 예찰 시스템 설계 및 구현[9]등 개체 관리나 축사 관리를 통한 번식관리

연구가 진행되었다. 그러나 이러한 시스템들은 그 적용 분야가 축사 사육 분야로 한정적인 실정이어서, 방목 사육 체제에서는 적용하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 방목 사육지에서 가축의 생태적 정보나 상황들을 제공하도록 데이터 중계 시스템을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 데이터 중계 시스템 구축을 위하여 태양광을 이용한 전원 공급 시스템과 데이터 중계기를 제작하고, 이를 이용하여 중계 알고리즘을 설계하였다. 제작된 시스템과 알고리즘을 실제 방목지에 적용 및 실험하여 유효성을 보였다.

2. 태양광 충전을 이용한 중계기 설계

2.1 시스템 구성

방목 시 필요한 방목지의 면적은 성축 번식우의 경우 하루 채식량은 50kg 정도이고, 방목지 1m² 당 생산량이 1.5kg 정도이므로, 1 일 방목지 소요면적은 45m² 정도가 된다. 따라서 100 두의 방목은 약 4500m²(0.45ha)의 면적이 필요하므로 방목으로 사용할 초지는 더욱 큰 면적의 초지가 필요하다. 또한, 산지초지 방목 시 소의 먹이활동 및 초지의 훼손 면적을 고려하여 방목지를 여러 구역으로 구분하고 순환 방목하는 방법이 일반적이다. 이러한 방목 방법 때문에 소의 생태를 알기 위한 센서를 부착해도 그 데이터를 전송받기가 매우 힘들다. 또한, 방목지는 특성상 주로 임야에 존재하고 있어 중계기를 고정하여 설치하게 된다면 전력 공급이나, 중계기 수에 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 전원 공급과 이동설치가 가능하도록 태양광 시스템을 이용하여 중계기를 구성하였다.

일반적으로 소의 생체 신호를 전달받기 위한 센서들은 소에 직접적으로 착용되기 때문에 매우 견고하게 케이스를 제작하고, 농장 작업 특성상 자주 교체하기가 힘들기 때문에 대부분 저전력으로 설계되어 그 수명을 늘린다. 이러한 특징 때문에 신호 송신에 많은 전력을 사용할 수 없기 때문에 그 거리가 한정적이다. 따라서 저전력으로 송수신하기 위하여 RF 모듈과 저전력 IC를 이용하여 사용 전원을 최소화 하고자 하였다. Fig. 1은 제작된 중계 모듈이며, Table 1은 해당 모듈의 데이터 송수신시 사용 전류를 보여준다.

Table 1. Data of each stockbreeding farmhouse

Mode	Stand by (Data Receive)	Data Transmit
MCU	Run	Run
Timer	Run	Run
RF module	Rx Run	Tx Run
Peak Current	34.531mA	51.761mA

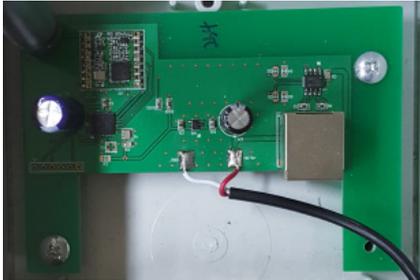


Fig. 1. Repeater design with RF-module

Table 1에서 중계 모듈은 다른 중계기 혹은 송신기로부터 데이터 수신 시 34.531mA, 송신 시 51.796mA를 소모하며, 데이터 수신 모드로 Timer, MCU, RF모듈은 Rx 모드로 대기한다. 중계 모듈의 소모 전력에 맞추어 전원 공급을 위한 태양광 모듈은 다음과 같이 설계되어 제작 되었다.

- (a) 소비전력(W) = 5V×1A(max.) = 5W
- (b) 1일 소비전력(Whr) = (a)×24hr = 120Whr
- (c) 1일 필요 발전량(W) = (b)÷3.5 ≃ 34.3W
- (d) 출력손실 보정계수 = 1.25
- (e) 태양 전지 모듈 = (c)×(d) ≃ 41.2W
- (f) 필요한 배터리용량(Ah)
= (b) ÷ 배터리전압 (통산 12V)× 부조일수 × 1.25 (배터리방전손실 보정계수)
= (b) ÷ 12V × 7일 × 1.25 = 87.5Ah
- (g) 솔라 컨트롤러
= 태양전지의 단락전류 × 1.15
= 3.4A × 1.15 ≃ 3.3A

태양전지 모듈(e), 배터리 용량(f), 솔라 컨트롤러는(g) 위의 계산 결과와 배터리 충전 시간을 고려하여 각각 60W, 12V/100A, 6A이상의 성능으로 구성하였다. Fig. 2는 태양광 시스템을 이용한 중계 모듈을 보여준다.

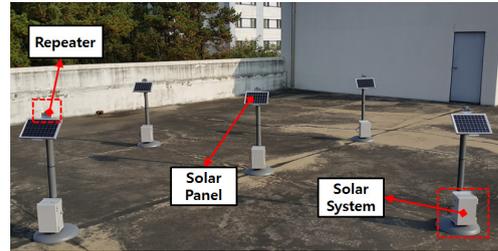


Fig. 2. Repeater using solar system

2.2 태양광 시스템의 충전 실험

제작된 중계 모듈의 유효성을 검증하기 위하여 옥상에 해당 중계 모듈을 설치하고 7월동안 매일 아침 배터리의 전압을 측정하였다. 해당 시스템 설치 시 태양광 패널은 위도와 여름임을 감안하여 남향 180° (나침반 기준), 패널 기울기 25° 로 설치하였다. 또한, 송신 신호는 10분 주기로 40개의 송신기에서 데이터를 전송하였고, 이 송신 신호는 Fig. 2의 중계기를 거쳐 실험실 내부로 재전송되어 Fig. 3의 수신기에 수신되었다. Table 2는 7월 동안 측정된 배터리 전압의 결과를 보여준다.

Table 2. Experiments result of repeater using solar system (Battery specification : 12V, 100A)

Date	Time	Measured Voltage(V)	weather
07.01	18:46	13.278	Shower
07.02	6:32	13.250	Fair
07.03	9:14	14.313	Cloudy
07.04	10:07	14.273	Fair
07.05	9:31	14.224	Fair
07.06	9:44	14.267	Fair
07.07	9:40	14.270	boiling
07.08	9:04	13.944	Mostly Cloudy
07.09	8:55	13.879	Mostly Cloudy
07.10	9:04	14.262	Fair
07.11	9:32	14.115	Cloudy
07.12	8:54	14.057	Rain
07.13	9:05	13.641	Cloudy
07.14	9:32	14.288	Partly Cloudy
07.15	9:22	13.749	Fogy
07.16	9:28	14.352	Fair
07.17	8:41	14.274	Fair
07.18	8:45	14.255	Fair
07.19	8:53	14.218	Fair
07.20	13:00	14.202	Haze
07.21	8:00	13.385	Cloudy
07.22	8:01	13.795	Mostly Cloudy
07.23	8:58	14.333	heavy Rain
07.24	7:19	13.120	Rain
07.25	8:21	12.564	Fair
07.26	9:40	13.945	Cloudy
07.27	9:14	14.218	Fair
07.28	9:03	14.111	Fair
07.29	8:44	14.125	Rain
07.30	8:17	13.059	Mostly Cloudy
07.31	8:33	13.971	Fair

Table 2에서 비오는 날이나, 구름 많은 날에도 시스템에 필요한 전력 수급에 문제가 없었고, 연속적으로 비가 오는 날에도 다음 일조기간에 배터리 용량을 회복하는 것을 확인할 수 있었다. Table 3은 실제 배터리의 충전량 및 중계기의 소모 전력을 보여준다.

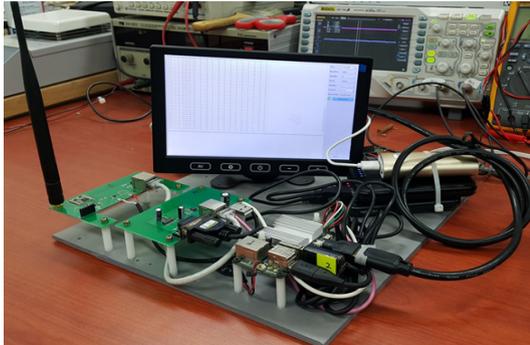


Fig. 3. Data receiving from repeater in rooftop

Table 3. Measured power consumption of repeater and charging power of solar system

Data	Measured Result(average)	
	Power consumption of repeater	10minute period
a hour		2.88W
a day		69.12W
Sunshine duration per day	3.5hr	
Charging power	210W	

Table 3에서 하루 필요한 전력량은 약 70W, 하루 평균 일조량은 3.5시간, 하루 발전 용량은 약 210W 정도로 측정되었다. 이는 하루 필요 전력량 이상 충전할 수 있음을 보이고, 해당 시스템이 유지 가능하다는 것을 보인다.

2.3 중계 모듈의 단일 중계 거리 실험

제작된 중계모듈의 전송거리를 실험하기 위하여 Fig. 4와 같이 실험을 구성하였다.

Fig. 4에서 메인 중계기는 건물 옥상에 위치하였으며, Test Point(TP)다른 중계기를 설치하고 해당지점에서 데이터를 송신하였다. 송신된 신호는 TP의 중계기를 거쳐 옥상의 중계기를 통하여 사무실에 위치한 Fig. 3의 수신기에서 수신하였다. Table 4는 TP와 중계기 사이의 장애물 높이와 TP의 고도 및 중계기의 고도와 데이터 수신 결과를 보여 준다.



Fig. 4. Experiment for distance of measuring data

Table 4. Measured data and experiment result

Repeater(90m)	distance	height	receive data	obstacle height	
Test Point (TPn)	01	359m	68m	O	none
	02	362m	67m	X	89m
	03	255m	77m	O	less 89m
	04	330m	69m	O	73m
	05	676m	58m	O	none
	06	618m	61m	O	73m~85m
	07	665m	60m	X	104m
	08	508m	75m	O	93m (narrow)
	09	505m	81m	O	none

Table 4에서 고도는 해당 중계기가 설치된 높이이며, 장애물 높이는 TP와 옥상의 중계기 사이에 가장 높은 고도의 장애물이다. 이때, 중계기간의 통신을 원활하게 하기 위해서는 중계기의 고도가 높은 곳이 유리하였고, 중계기와 송신기의 직선거리 사이에 장애물이 있을 시 거리가 짧더라도 데이터 통신이 원활하지 않음을 알 수 있다.(TP02) 또한 직선거리 사이에 장애물이 있더라도 그 폭이 좁은 경우 극복 가능하며(TP08) 개활지(장애물이 없는 경우) 최대 반경 600에서 700m까지 통신이 가능함을 보였다. 이는 TP 반경 끝부터 옥상의 중계기까지의 거리를 계산한다면, 개활지에 Fig 5.와 같이 중계기를 배치하였을 경우 약 64000m²(64ha)의 방목지내에서 송수신이 가능함을 알 수 있다.

앞서 실험 결과에서 알 수 있듯이 중계기 배치 시 중계기 간의 직선거리 사이에 높은 장애물은 회피하여 배치해야 하며, 산지 초지의 상황에 따라 중계거리의 오차가 다소 있다.

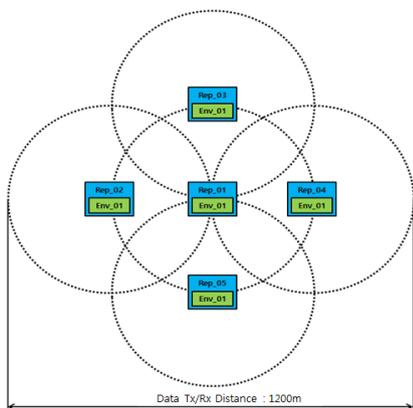


Fig. 5. Arrange several repeaters

3. 데이터 중계 알고리즘

Fig. 6는 단일 송신기와 중계기 및 수신기 사이의 데이터 전송 알고리즘을 보여준다.

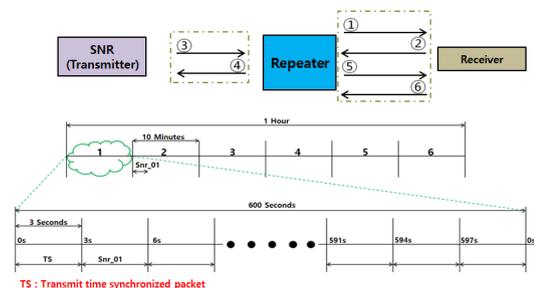


Fig. 6. Data transmission in single repeater with single transmitter

Fig. 6에서 수신기와 각 송신기는 시간을 측정하는 모듈을 사용하여 데이터 전송 주기를 동기화한다. 그러나 오랜 시간 데이터를 송수신하면 각 송신기에서 발생한 미세한 시간 틀어짐에 의해 데이터의 충돌이 발생한다. 이를 해결하기 위해 수신기에서 측정된 시간을 기준으로 각 송신기의 시간을 동기화 하여, 각 송신기가 자신의 시간을 보정하는 방법을 사용하였다.[10] 다음은 단계별 알고리즘의 동작을 보여준다. 이때, 수신기의 전원이 먼저 들어왔다고 가정한다.

Step 1. 중계기에 전원이 인가되면, 수신기에 자신의 정보를 전송

- Step 2. 수신기는 중계기의 정보를 저장하고, 현재 시간을 중계기에 전송. 또한 중계기는 전송 받은 현재 시간을 자신의 시간으로 설정
- Step 3. 활동량 패킷을 중계기에 전송. 또한 송신기에 전원이 인가된 경우에도 중계기에 자신의 정보를 전송하고, 응답 패킷을 받음
- Step 4. 중계기가 송신기에 응답 패킷을 전송
- Step 5. 전송 받은 활동량 패킷을 수신기에 전송
- Step 6. 수신기의 현재 시간을 중계기로 전송. 또한, 중계기는 전송 받은 현재 시간을 자신의 시간으로 설정
- Step 7. Step 3부터 6을 반복

다수의 송신기의 송신신호를 하나의 중계기가 처리할 때 송수신 및 기본 동작은 단일 중계기-송신기 간의 송수신 알고리즘과 동일하다. Fig. 7은 다수의 송신기와 단일 중계기 간의 통신 프로세스를 보여준다.

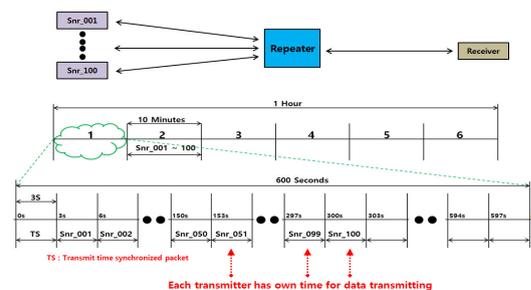


Fig. 7. Data transmission in single repeater with multi transmitter

Fig. 7에서 각 송신기는 한주기 안에서 자신에게 할당된 시간에서 데이터 송수신 알고리즘을 수행하고 있다. 이를 통해, 다수의 송신기의 데이터 충돌을 방지하고 있다.

Fig. 5에서와 같이 다수의 중계기가 연결되어 있고 Rep_04가 수신기와 연결되어 있는 경우, 중계기간의 데이터 흐름은 Fig. 8과 같다.

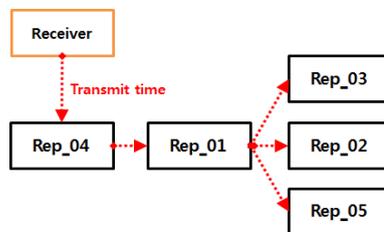


Fig. 8. Data flow chart when connect the receiver

데이터를 송신기로부터 중계기가 수신 후 송신기로 중계기의 응답 패킷 전송해야한다. 이때, 응답 패킷 전송 타이밍은 Fig. 9과 같다.

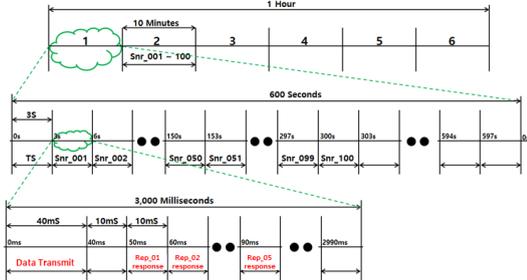


Fig. 9. Data transmission timing when repeater respond to transmitter in multi repeater with multi transmitter

Fig. 9에서 송신기가 응답 패킷을 받아 자신의 시간을 설정하는 시간은 약 10ms이다. 각 중계기는 자신의 번호에 따라 활동량 데이터를 수신 후 응답 패킷을 전송하는 시간은 다음과 같다.

- Rep_01: 데이터 수신 후 10ms 이후 응답 전송
- Rep_02: 데이터 수신 후 20ms 이후 응답 전송
- Rep_03: 데이터 수신 후 30ms 이후 응답 전송
- Rep_04: 데이터 수신 후 40ms 이후 응답 전송
- Rep_05: 데이터 수신 후 50ms 이후 응답 전송

각 중계기가 데이터를 수신 후 송신기에 응답패킷을 전송할 때, 응답 전송 시간을 달리하여 데이터의 충돌을 회피하였다. 이때, 송신기는 데이터 송신 후 최대 60ms만 응답을 기다린다.

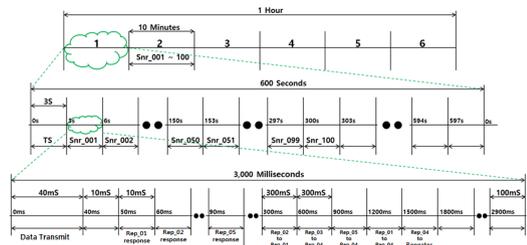


Fig. 10. Data transmission timing when repeater transmit to receiver in multi repeater with multi transmitter

데이터를 전송 받은 중계기가 마찬가지로 수신기로 데이터를 전송할 때 역시 데이터의 충돌이 있을 수 있다.

이때에도 마찬가지로 중계기간의 데이터 전송시간을 달리하여 데이터 충돌을 회피하였다. Fig. 5와 같이 중계기가 배열되어 있고, 수신기의 위치와 데이터 흐름이 Fig. 8과 같다면 중계기가 데이터를 수신기로 보내는 타이밍은 Fig. 10과 같다.

각 중계기는 자신의 번호에 따라 송신기로부터 데이터를 수신한 후 중계기간의 전송을 다음과 같이 실행한다.

- Rep_02: 데이터 수신 후 300ms가 지난 후에 수신 패킷을 Rep_01에게 전송
- Rep_03: 데이터 수신 후 600ms가 지난 후에 수신 패킷을 Rep_04에게 전송
- Rep_05: 데이터 수신 후 900ms가 지난 후에 수신 패킷을 Rep_04에게 전송
- Rep_01: 데이터 수신 후 1200ms가 지난 후에 수신 패킷을 Rep_04에게 전송
- Rep_04: 데이터 수신 후 1500ms가 지난 후에 수신 패킷을 수신기에게 전송

이때, 각 중계기 모듈은 수신된 데이터를 저장하고 다른 중계기에서 송신한 데이터와 비교하여 동일한 데이터일 경우 전송하지 않는다.

4. 산지 초지 데이터 중계 실험

4.1 데이터 중계 실험 환경 및 송신데이터

산지 초지에서 개발된 태양광을 이용한 중계 모듈을 실험하기 위해 대관령에 있는 한우 시험장에서 방목지 실험을 진행하였다. Fig. 11은 실험 사진을 보여준다.



Fig. 11. Experiment in the pasture

Fig. 11에서 Rep_01과 수신기 사이의 거리는 직선거리로 약 410m이며, Rep_01과 Rep_02는 직선거리로 약 473m 떨어진 곳에 위치하였다. 또한, 수신기는 한우시협장 내부의 사무실에 위치하였고, Rep_02는 수준 원점으로부터 780m높이에 축사 옆에 위치하였으며, Rep_01은 수준 원점으로부터 836m에 위치하였다. Rep_01은 소의 방목지로 Rep_01과 Rep_02는 소의 이동경로를 포함하고 있다. 이때, 축사에서 데이터를 소에게 활동량 데이터 수집 센서를 Fig. 12와 같이 장착하였다.



Fig. 12. Wearing necklace type transmitter

중계기 및 수신기에서 수신하는 데이터의 패킷은 Table 5와 같다.

Table 5. Data Packet

Index	0	1	2
Description	0xFF	0xFB	0xFC
3	4	5	6
Sender ID	Receiver ID	Flag bit	Activities
7	8	9	10
Pre activities	Packet Number	Check Sum	secCntHigh
11	12	13	14
secCntLow	0xFD	0xFE	0xFF

데이터 패킷은 총 15바이트의 데이터이며, 각 인덱스는 1바이트의 데이터로 이루어져 있다. 인덱스 0번부터 2번은 데이터 패킷의 시작, 12번부터 14번은 데이터 패킷의 종료를 의미하며, 인덱스 번호에 부여된 순서대로 값이 들어오지 않으면 정상 데이터로 인정하지 않는다. Sender ID는 현재의 중계기나 수신기로 데이터를 보낸 중계기나 센서의 ID를 의미하며, 중계기의 ID는 0xE7부터 0xFA의 범위 내에서 부여된다. Receiver ID는 데이터를 송신한 Sensor ID를 의미하며, 0x01부터 0x96의

범위 내에서 부여된다. 이때, 센서는 최초로 수신한 중계기에 센서라는 의미로 0xCC의 값을 송신한다. Activities는 현재 소에 장착된 센서에서 수집한 활동량을 의미하며, Pre_activities는 한 사이클 전의 활동량을 의미한다. Flag bit은 0x00부터 0x7F의 값을 수신한다. Table 6는 Flag bit의 데이터 표현을 보여준다.

Table 6. Data description of Flag bit

Flag bit							
7	6	5	4	3	2	1	0
Not Used	Reserv ed	pre10ActOverfl ow	CurActOverflow		Receiveflag		
0	0	Activities Over Flow bit				00	init value
						01	OK
						10	Error*
						11	Error#

Error* : Received Time Error, Error# : Receive Error

Flag bit의 0번째 비트와 1번째 비트는 데이터 수신 플래그 비트를 의미하며 2번째 비트부터 5번째 비트는 활동량의 최대 값이 0xFA이므로 그 이상의 활동량이 수신될 경우 사용하는 오버플로우 비트이다. pre10ActOverflow는 한 사이클 이전 활동량의 오버플로우를 나타내며, CurActOverflow는 현재 활동량의 오버플로우를 나타낸다.

4.2 데이터 중계 실험 환경 및 송신데이터

앞 절의 내용과 같이 센서로부터 중계기간의 데이터 송수신 실험을 수행하였고, Fig. 13은 그 결과를 보여준다. Table 7은 Rep_02와 Rep_01에서 수신한 데이터의 일부를 보여준다.

```

mysql> select pc_date, pc_line, sender_id, full_pkt from repeater_log order by pc_date desc
+-----+-----+-----+-----+
| pc_date | pc_line | sender_id | full_pkt |
+-----+-----+-----+-----+
| 2016-08-31 | 13:53:24.711457 | 243 | FF FB FC F3 15 03 0F 03 C5 E2 00 3F FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:22.271351 | 243 | FF FB FC F3 14 03 0E FE 9F 00 30 FE FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:18.043522 | 243 | FF FB FC F3 13 01 10 62 F1 6A 00 39 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:15.760129 | 243 | FF FB FC F3 12 01 35 08 05 18 00 36 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:14.798201 | 10 | FF FB FC 12 07 01 35 08 05 F4 00 35 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:13.225306 | 243 | FF FB FC F3 11 03 08 46 CC 04 04 04 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:12.272042 | 17 | FF FB FC 11 CC 03 08 46 CC 00 33 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:09.072250 | 243 | FF FB FC F3 10 01 5A 82 EC 1C 00 38 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:07.576262 | 243 | FF FB FC F3 0F 01 41 8E CF 71 00 2E FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:06.485421 | 243 | FF FB FC F3 0F 03 3E 26 CE 37 00 2D FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:05.531132 | 15 | FF FB FC 0F 0C 03 3E 26 CE 70 00 2C FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:03.529448 | 243 | FF FB FC F3 0E 01 2E 45 0A 8F 00 2A FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:53:00.798363 | 243 | FF FB FC F3 0E 01 1B 3E 32 29 67 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:57.937091 | 243 | FF FB FC F3 0C 03 70 81 CF C2 00 24 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:57.017362 | 12 | FF FB FC 0C CC 03 70 81 C9 00 23 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:55.319203 | 243 | FF FB FC F3 0A 01 0C 05 1E 54 00 21 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:52.117362 | 243 | FF FB FC F3 0A 01 14 30 F3 00 1E FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:49.130025 | 243 | FF FB FC F3 09 01 01 08 DA D0 10 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:45.919923 | 243 | FF FB FC F3 08 01 02 05 1E 54 00 21 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:42.953751 | 243 | FF FB FC F3 07 01 12 2D 0C 00 15 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:39.554657 | 243 | FF FB FC F3 06 01 03 36 22 52 00 12 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:36.737200 | 243 | FF FB FC F3 05 01 01 01 C2 C0 00 0E FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:34.215660 | 243 | FF FB FC F3 04 01 01 01 13 03 00 0C FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:31.646742 | 243 | FF FB FC F3 03 01 03 01 17 E2 00 00 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:27.729743 | 243 | FF FB FC F3 02 01 03 00 20 1E 00 00 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:52:25.729743 | 243 | FF FB FC F3 13 03 62 15 F9 70 00 04 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:46:07.771361 | 243 | FF FB FC F3 13 03 15 50 DF 00 02 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:46:06.917262 | 243 | FF FB FC F2 00 00 CC 00 1E 00 00 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:46:07.771361 | 19 | FF FB FC 13 CC 03 15 50 DF 00 02 FD FE FF |
| 2016-08-31 | 13:43:24.709995 | 243 | FF FB FC F3 15 01 03 1A C4 D0 00 3F FD FE FF |
    
```

(a) Rep_01 Received data packet

```

NetMiner select * from pcap_line, rep_line, sender_id, pkt_seq, full_pkt from repeater_log order by pc_date desc;
pc_date      pc_line      rep_line      sender_id      pkt_seq      full_pkt
-----
| 2016-09-31 | 13:46:04.951196 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:20.979381 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:18.535661 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:15.039281 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:12.018934 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:09.594262 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:06.136691 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:02.742094 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:43:00.201502 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:57.064839 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:54.199615 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:50.420297 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:48.520250 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:45.442522 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:42.183303 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:39.181925 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:35.818631 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:32.903222 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:29.443762 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:27.686929 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:24.667770 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:21.638956 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:20.529469 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:20.529469 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:19.181925 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:15.003374 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:11.905523 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:09.594262 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:06.138664 |          |          |          |          |
| 2016-09-31 | 13:42:02.711207 |          |          |          |          |
30 rows in set (0.65 sec)
    
```

(b) Rep_02 Received data packet

Fig. 13. Received data packet of each repeater

Table 7. Received data packet of each repeater

(a) Rep_02 Received data packet

Rep_02 Receive Data	
PC time	Received data packet
13:02:24	FF FB FC 02 CC 01 8C 9C 1B 12 00 06 FD FE FF
13:02:27	FF FB FC 03 CC 01 01 0B E2 BE 00 09 FD FE FF
13:02:30	FF FB FC 04 CC 01 0D 06 E4 C8 00 0C FD FE FF
13:02:32	FF FB FC 05 CC 01 71 33 C5 3B 00 0F FD FE FF
13:02:35	FF FB FC 06 CC 01 55 68 1D AD 00 12 FD FE FF
13:02:38	FF FB FC 07 CC 01 16 35 D8 F7 00 15 FD FE FF
13:02:41	FF FB FC 08 CC 01 01 06 DE BA 00 18 FD FE FF
13:02:45	FF FB FC 09 CC 01 0D 14 D5 CC 00 1B FD FE FF
13:02:48	FF FB FC 0A CC 01 03 27 CB CC 00 1E FD FE FF
13:02:51	FF FB FC 0B CC 01 06 1B 19 12 00 21 FD FE FF

(b) Rep_01 Received data packet

Rep_01 Receive Data	
PC time	Received data packet
13:02:28	FF FB FC F3 02 01 8C 9C 1B 39 00 07 FD FE FF
13:02:31	FF FB FC F3 03 01 01 0B E2 E5 00 0A FD FE FF
13:02:34	FF FB FC F3 04 01 0D 06 E4 EF 00 0C FD FE FF
13:02:36	FF FB FC F3 05 01 71 33 C5 62 00 0F FD FE FF
13:02:39	FF FB FC F3 06 01 55 68 1D D4 00 12 FD FE FF
13:02:42	FF FB FC F3 07 01 16 35 D8 1E 00 15 FD FE FF
13:02:45	FF FB FC F3 08 01 01 06 DE E1 00 18 FD FE FF
13:02:49	FF FB FC F3 09 01 0D 14 D5 F3 00 1B FD FE FF
13:02:52	FF FB FC F3 0A 01 03 27 CB F3 00 1E FD FE FF
13:02:55	FF FB FC F3 0B 01 06 1B 19 39 00 21 FD FE FF

Rep_02의 중계기에서 센서 ID 02부터 0B의 데이터를 수신하고 있음을 보여주고 있고(Index 3,4), 각 센서로부터 데이터를 3초 간격으로 수신하고 있음을 보여준다(Index 10,11). 또한, Rep_01의 중계기에서 Rep_02의 데이터를 수신하고 있고(index 3) Rep_02에서 수신된

센서의 데이터를 정상적으로 Rep_01에 송수신하고 있음을 확인할 수 있었다(index 4,5,6,7). 각 중계기의 PC time 을 비교해보면 일정한 시간차가 중계기간에 발생하고 있는데, 이는 앞서 제안한 알고리즘대로 각 센서와 중계기가 자신에게 할당된 시간에 데이터를 송수신하고 있음을 보여준다. 또한, Rep_01과 Rep_02를 거쳐 Receiver로 수신된 활동량을 Fig. 14에서 보여준다.

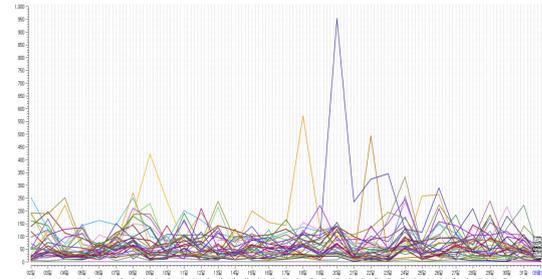


Fig. 14. Data transmission result in experiment

Fig. 14에서 축사의 센서로부터 중계기 Rep_02, Rep_01을 거쳐 전송된 소의 활동량 데이터가 정상적으로 수신되고 있음을 보여준다.

5. 결론

본 연구에서는 방목 사육 시 소 개체의 데이터를 수집하는 센서를 활용하거나 축사의 환경데이터를 수집 시 데이터를 송수신할 수 있도록 태양광을 이용한 데이터 중계 시스템을 제안하고 다수 중계기를 통한 데이터 전송 알고리즘을 설계하여 그 유효성을 실험을 통해 검증해 보았다. 태양광 시스템은 비가 연속으로 오거나 구름이 많은 날에도 전력 공급에 문제가 없었으며, 다음 일조 기간에 다시 정상적으로 배터리의 전압이 회복하는 것을 보았다. 또한, 중계기와 중계기간의 데이터 송신 거리 실험을 통해 반경 최대 약 600m에서 700m 사이에서 직선 거리상 중계기가 설치된 고도보다 높은 장애물이 없을 시 문제없이 데이터를 송수신하는 결과를 확인하였다. 또한 산지 초지 실험을 통해 소에 부착된 센서로부터 제안된 알고리즘대로 데이터를 송수신 하는 것을 확인하였다.

그러나 제한된 방목 경로에서만 실험이 이루어졌다는 것과 실험에서처럼 장애물이 존재할 경우 산지 초지의 지형에 따라 사전 검증을 통한 중계기 배치를 고려해야

한다. 또한, 제안된 송수신 알고리즘이 송신기의 개수(최대 100개)에 제한이 있다는 약점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 향후, 더 다양한 형태의 산지 초지와 다양한 루트의 경로에서 실험을 통해 시스템의 안정성을 확인할 필요가 있다. 또한 다양한 통신모듈의 설치환경에서 중계기의 전력소모량 차이와 연계하여 배터리 충전량에 대한 분석과 송신기 개수의 제약에 자유롭도록 알고리즘의 개선 역시 필요하다.

향후, 시스템의 안정화를 이루고 RF 신호를 이용한 팜핑 등의 알고리즘을 더한다면 방목 사육하는 가축에 적용하여 산지초지 방목 시 위치, 생체 등 개체 관리를 위한 가축의 정보를 원활하게 얻을 수 있을 것이다.

References

- [1] Gyeong-Nam Kim, "Guide for raising Korean cow," pp. 86-90, MAFRA, RDA, NH, 2002.
- [2] Kwang-Soo Baek, et al., "The Accuracy Analysis and Applied Field Research of a Newly Developed Automatic Heat Detector in Dairy Cow", Reproductive & Developmental Biology, vol. 39, no. 2, pp. 395-398, 2011.
- [3] Saacke, R.G., et al., "Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality", Anim. Reprod. Sci., vol. 60-61, no. 2, pp. 663-677, 2000.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00137-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00137-8)
- [4] Hong-kyu Kim, et al. "Cattle Shed Management System Based on Wireless Sensor Network with Bio and Environmental Sensors", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 38, no. 7, pp. 573-586, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38C.7.573>
- [5] Min Yoon, et al., "Design and Implementation of an Advanced Cattle Shed Management System using a Infrared Wireless Sensor nodes and Surveillance Camera", The Journal of the Korea Contents Association, vol. 12, no. 10, pp. 22-34, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.10.022>
- [6] Bong-ki Son, et al, "Cattle Shed Monitoring System based on Behavioral Characteristics of Hanwoo", Journal of the Korea Entertainment Industry Association, vol. 8, no. 4, pp. 395-404, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21184/jkeia.2014.12.8.4.395>
- [7] Yang-beom Kim et al., "Development of Cattle Bio-Information Collection Terminal Based of IoT", Journal of the Korea Entertainment Industry Association, vol. 10, no. 3, pp. 92-100, 2016.
- [8] Yun-jeong Kang et al., "Cattle Bio-information Monitoring System Based on Context Awareness", Journal of the Korea Entertainment Industry Association, vol. 6, no. 2, pp. 92-100, 2012.
- [9] Hyun-gi Kim, et al., "Design and Implementation of Livestock Disease Forecasting System", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 37, no. 12, pp. 1263-1270, 2012.
- [10] Suc-june Kim et al., "Implementation of unmanned cow estrus detection system for improving impregnation rate", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 16, no. 9, pp. 6236-6246, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.9.6236>

김 석 준(Suc-June Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 한국기술교육대학교 대학원 전기전자통신공학부(공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 이노비스 R&D 책임연구원

<관심분야>

Communication,, System Control, Embedded System

김 종 원(Jong-Won Kim)

[정회원]



- 2007년 8월 : KOREATECH 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : KOREATECH 기전융합공학과 조교수

<관심분야>

지능시스템, 지능제어, 기전융합제어, 산업시스템 제어

김 춘 수(Chun-Su Kim)

[정회원]



- 1992년 2월 : 호서대학교 전력전자(공학석사)
- 2015년 2월 : 한국기술교육대학교 전자공학전공 기술연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 이노비스 대표

<관심분야>

정보통신, 제어시스템, 전력전자, 축산 시스템