

Development of Livestock Monitoring Device based on Biosensors for Preventing Livestock Diseases

Myeong-Chul Park*, Hyon-Chel Jung**, Ok-Kyoon Ha ***

Abstract

Outbreaks of highly contagious livestock diseases can cause direct and indirect economic impacts such as lower productivity of cattle farms, fall in tourism in damaged areas and countries, and decline in exports. They also incur tremendous social costs associated with disease elimination and restoration work. Thus, it is essential to prevent livestock diseases through monitoring and prediction efforts. Currently, however, it is still difficult to provide accurate predictive information regarding occurrences of livestock diseases, because existing cattle health monitoring or forecasting systems are only limited to monitor environmental conditions of livestock barns and check activities of cattle by using a pedometer or thermal image. In this paper, we present a biosensor-based cattle health monitoring system capable of collecting bio-signals of farm animals in an effective way. For the presented monitoring system, we design an integrated monitoring device consisting of a sensing module to measure bio-signals of cattle such as the heartbeat, the breath rate and the momentum, as well as a Zigbee module designed to transmit the biometric data based on Wireless Sensor Network (WSN). We verify the validity of the monitoring system by the comparison of the correlations of designed device with a commercial ECG equipment through analyzing the R-peak of measured signals.

▶ Keyword : Livestock diseases, cattle health monitoring, biosensors, wireless sensor networks

1. Introduction

한국은 풍부한 축산 인프라에도 불구하고 가축 사육 밀집도가 매우 높아 쉽게 질병에 노출될 수 있으며 가축질병 발생 시 상대적으로 더 빠르게 확산되며 피해가 급속도로 증가하는 경향을 보인다. 또한 매년 농가당 사육 가축 수는 급격히 증가하고 있으며 이에 비례하여 가축 밀집도도 증가하는 추세를 보이고 있다. 한편 구제역 등과 같은 고 위험군의 가축 질병은 가축 사육 농가에 가축의 유실 및 생산성 저하를 동반하는 직접적인 경제적 손실뿐만 아니라 국가의 축산 산업과 관광 산업에 이르는 광범위한 간접적인 비용 손실을 초래한다. 이에 가축 질병 발생의 감시와 예방적 차원의 모니터링 시스템의 개발 및 도입이 절실한 실정이다. 하지만 기존의 가축 질병 감시 시스템은

축사의 온도나 습도와 같은 환경변화를 감시하거나, 가축의 체온 정보 및 움직임 정보만을 수집하여 질병을 예방하기 때문에 실질적인 질병 모니터링을 위한 시스템으로서의 한계를 보인다.[1-5].

본 논문에서는 가축의 생체신호를 효과적으로 측정할 수 있는 바이오센서 기반의 가축 모니터링 시스템(LMS: Livestock Monitoring System)을 제시한다. LMS는 가축의 개별 개체로부터 질병과 직접적으로 연관되는 생체 정보인 심박과 호흡수, 운동량 등을 측정하며, 가축에 장착하기 위해 소형화하여 개발하였다. 또한 수집된 생체정보의 수집 및 전송을 위한 무선 센서 네트워크의 구현을 위해 개발된 LMS는 Zigbee 모듈을 사용한다[6]. 또한 LMS로 부터 전송된 정보는 사용자용 실시간

*First Author: Myeong-Chul Park, Corresponding Author: Ok-Kyoon Ha
*Myeong-Chul Park (africa@songho.ac.kr), Faculty of Liberal Arts, SongHo College
**Hyon-Chel Jung (jjabsae3319@hanmail.net), Dept. of Biomedical Engineering, Konkuk University
***Ok-Kyoon Ha (okha@ikw.ac.kr), Dept. of Aeronautics & Software Engineering, KyungWoon University
• Received: 2016. 10. 11, Revised: 2016. 10. 14, Accepted: 2016. 10. 28.

감시 시스템인 CDSS (clinical decision support system)에 제공되어 가축의 질병 예방에 활용되어진다[7]. 개발된 LMS의 실용성은 상용의 ECG 장치로 동일한 가축 개체를 측정하여 추출된 결과의 상관관계를 분석한 결과에서 평균 상관계수 0.9741로 유효성과 실용성이 높음을 확인하였다.

II. Related Work

Kim[8]은 무선 센서 네트워크 기반의 축사 환경 모니터링 및 환경개선 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 무선 기반의 축사 환경정보 수집 노드, 환경개선 노드, 축사 게이트웨이 및 서버로 구성되며, 대규모 축산산업 환경 모니터링과 환경개선이 가능하여 상황에 따른 능동적인 대응 및 가축의 최적 생활 요건과 질병발생시 정보의 실시간 수집 및 최적 환경제어가 가능하다. 하지만 이 시스템은 축사 환경 관리 중심으로 가축 개별 개체에 대한 감시와 관리는 제공하지 않는다.

Kang[9]은 가축의 질병을 예방할 수 있는 운동패턴 알고리즘을 개발하였다. [9]에서 제시하는 알고리즘은 30분 간격으로 축사의 온도와 개체의 체온을 측정하여 일정 온도 이상일 경우 축사의 온도를 낮추는 알고리즘이다. 그리고 개체의 활동패턴을 데이터베이스에 저장된 질병 패턴과 비교하여 유사성이 있을 경우 해당 정보를 데이터베이스에 저장하는 구조로 설계되어 있다. 그러나 이 알고리즘 기반의 시스템은 가축 개체의 체온만을 대상으로 하여 다양한 질병에 대응하기 어렵고, 발생할 수 있는 질병의 가능성을 모두 예측하기 위해서는 가축 종류별로 질병 사례를 모두 데이터베이스로 구축해야하는 등의 시간 및 비용 측면에서 실용화에 어려움이 예상된다.

Jang[10]은 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 가축의 발열 모니터링 모델을 제안하였다. 이 모델은 가축에 직접적으로 체온을 측정하지 않고 적외선 방식의 비접촉 체온 측정기를 이용하되 측정된 체온은 센서 네트워크로 모니터링 센터에 전송되는 방식이다. 하지만 이 모델 역시 Kang의 사례와 같이 개체의 체온만으로 질병을 모니터링하기 때문에 다양한 질병에 대응하기 어렵다.

III. Design of the Cattle Health Monitoring Device

본 논문에서는 가축 농가의 각 개체들로 부터 심박, 호흡률, 운동량과 같은 생체 정보를 수집하여 가축의 질병 예방이 가능한 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network) 기반의 가축 질병 감시 시스템을 제시한다. 또한 제시하는 시스템을 위하여 가축의 생체신호를 측정하는 바이오센싱 모듈들과 생체측정 데이터를 예방 시스템에 무선으로 전송하기 위한 Zigbee 모듈로 구성된 가축용 소형 통합 장치인 LMS를 개발한다. [Fig. 1]은 개발하는 가축 질병 감시 시스템의 구조를 보인다. 개체에 부착되는 LMS는 심박을 측정하기 위한 ECG (Electrocardiogram) 컴포넌트, 호흡을 측정하기 위한 FSR (Force sensing register) 컴포넌트, 운동량을 측정하기 위한 가속도계 (Accelerometer) 컴포넌트로 구성된 바이오센서 모듈과 수집된 생체 신호의 전송을 위한 Zigbee 모듈로 구성되어 있다. 측정된 정보는 모니터링을 위하여 의사 결정 시스템으로 전달되어 가시화된 정보로 보이게 되며 이는 각 개체의 증상을 직관적으로 이해하는 실질적인 정보를 제공한다.

3.1 Biosensor Module

가축의 생체 신호를 측정 및 수집하기 위한 LMS의 바이오센서 모듈은 가축의 심박을 측정하기 위해 심박동과 관련된 전위인 심전도(ECG)를 측정하여 맥박을 검출하는 ECG 컴포넌트, 호흡신호를 감지하기 위해 FSR을 사용하는 호흡측정 (Respiration) 컴포넌트, 각 개별 개체의 활동량을 측정하는 가속도계(Accelerometer) 컴포넌트로 구성된다.

3.1.1 Detecting Heartbeat

ECG 컴포넌트는 심박을 수집하기 위하여 가축의 심전도를 측정하여 맥박을 검출한다. 심전도를 측정하기 위해 ECG 컴포넌트는 전극 구성과 위상을 고려한 Einthoven's 표준(양극) 사지 유도법을 이용한다[11]. 따라서 3개의 전극을 통해 측정된 심전도 신호를 이용하여 심박을 추정한다.

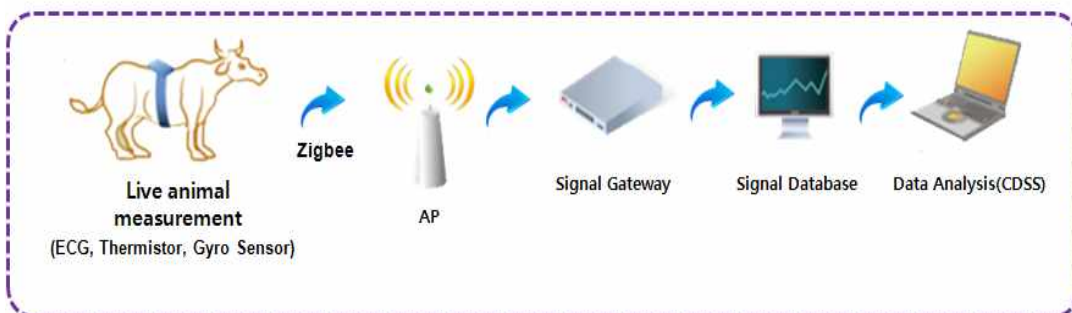


Fig. 1. The overall architecture of LMS for a cattle health monitoring system

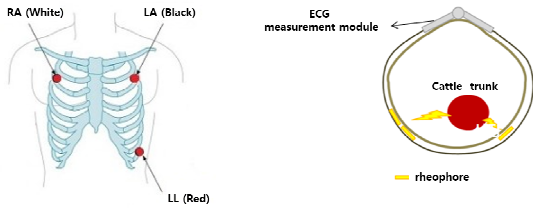


Fig. 2. Measuring points for the ECG component

심박 검출은 ECG 신호 중 심장의 심실이 수축(탈분극)하면서 나타나는 가장 큰 신호인 R-peak를 검출하는데 있다. [Fig. 3]의 좌측은 심전도 신호의 모습이다. ECG 신호의 각 특징점인 P, Q, R, S, T 중 R의 성분만을 강조하여 심박을 검출해야 하는데, 다른 성분보다 비교적 고주파 특성을 갖는 R의 특성을 이용하여 필터링 한다. [Fig. 3]의 우측은 Filter를 통해 60Hz 노이즈를 감소시킨 모습이다. Filter의 성능이 잘 반영되는 모습을 확인 할 수 있다.

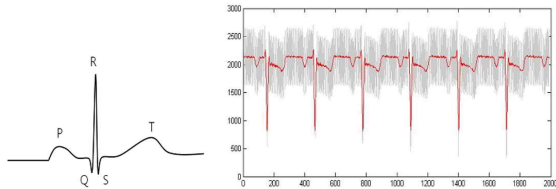


Fig. 3. The consist of ECG signal and filtered signals

[Fig. 4]는 동물용 심박 검출을 위한 ECG기반의 검출 알고리즘을 보이고 있다. 디지털 신호 처리를 위해, ECG 신호의 Raw data를 대상으로 Band Pass Filter(BPF)를 적용한다. BPF의 Cut-off frequency는 일반적인 심전도 측정이 아닌 심박 검출을 고려하기 때문에 5~20Hz의 좁은 Bandwidth를 설정한다. 그리고 심전도 신호의 변화를 변화량 측면에서 분석하기 위한 미분연산과 전극의 위치와 측정 개체에 따른 음의 피크를 보완하기 위한 절댓값 연산을 실시한다. 그리고 값이 큰 피크성분을 강조하기 위하여 신호를 제곱한 후 Low Pass Filter(LPF)를 적용함으로써 전체적인 신호를 Smoothing 시켜주면 가측의 심박 추출을 위한 신호처리가 완료 된다. 심박 검출의 효율과 정확성 증가를 위해 신호 처리된 심박 신호의 Peak의 고저에 따라 threshold level이 능동적 변화하도록 설계하였다.

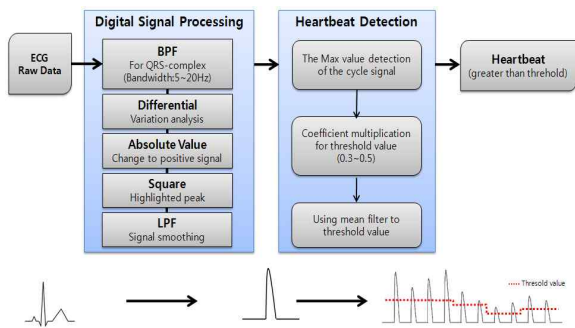


Fig. 4. The heartbeat detection process for the ECG component

한편, 일반적인 수소의 심박이 분당 40~56회이고 암소는 70~90회인 점을 고려하여 0.33초 이내의 심박이 검출되면 (수소 심박의 세배, 암소 심박의 두 배가 넘기 때문에) 해당 신호는 동잡음이나 다른 noise로 간주하여 무시한다. 또한, 0.5초 이내의 noise가 지속적으로 검출 되면 전극의 접촉문제나 ECG 검출의 문제로 간주하여 에러 신호를 전송하도록 설계하였다. 이러한 기능으로 최대 심박을 180회로 제한 할 수 있으며 데이터의 갑작스러운 변화에 따른 오류를 막아줄 수 있다.

3.1.2 Measuring Breath Rate

정상적인 소의 경우 흡식호흡과 복식호흡을 병행하며, 소화기계의 장애 등이 있는 경우 흡식호흡만 하고 호흡기계에 이상이 있는 경우 복식호흡만 하게 되어 호흡수가 증가한다. 소의 호흡수는 이러한 소의 호흡특성을 이용하여 측정한다. 호흡수 측정을 위해 소의 몸통에 FSR(Force Sensing Resistor) 센서를 고정한 밴드를 설치하고 호흡에 따라 센서에 가해지는 압력 변화를 이용하여 측정하도록 설계하였다. FSR 센서는 압력을 측정하기 위한 센서로 압력에 따라 저항 값이 바뀌는 구조이다. [Fig. 5]는 FSR 센서의 구조와 측정을 위한 설치 위치를 보인다.

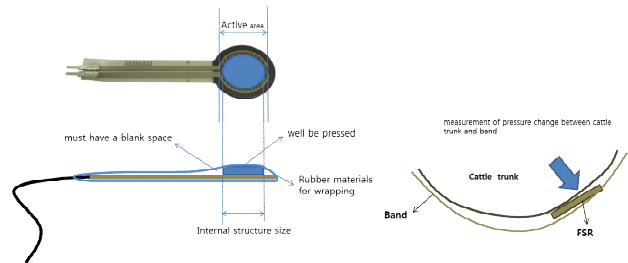


Fig. 5. The architecture of the FSR and the location of installation

[Fig. 6]은 FSR 센서를 통한 동물용 호흡 측정 알고리즘을 보인 것이다. 일반적인 소의 호흡은 분당 20~30회로서 상당히 저주파 특성을 갖기 때문에 FSR 센서를 통해 획득한 신호를 1Hz LPF를 적용한다. 호흡신호도 심박 검출과 같이 Threshold를 세팅해 주어야 하는데, FSR 하드웨어 특성상 1.65V를 기준으로 HPF가 적용되므로 threshold를 1.65로 세팅하였다. 호흡 검출은 FSR 신호가 threshold 보다 커졌다 작아지면 1회 호흡으로 간주하고 1분간 호흡수를 계산하여 분당 호흡수로 표현이 가능하도록 설계하였다.

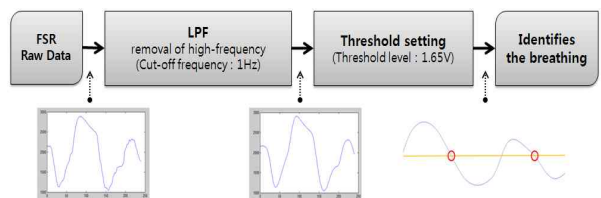


Fig. 6. The process for measuring the breath rate using the FSR sensor

3.1.3 Measuring Momentum

행동이 활발하지 못하고 침울하며 움직이기를 싫어하는 소, 같은 무리와 어울리지 않고 홀로 있는 소, 누운 채 고개를 한쪽으로 기울이고 있거나 기립이 곤란한 소 등은 체내에 이상이 생기 것으로 간주할 수 있기 때문에 가축의 운동량을 측정하는 것은 질병을 예방하는 중요한 수단 중 하나이다. 운동량 측정은 소의 움직임에 따른 가속도 센서의 변위를 측정하고 단위 시간 동안의 운동량을 적분하여 최종 운동량을 측정하게 한다. 이를 통해 운동량은 소가 가만히 있을 때 0, 지속적으로 움직일 때 255, 즉 0~255값으로 측정된다.

[Fig. 7]은 가속도계(Accelerometer)를 이용한 가축의 운동량 측정 알고리즘을 보인 것이다. x, y, z 축의 off-set을 맞추기 위해 1Hz의 Cut-off frequency를 갖는 HPF를 적용하고 음의 가속도로 양의 가속도가 상쇄 되는 것을 막기 위해 각축의 값을 절댓값을 취한 후 모든 축의 값을 합한다. 축의 합을 단위 시간동안 적분하면, 운동이 발생할 때마다 값이 누적되어 적분 값이 커지게 되고, 단위시간이 끝난 후 이 적분 값을 0~255 스케일에 맞게 맞추면 가축의 운동량이 추정되어 진다.

3.2 Zigbee WSN Module

바이오센서 모듈에서 측정한 생체정보를 통합관리 시스템(integrated management system)으로 전달하기 위해 IEEE 802.15.4 기반의 Zigbee Sensor module을 사용하는 WSN을 설정한다. WSN을 위한 Zigbee센서 모듈은 송신감도 6dBm(Typical), 수신감도 -98dBm(Typical)의 스펙을 만족한다. 또한 데이터 처리 및 컨트롤을 위한 MCU는 저 전력 구동과 빠른 신호처리를 고려하며, 장기간 구동을 위해 Low power mode 진입 시 1mA 미만의 전류를 소모해야한다.

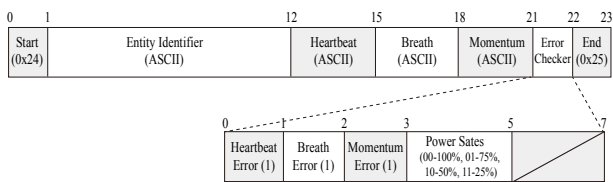


Fig. 8. The protocol of a data packet for WSN

Zigbee 모듈이 전송을 담당하는 생체신호는 시작 문자, 개체 ID, 심박 데이터, 호흡수 데이터, 활동량 데이터, 에러 체커, 종료 문자로 구성된 하나의 데이터 패킷으로 설계 한다. 측정 모듈에서 통합관리시스템으로 전송되는 데이터의 프로토콜은 [Fig. 8]과 같다. 데이터의 시작과 끝은 '\$'(0x24)와 '%'(0x25) 문자로 각각 표시하며, 각 개체에 할당되는 ID 12Byte, 심박수 3Byte, 운동량 3Byte, Error Check 1Byte 로 이루어진다. Error checker는 심박 측정, 호흡수 측정, 활동량 측정 시 오류 발생과 장비의 전원상황 표시 등을 포함하는 다수의 오류 상황을 고려한다.

IV. Implementation

[Fig. 9]는 구현된 LMS를 보인 것이다. 1번 영역이 심박측정을 위한 ECG 컴포넌트이고 2번 영역이 호흡량 측정을 위한 FSR 컴포넌트이다. 그리고 3번 영역이 운동량 측정을 위한 Accelerometer 컴포넌트이고 5번 영역이 Zigbee 모듈이다. 마지막으로 4번 영역은 신호 처리를 위한 MCU 영역이다.

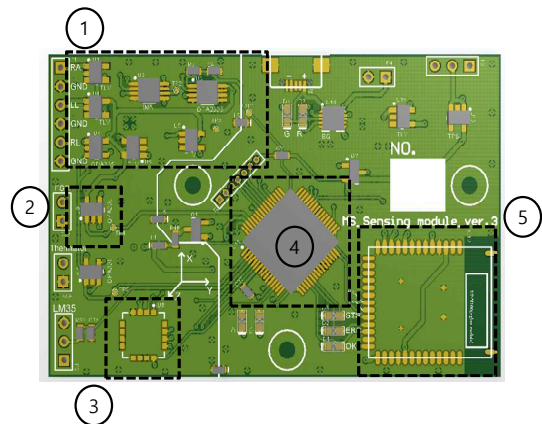


Fig. 9. Implementation of the integrated device

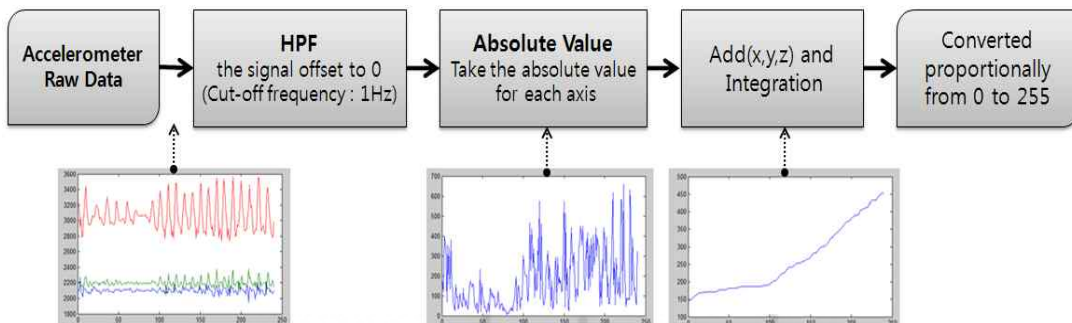


Fig. 7. The process for measuring the momentum using the accelerometer component

4.1 Biosensor Module

ECG 컴포넌트는 가슴의 맥박을 검출하기 위해 심전도를 측정하며, 이를 위해 INA326을 계측 증폭기로서 이용하였다. 이는 Low offset, low offset drift, true rail-to-rail I/O, low cost 등의 특징을 가진다. ECG 모듈은 일반적인 심전도를 측정하는 것이 아니라 개체의 심박을 검출하기 때문에 Bandwidth 가 1~30Hz 범위를 허용하도록 설계되었다. [Fig. 10]은 ECG 컴포넌트 구현을 위한 회로도를 보인다.

ECG 컴포넌트는 외부 노이즈를 최대한 줄이기 위하여 노이즈를 feedback 하도록 RLD 회로를 구성하였으며 shield cable 을 사용하여 케이블에서의 노이즈를 예방하도록 하였다. [Fig. 11]은 통합 디바이스에 구현된 ECG 컴포넌트를 보이고 있다.

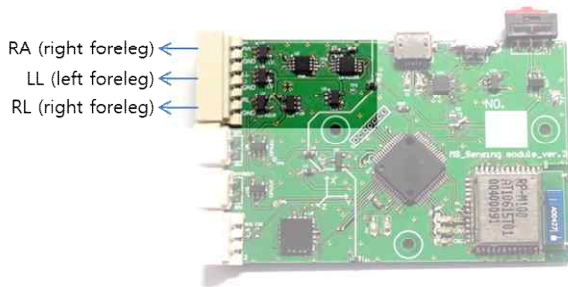


Fig. 11. Implemented ECG component on a single board

호흡 측정을 위한 FSR 컴포넌트는 센서의 신호를 증폭하기 위하여 HPF를 포함하여 10배 Gain과 0.159~1Hz의 Bandwidth를 가능하도록 하였다. [Fig. 12]는 호흡측정을 위한 FSR 컴포넌트의 회로도를 나타낸다. FSR 센서 부분은 고무 재질의 센서 보호 케이스를 사용하여 압력 반응에 민감하고 다양한 이물질로부터 보호하도록 구현하였다.

개체의 운동량을 측정하는 Accelerometer 컴포넌트에 사용되는 센서는 1.5~6g의 범위 민감도를 갖는 3축 센서와 아날로그 출력 및 Sleep 모드를 지원한다. 그리고 raw 데이터를 디지털 신호로 변환하기 위하여 LPF를 거치는데 이는 cutoff frequency가 150Hz이다. 또한 정량적 수치화를 위하여 256 단계의 범위로 제한하도록 설계되었다. [Fig. 13]은 구현된 Accelerometer 컴포넌트의 회로도를 보이고 있다.

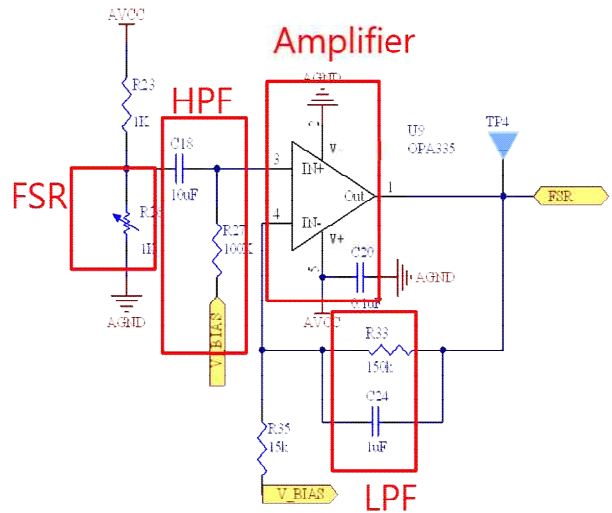


Figure 12. The Circuit diagram for respiration component and its implemented configuration

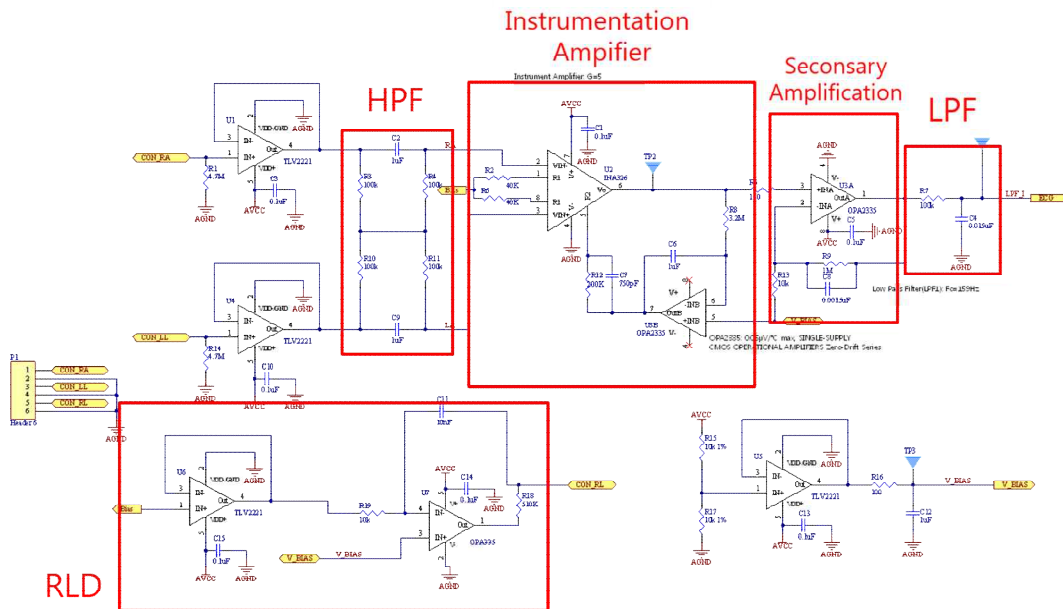


Fig. 10. The circuit diagram for implementing the ECG component

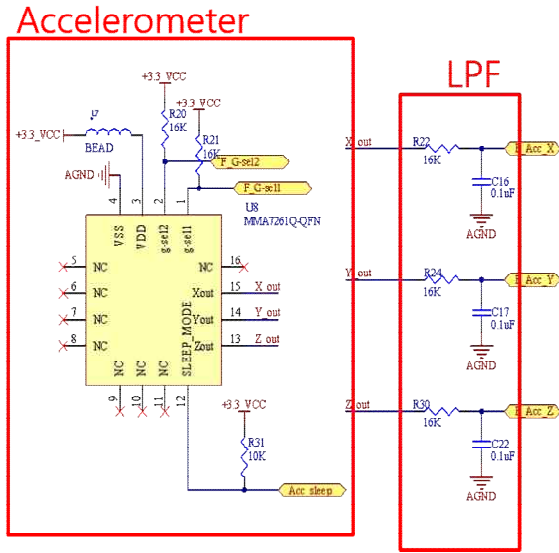


Fig. 13. The Circuit diagram and implemented configuration for the accelerometer component

4.2 Zigbee Sensor Module and Integration

수집된 개체의 생체 신호의 전송을 담당하는 Zigbee Sensor 모듈을 위해 RP-M100(MAC) 센서를 도입하였다. 이는 송수신 감도가 각각 6dBm, 98dBm을 만족하며 120m까지 무선 통신이 가능하다. 통신 거리를 최대한 확보하기 위하여 내부의 안테나를 사용하지 않고 별도의 Herical (1dB) 안테나를 외부에 부착하였다. [Fig. 14]는 구현된 Zigbee 센서 모듈 회로도를 보이고 있다.

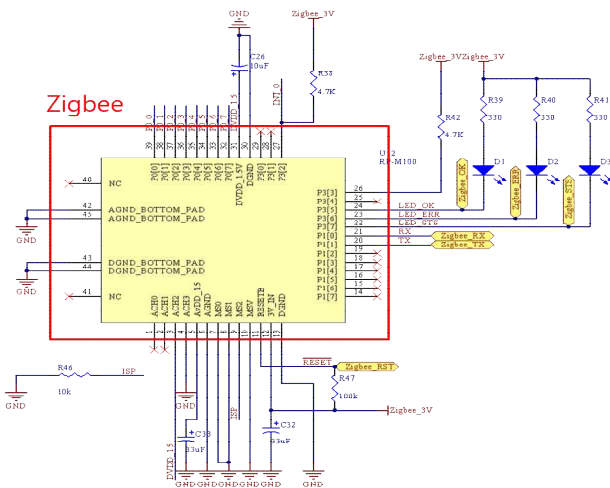


Fig. 14. The circuit diagram for implementing the Zigbee WSN module

수집된 데이터는 Zigbee 모듈을 통해 전송되기 전에 신호처리를 위한 MCU를 거쳐게 된다. 해당 MCU는 저 전력을 위하여 Low power mode 로 변경시 전류 소모(1mA미만)와 동작 전류(1uA 이하), RAM 유지전류(0.1 uA), MIPS 당 250uA를 소모하는 저 전력 MCU 로 설계되었다.

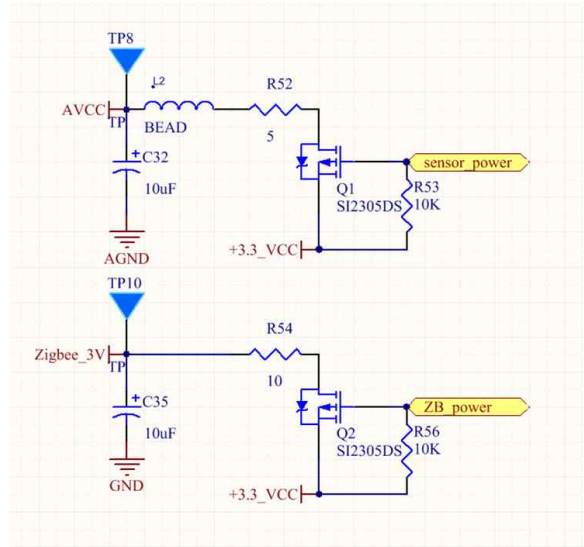


Fig. 15. The circuit diagram for implementing MOSTEF

[Fig. 15]는 구현된 각 모듈의 전원 제어를 위하여 장착된 MOSETEF를 보이고 있다. 장착된 MOSETEF의 기능은 각 모듈의 동작 시에만 전원을 공급하고 동작하지 않을 경우에는 전원을 차단하는 방식으로 전류 소모를 최소화한다. 또한 초기 전원 공급 후 약 1분간 신호를 측정하고 신호에 문제가 없으면 LED를 OFF시킨 후 통신 모듈에 전원을 공급하게 하여 저 전력 동작을 우선시 하였다. [Fig. 16]은 구현된 장치를 실제 가축 개체에 장착한 모습이다.



Fig. 16. Installed LMS on a real cattle

V. Evaluation

구현된 LMS의 유효성을 검증하기 위하여 상용 ECG 장비 (Shiller 사)와 측정값을 비교하였다. 두 장치에서 개체의 심박수와 호흡수를 측정하여 신호 간 상관계수를 통해 LMS의 유효성을 검증한다. 측정 신호의 R-peak을 사용하여 R-R 간격과 HR(Heart Rate)을 분석하여 두 장치 사이의 상관 계수를 구한다. [Fig. 3]에서 보인 것과 같이 R-R 간격은 R-peak 다음 R-peak 의 간격을 의미하고 HR은 단위 시간당 심박수를 의미한다.

[Fig. 17]은 구현 시스템과 상용 ECG 장비간의 상관계수를 분석하기 위한 생체 신호 측정의 결과를 보인 것이다. 상단 신호는 구현 시스템의 생체신호이고 하단의 신호는 상용 ECG 장비에 의해 측정된 결과이다. 단위 영역 당 R-R 간격과 각 HR 별 상관계수 결과는 [Table 1]과 같고 가축의 심박수를 고려하여 30~160으로 측정하였다. 측정결과, 정상 가축의 경우(30HR)는 96.27%의 평균 유사도를 나타내었다. 특히, 30HR 이상으로 상관계수도 증가하였으며 측정된 전체 상관계수는 평균 97.41%로 유효한 결과를 나타내었다.

Table 1. The results of deduced correlation coefficient for LMS

HR	Unit Area	Correlation coefficient
30	2mV	0.9627
	4mV	0.9587
60	2mV	0.9836
	4mV	0.9794
80	2mV	0.9782
	4mV	0.9785
120	2mV	0.9521
	4mV	0.9861
160	2mV	0.9772
	4mV	0.9843
Effectiveness Average		0.9741

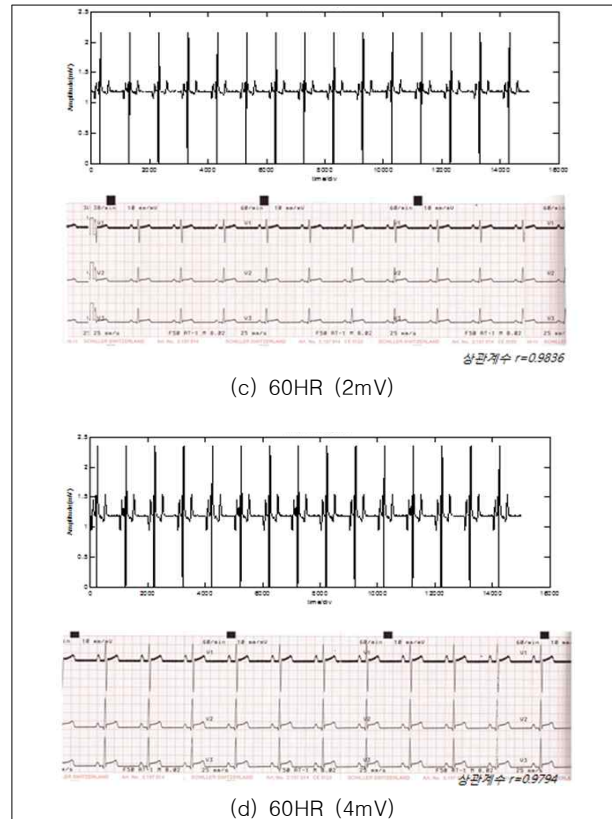


Fig. 17. The real results of measured bio-signals by LMS and the ECG equipment

[Fig. 18]은 질병 감시를 위한 모니터링에 대한 실증 결과를 검증하고 효과성을 확인하기 위한 시각화 도구를 보이고 있다. 각 개체별로 수집된 생체정보를 실시간으로 보이기 위한 인터페이스는 접근성 등을 고려하여 HTML5 방식의 웹 환경으로 제공한다.

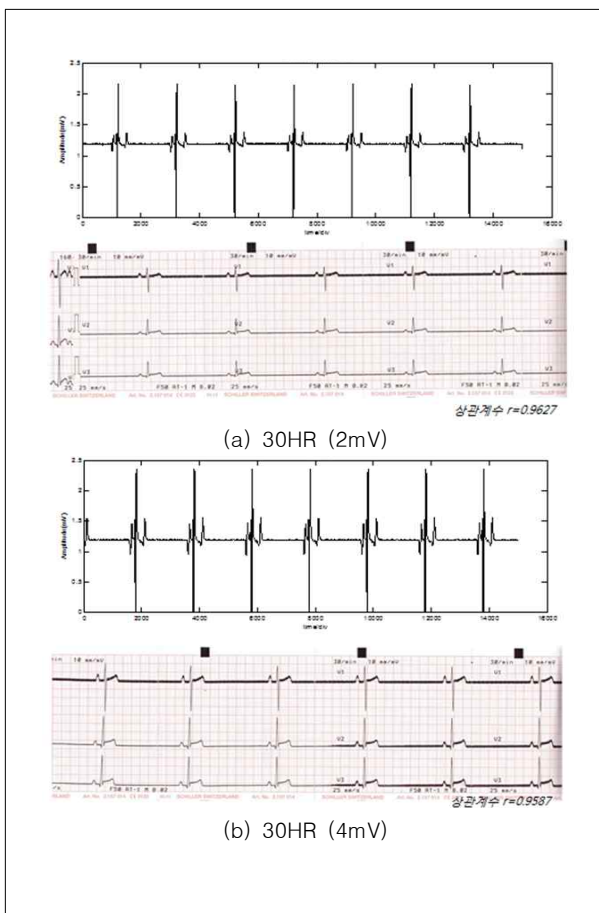


Fig. 18. Clinical decision support system(CDSS)

VI. Conclusion

본 연구에서는 생체측정 바이오센서를 이용한 동물 질병 예방 시스템을 구현하였다. 상용 ECG장비와 구현된 LMS의 개체별 심박 및 호흡수의 측정치 비교를 통해 제시하는 가축 질병 감시 시스템의 유효성을 검증한 결과, 평균 상관계수 0.9741로 유효성이 높음을 보였다. 이러한 LMS의 유효성 결과를 바탕으로 생체 정보의 연속적인 변화를 식별하여 가축의 이상여부를 판단하고 질병 발생여부를 조기에 발견할 수 있게 할 수 있으며, 향후 축산 농가의 질병 감시 및 질병의 확산을 차단할 수 있는 긴급대처 시스템을 구축하는데 활용 가능하다. 다만, 축산 전문가의 의견으로 가축 허리부분에 착용하는 장치의 무게감과 압박감으로 가축의 스트레스가 가중될 수 있고 이질감으로 장치를 벽에 부딪치는 등 파손의 가능성이 있음을 지적하였다. 향후 소형화와 이질감을 최소화 할 수 있는 후속연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Hwang, J. H., Lee, M. H., Ju, H. D., Kang, H. J., & Yoe, H. Implementation of swinery integrated management system in ubiquitous agricultural environments. *The Journal of Korea Information and Communications Society* 35(2B): 252-262, 2010.
- [2] Hwang, J. H., Shin, C. S., & Yoe, H. Study on an agricultural environment monitoring server system using wireless sensor networks. *Sensors (Basel)* 10(12): 11189-11211, 2010.
- [3] Ju, M. & Kim, S. Logistic services using RFID and mobile sensor network. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* 1(2): 25-29, 2006.
- [4] Kim, H., Yang, C., & Yoe, H. Design and implementation of livestock disease forecasting system. *The Journal of Korea Information and Communications Society* 37(12): 1263-1270, 2012.
- [5] Lee, J., Hwang, J. H., & Yoe, H. Design of integrated control system for preventing the spread of livestock diseases. *Lecture Notes in Computer Science* 7105: 169-173, 2011.
- [6] Hyon-Chel Jung, Myeong-Chul Park. A Design of Animal Disease Prevention Monitoring System using Zigbee, *Proceedings of Korea Society of Computer and Information Summer Conference*, 417-418, 2014.
- [7] Myeong-Chul Park, Hyon-Chel Jung, Tae-Koon Kim, Ok-Kyoon Ha, Design of cattle health monitoring system using wireless bio-sensor networks, In *Proceedings of CECNet2014*, Vol. 1, pp. 325-328, 2015.
- [8] Hong-Kyu Kim, Seung-Jin Moon, Jong-Dae Lee, Sun-O Choi, 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.38C, No.07, 2013.
- [9] Yun-Jeong Kang, Dong-Oun Choi, Cattle Bio-information Monitoring System Based on Context Awareness, *The Journal of Korea Entertainment Industry Association*, Vol. 6, No. 2, 2012.
- [10] Heetae Jang, Byungmun Lee, Temperature Monitoring System for the Livestock over the Sensor Network, *Proceedings of Korean Society for Internet Information Summer Conference*, Vol.12 ,No. 1, 2011.
- [11] In Hyuk Choi , In Sung Jung , Nam Soo Kim , Doo Seok Suh, Studies on electrocarddiogram of the normal Korean native cattle - 1. Standard limb leads, *Korean Journal of Korea of Veterinary Research*, Vol. 33, No. 4, pp. 719-734, 1993.

Authors



Myeong-Chul Park received a B.S. degree in Computer Science from Korea National Open University in 1999, a M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from GyeongSang National University in 2002, 2007. He is currently a Professor in the Faculty of Liberal Arts, SongHo College. He is interested in visualization, simulation, health care, virtual reality, and parallel programming.



Hyon-Chel Jung received B.S degree in Biomedical Engineering Konkuk University, Korea, in 2014.

He is currently a M.S Certificate in the Department of the Biomedical Engineering.

He is interested in digital convergence business model, Health Cloud, mobile Health Care Service.



Ok-Kyoon Ha received a B.S. degree in Computer Science under the Bachelor's Degree Examination Law for Self-Education from National Institute for Lifelong Education, a M.S. and Ph.D. degrees in Informatics from GyeongSang National

University. He is currently a Professor in the Department of Aeronautics & Software Engineering, KyungWoon University. He is interested in parallel/distributed programming, software testing and debugging, embedded system programs, dependable software, and software development activities for avionics.