가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템*

소선섭** · 김병호*** · 은성배**** · 전정호*****

Ubiquitous Integration Monitoring System for the Feeding and Environment Management of Livestock Production*

Sunsup So** · Byeongho Kim*** · Seongbae Eun**** · Jungho Jun*****

■ Abstract ■

This research aims to propose a ubiquitous integration monitoring system for the feeding and environment management of livestock production. The integration monitoring system proposed in this research is based on an integrated platform, and consists of livestock shed environment monitoring system, livestock monitoring system, livestock remote medical treatment, and feeding and management system. This research conducts the followings. First, we review the previous researches on livestock related ubiquitous monitoring system to examine the factors to be considered in the proposed system. Then, we design the system and implement the prototype to demonstrate the possibility of the application of this system to real stockbreeding environment.

Keyword : Ubiquitous Computing, Ubiquitous Monitoring System, Livestock, Feeding and Management, Stockbreeding

논문투고일 : 2012년 09월 14일 논문수정완료일 : 2012년 11월 09일 논문게재확정일 : 2012년 11월 23일
* 본 연구는 농림수산식품부 생명산업기술개발사업 중 “가축 생산성 향상을 위한 U-IT 기반 사양 관리 모니터링 기술 개발”에 의해 이루어진 것임.
** 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
*** 경성대학교 컴퓨터공학부 교수
**** 한남대학교 정보통신공학과 교수
***** (주)옥타컴 기업부설연구소 선임연구원/경희대학교 경영대학 박사과정, 교신저자

1. 서 론

축산 산업은 가축의 질병 감염 문제에 매우 민감하며, 특히 소, 돼지, 닭 등의 가축들은 공동 축사에서 사육되기 때문에 전염병에 감염된 경우에는 그 피해 규모가 기하급수적으로 증가하게 된다. 2011년 2월을 기준으로 구제역 발생으로 인한 생산액 감소율은 2010년과 비교하여, 낙농 8.37%, 한육우 3.90%, 양돈 31.98%에 이르며, 이를 기반으로 산업 연관 분석을 수행한 결과, 낙농, 한육우, 양돈 산업의 생산액 감소가 국민 경제 전반에 미친 파급 효과는 생산 유발 감소액 4조 93억 원, 부가 가치 감소액 9,550억 원, 고용 감소 효과 47,813명에 달하는 것으로 도출되었으며, 이 수치는 구제역 발병에 의한 축산업의 생산액 감소가 관련 산업에 작용한 것으로서, 국내 총 생산(GDP : Gross Domestic Product)의 약 0.1%에 해당하는 것이다[5]. 또한 이러한 질병 감염에 의한 피해를 줄이기 위해 생산자들은 항생제를 과다 사용하게 되고, 이는 생산비 증가와 국민 건강 위협이라는 부작용을 초래하게 된다[7].

이러한 축산 산업의 현실 속에서, 다양한 무선 센서 네트워크 기술이 지속적으로 발전함에 따라 축산 현장의 객체(예 : 가축) 및 환경(예 : 축사) 등에 대한 상시적인 모니터링이 가능하게 되었고, 축산 산업은 유비쿼터스 기술의 축산 현장 적용에 대한 지속적인 니즈를 가지게 되었다. 김동관 등[3]은 IT 융합을 기존의 다른 산업들이 정보 기술을 통하여 결합, 통합, 컨버전스(Convergence) 및 퓨전(Fusion)화 되는 것으로 광범위하게 정의하면서, IT 융합 산업을 통해 생산성을 극대화하고, 새로운 사업 기회를 창출할 수 있다고 한다. 이러한 정의에 비추어 볼 때, 본 연구에서 제안하는 ‘가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템’은 IT 융합의 대표적인 사례가 될 수 있을 것으로 판단한다.

기존에도 축산 환경에 센서 네트워크와 같은 유비쿼터스 기술을 적용하고자 했던 연구들은 존재

한다. 이러한 연구들은 크게 축사 환경을 모니터링 하기 위한 시스템 연구[2, 8, 10, 12, 13, 14]와 가축의 생리적 상태를 모니터링 하기 위한 시스템 연구[1, 4, 6, 9, 11]로 구분할 수 있다. 즉, 기존 연구들의 대부분은 축사 환경의 모니터링과 가축의 생리적 상태의 모니터링을 분리하여 접근하였는데, 이러한 접근은 실제 축산 환경에서 큰 한계점을 갖는다. 예를 들어, 전염병 발생 시에 가축의 생리적 상태에 대한 모니터링 정보와 축사 환경에 대한 모니터링 정보가 함께 연동되어 처리되어야 신속하고 적극적인 대처를 할 수 있는데, 기존의 연구들에서 제안하는 것과 같은 분리된 모니터링 시스템에서는 이러한 대응이 어려운 것이다. 특히, 가축 원격 진료에서는 단순한 가축의 생리적 상태에 대한 정보뿐만 아니라 축사 환경에 대한 정보가 함께 제공되어야 더욱 효과적인 처치가 이루어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 통합 플랫폼을 기반으로 축사 환경 모니터링 시스템, 가축 모니터링 시스템, 가축 원격 진료 시스템, 사양 관리 시스템 등으로 구성된 ‘가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템’을 제안하고자 하는 것이다.

본 연구에서는 ‘가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템’의 제안을 위해 먼저 제안하고자 하는 통합 모니터링 시스템과 관련된 기존 연구들을 통하여 가축 관련 유비쿼터스 모니터링 시스템이 반영해야 할 고려 사항들을 검토한다. 그리고 이러한 내용을 기반으로 가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템을 설계하고, 설계된 시스템의 프로토타입을 구현함으로써, 제안하고자 하는 시스템의 구현 및 현실 적용 가능성을 보이고자 한다.

2. 선행 연구

축산 산업 분야에 대한 유비쿼터스 시스템의 도입은 생산성의 향상, 운영 비용의 절감 등에 직접적인 영향을 미치게 되며, 이에 따라 다양한 연구

들이 수행되고 있다. 기존 연구들은 크게 축사 환경 모니터링 시스템에 대한 연구와 가축의 생리적 상태 자체에 대한 모니터링 시스템에 대한 연구로 구분할 수 있다.

2.1 축사 환경 모니터링 시스템에 대한 기존 연구

Frost et al.[10]은 축사 모니터링을 위한 일반적인 통합 모니터링 시스템 구조를 제안하였다. 제안된 통합 모니터링 시스템은 현장의 센서 및 가축 행동 모델 관련 데이터베이스, 먹이 수급과 같은 가축 사양 모델 관련 데이터베이스, 기후 모델 관련 데이터베이스, 질병 관련 데이터베이스 등으로부터 정보를 수집한다. 그리고 이를 해석 루틴(Interpretation Routine)에서 분석한 후에, 특정 분야의 지적 활동과 경험을 통해 축적된 규칙이 저장되어 있는 지식 베이스를 통하여 관리자가 수행해야 할 과업을 추천하거나 시스템이 직접 제어 행동을 수행하게 된다.

Hwang and Yoe[12]은 체계적이고 과학적인 돼지 사육을 위해 무선 네트워크 기술을 적용한 돈사 모니터링 시스템을 제안하고, 프로토타입을 구현하였다. 제안된 시스템은 축사 관련 정보의 수집 및 환경 조절을 위한 물리적 계층(Physical Layer)과 데이터베이스로서 돈사의 정보를 활용하는 중간 계층(Middle Layer), 그리고 응용 계층(Application Layer)으로 구성된다. 그리고 원격에서 돈사를 모니터링 할 수 있을 뿐만 아니라 수동으로 돈사의 설비를 제어할 수 있도록 환경 정보와 시각 정보를 함께 수집하기 위해 무선 네트워크와 CCTV를 함께 설치하게 된다. 돈사의 설비는 미리 설정되어 있는 사육 환경 설정 값에 기반하여 자동으로 제어될 수 있는데, 이 경우 관리자에게 SMS(Short Message Service)를 통해 공지 서비스가 제공된다. 또한 이 연구에서는 제안된 시스템을 기반으로 프로토타입을 구현하였는데, 이 과정에서 축사 내의 환경 센서가 암모니아와 습기 때문에 부식하는 경우가 발생한 점, 센싱 주기를 짧게 설

정함에 따라 센서 배터리 수명에 문제가 발생한 점 등은 본 연구에서 통합 모니터링 시스템을 설계 및 구현함에 있어 고려해야 할 요소일 것이다.

Kwong et al.[13]은 무선 네트워크 기반의 가축 모니터링 시스템, 특히 소를 대상으로 하는 가축 모니터링 시스템이 가지고 있는 기술적 주의 사항을 제시하면서, 이를 극복할 수 있는 방법을 제시하였다. 이 연구에서는 동물의 몸에 전파가 흡수될 수 있고, 이는 전파의 성능 약화를 야기시킬 수 있다고 지적하면서, 이를 극복하기 위해 통신 하드웨어는 동물의 몸에 의한 전파의 성능 약화를 최소화 할 수 있도록 설계되어야 한다고 주장한다. 또한 센서 노드의 메모리 부족을 지적하면서, 견고한 루팅 프로토콜이 요구됨을 제시한다. 그리고 소는 계속해서 움직이기 때문에 네트워크 통신망 구성(Network Topology)과 루팅 경로 배열은 동물의 이동에 대응하여 지속적으로 변화해야 함을 강조하면서, 소의 이동성의 영향을 최대한 줄일 수 있는 'IRP'(Implicit Routing Protocol)이라는 프로토콜을 제안한다.

Pan and Yang[14]은 축사에서 발생하는 악취가 환경과 사람의 건강에 해를 미칠 수 있음을 지적하면서, 축사의 악취를 모니터링 하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 '전자 코'(e-nose)라는 환경 센서를 통해 측정된 악취 데이터가 무선 네트워크를 통해 다양한 데이터 분석 알고리즘이 수행되는 분석 모듈로 전달되고, 이곳에서 데이터가 분석되어, 실시간으로 축사의 악취를 모니터링하게 된다.

곽동호 등[2]은 무선 센서 네트워크를 활용하여 축사 내의 온/습도 환경을 모니터링하고, 최적의 환경을 유지하기 위해 축사 내에 설치된 환경 조절 장치인 안개 분무기를 원격으로 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템에서 각 센서 노드가 측정된 온도 및 습도 데이터는 제어기의 싱크 노드로 전송되고, 제어기가 수집된 데이터를 분석하여 안개 분무기를 구동시키게 된다. 또한 제어기는 수집한 데이터를 서버로 전송하고,

서버는 이를 PC를 통해 관리자에게 제공하게 되는데, 관리자는 제어기의 설정을 변경할 수 있고, 변경된 설정 정보는 제어기로 전달된다.

황정환 등[8]은 돼지 축사에 유비쿼터스 센서 네트워크를 설치하여 최적의 생육 조건을 조성하기 위한 유비쿼터스 돈사 통합 관리 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 조도, 습도, 온도, 암모니아 가스 등 돼지의 생육 환경에 영향을 미치는 요소를 측정하는 센서와 CCTV를 돼지 축사의 내·외부에 설치하여, 축사 환경을 모니터링하게 된다. 그리고 이를 기반으로 축사 내·외부의 환경 정보를 관찰할 수 있는 축사 환경 모니터링 서비스, 축사의 영상을 실시간으로 제공해주는 축사 영상 모니터링 서비스, 환경 기준 값을 활용하여 축사 시설을 자동 제어하거나 관리자에 의해 축사 시설을 수동 제어할 수 있는 축사 시설 제어 서비스에 위험 상황이 발생한 경우에 이를 알려주는 위험 상황 알림 서비스를 제공하게 된다.

2.2 가축의 생리적 상태 모니터링 시스템에 대한 기존 연구

강윤희 등[1]은 돼지의 체온과 산성도 변화를 측정하여, 돼지의 임신 가능 여부를 판별하고, 필요시에 해당 정보를 관리자(예 : 농가)에게 알려주는 유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 동물 자원 관리 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 돼지의 체내에 삽입이 가능한 센서 노드와 축사 내에 설치하는 싱크 노드, 그리고 관리자를 위한 클라이언트 프로그램 등으로 구성되는데, 센서 노드와 싱크 노드 사이의 통신은 IEEE 802.15.4 ZigBee 통신 프로토콜이 활용되고, 측정된 데이터는 수집 환경 정보 데이터베이스에 저장되며, 관리자의 편의성을 위해 관리자가 클라이언트 프로그램을 통해 구성 환경을 제어하고 브라우징 할 수 있도록 개발되었다.

장희태, 이병문[6]은 가축이 전염성 질병에 감염되는 경우에 발생하는 공통적인 특성 중 하나가 체온 상승이라는 것에 착안하여, 가축의 체온 변

화를 상시적으로 모니터링 할 수 있는 가축 발열 모니터링 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템에서 가축의 체온을 물리적으로 접촉하여 측정하지 않고, 적외선 방식의 비접촉 체온 측정기를 이용하는 데, 이는 물리적인 접촉이 요구되는 방식으로 가축의 체온을 측정할 경우, 가축이 체온 측정기를 훼손시킬 가능성이 크고, 가축에게 스트레스를 가하게 되는 가능성도 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 제안 시스템에서 측정된 체온 데이터는 질병 감염 유무를 판단하는 모듈로 전달되는데, 질병 감염이 의심되는 체온 데이터가 감지되면, 이상 체온의 정도에 따라 데이터베이스의 질병 정보 데이터를 기반으로 감염 가능 질병 목록이 생성된다.

서정택 등[4]은 발정기의 암소의 특징을 반영하여, 유비쿼터스 센서 네트워크를 통해 암소의 발정을 감지할 수 있는 시스템을 제안하였다. 여기서 발정기 암소의 특징이란 발정기 시작 시의 암소는 보통 때의 암소보다 걸음걸이가 4배 이상으로 늘어나고, 소가 다른 소의 등에 올라타는 행위인 ‘승가’를 허용하는 횟수 또한 발정기 후기일수록 증가하게 되는 것을 의미한다. 제안된 시스템은 가속도 센서를 활용하여 소의 활동량을 파악하고, 활동량이 증가하면 관리자에게 발정 감지에 대한 1차 경고를 하게 된다. 그리고 이후, 소의 미근부(꼬리 밑)에 부착된 압력 센서를 동작시켜, 측정된 데이터를 서버로 전송하게 되고, 서버는 최종 발정 유무에 대한 정보를 관리자에게 전달하게 된다.

또한 이 밖에도 가축의 종류별로 다른 송신기를 이용하여 가축의 체온을 측정할 수 있는 원격 측정 시스템을 제안한 연구[9]나 암소의 생리적 상태 제어를 위한 실시간 센서 모니터링 시스템[11]을 제안한 연구도 존재한다.

기존 연구들을 검토해 보면, 축사의 환경과 가축의 생리적 상태를 분리하여 모니터링하는 방식이 대부분이다. 그러나 실제 축산 환경에서 축사의 환경과 가축의 생리적 상태는 분리될 수 없을 뿐만 아니라 이러한 정보들이 상호 연동되어 처리

되어야 한다. 이에 본 연구에서는 축사 환경 모니터링 시스템과 가축 모니터링 시스템이 상호 연동되고, 이를 기반으로 수의사와의 원격 진료가 병행되는 통합 모니터링 시스템을 제안하고자 한다.

3. 시스템의 설계

3.1 통합 관제 시스템 및 운용 관리 서비스

가축 생산성 향상을 위한 세부 응용 시스템인 ‘축사 환경 모니터링 시스템’, ‘가축 모니터링 시스템’, ‘가축 원격 진료 시스템’, ‘사양 관리 시스템’은 데이터 관리 및 활용의 효과성과 효율성 담보를 위해 통합 플랫폼 기반으로 운영되어야 한다. 즉, 통합 플랫폼은 통합 관제 시스템으로서, 각각의 응용 시스템에서 생성되는 정보를 수집 및 관리하며, 이러한 정보들이 서로 연계하여 활용될 수 있도록 하여야 한다.

축사 환경 모니터링 시스템의 환경 요소 정보는 환경 관리 자동 제어 영역으로 통합 관제 시스템

의 축사 환경 모니터링 모듈과 연계되고, 가축 모니터링 시스템의 체온 정보, 음향 정보 등은 이상 징후 감지, 생체 정보 측정 영역으로 구분되어 각각 이상 징후 감지 모듈, 생체 정보 분석 모듈로 연계되며, 통합 관제 시스템의 가축 모니터링 모듈로 통합 연계된다. 가축 원격 진료 시스템과 사양 관리 시스템 역시 각각 원격 진료 모듈과 사양 관리 모듈로 연계된다. 또한 이러한 통합 관제 시스템은 이해 관계자(예 : 축사 관리자, 수의사, 관련 공기관 등)들이 용이하게 접근할 수 있도록 운용 관리 시스템과 연계되어야 할 것이다. [그림 1]은 통합 관제 시스템과 운용 관리 시스템의 관계도를 정리한 것이다.

3.2 축사 환경 모니터링 시스템의 설계

축사 환경 모니터링 시스템은 축사 내의 환경 요소를 지속적으로 측정하여 축사 환경의 변화를 모니터링하게 된다. 축사 환경 모니터링 시스템은 축사 환경 모니터링 센서 노드(하드웨어)와 센서

[그림 1] 통합 관제 시스템과 운용 관리 시스템의 관계도

펌웨어(소프트웨어)로 구성된다.

3.2.1 축사 환경 모니터링 센서 하드웨어의 설계

항온 동물인 가축은 일정 체온이 유지되어야 생명을 유지할 수 있을 뿐만 아니라, 열 환경의 영향에 민감하기 때문에 열 환경의 조절에 따라 생산량이 좌우될 수 있다. 따라서 열 환경 요소들을 적절하게 조절하는 것이 생산성을 극대화시키기 위한 주요 방법 중 하나이다. 축사 환경 모니터링 센서 하드웨어는 축사 내의 환경 요소를 측정할 수 있는 센서인 온/습도 센서, 이산화탄소 센서를 포함하는 센서 노드를 의미하며, 그 구체적인 요구사항은 <표 1>과 같고, [그림 2]는 그 블록도를 나타낸 것이다.

<표 1> 축사 환경 모니터링 시스템의 센서 노드 요구 사항

분야	내용
전원	12V DC 어댑터 입력 전원
MCU	CC2530 One Chip
무선 통신	ZigBee
USB to Serial	CP2102
인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 전원 on/off 스위치, 12V DC 전원 커넥터 App. 버튼, MCU 초기화 버튼 응용 LED 연결, USB Serial Connector

[그림 2] 축사 환경 모니터링 시스템의 센서 노드 블록도

3.2.2 축사 환경 모니터링 센서 소프트웨어의 설계

축사 환경 모니터링 시스템에서 센서 노드는 ZigBee 통신을 통해 수신기와 연결되고, 수신기는 이더넷을 통해 서버와 연결되어 축사 내의 환경 요소에 대한 데이터가 지속적으로 수집되는데, [그림 3]은 센서 노드, 수신기, 서버 사이의 메시지 시퀀스를 나타낸 것으로서, 센서 노드는 가장 먼저 RF 통신을 위해 CC2530을 초기화하고, 각 센서를 초기화한 후에 각 센서로부터 환경 요소 데이터를 수집하게 된다. 이후 수집된 데이터는 수신기를 통해 서버로 전달되어 저장된다.

[그림 3] 축사 환경 모니터링 시스템의 메시지 시퀀스

이 때, 센서 노드와 수신기 사이의 ZigBee 데이터 프로토콜은 <표 2>의 내용을 따르게 된다.

3.3 가축 모니터링 시스템의 설계

가축 모니터링 시스템은 가축의 체온과 이상 소음 등을 측정하여 가축의 상태를 모니터링 하게 된다. 가축 모니터링 시스템은 가축 모니터링 센서 노드와 센서 펌웨어로 구성된다.

3.3.1 가축 모니터링 센서 하드웨어의 설계

가축 모니터링 센서 하드웨어는 가축의 체온을 측정할 수 있는 센서인 체온 센서 노드와 이상 소

〈표 2〉 축사 환경 모니터링 시스템에서 센서 노드와 수신기 사이의 ZigBee 통신 프로토콜

구 분	데이터 크기(Byte)	설명
Source Address	4	장치(예 : 센서, 게이트웨이 등) ID
Network Address	4	RF 네트워크 사용 ID
Destination Address	4	장치에서 데이터를 송신하는 목적지의 주소
Sequence	1	RF를 통해 전송하는 데이터 시퀀스
Command	1	서버 확인 명령(0X30)
Data Length	1	센싱 데이터 크기 (4~6Byte)
CRC	1	RF 전송 시, 손실 및 잘못된 데이터 확인

음을 측정할 수 있는 음향 센서 노드를 의미하며, 그 구체적인 요구 사항은 <표 3>과 같고, [그림 4]와 [그림 5]는 그 블록도를 나타낸 것이다.

〈표 3〉 가축 모니터링 시스템의 센서 노드 요구 사항

분야	내용	
	체온 센서 노드	음향 센서 노드
전원	3.6V DC 어댑터 입력 전원	12V DC 어댑터 입력 전원
MCU	CC2530 One Chip	CC2530 One Chip
무선 통신	ZigBee	ZigBee
USB to Serial	CP2102	CP2102
인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 전원 on/off 스위치, 3.6V DC 전원 커넥터, 배터리 모니터링 App. 버튼, MCU 초기화 버튼 응용 LED 연결, USB Serial Connector 	<ul style="list-style-type: none"> 전원 on/off 스위치, 12V DC 전원 커넥터 App. 버튼, MCU 초기화 버튼 응용 LED 연결, USB Serial Connector

[그림 4] 가축 모니터링 시스템의 온도 센서 노드 블록도

[그림 5] 가축 모니터링 시스템의 음향 센서 노드 블록도

3.3.2 가축 모니터링 센서 소프트웨어의 설계

가축 모니터링 시스템에서 체온 센서 노드와 음향 센서 노드는 ZigBee 통신을 통해 수신기와 연결되고, 수신기는 인터넷을 통해 서버와 연결되어 축사 내의 환경 요소에 대한 데이터가 지속적으로 수집된다. 이 때, 센서 노드, 수신기, 서버 사이의 메시지 시퀀스는 [그림 3]과 동일하고, 센서 노드와 수신기 사이의 ZigBee 데이터 프로토콜 또한 <표 2>의 내용과 동일하다.

3.4 가축 원격 진료 시스템의 설계

가축 원격 진료 시스템은 스마트폰 기반으로 원격 대화 기능 및 데이터 공유 기능을 사용하여, 원격의 수의사가 가축의 상태를 용이하게 문진할 수 있도록 설계한다.

3.4.1 가축 원격 진료 시스템 소프트웨어의 설계

가축 원격 진료 시스템 소프트웨어는 관리자의 경우 스마트폰 기반, 수의사의 경우 PC 기반으로 설계되며, 그 구체적인 프로세스는 [그림 6]과 같다.

[그림 6] 가축 원격 진료 시스템의 메시지 시퀀스

3.5 사양 관리 시스템의 설계

사양 관리 시스템과 관련하여 국내에서는 2011년 9월부터 2012년 4월까지 농림수산 식품부 산하 축산물품질 평가원의 주관 하에 ‘스마트 쇠고기 이력 시스템 구축 사업’이 수행되었다. 이 구축 사업은 축사 환경 상 바코드 태그가 분뇨나 오물 등으로 인해 훼손되어 인식이 되지 않는 문제를 해결하기 위해서 기존에 바코드 태그를 소 귀에 부착하여 바코드 리더로 인식하여 가축의 이력을 관리하던 시스템을 UHF 대역의 RFID(Radio Frequency Identification) 태그로 전환하는 시범 사업이었다. 본 연구에서는 NFC(Near Field Communication)를 활용하여, 특정 가축의 정보를 등록 또는 확인할 수 있도록 설계한다. 이는 스마트폰의 보급이 확산됨에 따라 관리자가 고가의 RFID 장비(예 : RFID 리더)를 별도로 구매하지 않더라도, 이력 관리를 수행할 수 있는 가능성이 존재하기 때문이다.

3.5.1 사양 관리 시스템 소프트웨어의 설계

사양 관리 시스템 소프트웨어는 스마트폰을 기반으로 하여, NFC 태그와의 상호 작용을 통해 특정 가축의 정보를 등록하거나 확인할 수 있으며, 그 구체적인 프로세스는 [그림 7]과 같다.

[그림 7] 사양 관리 시스템의 스마트폰 동작 시나리오

4. 시스템의 구현

본 연구에서는 제안하는 가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템의 구현 및 현실 적용 가능성을 검토하기 위하여 프로토타입을 구현하고, 이를 현장에 적용하였다.

4.1 축사 환경 모니터링 시스템의 구현

축사 환경 모니터링 시스템을 위하여 축사 환경 모니터링 센서 노드와 센서 펌웨어를 구현하였다.

4.1.1 축사 환경 모니터링 센서 하드웨어의 구현

축사 환경 모니터링 센서 하드웨어는 축사 내의 환경 요소를 측정할 수 있는 센서인 온/습도 센서, 이산화탄소 센서를 포함하는 센서 노드를 의미하며, [그림 8]은 구현된 센서 노드의 실제 모습이다.

[그림 8] 축사 환경 모니터링 시스템의 센서 노드 구현

4.1.2 축사 환경 모니터링 센서 소프트웨어의 구현

축사 환경 모니터링 센서 소프트웨어는 [그림 2]에서 제시한 메시지 시퀀스에 따라 정보를 처리하게 되며, <표 4>는 이를 위해 CC2530 하드웨어 초기화를 위한 코드, <표 5>는 온/습도 센서와 이산화탄소 센서 활용을 위한 코드를 정리한 것이다.

<표 4> CC2530 하드웨어 초기화를 위한 코드

```
void SEM_Router_Init (byte task_id)
{
    halUARTCfg_t uartConfig;
    halUARTCfg_t uartConfig_noise;

    Router_TaskID = task_id;
    Router_NwkState = DEV_INIT;
    Router_TransID = 0;

    // Device hardware initialization can be added here or
    // in main() (Zmain.c).
    // If the hardware is application specific-add it here.
    // If the hardware is other parts of the device add it in
    // main().

    Router_DstAddr.addrMode =
    (afAddrMode_t)AddrNotPresent;
    Router_DstAddr.endPoint = 0;
    Router_DstAddr.addr.shortAddr = 0;

    // Fill out the endpoint description.
    Router_epDesc.endPoint = ROUTER_ENDPOINT;
    Router_epDesc.task_id = &Router_TaskID;
    Router_epDesc.simpleDesc
    = (SimpleDescriptionFormat_t *)&Router_SimpleDesc;
    Router_epDesc.latencyReq = noLatencyReqs;

    // Register the endpoint description with the AF
    afRegister (&Router_epDesc);
```

<표 5> 온/습도 센서와 이산화탄소 센서 활용을 위한 코드

온/습도 센서	이산화탄소 센서
<pre>void Sht1xInit(void) { Delay_mSec(1); SCK_PORT(); SCK_0(); WRITE_DATA_PORT(); DATA_1(); WriteStatusReg(0); } // 온습도 센서 초기화</pre>	<pre>#define HAL_BOARD_INIT() { uint16 i; SLEEP_CMD &= ~OSC_PD; /* turn on 16MHz RC and 32MHz XOSC */ while (!(SLEEPSTA and XOSC_STB)); /* wait for 32MHz XOSC stable */ asm ("NOP"); /* chip bug workaround */ for (i = 0; i < 504; i++) asm ("NOP"); /* Require 63us delay for all revs */ CLKCONCMD = (CLKCONCMD_32MHZ OSC_32KHZ); /* Select 32MHz XOSC and the source for 32K clock */ while (CLKCONSTA != (CLKCONCMD_32MHZ OSC_32KHZ)); /* Wait for the change to be effective */ SLEEP_CMD = OSC_PD; /* turn off 16MHz RC */ /* Turn on cache prefetch mode */ PREFETCH_ENABLE(); LED1_DDR = LED1_BV; HAL_TURN_OFF_LED1(); LED2_DDR = LED2_BV; HAL_TURN_OFF_LED2(); /* configure tristates */ P0INP = PUSH3_BV; P1INP = PUSH2_BV PUSH4_BV; } #endif</pre>

4.2 가축 모니터링 시스템의 구현

가축 모니터링 시스템을 위하여 가축 모니터링 센서 노드와 센서 펌웨어를 구현하였다.

4.2.1 가축 모니터링 센서 하드웨어의 구현

가축 모니터링 센서 하드웨어는 가축의 체온을 측정할 수 있는 센서인 체온 센서와 이상 소음을 측정할 수 있는 음향 센서를 포함하는 센서 노드를 의미하며, [그림 9]는 구현된 센서 노드의 실제 모습이다.

[그림 9] 가축 모니터링 시스템의 센서 노드 구현

4.2.2 가축 모니터링 센서 소프트웨어의 구현

가축 모니터링 센서 소프트웨어 역시 [그림 3]에서 제시한 메시지 시퀀스에 따라 정보를 처리하게 된다. 이 때, CC2530 하드웨어 초기화를 위한 코드와 채온 센서 및 음향 센서 활용을 위한 코드는 <표 4>, <표 5>에서 제시한 내용과 동일하다.

4.3 축사 환경 모니터링 시스템 및 가축 모니터링 시스템의 센서 적합성 테스트

본 연구에서 구현된 축사 환경 모니터링 시스템 및 가축 모니터링 시스템의 센서 노드들의 적합성 테스트를 위해 건국대학교 동물생명과학대학 내의 실험실, 건국대학교 동물생명과학대학 충주 실습 목장, 경기도 이천의 유원 농장에 센서 노드를 설치하였다. 프로토타입에서는 통합 플랫폼 대신에 로컬 서버로 데이터를 축적할 수 있는 시스템으로 구현하였고, 공유기를 통해 스마트폰과 PC에서 축적된 데이터에 접근할 수 있도록 하였다. [그림 10]은 프로토타입 시스템의 개요를 나타낸 것이고, [그림 11]은 프로토타입 시스템의 실제 설치 모습이다.

[그림 10] 프로토타입 시스템 개요도

프로토타입 시스템에서는 축사 환경 모니터링 시스템 및 가축 모니터링 시스템의 데이터 획득을 위해 임시 로그 서버를 구축하였고, 각 센서 노드 별 데이터 파일이 일일 단위로 저장된다. [그림 12]는 건국대학교 동물생명과학대학 내의 실험실에 설치된 센서 노드들의 데이터 정보이며, 이 정보들은 PC와 스마트폰을 통해 실시간으로 확인할 수 있다.

[그림 11] 프로토타입 시스템 설치 모습

[그림 12] 건국대학교 실험실의 로컬 서버 페이지

4.4 가축 원격 진료 시스템의 구현

4.4.1 가축 원격 진료 시스템 소프트웨어의 구현

가축 원격 진료 시스템은 농장 관리자는 스마트폰을 기반으로, 수의사는 PC를 기반으로 서로 화상 대화를 통해 문진을 할 수 있도록 구현되었다. 본 연구 과정 중 농장 관리자와의 인터뷰를 통해 농장 관리자는 질병 감염의 노출 가능성 때문에 비록 수의사라 하더라도, 타인이 자신이 관리하는 가축에 접근하는 것을 매우 경계하는 것을 파악할 수 있었다. 따라서 본 가축 원격 진료 시스템은 가축물의 1차 진료가가 가능하게 함으로써, 농장 관리자와 수의사 모두에게 새로운 가치를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. [그림 13]은 구현된 가축 원격 진료 시스템 중 수의사용 PC 소프트웨어의 UI(User Interface) 일부를 제시한 것이고, [그림

14]는 농장 관리자용 스마트폰 소프트웨어의 UI 일부를 제시한 것이다.

[그림 13] 수의사용 PC 소프트웨어 UI

[그림 14] 농장 관리자용 스마트폰 소프트웨어 UI

4.5 사양 관리 시스템의 구현

4.5.1 사양 관리 시스템 소프트웨어의 구현

본 연구에서 구현된 사양 관리 시스템 소프트웨어는 NFC 모듈과 안드로이드 2.3 OS 진저브레드 이상을 탑재하고 있는 스마트폰을 기반으로 구현되었다. 기존에는 일반 사용자의 휴대 전화에 NFC 모듈과 같은 RFID 계열의 리더가 탑재되지 않았기 때문에 농장 관리자는 사양 관리를 위해 고가의 RFID 리더 장비를 별도로 구매해야만 했다. 그러나 NFC 모듈이 스마트폰에 탑재됨에 따라 NFC 태그를 통하여 사양 관리 시스템의 비용을 절감할 수 있게 된 것이다. 다만, NFC의 경우에는 인식 거리가 매우 짧기 때문에 위치 인식 등에 활용하

는 것은 적합하지 않을 수 있으며, 따라서 관리자들은 자신의 목적에 부합할 수 있도록 기술 요소를 선택하여야 할 것이다. [그림 15]는 사양 관리 시스템 소프트웨어의 UI 일부를 제시한 것이다.

[그림 15] 사양 관리 시스템 스마트폰 소프트웨어 UI

5. 결 론

본 연구는 축산 산업의 모니터링 시스템에 대한 니즈와 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 발전이 만나는 지점에서 축사 환경 모니터링 시스템, 가축 모니터링 시스템, 가축 원격 진료 시스템, 사양 관리 시스템 등으로 구성된 ‘가축 생산성 향상을 위한 유비쿼터스 통합 모니터링 시스템’을 설계하였고, 프로토타입을 구현하여 현장에 설치 테스트함으로써, 본 제안 시스템의 구현 및 현실 적용 가능성을 제시하였다. 본 연구는 유비쿼터스 기술을 활용하여 축산 생육 환경을 모니터링하고, 이에 영향을 받는 가축 행동에 대한 관찰을 통해 가축의 생산성 저하 및 질병 감염 등에 의한 피해를 방지하고자 하는 것이 최종 목표이다. 그리고 이러한 목적 달성을 위하여 축산 현장의 데이터가 이음매 없이 관리 시스템에 저장되고 관리될 수 있는 통합 시스템의 구현, 선도적인 정보 기술과 수의학 등의 다양한 분야가 융합할 수 있는 네트워크의 구축, 이해 관계자 사이의 원활한 정보 공유가 가능한 시스템 구축 등이 이루어져야 하며, 본 연구는 이러한 구체적 실천 과제들을 수행하기 위해 가장 먼저 이루어져 기반을 제공해야 하는 내용임이 분명

하다. 따라서 본 연구의 기여는 기존에 존재하지 않았던 새로운 기술의 개발이 아니라, 기존의 기술을 새로운 분야에 접목시켜 IT 융합을 일으킴으로써, 참여자들에게 새로운 가치를 제공하고, 관련 분야 연구의 초석을 제공했다는 것에 있을 것이다.

그러나 구현 상의 제한 등으로 인해 가축 모니터링 시스템에서 체온이나 이상 소음뿐만 아니라 카메라를 통한 가축의 행동 모니터링이 필요함에도 해당 부분이 제외되었다는 점, 사양 관리 시스템에 위치 관리가 제외되었다는 점, 통합 플랫폼의 구현이 미흡했다는 점 등은 본 연구가 가지고 있는 한계가 분명하다. 하지만 본 연구는 현재에도 진행해 나가고 있는 연구이기 때문에 본 연구에서 부족한 부분은 향후 연구에서 지속적으로 보완될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 강윤희, 궁상환, 유진호, “USN 기반 동물 자원 관리 시스템”, 『한국정보기술학회 하계 학술대회논문집』, (2009), pp.414-417.
- [2] 박동호, 김태환, 강안나, 박상문, 김민섭, 길기성, 최종남, 송석일, 박윤식, “IT 기반의 축사 관리 시스템을 위한 통신 프로토콜 설계”, 『한국정보기술학회논문지』, 제9권, 제7호(2011), pp. 105-110.
- [3] 김동관, 백동현, 진희채, “IT 융합 서비스 및 활용 기술의 기술 속성에 대한 연구 : 산업간 융합을 중심으로”, 『한국IT서비스학회지』, 제9권, 제2호(2010), pp.1-20.
- [4] 서정택, 유범정, 김상운, 정필환, 박찬영, “USN을 이용한 암소 발정 감지 시스템”, 『한국정보과학회 가을 학술발표대회논문집』, 제36권, 제2호(2009), pp.181-186.
- [5] 우병준, 정민국, 이병기, 김현중, 이형우, 『제27장 구제역 영향 분석과 과제 in 《연구보고서》 농업 전망 2011 : 농업 · 농촌과 농식품 산업-새로운 시장과 기회』, 한국농촌경제연구원, 2011.
- [6] 장희태, 이병문, “센서 네트워크 기반의 가축 체온 모니터링 시스템”, 『한국인터넷정보학회 하계 학술발표대회논문집』, (2011), pp.279-280.
- [7] 한국정보문화진흥원, 『《연구보고서》 미래형 농어촌 구축을 위한 u-Village 응용 서비스 모델 연구』, 2006.
- [8] 황정환, 이명훈, 주희동, 이호철, 강현중, 여현, “유비쿼터스 농업 환경에서의 돈사 통합 관리 시스템 구현”, 『한국통신학회논문지』, 제35권, 제2호(2010), pp.252-262.
- [9] Brown-Brandl, T. M., T. Yanagi, Jr., H. Xin, R. S. Gates, R. A. Bucklin, and G. S. Ross, “A New Telemetry System for Measuring Core Body Temperature in Livestock and Poultry”, *Applied Engineering in Agriculture*, Vol.19, No.5(2003), pp.583-589.
- [10] Frost, A. R., C. P. Schofield, S. A. Beulah, T. T. Mottram, J. A. Lines, and C. M. Wathes, “A Review of Livestock Monitoring and the Need for Integrated Systems”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 17, No.2(1997), pp.139-159.
- [11] Futagawa, M., T. Iwasaki, M. Ishida, K. Kamado, M. Ishida, and K. Sawada, “A Real-time Monitoring System using a Multimodal Sensor with an Electrical Conductivity Sensor and a Temperature Sensor for Cow Health Control”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.49, No.4(2010), pp.04DL12 : 1-04DL12 : 4.
- [12] Hwang, J. and H. Yoe, “Study of the Ubiquitous Hog Farm System Using Wireless Sensor Networks for Environmental Monitoring and Facilities Control”, *Sensors*, Vol. 10, No.12(2010), pp.10752-10777.
- [13] Kwong, K. H., T. T. Wu, H. G. Goh, B.

Stephen, M. Gilroy, C. Michie, and I. Andonovic, "Wireless Sensor Networks in Agriculture : Cattle Monitoring for Farming Industries", *PIERS Online*, Vol.5, No.1(2009), pp.31-35.

[14] Pan, L. and S. X. Yang, "An Electronic Nose Network System for Online Monitoring of Livestock Farm Odors", *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, Vol.14, No.3 (2009), pp.371-376.

◆ 저 자 소 개 ◆

소 선 섭 (triples@kongju.ac.kr)

이화여자대학교 이학사를 취득하고, KAIST에서 전산학 석사와 박사를 취득하였다. 국방과학연구소에서 근무하였고, 현재 공주대학교 컴퓨터공학부 교수로 재직하고 있다. 주요 연구분야는 소프트웨어 품질, 유비쿼터스 센서 네트워크, 모바일 웹/앱 등이다.

김 병 호 (bkim@ksu.ac.kr)

연세대학교 전산과학과를 졸업하고, KAIST에서 전산학 석사와 박사를 취득하였다. 포스데이타와 브레인21에 근무하였으며 현재 경성대학교 컴퓨터공학부 교수로 재직 중이다. 관심분야는 유비쿼터스 센서 네트워크와 모바일 컴퓨팅 분야이다.

은 성 배 (sbeun@hnu.kr)

서울대학교 컴퓨터공학과에서 공학사를 취득하고 KAIST 전산학과에서 공학석사와 공학박사를 취득하였다. 한국전자통신연구원에서 근무하였고, 현재 한남대학교 정보통신공학과에 재직하고 있다. 주요 연구분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 무선 센서 네트워크, 실시간 시스템 등이다.

전 정 호 (aura@octacomm.net/khu.ac.kr)

경희대학교 법학사, 경영학 석사 학위를 취득하였고, 경영학 박사과정을 수료하였으며, 인하대학교 공학 석사 학위를 취득하였다. 지식경제부에서 주최한 제4회 RFID/USN 연구 논문 공모전에서 특별상을 수상하였고, 현재 (주) 옥타컴 기업부설연구소에서 선임 연구원으로 근무하며, 유비쿼터스 공간과 비즈니스 모델 및 시스템의 설계와 분석에 대한 연구를 수행하고 있다.