

논문 2016-11-03

생체 환경 정보 센싱 모듈 및 농장 제어 게이트웨이를 이용한 스마트 낙농 관리 시스템 개발

(Smart Dairy Management System Development Using Biometric/Environmental Sensors and Farm Control Gateway)

박용주*, 문준
(Yongju Park*, Jun Moon)

Abstract: Recently, the u-IT applications for plants and livestock become larger and control of livestock farm environment has been used important in the field of industry. We implemented wireless sensor networks and farm environment automatic control system for applying to the breeding barn environment by calculating the THI index. First, we gathered environmental information like livestock object temperature, heart rate and momentum. And we also collected the farm environment data including temperature, humidity and illuminance for calculating the THI index. Then we provide accurate control action roof open and electric fan in of intelligent farm to keep the best state automatically by using collected data. We believed this technology can improve industrial competitiveness through the u-IT based smart integrated management system introduction for industry aversion and dairy industries labor shortages due to hard work and old ageing.

Keywords : Gateway, Sensor-network, Automatic dairy system, Smart farm

1. 서론

우리나라 우유 생산액은 2011년 기준 1조 6천 여억 원으로 농업 총생산액 41조 3천여억 원의 약 4% 수준이며, 축산업 생산액 15조의 10.9%를 차지하고 있다. 그러나 국내 낙농산업은 우유 가격이 높아 국제 경쟁력에 취약하다 [1-2]. 낙농 분야의 국제 경쟁력을 객관적으로 보기 위해서 표 1에 제시한 ‘2012년 주요 경쟁 국가별 낙농산업 수량 및 생

*Corresponding Author (suede8247@keti.re.kr)

Received: 4 Dec. 2015, Revised: 12 Jan. 2016, Accepted: 26 Jan. 2016.

Y. Park, J. Moon : Wireless Convergence Platform Research Center, Korea Electronics Technology Institute

※ 본 논문은 농림 축산 식품부의 지원을 받는 농림 축산 식품부 및 농업 기술 평가원의 첨단 생산 기술 개발 사업 [313002-3, u-IT 기반 스마트 낙농 통합 관리 시스템 개발]의 일환으로 수행되었습니다.

표 1. 주요 경쟁 국가별 수량 및 생산비 비교
Table 1. Yields and production costs compared to major national competitors

Index	Korea	U.S.A	China
Gross Income	56,699	43,432	28,619
Feed Cost	29,372	20,084	15,597
Managing Cost	43,805	35,075	21,522
Production Cost	55,025	39,736	23,218

산비 비교’를 제시하였다 [3]. 보고서 결과에 따르면 국내는 미국, 중국에 비해 경영비와 생산비가 가장 높은 것으로 나타났다.

이러한 생산성의 차이는 단순히 유전적인 요인 뿐만 아니라 다른 요인도 작용하는데, 유전적 요인 30%, 사영 기술 30%, 위생 수준과 방역 시스템 20%, 시설과 설비 20%로 추정할 수 있다. 이 중 자연적, 유전적 요인은 제어할 수 없으나, 시설과 설비 부분의 요인은 축산 ICT (Information and

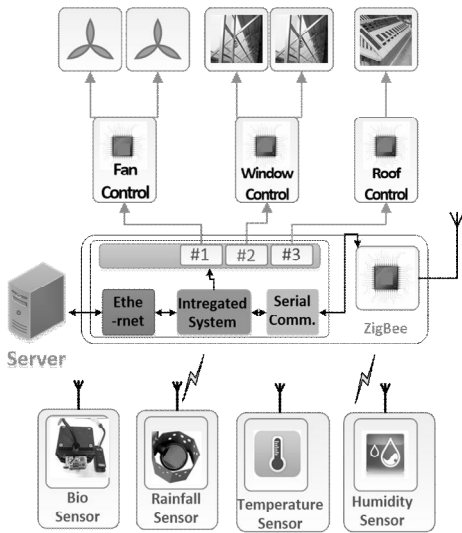


그림 1. 스마트낙농 통합 관리 시스템 아키텍처
 Fig. 1 Schematic diagram of integrated dairy management system

Communications Technologies: 사물 인터넷 응용 기술) 융합으로 국내에서도 개선할 수 있는 분야이다.

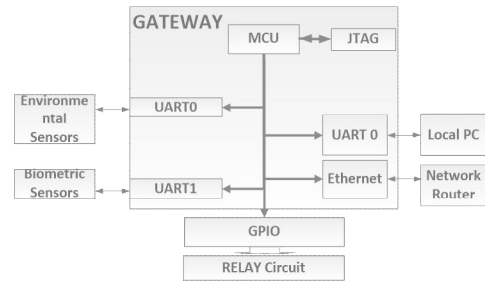
실제로 선진 낙농 국가의 경우 낙농 자동화 시스템을 도입하여 개체 관리, 질병관리, 발정관리 등 효율적으로 관리하여 경영비와 생산비를 감소시키고 있는데, 우리나라의 경우에도 이러한 연구 결과가 발표되고 있으며, 이는 낙농산업의 국가 경쟁력 향상에 크게 기여할 것으로 기대하고 있다 [4-6].

따라서 본 논문에서는 생체/환경 정보 센싱 모듈 및 축사 환경을 자동으로 제어하는 u-IT (Ubiquitous Information Technology: 어디서나 어떤 기기든 자유롭게 통신망에 접속하여 갖은 자료들을 주고받을 수 있는 있는 기술) 기반의 낙농 통합 관리 시스템을 제시한다. 본론 2.1장에서 전체 낙농 관리 시스템 아키텍처를 제시하고 2.2.장에서 데이터를 수집하고 실제 축사 설비를 제어하는 게이트웨이 개발 내용을, 2.3 장에서는 이러한 제어가 가능하도록 하는 개발한 생체/환경 센서에 대해서 상세하게 서술하였다. 2.4장과 2.5장에서는 전체 시스템 동작의 알고리즘 및 운용 결과에 대해서 서술하면서 전체 논문을 마무리 지려 한다.

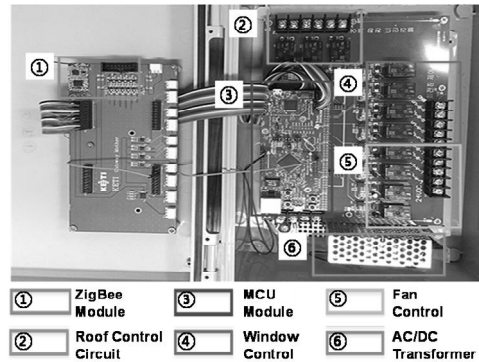
II. 본 론

1. 스마트 낙농 통합 관리 시스템 아키텍처 개발

그림 1에 본 논문에서 제안하는 u-IT기반 스마



(a) 구성도
 (a) Diagram



(a) 하드웨어 구현

(a) Hardware implementation

그림 2. 통합 게이트웨이 하드웨어

Fig. 2 Integrated gateway

트 낙농 통합 관리 시스템 아키텍처 다이어그램을 제시하였다. 우선, 통합 정보 수집 게이트웨이로부터 전송 받은 생체 정보 및 환경 정보를 DB(Data Base: 통신으로 접속 가능한 저장 공간)에 저장한다. 그리고 중앙 서버는 수집한 생체/환경 정보를 바탕으로 계산한 THI (Temperature Humidity Index: 기온과 습도를 이용하여 몸이 느끼는 불쾌의 정도를 나타내는 지수) 지수를 근거로 하여 축사 설비 제어 명령을 축사 제어 게이트웨이에 전달하여 축사 설비를 제어한다. 우리는 2.4장에서 THI 지수의 도출, 2.5장에서 낙농 통합 관리 시스템을 이용한 THI 지수 자동 조절 알고리즘에 대해서 자세하게 제시하였다.

2. 낙농 정보 수집 및 제어를 위한 게이트웨이 개발

그림 2는 본 시스템에서 사용한 통합 게이트웨이 하드웨어의 구성도 및 시제품이다. 게이트웨이는

표 2. 게이트웨이 수집 세부 정보 및 단위

Table 2. Gathered detail data information and units of gateway

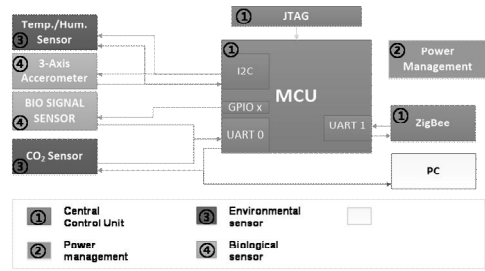
Photo -Plethysmo Graphy1 : 맥박수
 PPM2 : (Part Per Million)농도 측정의 단위
 Lux3 : 빛의 밝기를 나타내는 조도 단위
 Knots4 : 한 시간에 1.852미터 이동 속도

Main Category	Detail data and units
Biometric Information	Body Temperature(℃), Pulse(PPG1), Activity(G)
Environmental Information	Farm Temperature(℃), Humidity(%), CO2 Density(PPM2), Light Intensity(Lux3)
Feedstuff Remain	Feedstuff Remain(0~100%)
External Environmental Information	Wind speed(knots4), Rainfall Detection
Farm Environmental Information	Fan Operational Status, Open Detection of window or Roof

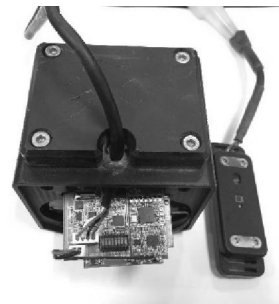
크게 MCU Core (Micro Controller Unit: 임베디드 시스템에서 컴퓨터의 중앙 연산 장치와 동일한 기능), ZigBee 수신, 사료 잔량 센서 수신, 축사 창문 및 천장 제어 릴레이, 이더넷 통신, 풍속, 강우 센서 수신 모듈 및 UART 모니터링 통신 포트 구성되어 있다. 먼저 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: 직렬-병렬 변환 기능을 가진 비동기 데이터 전송용 인터페이스) 드라이버를 통해서 생체 (온도, 습도, CO2, 강우량, 풍속 등) /환경 (체온, 맥박, 운동량 등) 센서의 정보를 수집하며, GPIO (General Purpose Input/Output: 다용도 입출력 포트) 를 이용하여 천장/창문/선풍기 등을 제어 할 수 있도록 구성하였다. 게이트웨이에서 수집하는 세부 정보 및 단위는 아래의 표 2와 같이 정의하였다.

3. 생체/환경 정보 수집 센서 설계

그림 3에 가축의 생체 정보 및 환경 정보를 측정하는 센서의 구성도 및 구현 사진을 제시하였다. 센서의 종류에 따라 I2C(Inter Integrated Circuit: 멀티 디바이스 제어를 위한 인터페이스) /UART /GPIO에 각 센서를 연결하여 데이터를 수집하며, ZigBee 통신을 이용하여 데이터를 게이트웨이에 전달한다. 환경 센서와 생체센서는 온/습도, CO2, 조도 가축의 운동량, 맥박, 체온 등의 생체 센서 정보



(a) 구성도
(a) Diagram



(b) 하드웨어 구현
(b) Hardware Implementation

그림 3. 생체/환경 센서

Fig. 3 Biological/Environmental sensors

를 통합 게이트웨이에 전달한다. 중앙 서버는 통합 게이트로부터 수집한 데이터를 기반으로 축사 게이트웨이에 천장, 팬 등의 설비 제어 명령을 다시 전달하여 THI 지수를 조절한다. 2.4장에 이러한 THI 지수 조절의 알고리즘 도출 및 제어 방법에 대해서 서술하였다.

4. THI 지수를 이용한 제어 알고리즘 설계 및 구현

본 논문에서 제안한 축사 환경 자동 제어 시스템은 수집된 생체/환경 정보를 바탕으로 식 1을 이용하여 THI 지수를 계산하였다. THI 지수는 온도와 습도를 바탕으로 인간 혹은 가축이 받는 스트레스를 숫자로 표현한 것으로, 가축의 건강에 직결하는 수치이다.

$$THI = (1.8 * T + 32) - [(0.55 - 0.0055 * Hr) * (1.8 * T - 26.8)] \quad (1)$$

[T: Temperature, Hr: Relative Humidity]

또한, 표 3에 THI 지수에 의한 영향을 정리하였

18 생체 환경 정보 센싱 모듈 및 농장 제어 게이트웨이를 이용한 스마트 낙농 관리 시스템 개발

표 3. THI 지수 범위에 따라 가축에 미치는 영향
Table 3. Effect to livestock depending on the THI index range

THI index	Effect to Livestock
~ 72	None
72 ~ 78	Little
78 ~ 89	Severe
89 ~ 98	Very severe
98 ~	Collapse and die

표 4. 축사 환경 제어 알고리즘 요약
Table 4. Summary of barn environment control algorithm

(○: Open or On, △: Don't Care, X: Close or Off)

Equipment operation	In rain	THI Index		
		Under 60	65 ~72	Over 72
Open roofs	X	O	O	O
Open windows	X	X	X	O
operate fans	△	X	O	O

으며, THI가 72 이상이 되면 착유 우는 고온 스트레스를 받기 시작하는 것으로 연구되었다 [7]. 또한 78 이상의 THI 지수가 지속되는 경우 가축의 건강에 이상이 생길 수 있기 때문에 표 3의 THI 지수 범위에 따른 가축에 미치는 영향을 참고하여 전체 시스템을 설계하였다.

위 식을 바탕으로 온도와 습도가 가축의 건강에 큰 영향을 끼치는 것으로 알 수 있는데, 가축이 상주해 있는 축사는 항상 고온, 다습한 환경에 노출되어 있는 상황이다. THI 지수가 98 이상이 되는 경우 집단 폐사 등을 초래하며, 78 이상이 되는 경우에도 가축이 질병에 취약하게 된다. 우리는 현재 실험 목장에서 여름철 한낮의 THI 지수를 조절하는 실험을 시행하여 축사 환경을 자동으로 제어하는 알고리즘 및 시스템을 구현하였다. 가축은 비에 의한 영향이 치명적이며, 천장을 개방해 온도 및 습도를 항상 감소시켜야 하므로 우천 시를 제외하고는 축사의 지붕을 항상 개방해 놓는다. 우선, 강우 센서를 이용하여 축사의 우천 상태를 파악하며, 획득한 온습도 데이터를 이용하여 도출한 THI 지수 범위에 해당할 때 각각 지붕, 창문, 팬을 동작시켜 THI 지수를 낮추게 하였다. 예를 들어 비가 오지 않는 상황에서 THI 지수가 60 이하이면 지붕만 개방하지만, THI 지수가 65를 넘어가면 팬을 동작시키고 72가 넘어가면 창문을 개방하여 THI 지수를 낮추는 시

템을 설계하였다. 그 결과를 표 4에 정리해 보았다.

5. 스마트 낙농 환경 제어 시스템 구현

그림 4는 천장 및 회전창을 실제로 동작시킨 그림을 제시한 것으로, 팬 동작, 창문과 천장 열림 등은 시스템 내에서 알고리즘을 통해서 자동으로 제어하도록 하였다. 그리고 스마트 낙농 시스템을 과학화 실증 목장에 구축, 운용하여 보다 신뢰성 높은 시스템을 보강하고 있다. 우리는 스마트 낙농 시스템을 적용한 과학화 목장에서 8월에 1주일 동안 오전 8시부터 오후 18시까지 10시간 동안 축사 환경을 모니터링하고 제안한 축사 환경 제어 알고리즘을 바탕으로 팬 및 창문을 동작시켜 온습도를 조절하였다. 그림 5에 설비를 제어하여 온습도를 제어한 실험 목장과 일반 목장의 THI 지수의 평균값 변화를 제시하였다.



그림 4. 천장 및 회전창 열림 데모
Fig. 4 Opening demonstration of roof and windows

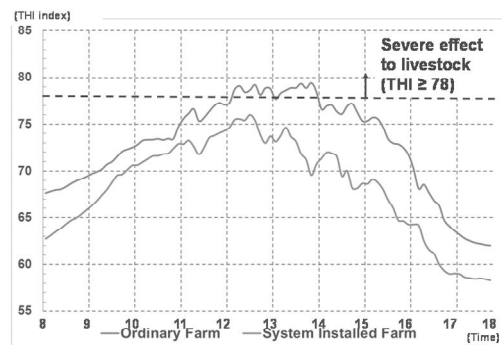


그림 5. 일반 축사와 시스템을 적용한 축사의 낮 10시간 동안의 THI 지수 비교 그래프
Fig. 5 Average THI index graph compared general barn and experimental barn during 10 hours a day)

전반적으로 실험 목장의 THI 지수가 낮은 것을 육안으로 확인할 수 있으며, 팬과 창문은 100% 동작 혹은 개방하여 효과를 최대화하였다. 그 결과 실험 목장의 THI 지수는 시스템을 적용하지 않은 목장과 비교해서 똑같은 환경에서도 평균적으로 4.64 정도 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 또한 가축 건강에 위험이 생길 수 있는 78 이상의 THI 지수 발생을 사전에 방지하였다.

III. 결 론

체계적이고 자동화된 축산 및 농수산물 관리 시스템의 도입은 가축의 상태를 정확하게 모니터링하고 예방 및 진단함으로써 가축 농가의 생산성 향상에 기여할 수 있다. 이러한 요구에 의해 기존 가축 관리 시스템에 연계할 수 있도록 u-IT 기술을 이용함으로써 보다 자동화된 실시간 가축 생체 모니터링 시스템을 구현할 수 있었다. 기존에 국내에서 수행된 연구의 대부분은 축산 선진국의 시스템을 그대로 도입하여 국내 축사의 환경 및 가축에 대한 이해와 분석이 결여되어 국내 실정과 동떨어진 것이 대부분이었다.

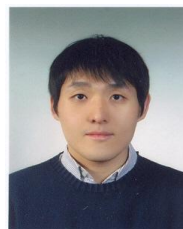
따라서 본 연구에서는 실제 국내의 환경이 열악한 농가 환경에서 사용할 수 있는 지능형 자동화 목장을 구현하였다. 본 연구진은 이 연구 결과를 토대로 u-IT 기반의 스마트 낙농 관리 시스템을 발전시킬 것이며, 향후에는 제안 기술을 활용하여 낙농 환경관리, '개체관리 (급이, 번식, 질병, 착유 등)' 및 경영관리' 토털 솔루션 형태로 낙농 산업뿐 아니라 한우, 양돈, 양계 등 축산 전 분야에 확대 적용할 수 있는 시스템을 구현하려 한다.

References

[1] B. Kim, J. Moon, "Domestic livestock trends survey," Vol. 81, pp. 13-15, Statistics Korea, 2013 (in Korean).
 [2] O. Joh, "Multifunctional dehumidifier barn control system using mobile device," Suncheon national university, thesis for a degree, 2013 (in Korean).
 [3] S. Lim, S. Hong, "Domestic law milk production survey," No. 123., pp. 6-9, Ministry of agriculture, food and rural affairs, 2013 (in Korean).

[4] Y.W. Kim, S.H. Paik, Y.J. Jeon, D.K. Lee, H.B. Park, "Implementation of real-time monitoring system for livestock growth environment information using wireless sensor network," IEMEK J. Embed Sys. Appl., Vol. 7, No. 6, pp. 301-309, 2012 (in Korean).
 [5] C.U. Kang, S.J. Ko, "Development of location identification system for moving robot in the sensor space under KS illumination intensity environment," IEMEK J. Embed Sys. Appl., Vol. 9, No. 2. pp. 67-73, 2014 (in Korean).
 [6] C.H. Lee, Y.C. Lim, S. Kwon, J.H. Lee, "Stereo vision, fast stereo matching, obstacle detection, precise disparity estimation," IEMEK J. Embed Sys. Appl., Vol. 3, No. 3, pp. 143-150, 2008 (in Korean).
 [7] R. Luus, T.H.I. Jaakola, "Optimization by direct search and systematic reduction of the size of search region," American Institute of Chemical Engineers, Vol. 19, No. 4, pp. 760-766, 2004.

Yongju Park (박 용 주)



2008 B.S., School of Electrical Engineering, Korea University, Seoul, Korea 2011 M.S., School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea 2011-2013

Senior Researcher, Samsung Electronics, Inc., Seoul, Korea. Now, Junior researcher of Korea Electronics Technology Institute Fields of interest: Embedded software, Design of SoC Architecture, Real-time OS.

Email: sued8247@keti.re.kr

Jun Moon (문 준)



2005 B.S., School of
Electrical Engineering,
Kunsan National University,
Kunsan, Korea 2007
M.S., School of
Electrical Engineering,
Kunsan National University,

Kunsan, Korea 2009 Ph.D. Candidate in,
School of Electrical Engineering, Kunsan
National University, Kunsan, Korea. Now,
Researcher of Korea Electronics
Technology Institute Fields of interest:
Sensor Network, Design of Embedded
System.

Email: jmoonkor@keti.re.kr