

발간등록번호

11-1543000-001007-01

u-IT 융·복합기술 기반 양봉 질병 감시 및
조기대응 체계 개발

(The development of surveillance system based on
Ubiquitous Information Technologies in Apiculture)

제주대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “u-IT 융·복합기술 기반 양봉 질병 감시 및 조기대응 체계 개발” 과제의
보고서로 제출합니다.

2015 년 11 월 9 일

주관연구기관명 : 제주대학교

주관연구책임자 : 임 윤규

세부연구책임자 : 임 윤규

연 구 원 : 손 원근

연 구 원 : 김 한일

연 구 원 : 김 수연

연 구 원 : 권 훈

협동연구기관명 : 경기대학교

협동연구책임자 : 윤 병수

협동연구기관명 : (주)씨에스

협동연구책임자 : 송 정훈

요 약 문

I. 제 목

u-IT 융·복합기술 기반 양봉 질병 감시 및 조기대응 체계 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

본 연구는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술을 적용한 양봉질병 원격 모니터링과 조기대응체계를 개발을 목적으로 수행되었다. 이 목적에 부합되는 USN 시스템 기기의 개발과 제작, 운용 시스템의 개발 및 양봉농민 위주의 이용방법 제시까지 포괄한다.

이를 위하여 양봉현장 적용에 적합한 센서들의 선택과 이 센서에 의한 데이터 수집 시스템을 위한 하드웨어와 관련 소프트웨어를 개발하였다. 또한, 연구기간 중 시험양봉장 현장에 적용하여 기 개발된 하드웨어 및 소프트웨어를 현장 상황에 맞게 지속적으로 개선하였다. 이를 통하여, 경험과 직접내검에만 의존하여 운용하던 기존의 양봉경영을 과학적 사양기술에 근거한 생육환경감시 및 질병방제를 통하여 궁극적으로 양봉농가의 생산성 향상에 기여할 수 있는 선진화된 경영방법을 제안하였다.

III. 연구개발의 필요성

꿀벌은 양봉산물의 생산자로서의 역할은 물론이고, 그 보다 오히려, 농작물의 수분활동에 주도적으로 관여함으로써 그 역할이 실로 막중하므로, 유럽에서는 소, 돼지 다음으로 중요한 가축으로 평가되고 있다. FAO에 따르면, 전 세계 식량작물의 63%가 꿀벌의 꽃가루받이에 의하여 열매를 맺는다 하여 그 중요성이 인식되고 있다.

최근의 붕괴현상(CCD; Colony Collapse Disorder; 꿀벌실종)은 미국에서 시작되어 유럽 등지에서 결정적 꿀벌 감소를 초래하였다 (van Engelsdorp 등, 2008). 국내 양봉업계에서도 다양한 꿀벌질병이 문제가 되고 있는데, 가장 중요한 질병은 세균성 부저병, 노제마, 응애 등이며, 최근의 붕아냥충병은 토종 꿀벌의 대부분을 궤멸시킨 상태이다. 이에 대한 방제비용은 지속적인 증가를 보여 왔으나 국내 양봉의 질병발생의 빈도는 감소되고 있지 않으며, 또한 항생제 및 기타 약제의 오남용에 따른 내성 균주의 출현과, 식품위생 관점에서의 우려를 낳고 있다.

꿀벌질병 정밀진단법과 치료제의 개발에 대한 중요성이 인식되어 꾸준한 연구와 투자가 이루어지고 있으나, 일선 양봉현장에서의 발병억제를 위한 환경조절이나 병적 징후의 조기 모니

터링 및 접근 가능한 제어 체계는 아직 제시되어있지 않다.

그러므로 ‘u-IT 융·복합기술을 응용한 꿀벌의 질병감시 및 조기대응체계의 개발’은 봉군의 사육상 내부 환경인자들을 실시간, 원격 인지하고 수집·분석하고, 그 결과를 토대로 하여 신속한 대응이 가능한 해결책을 제시할 수 있을 것으로 사료되었다.

이는 양봉현장의 생산성 향상 뿐 아니라 각종 질병의 감염 징후를 조기에 모니터링 하여 신속한 대처가 가능하도록 하였으며, 건강한 봉군의 사육상 내부 환경과 질병이나 해충의 침입에 의하여 변화되는 환경인자들을 스마트 기기 등을 이용하여 원격감시를 통하여 실시간으로 파악하는 것이었다. 이러한 기술을 일반 양봉가에 저렴하게 보급할 수 있도록 USN 기술을 적용한 꿀벌질병방재시스템의 개발에 의의가 있다. 또한, 이를 통하여 양봉농가가 현장에서 즉시 질병방제를 위한 환경제어가 가능케 될 수 있으며, 신속한 신고를 통하여 질병확산을 최소화시킬 수 있는 제도 확립이 가능하다.

아울러, 개화시기에 맞춘 봉군의 개체수 증식과 이에 따른 위험요인은 온도와 습도의 미세한 제어가 관건인 바, 각 요소들을 최적으로 반영할 수 있는 해당 sensor의 선택 및 적용과 환기의 자동제어 시스템은 양봉농가의 생산성 향상에 결정적으로 기여할 것이다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

역동적인 활동을 하는 초개체(Super-individual)인 꿀벌은 군을 이루어 생육을 하기 때문에 이를 위한 최적 규격의 Sensor device를 고안하여, 생육에 영향을 미치지 않으면서 내부환경을 반영할 수 있는 신호를 수집할 수 있도록 하였다. 꿀벌의 동면, 활동개시, 육아, 분봉, 채밀 활동 등의 단계별 생육활동의 수준을 반영하며 동시에 질병감염, 해충의 침입, 봉군의 강건도를 나타내는 인자를 수집하기 위하여, 사육상 내의 온도, 습도, 소음정도, 사육상의 무게변화 및 CO₂, NH₃, H₂S의 농도변화의 신호를 수집하기 위한 제반 센서들을 적용하였다. 또한, 개발된 시스템을 이용하여 각 센서들이 송출하는 신호들을 분석하여 목적에 부합하는 유효신호를 구분하고 분석하였다.

이를 위하여 원격제어가 가능한 실험양봉장 설치(경기대, 제주대), 환경 변화요소 측정을 위한 특정 센서 선정 기준 확립 및 센서 인터페이스 기술 개발, 사육상 내에 설치 가능한 형태인 소비 형식의 센서보드 설계 및 제작, 태양광을 이용한 무정전 전원공급 기술 개발, 양봉 전용 포털사이트 구축, 채밀 시기 판단을 위한 전자저울 측정 자료 연동 기술 등을 개발하였다.

V. 연구개발결과

꿀벌의 생육환경 모니터링을 위한 기술개발 결과, USN 양봉 시스템을 신규 개발·구축하였으며, 이를 적용·분석하여 정상상태 및 이상상태의 이상 성장환경하에서 봉군이 보내는 신호를 분석하였다. 또한, 질병시 표출하는 신호를 분석하고 예측하여 현장 조기대응을 위한 방법을 제시하였다. 아래는 그 내용의 요약이다.

1. u-IT 관련 시스템의 개발내용

- 벌통 내부에 설치가 용이한 소비형태의 센서
- 데이터 수집 전송장치
- 서버 모니터링 프로그램을 웹 기반으로 개발
- “꿀벌박사”라는 포털사이트를 개발 구축

2. 개발된 시스템을 이용한 양봉생육정보 특성 분석

- 생육단계별의 신호 변화
- 분봉유도시의 특이적인 신호
- 저밀의 정도에 따른 특이 신호
- 이상 생육환경시에 보이는 특이적인 신호
- 감염성 질병시의 특이적인 신호 변화

3. 조기대응을 위한 경보체제 개발

양봉산업은 양봉산물의 생산과 수분활동 매개가 그 존재의 주된 이유이다. 이를 위한 기반은 봉군의 건전성이며, 전문양봉 용어로는 ‘강군’의 유지이다.. 먹이를 수집하는 꿀벌의 생육활동과 육아에 적합한 내부 물리적 환경의 조절은 초개체인 봉군내의 각각 개체가 맡은바 역할을 충분히 수행할 여력이 있을 때 유지되는 것으로 사료된다. 특히 왕성한 청소활동은 사육상내의 오염원을 즉각 제거하는 기능으로서 질병에 대한 강한 저항성으로 표출된다.

이러한 관점에서 판단할 때, 정상적인 강한 세력의 봉군이 보이는 특징적인 정상 생육환경을 이탈하는 신호가 포착된다면, 이어서 나타나는 세력의 저하 및 궁극적인 질병의 발현이 순차적으로 나타난다. 봉군의 세력저하가 육안적으로 나타났을 경우에는 세력의 회복을 위하여 많은 노력과 손실이 발생한다. 이러한 주된 이유는, 벌의 생활환에 따라 산란, 유충, 번데기, 성충의 단계를 거치며, 성충도 연령에 따라, 청소 및 육아, 채밀, 보초 등 역할이 순차적으로 진행되는 바, 그 중 한 단계에서 손상이 있어도 전체적인 생육의 균형이 손상되기 때문이다.

따라서 이러한 징후가 나타날 때 조기에 필요한 조치를 취할 필요가 있으며, 본 과제를 통하여 분석한 이상징후 발생시 ‘경고성 메시지’를 보내도록 하였다. 이에 따라 보온장치의 보수, 해충침입의 적시 퇴치, 분봉군의 회수, 채밀시기의 조정 등 양봉관리의 핵심조치사항이 수반된다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구의 가장 큰 성과는, 산업동물이면서도 제어할 방법이 마땅히 제시되어있지 않은 양봉산업에 첨단 농업인 u-IT 기술을 적용시킴으로써 관련산업의 선진화를 추구할 수 있는 계기가 마련되었다는 점이다. 사육상내에 설치가 가능한 소비형태로 개발된 센서보드가 부착된 소비 판넬의 적용방식은 연구자들이 아는 한 세계최초의 것이다. 이제까지의 양봉업은 경험으로 쌓은 지식에만 의존하여 사양관리와 생산에 이르는 전 과정을 일일이 현장을 확인하고 직접적

인 수작업에 의한 내검결과를 통하여 이루어졌다.

Smart 기기를 이용한 정밀양봉은 (precision apiculture) 때와 장소에 구애받지 않고 양봉 현장 상황을 모니터링 할 수 있기 때문에, 본 과제에서 개발된 방법을 적용한다면, 더 큰 규모의 양봉을 더 적은 인력으로 운영할 수 있을 것이다. 특히, 또한, 봉군의 세력 변화를 조기에 발견함이 가능하기 때문에 질병예방을 위한 신속한 조치가 가능할 것으로 사료된다.

2015년 9월 15-19일 대전에서 개최되며 약 20,000명의 전 세계의 양봉농민, 관련산업체 및 학자들이 집결하여 양봉산업관련 제품들의 전시와 학술대회가 동시에 진행되는 세계양봉대회(APIMONDIA)에 시제품을 전시하여 국내는 물론 세계의 양봉인을 대상으로 본 제품을 홍보하였다 (보고서 작성 시점).

또한, 초기 적용을 위한 합리적인 국가적 지원이 따른다면 영세한 양봉농가에서도 무난히 도입하여 활용함이 충분히 가능할 것으로 기대된다.

본 연구의 연구성과들은, SCI저널에 1편, 국제전문학술지에 13편, 국내등재학회지에 6편 등 총 20편의 학술논문이 출판되었으며, 또한 많은 논문들이 다양한 국제학회, 국내학회에서 발표되었다. 구체적 산업적 성과물로는, 1) 제품화를 위한 특허출원 7 건과 프로그램 등록 6건, 사업화 3 건과 소비형 센서인 CS-Bee-Sensor, 데이터수집전송장치인 CS-Bee-Gateway 등으로서 참여기업인 (주)씨에스에서 시제품을 생산하였으며, 보다 지속적인 개량을 통하여 시장을 개척할 예정이다.

SUMMARY

I. Title

Development of surveillance system based on Ubiquitous Information Technologies in Apiculture

II. Goal and Importance of the research

1. Goal of the research

The aim of this research is to apply USN (ubiquitous sensor network) technology to the apiculture for the remote monitoring of honeybee-disease signal and establishing early warning system. System architectures, development of hardwares for real-time bee colony monitoring system and preparation of precision beekeeping manual for the scientist and practical beekeepers are included in this research project.

For these, we chose available sensor chips which are suitable for the system, and implemented optimal technical systems for data gathering, transmission, storage and usage of intermediate devices. In the course of the research, aforementioned monitoring system was applied to the experiment apiary and updated it continuously to improve for the actual field conditions. Through this, we suggested the 'Smart apiculture-management' based on precision breeding technology by environment surveillance and disease prediction. The eventual goal of this research is to contribute to the productivity of the bee farms through the advanced management.

2. Importance of the research

Bees not only contribute in apiculture production, but also play a dominant role in global agriculture by pollination of crops. The role of bees is so important, hence, bees are considered as the third important livestock after cows and pigs in Europe. In addition, the important role of bees is further evidenced by FAO data which reveals the contribution of bees in pollination of 63% of food crops.

Recent CCD (colony collapse disorder) which was first discovered in America cause a heavy loss of colony formation which is resulted in critical decrease in honey bee production in Europe. In addition, there are various honey bee diseases which

affect the domestic apiary industry. Among them bacterial foulbrood, Nosema, and parasitic mite are crucial. Also, recent Sacbrood annihilate most of the native bee species in Korea. Current control measures against these disease outbreaks cause higher expenses. More importantly, frequent use of antibiotics and other medicines develop resistant strains and residues of antibiotic chemicals cause problems in food hygiene. The cost for the pest control showed steady increase, but domestic epidemic appearance rates are not decreasing. Therefore, developing disease control measures in early stage is desired to minimize the affects.

The importance of the bee disease diagnosis method and medicine development has been recognized and steady research and investment are being performed. But environmental control to suppress the disease or early disease sign monitoring system and accessible controlling system has not been yet proposed.

In this context, 'Development of surveillance system based on Ubiquitous Information Technologies in Apiculture' is considered to be as swift decision support system, which is responsible for automatic real-time remote gathering and analyzing the internal beehive environment data of the bee colonies.

This could improve bee farm's productivity, and various infectious symptoms monitored could make to initiate immediate responses. Changing environmental factors which are correlated with bee colony's internal environment, disease, or invasion of pest are being remotely watched through the Smart Devices such as smart phone or PC. Such a USN technology will establish low cost honey bee disease prevention. Interestingly, this technology will enable the apiary to counteract with the environmental changes against the bee disease in the field immediately and establish the system to report the disease immediately and minimize the risk of disease spread.

Also, an increasing number of bee colony along with the flower blooming seasons depends on the risk element management, such as micro-controlling of temperature and humidity. Thus, selection and application of the optimum sensors that reflect the elements and automatic ventilation system will directly contribute to the apiary's productivity.

III. Research Contents and Scope

Honey bees colony called as 'Super-individual', shows dynamic activities for their survival and breeding. Optimum standardized sensors were designed to collect signals that reflect the internal environment of the bee colony without interfere their growth. This system reflects the phases of the honey bee growth step by step such as honey

bee's hibernation, action commencement, infant care, swarming, and honey collecting activity. At the same time, sensors for cage weight and concentration of CO₂, NH₃ and H₂S were installed to monitor their changes that reflect the disease infection, invasion of vermins, and the bee colony's healthiness. Meantime, developed systems were utilized to analyze the sensor signals to find out valid signals that correspond to the purpose.

To this end, construction of remote controllable experiment apiary (Kyonggi university, Jeju university), establishment of specific sensor selection standard with the development of sensor interface, design and development of bee hive frame shaped sensor board which can be installed in the Beehive box, development anti-black out technology using solar cells, establishment of exclusive apiary portal site, electronic scale related to the decision of bee honey extraction time technologies were developed.

V. Research and development result

A precision beekeeping system based on USN was implemented by several related sensing devices for beehive's environment monitoring. The proposed system can collect the signals of beehive's environmental data, and analyze the growth conditions whether it is normal or abnormal.

Also, the methods for early field response to the disease by signal analysis and prediction were proposed. Below is the summary of the content.

1. u-IT related system development contents.

- Sensor circuit embedded frame for beehive box
- Signal collection and transfer system
- Web based server monitoring program
- Portal site 'Doctor Bee'

2. Bee live and behavior information analyzation using the developed system

- signal changes according to the growth phases
- special signals in swarming
- specific signals according to the nectar gethering level
- special signals changes in abnormal growth environment
- specific signals change in infectious disease

3. Alarming system development for early response

Beekeeping industry exists for the production of bee products and the mediator of pollination. The base for this is the integrity of the bee colony, in apian terms, bee colony robustness. Food collection honey bee's growth activity and controlling internal physical environment for suitable infant care can be maintained only when super-individuals in the bee colony have enough energy to carry on their role. Especially, vigorous, immediate cleaning activity is reflected as a strong resistance against the source of pollution, preventing the disease.

In this point of view, any change in the signals of bee colony's growth environment is suspected to disease occurrence. If the colony's decline in robustness becomes visible, much effort and loses occur in order to recover the power. The main reason of in this is that, bees's growth cycle goes through the stages such as, spawning, larva, pupa, imago, and imago takes role in cleaning and infant care, honey collection, watcher according to the ages, if one stage was damaged overall balance in the growth is affected too.

Thus, there is necessity of early countermeasure of abnormal symptoms and develop a system that signal whenever the abnormal symptoms are observed. In addition, beekeeping core managements such as, repair of heating device, eradication of vermin, recovery of the bee colony after swarm, adjusting honey extraction, are accompanied with this system.

IV. Results and their applications

More interestingly the finding of this research could be an opportunity for related industry advancement by applying new agricultural technology like uIT technology to the bee-keeping industry.

As far as we know, the development of beehive installable beehive frame shaped sensor board is the first one in the industry. Until now beekeeping industry was held by only experience based knowledge. From the breeding management to the honey production, every step was managed by checking the beehive on foot and handwork.

By applying newly developed methods, less man power will be required to run large scale apiary. Especially, using Smart-phone or PC will allow beekeepers real-time monitoring of apiary farms remotely. Also bee colony power changes will be observed fast enough to prevent diseases earlier.

Achievement of this research has been published in SCI journal (1), international

expert journal (13) and KSCI journal (6). Total 20 scientific treatises have been published and many research papers have been announced in various international, national conferences. And, 7 items applied for the patents, and xx programs were granted.

Real products in this study are 1) 7 patents and 6 programs registration for industrialization 2) 3 of plan for business 3) Development of CS-Bee-Sensor 4) CS-Bee-Gateway. These device prototypes were manufactured by CS Inc. who participated as the co-research part in this project.

In September 2015 APIMONDIA Daejeon, experimental prototypes of the system will be exhibited and be publicized throughout not only Korea but also worldwide. Also, it is expected that with reasonable support of the government, even small scale beekeeping farms will also be able to put this system in practical use.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction and summary of the research	15
Chapter 2. The present technical state	17
Chapter 3. Research Contents and Results	22
1. Infrastructure of the research	22
2. Bee disease diagnosis methods	26
3. Developing sensor interface technology for efficient power consumption and Network node technology with durability in external weather conditions	34
4. Developing reliable radio transmission technology	53
5. Application of Sensor device in the beehive box	129
A. Stability of gathering signal data with different locations in beehive	129
B. Improvement of the sensor device model & vital impact assessment by electromagnetic waves and other Conditions	130
C. Installing the device of growing environment data-gathering in bee-farm	133
6. Data transmission in normal condition	136
A. Close-range transmission state	136
B. Long-range transmission state	136
7. Biological assesment of Bee colony in various conditions	139
8. Signal analysis of beehive environment	143
A. Real-time monitoring of normal beehive environment	143
B. Real-time monitoring of abnormal beehive environment	191
C. Signal changes in diseased state	203
D. Monitoring of signals against wasp infestation	210

9. Monitoring of robustness and analysis of signal against artificial infection	215
10. Summary of specific signs to differentiate the normal, or diseased conditions	218
11. Designing and constructing database for growing environment & Gathering sensor data	224
12. Developing tablet PC system which provides information for entering and managing the farming daily records managing growing data for each farm, and monitoring sensors	251
13. Establishment of Beekeeping expert portal site	265
14. Operating management of integrated monitoring system & establishing spreading method of standard model	285
Chapter 4. Object achievement and related fields of their application	299
Chapter 5. Products of research and their Application-plan	305
Chapter 6. Technical Information of foreign countries	314
Chapter 7. Research equipments and facilities	315
Chapter 8. Safe management of laboratory	317
Chapter 9. Reference	323
<Attach> Reports on patents, research articles and market analysis	340

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표	15
제 2 장 국내외 기술개발 현황	17
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	22
제 1 절 봉군 신호 수집을 위한 기반시설 설치	22
제 2 절 시험봉군의 질병감염여부 진단법 설정	26
제 3 절 효율적인 전력 소모를 위한 센서 인터페이스 기술 및 외부 기상환경에 강한 실외용 네트워크 노드 기술 개발	34
제 4 절 신뢰성이 확보된 무선 데이터 전송 기술 개발	53
제 5 절 사육상내의 Sensor 적용	129
1. 센서의 봉군 내 설치 위치에 따른 신호수집 안정성	129
2. 센서 디바이스 모델의 개선 및 전자파 등에 의한 생체영향 평가	130
3. 사육상(별통) 생육환경 정보 수집장치의 양봉장 설치	133
제 6 절 정상상태의 Data 전송	136
1. 근거리의 data 전송상태	136
2. 원거리의 data 전송상태	136
제 7 절 정상 사양관리 봉군과 과사양관리 봉군의 생물학적 봉군 분석	139
제 8 절 생육상태에 따른 생육신호 분석	144
1. 정상생육환경에 대응한 실시간 signal 변화자료의 수집과 분석	144
2. 이상 생장환경에 대한 경보성의 신호변화 분석	191
3. 감염성 질병 징후시의 신호변화	203
4. 음향특성분석을 통한 말벌침입 징후 모니터링	210
제 9 절 인위적 감염 처치에 따른 세력변화 및 센서의 기능 분석	215
제 10 절 정상 및 질병 구분을 위한 시기별, 환경별 특이점 요약	218
제 11 절 생육 환경 정보 DB 설계 및 구축, 센서 데이터 수집	224

제 12 절 영농일지 입력 및 관리를 위한 정보 제공 서비스, 농가별 생육 데이터 관리, 센서 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 기술 개발	251
제 13 절 꿀벌 전문 포털 사이트 구축	265
제 14 절 통합관제시스템 운영관리 및 표준모델 확산방안수립	285
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	299
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	305
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	314
제 7 장 연구시설·장비 현황	315
제 8 장 연구실 안전관리 이행실적	317
제 9 장 참고문헌	323
<첨부> 특허, 논문 및 시장분석 보고서	340

제 1장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

1. 연구개발의 목적, 필요성 및 범위

본 연구의 최종 목표는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술을 적용한 양봉질병 원격 모니터링과 조기대응체계를 개발하는 것이다. 이는 경험에만 의존하여 운용하던 기존의 양봉경영을 과학적 사양기술에 근거한 생육환경감시 및 질병방제를 통하여 궁극적으로 양봉농가의 생산성 제고에 기여할 수 있는 선진화된 경영방법의 제안을 위한 것이다.

꿀벌질병 정밀진단법과 치료제의 개발에 대한 중요성이 인식되어 꾸준한 연구와 투자가 이루어지고 있으나, 일선 양봉현장에서의 발병억제를 위한 환경조절이나 병적 징후의 조기 모니터링 및 접근 가능한 제어 체계는 아직 제시되어있지 않으며, ‘u-IT 융·복합기술을 응용한 꿀벌의 질병감시 및 조기대응체계의 개발’은 이에 대한 대안으로 그 해결책을 제시할 수 있을 것으로 사료되었다. 이는 양봉현장의 생산성 향상 뿐 아니라 각종 질병의 감염 징후를 조기에 모니터링하여 신속한 대처가 가능하도록 하였으며, 건강한 봉군의 사육상 내부 환경과 질병이나 해충의 침입에 의하여 변화되는 환경인자들을 스마트 기기 등을 이용하여 원격감시를 통하여 실시간으로 파악하는 것이었다.

이러한 기술을 일반 양봉가에 저렴하게 보급할 수 있도록 USN 기술을 적용한 꿀벌질병방제 시스템을 개발하고, 이를 통하여 양봉농가가 현장에서 즉시 질병방제를 위한 환경제어가 가능하도록 하며, 유사시 신속한 신고를 통하여 질병확산을 최소화시킬 수 있는 제도 확립이 가능하도록 기반기술을 확립하였다. 아울러, 개화시기에 맞춘 봉군의 개체 수 증식과 이에 따른 위험요인은 온도와 습도의 미세한 제어가 관건인 바, 각 요소들을 최적으로 반영할 수 있는 해당 sensor의 선택 및 적용과 환기의 자동제어 시스템은 양봉농가의 생산성 향상에 결정적으로 기여할 것이다.

연구의 내용은 꿀벌의 동면, 활동개시, 육아, 분봉, 채밀활동 등의 단계별 생육활동의 수준을 반영하며 동시에 질병감염, 해충의 침입, 봉군의 건전도를 나타내는 인자를 수집하기 위한 것으로서, 사육상 내의 온도, 습도, 소음정도, 사육상의 무게변화 및 CO₂, NH₃, H₂S의 농도변화를 대상으로 해당 유효신호의 분석이다. 이를 위하여 꿀벌의 생육환경 모니터링을 위한 USN 양봉 시스템을 신규 개발·구축하였으며, 이를 적용·분석하여 정상상태 및 이상상태의 이상 생장 환경하에서 봉군이 보내는 신호를 분석하였다. 또한, 질병 시 표출하는 신호를 분석하고 예측하여 현장 조기대응을 위한 방법을 제시하였다.

연구의 범위는 1) u-IT 기반 시스템 개발, 2) 개발된 시스템을 이용한 양봉생육정보 특성 분석, 3) 이상징후 감지 시 조기대응을 위한 경보체제 개발의 분야를 포함하였다.

2. 연구성과 목표 대비 실적

성과목표	사업화지표								연구기반지표								
	지식 재산권		기술이전	사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구용 등)
	출원	등록		제품화	기술창업	매출창업	고용창업	투자유치		논문		학술발표					
										SCI	비SCI				정책활용	홍보진시	
최종목표	8	6		3					3	7		12				3	
연구기간 내 달성실적	7	6	1	3					1	19	11	18	15	1		4	
달성율(%)	88	100	100 <	100					33	100 <	100 <	100 <	100 <	100 <		100 <	

제 2장 국내외 기술개발 현황

1. 해외 관련 기술 현황

해외 각국에서는 농업분야에 RFID/USN 기술을 적용한 사례가 급격히 증가하고 있다. NASA의 Kevin A. Delin과 Shannon P. Jackson은 2000년부터 Sensor Web System을 통하여 식물원의 온실 및 종묘원의 토양 온도, 토양 습도, 기온, 습기, 일사량 및 산소량을 측정하였고, JPL(Jet Propulsion Laboratory)은 생태계 및 환경측정에 USN 기술을 활용하였다. 그 외에도 화성기후 예측, 야생동물 생태계 조사, 토양수분 모니터링, 청과류 유통환경 모니터링 등에 적용되었다.

미국 파라마운트 농장은 최근 피스타치오의 수요 증가에 힘입어 피스타치오 입고, 검품, 대금지급 과정에 RFID 시스템을 도입하고 공급망 관리 중에 있다. 재배농가에서부터 매장 입고에 이르는 전 과정의 효율성 제고를 위하여 주요공정에 RFID 재배자 입고 시스템(GRS : Grower Receiving System)을 도입하였다. 가공 공장에 설치된 측량실로 피스타치오를 실은 트레일러가 진입, 측량실에 설치된 리더가 트레일러에 부착된 태그 정보를 판독(측량실 1개당 2개씩 총 6대의 리더기 설치) 한다. 각 트레일러의 고유 식별번호가 태그로부터 판독되면, 이를 매개로 트레일러의 중량, 차량번호, 소유자 정보가 재배자 입고 시스템(GRS : Grower Receiving System) 데이터베이스로부터 도출된다. 재배농민의 성명, 농장의 이름, 피스타치오 재배지, 재배 방법, 트레일러 총중량, 선적일시 등이 재배자 입고 시스템(GRS : Grower Receiving System) 데이터베이스에 기록된다.

Intel Research Berkeley Lab에서는 센서에 의한 자동 온도, 습도, 일조량 조절 시스템을 개발하여 미국 오리곤 주 포도원에서 품질 좋은 와인을 생산하기 위해 성장환경 요소들을 측정하는 모니터링 시스템을 구축하여 가동 중에 있다. 센서는 포도농장의 온도를 수집하여 시간대별로 최고온도와 최저온도를 측정하고, 토양의 습기를 측정하여 물을 공급한다.

일본 농림부에서는 청과물 운반 트럭 주차 및 하역작업 공간이 협소한 문제가 대두되자 유통의 효율성을 증가시키기 위하여 청과물 박스에 RFID 태그를 부착하는 활용 청과물 유통 시범사업 중에 있다. One Stop Checking, 불량률 감소, 적절한 도착 알림 서비스와 원활한 재고 관리 등 유통 효율을 극대화시켰다. (노동시간 25% 감소)

이스라엘의 Phytech사는 식물 성장정보 및 재배 환경을 모니터링하는 센서와 소프트웨어를 개발하여 장미, 포도, 토마토 및 후추 등의 농장에 적용하였다. 센서들에 의해 수집된 정보들은 관수 주기, 관수량 등 재배법 개선 및 수확량 예측에 이용되고, 온실의 경우에는 자동 물 공급 및 온도조절도 가능하다. 토마토 농장에 적용된 센서들은 전자측수기, 성장 측정 센서, 줄기변화 감지 센서, 잎 온도 센서, 환경 센서, 토양습도측정 센서들로 구성된다.

호주 Moraitis사는 RFID 토마토 유통관리시스템을 도입하여 토마토의 유통을 관리 중인데, 식

품 안전성 문제 해결을 위하여 필연적으로 도입되었으며, 토마토 물류 창고의 습기 문제로 13.56Mhz대역 RFID를 사용하고, 협력체계를 구성하여 납품 농장 및 운송관련 업체들과 RFID 기술도입을 공유하였다. 토마토생산 및 출하 패키징, 유통 관리 시스템 전반에 RFID 기술을 도입하여 농장 출하 시에 박스별로 RFID 라벨링 (농장명, 생산일자, 제품 등급 등 정보기록)하고, 운송업체는 차량운송 정보를 시스템에 기록한다. (PDA 사용) 물류 창고에서 출하 시 예상유효기간 정보 등으로 박스별 출하지역을 자동으로 결정하고, 중앙 시스템에서는 해당 박스별 예상 유효기간, 농장거리 등의 정보를 연산 처리한다.

에콰도르에서는 바나나 농장의 생산관리 시스템에 RFID 기술을 도입하였다. 바나나 농장의 모든 나무에 RFID 라벨링 (관련 하우스 작업실시)하여 PDA를 이용하여 나무별 생산량을 기록하고 RFID 생산시스템에 기록된다. 이로써 일자별 지역구분 후 생산이 가능함으로 바나나 생산계획의 체계화가 이루어지고 있다. 생산 시 해당 나무의 출하량을 기록하여 나무별 생산량과 대조, 분석이 가능하다. 출하박스에 RFID라벨을 패키징 하여 재고 선입선출의 체계화가 가능하다.

표 2 U-Farm 사례의 국가별 분류

분야	국가	적용내용
환경 모니터링 시스템	이스라엘	파이토크사 무선식물 생장 모니터링 시스템
		히브리농대 자동 관개 시스템
	유럽	위성활용 포도수확 최적화 프로젝트
	아일랜드	더블린 국립식물원 Eco Sensor Network 시스템
	캐나다	King Family Farms 대기온도 모니터링 시스템
	미국	농림부 센서 활용 비료 소요량 계산 현장시험
캘리포니아 주 식물원 실내외 환경 관리 시스템		
환경 모니터링 시스템	미국	레드우드 숲 대형 삼나무 생장 모니터링 시스템
		오리곤주 포도원 재배환경 모니터링
		캘리포니아 포도원 센서 활용사례
	일본	농산물 생산 환경 정보 모니터링 시스템
농,축산물 이력추적 시스템	일본	식품 이력시스템
		후쿠미즈 미곡 안심 시스템
		낙농 생산이력 추적 관리 시스템
	프랑스	쇠고기 이력추적 시스템
		청과물 이력추적 시스템
	벨기에	쇠고기 이력추적 시스템
	덴마크	돈육 생산 이력추적 시스템
	미국	Brandt Beef사 RFID 활용 쇠고기 이력추적 시스템
호주	Genetic Solution사 DNA 활용 쇠고기 추적시스템	

	캐나다	Maple Leaf Food사 DNA 활용 돼지고기 추적시스템
	중국	조류독감 방지 및 관리를 위한 RTAC-PM
그린하우스 시스템 및 농기계 자동화, 로봇시스템	네덜란드	유리온실 시스템
	미국	OrangiTech 사의 그린하우스, 로봇시스템
	일본	태양광 발전 비닐하우스 자동개폐 시스템
농업용 무인헬기 활용을 통한 무인 방제 시스템		
기타사례	미국	파라마운트농장 RFID시스템 도입 공급망 관리
		레이저코드 기술적용을 통한 재고관리시스템
		무선주파수를 이용한 해충박멸
	중국	인터넷을 통한 병충해 진단 서비스
	일본	전자태그 활용 소 분만 예찰시스템
		소 정액 바코드 관리시스템
		농림부 RFID 활용 청과물 유통 시범사업
		농작물 도난방지 무선관리 시스템

2. 국내 관련 기술 현황

주관기관 및 참여기업은 2007년부터 1차 산업 적용을 위한 u-IT 융·복합 기술을 연구하고 있으며, 그 결과 농·수·축산업에 특화된 복합 센서모듈, USN 미들웨어, 원격제어 장비 등 다양한 u-IT 기술을 보유하고 있다.



그림 1 임베디드 Ethernet 모듈



그림 3 접속 커넥터



그림 2 10/100BASE-T 통합형 USN 노드 II

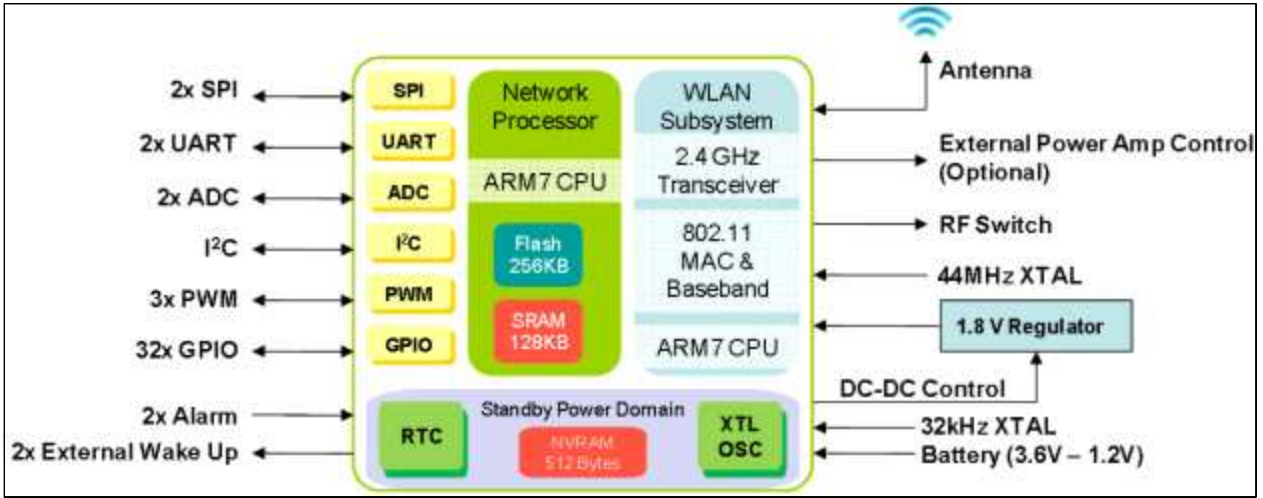


그림 4 WLAN(IEEE 802.11.b) 통합형 USN 노드 구성도



그림 5 임베디드 WLAN 모듈



그림 6 WLAN 통합형 USN 노드

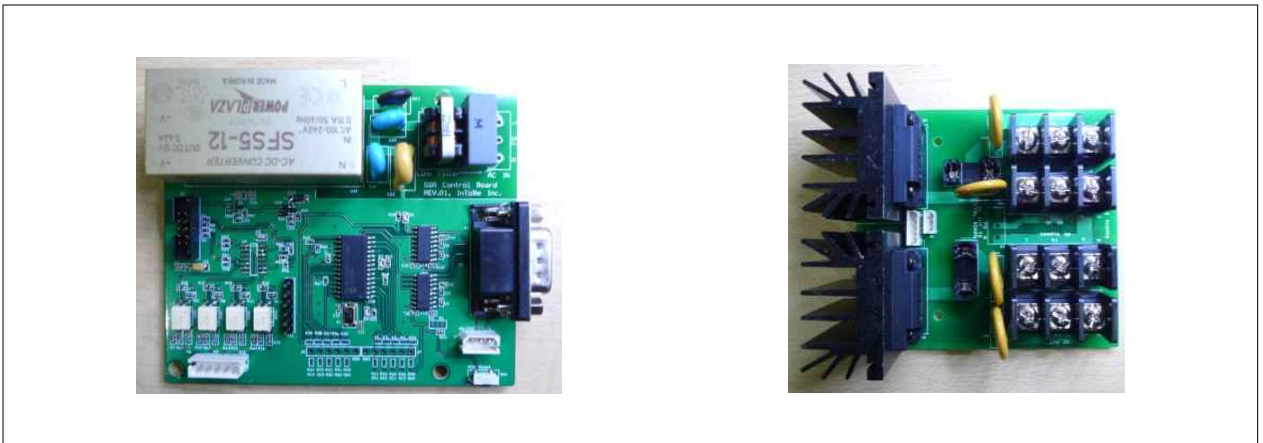


그림 8 액추에이터 컨트롤 보드 및 릴레이 보드 제작 사진(Double)

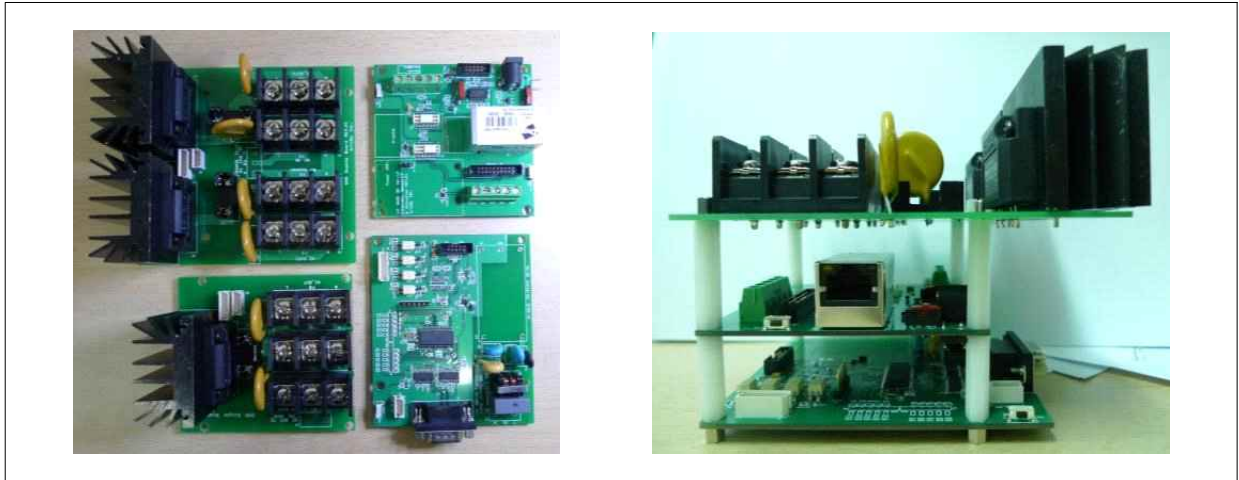


그림 9 Ethernet 통합형 센서노드 및 액추에이터 제작 사진



그림 10 데이터 로거와 게이트웨이 연결 모습 및 USN 미들웨어 시험화면

2007년 IT신기술 적용 선도 사업을 시작으로 추진하였다. 농림축산식품부·미래창조과학부(구 정통부)간 협력을 체결('07.7)하여 미래창조과학부 주도 하에 추진되었다.

IT신기술의 활용은 주로 USN(19개), RFID(10개), LED(1개) 등을 이용하였으며, 부분적으로 PDA, GIS/GPS, 텔레매틱스 등의 기술을 활용하였다. 현재 국내 RFID/USN을 이용한 농업기술 수준은 세계적인 수준의 30% 정도로 아직 온실농업, 수산업과 같은 정해진 닫힌 구역에 대한 관리 기술만 연구되었다. 대부분의 농업인 열린 공간 농업, 즉 노지에 대한 농업 기술에 대한 연구는 미미하여 세계적인 수준에 도달하지 못한 상태이다. 노지 농업 기술은 정밀 제어 알고리즘, 높은 수준의 정밀 제어 시스템, 성장환경관리의 통합적인 시스템의 개발이 필수적인 분야로 이 부분에 대한 기술 개발 없이는 국내 농업 기술은 세계적으로 도약하기 어렵다는 문제점이 있다.

본 과제는 양봉산업 현장에 USN 시스템을 접목하는 사업으로 노지 농업에 접목하는 현장과 유사하다 할 수 있다.

제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 봉군 신호 수집을 위한 기반시설 설치

1. 근거리 봉군 신호 수집을 위한 기반시설 설치 (제주대학교 구내 설치)

u-IT 기반의 꿀벌질병제어시스템의 개발을 위해서는 적합한 연구사육시설이 소요되며, 이를 위한 기반시설의 마련을 1차적으로 수행하였다. 입지의 조건은 주변의 벌 질병의 교류방지 및 도봉의 예방을 위하여 여타의 봉군과의 접촉을 최소화하기 위한 거리적으로 격리된 장소를 선정하여 실험용 봉군 사육시설을 설치하였다. 연구시설은 눈, 비 및 하절기 직사광선을 막기 위한 가림판을 설치하였으며, 사육조건은 옥외 양봉의 환경과 동일하게 설치하였다. 연구사육시설의 환경 및 위치정보는 아래와 같다.

표 3 제주도 청정 양봉 연구실험장의 환경상태

구분	내용	비고
위치	제주대학교 학내 비자림	
면적	15m x 12m	
위도	33.45130462	
경도	126.56705865	
고도	374m	
방위	동남	
주간평균소음	< 40dB	
주변 양봉장과 이격거리	> 6 km	
규모	센서설치 14 봉군 비설치 8 봉군	



그림 11 제주대학 구내에 설치한 실험사육장. 40mm의 철제봉과 sandwich panel을 이용한 비가림 시설

2. 원거리 봉군 신호 수집을 위한 기반시설 설치 (경기대학교 구내 설치)

서버가 설치된 제주대학교로부터 대략 500 km 정도 북쪽에 위치한 원거리의 정보수집을 위하여, 수원에 위치한 경기대학교 교내 연구용 시험양봉장에 시스템을 설치하여 원거리 신호전달상황과 재반 실험을 수행하였다. 수원은 전형적인 온대기후대로서 제주지역에 비하여 긴 동절기의 특징을 갖추고 있으며, 국내의 주 밀원인 아카시아 수종이 다량서식하고 있다. 한편, 도심권에 위치하고 있기 때문에, 캠퍼스 내의 후미진 비교적 정숙한 곳에 위치하고 있지만 대기오염의 정도나 소음, 농약살포, 야생동물의 출몰 등의 조건이 제주대학교에 위치한 본 연구시

험양봉장에 비하여 대비되는 점들이 있을 것으로 판단되었다. 또한, 3개소의 개별 시험양봉장을 보유하고 있으므로 인공감염연구의 목적에도 적합한 것으로 판단하였다. 방위는 남향으로서 주변에 일반 양봉농가도 수 개소 위치하고 있다. 센서는 5개 봉군에 설치하였다.

표 4 경기도 수원 양봉 연구실험장의 환경상태

구분	내용	비고
위치	경기대학교 구내	
면적	20m x 8m	
위도		
경도		
고도	174m	
방위	정남	
주간평균소음	< 50dB	
주변 양봉장과 이격거리	> 2 km	
규모	센서설치 5 봉군 비설치 10 봉군	



그림 12 경기대학교 양봉실습장 HQ: 본 과제에 수행된 곳임.

3. 시험봉군의 질병감염여부 확인

내검을 통하여 살펴본 육안적인 봉군 상태는 정상적이며 강군의 세력을 보였다. 감귤 및 야생화의 개화시기에 양호한 저밀상태를 보였으므로 봉군의 생육상태는 정상적으로 이루어지고 있는 것으로 판단되었다. 이들 봉군은 연구사육시설에서의 봉군의 정상 생육시그널 수집에 공여하기에 적합한 것으로 판단하였다.

꿀벌 생육 정상시그널을 수집하기 위하여, 질병이 발현되지 않은 건강 봉군의 사육이 필수적인 바, 중요한 세균성 질병인 미국부저(AFB, American foulbrood)와 유럽부저(EFB, European foulbrood), 진균성 질병인 백묵병(Chalk-brood)의 발생을 조사한 음성으로 판단되었다. 즉, 미국부저의 확인을 위하여 육안적인 검사와 ELISA를 수행하였다. 육안적인 유충의 변화는 초기 유충의 유백색에서 시간경과에 따라 갈변 및 특유의 생선부패취를 기준으로 내검하였으며, 봉개의 형태와 건전도도 아울러 관찰하여 함몰되었거나 점착력의 액상을 기준으로 확인하였다. 유충을 대상으로 균배양 분리 및 ELISA를 실시하였으며 역시, 음성의 결과를 나타냈다. 미국부저의 경우는 원인체인 *P. larvae*의 flagella 및 spore 각각에 대하여 본 연구팀이 개발한 Monoclonal antibodies를 기반으로 ELISA를 실시하였다. (김 등, 2013) 유럽부저 감염 확인은 육안적인 관찰에 의한 유충의 변화(진주색, 백색, 황색을 띠다가 갈변 및 부패)와 때때로 보이는 시큼한 부패취를 기준으로 내검하였을 때 이상변화가 없었다. 유충을 대상으로 균배양 분리 및 ELISA를 실시하였다. ELISA는 *M. plutonius* 균체항원에 대한 Monoclonal antibodies를 기반으로 개발한 sandwich ELISA를 실시하였는 바, 양성반응이 발현되지 않았다. 진균성질병의 확인은

내검(봉개한 후에 폐사하며, 폐사한 유충은 처음에 숨처럼 보이면서 다소 팽대하나, 시간경과에 따라 수분감소로 경화된다. 색조는 흰 것부터, 청회색 혹은 흑색을 나타냄) 및 배양검사를 실시하여 봉군의 감염여부를 확인하였다.



그림 13 초기 시험봉군의 내검. 강군으로서 개체생육과 양호한 저밀상태 확인

표 5 AFB 배양검사 및 ELISA 결과

Cage Serial no.	Inspection	Culture & Isolation	ELISA against,		Note
			Flagella	Spore	
E01	-	-	-	-	2013 분봉군
E02	-	-	-	-	2013 분봉군
E03	-	-	-	-	2013 분봉군
E04	-	-	-	-	2013 분봉군
E05	-	-	-	-	2013 분봉군
E06	-	-	-	-	원 봉군
E07	-	-	-	-	원 봉군
E08	-	-	-	-	원 봉군
E09	-	-	-	-	원 봉군
E10	-	-	-	-	원 봉군
E11	-	-	-	-	2013 분봉군
E12	-	-	-	-	2013 분봉군
E13	-	-	-	-	2013 분봉군

표 6 EFB 배양검사 및 ELISA 결과

Cage Serial no.	Inspection	Culture & Isolation	ELISA against, Cell Ag	비고
E01	-	-	-	2013 분봉균
E02	-	-	-	2013 분봉균
E03	-	-	-	2013 분봉균
E04	-	-	-	2013 분봉균
E05	-	-	-	2013 분봉균
E06	-	-	-	원 봉균
E07	-	-	-	원 봉균
E08	-	-	-	원 봉균
E09	-	-	-	원 봉균
E10	-	-	-	원 봉균
E11	-	-	-	2013 분봉균
E12	-	-	-	2013 분봉균
E13	-	-	-	2013 분봉균

표 7 Chalk-brood 검사결과

Cage Serial no.	Inspection	Culture & Isolation	비고
E01	-	-	2013 분봉균
E02	-	-	2013 분봉균
E03	-	-	2013 분봉균
E04	-	-	2013 분봉균
E05	-	-	2013 분봉균
E06	-	-	원 봉균
E07	-	-	원 봉균
E08	-	-	원 봉균
E09	-	-	원 봉균
E10	-	-	원 봉균
E11	-	-	2013 분봉균
E12	-	-	2013 분봉균
E13	-	-	2013 분봉균

제 2절 시험봉군의 질병감염여부 진단법 설정

1. 면역학적 진단법에 의한 질병 진단(Journal of Apiculture 28(5), 2013.12, 339-344)

꿀병 질병의 면역학적인 실험실적인 진단은 ELISA를 통하여 다량의 시료를 검사할 수 있으며, 아래의 내용은 미국부저병 진단을 중심으로 검사법 개발에 대하여 약술한 것이다.

가. AFB 원인체의 편모 및 아포에 대한 단일클론항체 제조 및 면역분석법

미국부저병(American foulbrood, AFB)은 *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae*에 의한 꿀벌의 세균성 질병으로 가장 많이 발생되고 있는 치명적인 질병이다 (Bailey and Ball, 1991, Broodsgaard *et al.*, 1998; Tarr, 1938). 이 병원체는 꿀벌만을 숙주로 하여 꿀벌의 유충에 침입하고, 내생포자에 의해 전염되며, 감염 후 잠복기간이 길고, 감염속도도 빠르며, 높은 치사율을 보여 양봉산업에 막대한 피해를 주고 있다 (Barrick, 1964; Atkins 등, 1970). 미국부저병은 국내 양봉산업에도 심각한 피해를 입히고 있어 현재 이 질병은 제2종가축전염병으로 분류, 관리되고 있다 (가축전염병예방법 제2조). *P. larvae* subsp. *larvae*는 그람양성 간균으로 편모에 의한 운동성이 있으며 대부분의 세균은 4-5개 층으로 둘러싸인 아포를 형성하지만, 이 세균은 7개 층으로 둘러싸여 열이나 항생제에 저항성이 강하며, 건조상태에서도 수십 년간 병원성을 보유했다 (Bakhiet 과 Stahly, 1985). 미국부저병의 발병이후 정확한 처치와 발병이전의 봉군이 원인균인 *P. larvae*에 의해 오염되었는지 여부를 판단하기 위해서는 정확하고 신속한 진단방법은 매우 중요한 도구이다. AFB의 진단은 주로 균 분리동정을 통해 이루어지고 있으나, 봉군 내 감염된 애벌레는 일벌에 의해 제거되는 경우가 많으며, 세균의 배양과정에서 미국 부저병의 2차 침입세균인 *Paenibacillus larvae* subsp. *alvei* 등과 복합 감염되어 초기 배양에서 실패하는 경우가 많다. 또한, 감염균이 잠시 성장한 후 자가 용해되는 특성을 가지고 있으며, 생화학적 특성이 매우 빈약하여 정확하고 신속한 진단이 어려운 실정이다 (Sneath 등, 1986). AFB의 원인균에 대한 특이항체의 개발 (백 등, 2002), polymerase chain reaction (PCR) 검출법, (Govan 등, 1998; 양과 윤, 2001), nested PCR (Lauro 등, 2003) 및 정량성이 뛰어난 real-time PCR (이 등, 2004) 등의 방법이 AFB의 진단을 위하여 보고된 바 있다. 한편, 특이항체를 적용한 면역학적인 검출방법은 실험실적인 대량시료의 처리나 현장에서의 신속진단에 유용한 검출법이 될 수 있으며, 또한 AFB 방역에 편리하게 이용될 수 있을 것이다. AFB는 감염특성상 *Paenibacillus larvae*의 아포가 유충에 감염되고(Crailsheim and Riessberger-Gallè, 2001), 발아하여(Yue *et al.*, 2008) gut에서 증식한 후, 다시 아포화 되는(Lindstrom *et al.*, 2008) 순환적인 감염을 반복하여 감염체 향원의 경시적인 변화가 있기 때문에 면역학적진단법을 적용시키기 위해서는 *Paenibacillus larvae*의 vegetative cell과 spore 향원 각각에 대한 특이항체가 개별적으

로 필요할 것으로 사료된다. 이를 위하여 *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae*의 flagella 및 아포에 대한 특이 단클론항체를 개발하였으며, 이를 사용하여 ELISA와 ICA를 수행하였다.

(1) *P. larvae*의 flagella 및 아포항원

P. larvae (ATCC 9545)를 Brain heat infusion (BHI) plate (DIFCO, U.S.A.)에 도말하여 37°C에서 24시간 배양한 후, 단일집락을 택하여 AK 배지 (Sporulating Agar)에 도말하고 37°C에서 5일간 배양하였다. 배양된 균체를 원심분리 (5,000 x g, 20min)하여 2회 세척하고, 2mm 구경의 glass bead (SiLibeads, Sigmund Lindner)를 넣어 30분간 진탕하여 균체의 flagella를 절단하였다. 이 후 원심분리(5,000 x g, 20min)를 통하여 분리된 flagella가 부유된 상층액을 회수하고, 이들 상층액을 최종적인 원심분리 (14,000 x g, 40min)를 통하여 침전된 flagella 분획을 얻어내었다. Flagella의 분획은 소분하여 -80°C에 보관하며 BALB/c 마우스의 면역과 hybridoma의 screening에 사용하였다. 아포형성은 slide에 도말하여 자연 건조시킨 후, malachite green (Junsei, Japan)으로 염색하고 Safranin O (Safranin, 소망제약)로 대조염색하여 광학현미경으로 검경하였다. 아포형성이 확인된 plate에 배양된 아포체를 scraper로 긁어 회수하고 생리식염수에 부유시킨 후, 3회 원심분리하여 (1,600 x g, 20분) 침전물을 회수하고 소분하여 냉동보관 (-70°C)하며 면역원 혹은 항체측정용 항원으로 사용하였다. 정제된 *P. larvae* flagella의 항원성을 확인하기 위하여, 균체와 최종 수확된 flagella분획을 계단희석하여 ELISA용 96 well microplate에 흡착시키고, *P. larvae*에 대한 항혈청을 가한 후 horseradish peroxidase가 표지된 goat anti-mouse IgG(H+L) (KPL)를 가하여 반응시켰다. 반응정도를 ABTS로 발색시킨 결과는 Fig. 1과 같이 항원 농도의 희석에 따라 전형적인 표준곡선의 경향을 보였으므로 *P. larvae*의 vegetative cell에 대한 특이 항원으로 만족할 만한 것으로 판단하였다. 특히 flagella는 균체의 표면에 발현되므로 vegetative cell 상태의 세균의 검출에 이상적일 것으로 사료된다. (그림 14). AK 배지에 배양된 *P. larvae*의 spore를 malachite green(Junsei, Japan)으로 염색하여 검경한 결과 남색으로 염색되어 관찰되었다. 일부에서는 완전히 아포화되지 않은 균체들이 관찰되었으나 무시할 만 하였으므로 면역원 및 분석항원으로서 충분한 것으로 판단되었다.

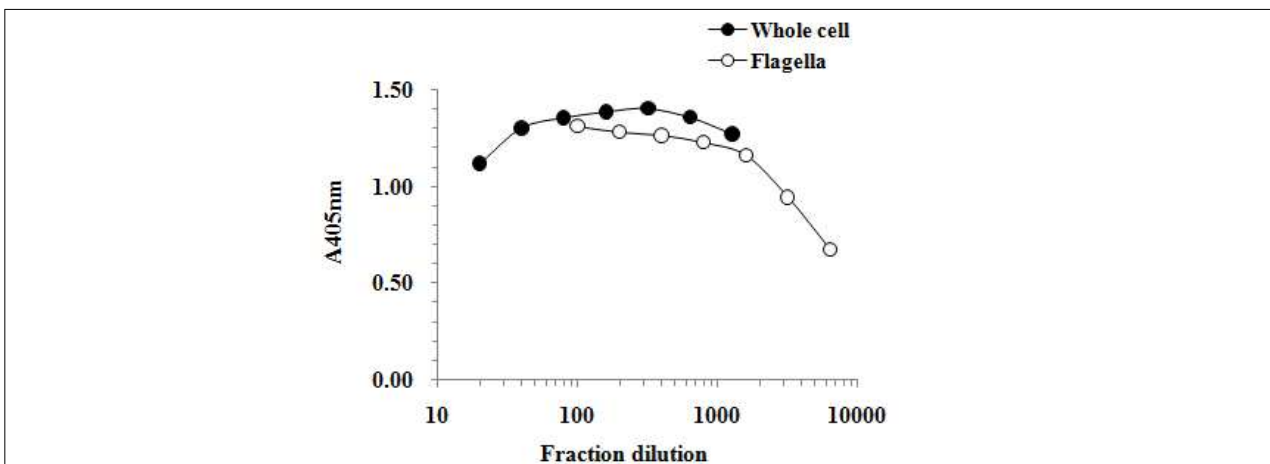


그림 14 Antigenicity of *P. larvae* whole cells and purified flagella fraction. Dose-response curves were depicted by ELISA

*P. larvae*를 BHI 배지에서 24시간 동안 배양한 후, 단일 집락을 취하여 AK 배지에서 배양하여 아포화를 유도하였다. 배양 시간이 경과하며 malachite green에 청색으로 염색되는 아포가 증가하여 120시간 후에는 대부분의 균체가 아포화된 상태로 관찰되었다. (그림 15)

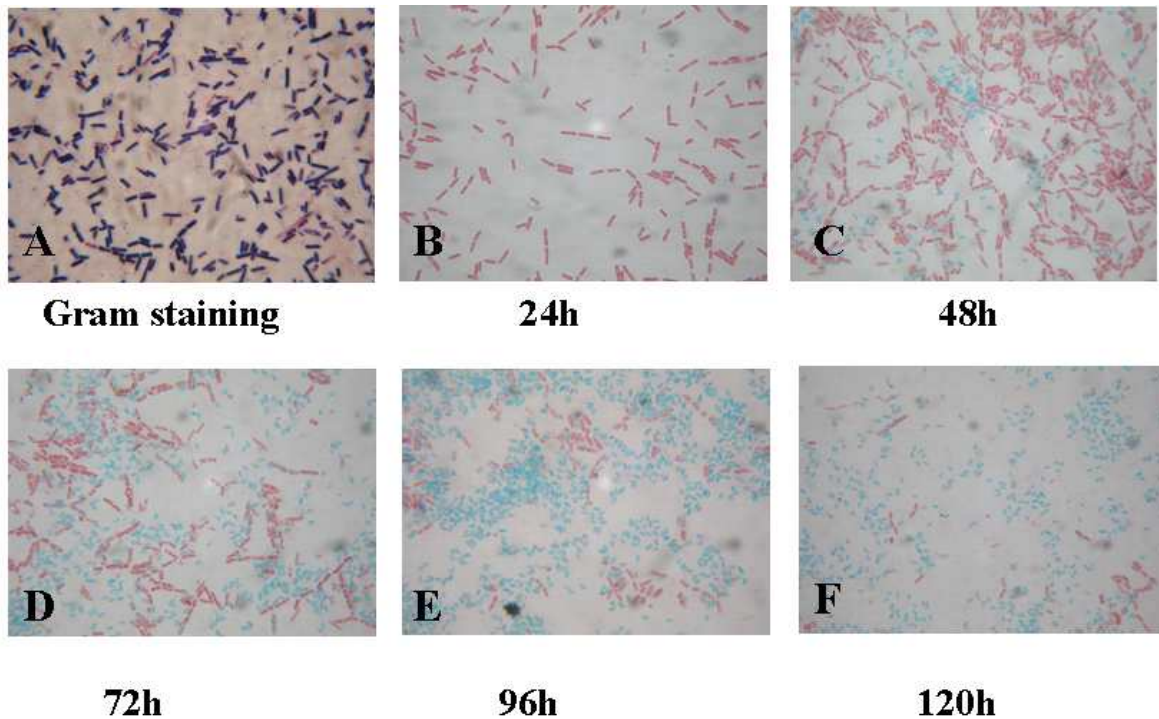


그림 15 Spore formation of *P. larvae* with the lapse of time on the AK agar at 37°C. A: Gram staining of bacteria, B - F: 24, 48, 72, 96, and 120 hours after inoculation respectively. malachite green staining x 1,000.

(2) 마우스의 면역

준비한 *P. larvae* flagella 항원과 아포항원을 6주령의 암컷 BALB/c 마우스에 면역시켰다. 동물실험은 ‘제주대학교동물실험윤리위원회’의 승인을 받아 실시하였다

(3) 단클론항체의 생산

최종 면역접종 후 24시간에 경추탈구로 희생시킨 BALB/c 마우스의 비장과 SP/2 myeloma 세포를 융합시켜 hybridoma 세포를 선택하였다. 특이항체를 분비하는 hybridoma clone은 BALB/c 마우스의 복강내로 접종하여 고농도의 단일클론항체가 분비된 복수를 생산하였다.

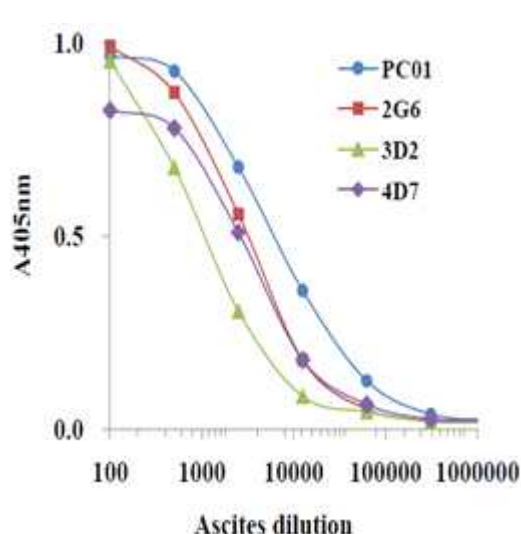


그림 16 ELISA titers of ascites containing monoclonal antibodies to *P. larvae* flagellum

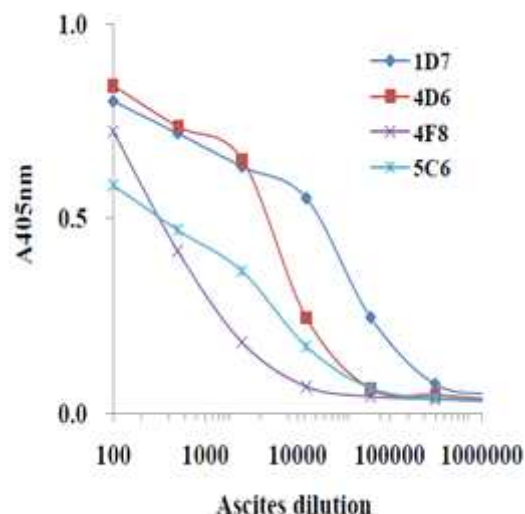


그림 17 4. ELISA titers of ascites containing monoclonal antibodies to *P. larvae* spore.

(4) 단클론항체의 정제

Protein G sepharose 4B gel (Pharmacia LKB, Sweden)을 이용하여 복수 중의 IgG를 정제하였다.

(5) ELISA

HRP-Mab conjugates는 Wilson과 Nakane (1978)의 방법에 의해 수행하였다. ELISA용 plate는 정제된 단클론항체들을 96-well ELISA plate (Nunc polysorb, Demark)에 100 μ l씩 분주하여 흡착시켜 준비하였다. 균체항원의 분석을 위하여 준비된 아포 부유액 100 μ l를 well에 가하였다. 봉체의 경우는 날개를 제거한 꿀벌을 microcentrifuge tube에 넣고 200 μ l의 PBS-T를 가한 후, microcentrifuge tube용 plastic 봉으로 마쇄하고 20초간 원심분리하였다 (3,000 rpm). 원심상층액은 따로 회수하여 ELISA 분석에 사용하였다. 분석된 결과는 PCR(이 등, 2004)에 의한 결과와 비교하였다.

결과적으로, 봉체 내의 *P. larva* spore의 검출 민감도를 조사하기 위해 1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 , 1×10^5 , 1×10^4 , 1×10^3 , 1×10^2 , 1×10^1 spore/100 μ l 가 되게 희석한 다음 Pla06과 Pla07을 통하여 sandwich ELISA를 실시하였다. Figure 3과 같이 1×10^5 spore/ml의 검출감도를 보였다.

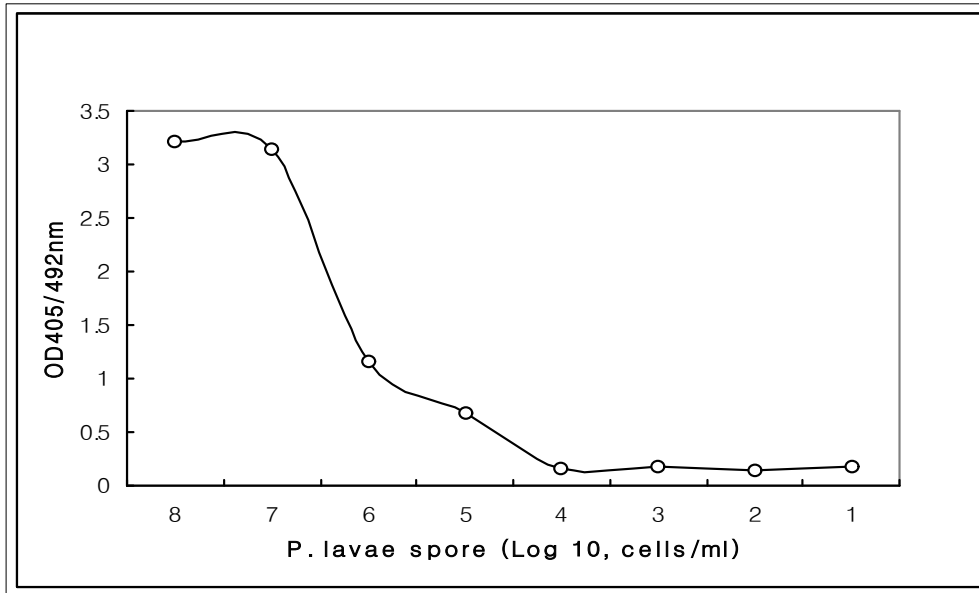


그림 18 Detection limit of sandwich ELISA for *P. larvae* spore antigen.

미국부저의 진단에는 아직까지 표준화된 진단법이 제시되어 있지 않고, 임상진단 및 드물게 균 분리 동정 방법에 의존하기 때문에, ELISA kit의 민감도 및 특이도의 비교는 PCR 방법 (이 등, 2004)의 결과를 기준으로 비교하여 보았을 때 민감도 96.0%, 특이도 100%를 보였다 (표 7).

표 8 The result of comparison PCR and Rapid kit

ELISA kit	PCR (Ref. method)		Total
	Positive	Negative	
Positive	48	0	48
Negative	2	54	56
Total	50	54	

(6) Immunochromatographic assay

Colloidal gold 접합체 제조를 위하여 40nm 구경의 colloidal gold를 제조하였다. Immunochromatographic assay를 위하여 Nitrocellulose transfer membrane (Whatman, SP003, U.S.A.)을 5mm 폭으로 절단한 후, 정제된 항체를 10mg/ml을 2.0 μ l씩 넣고 dotting하여 실온에서 건조한 후 ICA를 실시하였다. 민감도와 특이도 검사를 위한 시료의 준비는 ELISA의 경우와 동일하게 수행하였다.

봉체 내의 *P. larvae* spore의 검출 민감도를 조사하기 위해 spore 1 \times 10⁸, 1 \times 10⁷, 1 \times 10⁶, 1 \times 10⁵, 1 \times 10⁴, 1 \times 10³, 1 \times 10², 1 \times 10¹/ml 가 되게 희석하여 ICA를 실시하였을 때, 1 \times 10⁶spore/100 μ l의 검출감도를 보였으며 이는 100 μ l의 시료량으로 고려할 때 1 \times 10⁷/ml 까지

검출이 가능한 성적이며, 일반적으로 ELISA 법에 비하여 낮은 검출감도를 보였다.

표 9 Detection limit of immunochromatographic assay

	Spore/ml						
	1×10^2	1×10^3	1×10^4	1×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8
Grade	-	-	-	-	±	+	++

ICA의 민감도 및 특이도의 비교는 PCR에 의한 결과(이 등, 2004)를 기준으로 비교하여 보았을 때, 민감도는 92.0%, 특이도는 100%를 보였다.

표 10 The result of comparison PCR and Rapid kit

Rapid kit	PCR (Ref. method)		Total
	Positive	Negative	
Positive	46	0	46
Negative	4	54	58
Total	50	54	

2. 유전자 검색법에 의한 질병 진단법의 개발

가. LAMP법을 이용한 Kakugo virus의 새로운 검출법 (Korean J. Apiculture 27(4) : 267~274, 2012)

Kakugo Virus(KV)는 외관상으로는 건강하지만 공격적인 성향을 나타내는 일벌의 뇌에서 분리된 picorna virus 계열의 virus이다. 본 연구에서는 양봉 현장에서의 신속한 KV의 진단을 위하여 loop-mediated isothermal amplification법을 이용하여 KV를 검출 가능한 진단법을 개발하였으며, 이를 KV-LAMP(s)라 명명하였다. 이 방법은 기존의 KV-LAMP보다 20분 빠르게 진단할 수 있는 장점이 있다. KV의 특이적인 염기서열에 근거한 KV-F3(2) / B3(2) / FIP(2) / BIP(2), 4개의 primer를 사용하여 56°C의 등온조건하에서 40분간 정치하여 KV의 DNA가 1×10^2 copies/ μ l까지 성공적으로 증폭됨을 확인하였다. SYBR Green I 과 Gene-Finder™ Nucleic acid fluorescent dye를 사용하여 전기영동 없이 육안으로 관찰할 수 있었다. 따라서 KV-LAMP(s)법은 KV를 신속하고 정확하게 검출함으로써 양봉현장에서 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

표 11 Information of KV-LAMP(s) primer set

Oligo	Sequence(5'→3')	Length (mer)
KV-F3(2)	TTAACGCTGAGCATGGTA	18
KV-B3(2)	ACTCGCTTCATTTTCGTCTT	19
KB-FIP(2) ¹⁾	TGAGTGCCATACTTTGACAACTTTTTTATTGATGTTAACAGCTTAGAATGG	52
KB-BIP(2) ¹⁾	TAAGAATTTTGGCCCTGGATTAGATTTTTAGTATAATGTAATACCCAGTCGA	52

¹⁾FIP : combine by F1c and F2

²⁾BIP : combine by B1c and B2

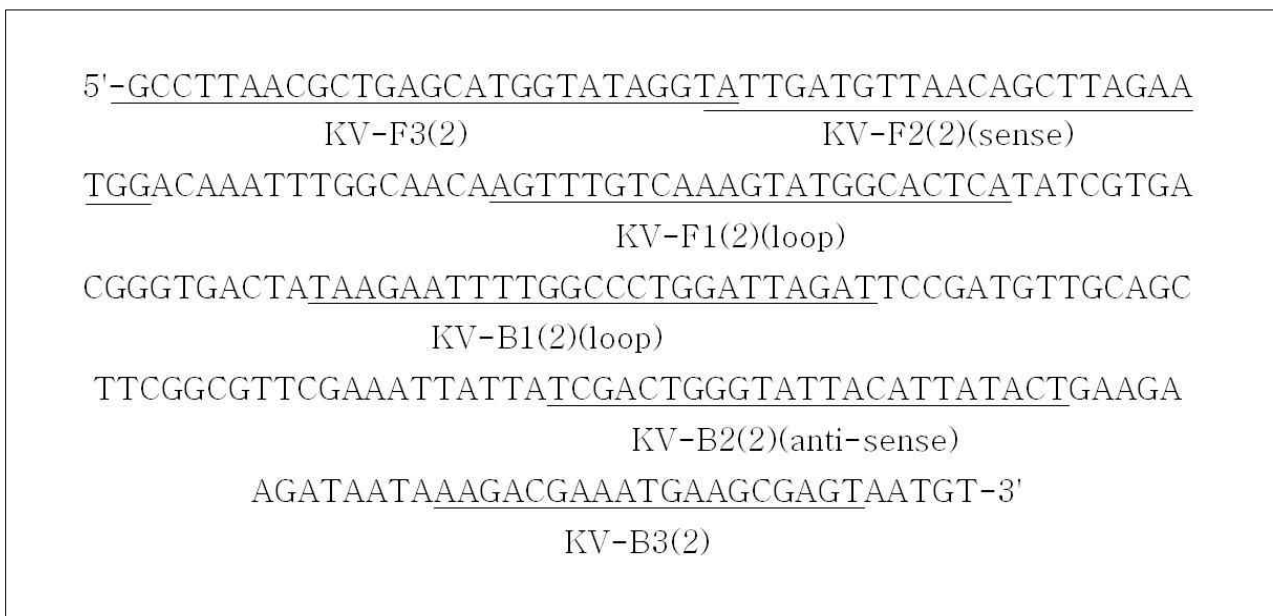


그림 19 Nucleotide sequences and location of primers for KV-LAMP(s).

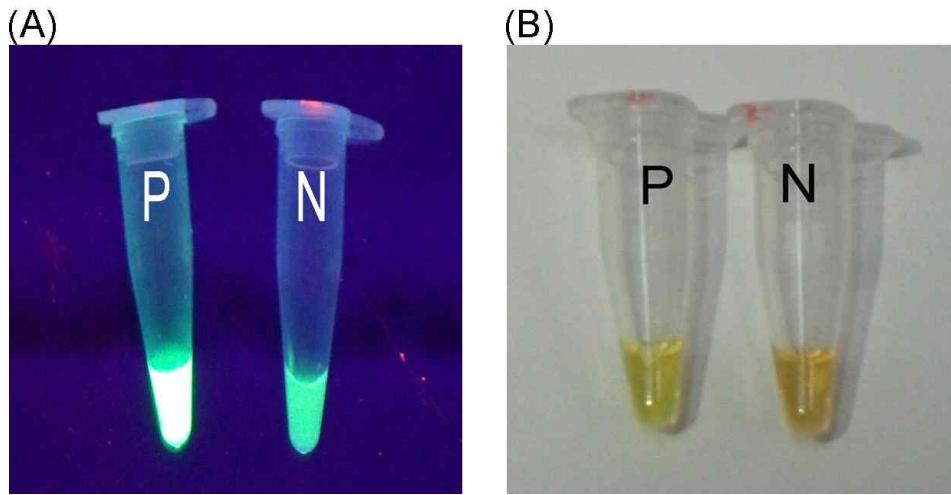


그림 20 Fluorescent test of KV-LAMP. Panel A. LAMP product (P) and negative control(N) were stained by SYBR Green I. Each products were observed by ultraviolet transilluminator. Panel B. LAMP product(P) and negative control(N) were stained by Gene-Finder™ Nucleic acid fluorescent dye.

제 3절 효율적인 전력 소모를 위한 센서 인터페이스 기술 및 외부 기상환경에 강한 실외용 네트워크 노드 기술 개발

1. 센서노드에서 전송할 데이터 규격 및 전송 주기 등의 최적화를 통한 전력 소 모 방지 기술 개발

가. 활용된 각 센서들의 데이터 수집 후 전송을 위한 데이터 규격, 전송 주기 등의 최적화

활용된 각 센서노드는 자신에게 연결되어 실장 되어 있는 센서를 구분하고 구분된 센서를 바탕으로 미리 설정된 데이터 전송 프로토콜 버전을 데이터 전송 앞머리에 붙여 데이터를 전송하였다.

표 12 센서노드의 데이터 전송 프로토콜 최적화

순서	내용
1	센서노드에 온도, 습도만 실장 되었을 경우, 센서노드 MCU는 자신에게 연결 되어 있는 센서를 검색
2	온도, 습도 센서를 찾은 후 미리 정의한 온도, 습도 센서만 구성된 “H02” 라는 프로토콜 버전 선택
3	센서노드는 데이터 전송 시간이 되었을 경우 프로토콜 헤더에 프로토콜 버 전인 H02를 붙여 데이터를 전송
4	게이트웨이는 미리 정한 프로토콜 버전을 수신하여, H02프로토콜이 온도, 습도만을 포함함을 인지
5	구분자를 통해 데이터를 정규화하여 DB에 저장

센서노드는 불필요한 필드(data)를 생략하여 통신 속도 향상과, 안정성 향상을 이루었다. 빠 른 통신 속도는 통신시간을 단축하는 결과를 가져오며, 이로 인해 센서노드는 통신모듈을 더욱 작은 시간만 사용하여 전력 소모 방지에 기여하였다. 데이터 전송 규격은 아래와 같다.

표 13 센서노드의 데이터 전송 규격

구분	DATA
STX	++
Sensor node ID	0001950000000212
구분자	
Protocol Version	H02
구분자	,
Sensor 1 value	35.7
구분자	,
Sensor 2 value	22.4
구분자	,
...	...
Sensor n value	123.456
구분자	,
checksum	0x00
ETX	0x0A0D

센서노드의 데이터 전송주기는 기본 300초로 설정하였고, 필요에 따라 게이트웨이와 동기화하여 변경이 가능하다.

나. 전력 소모 방지를 위한 기술들

센서노드의 효율적인 전력 소모를 위한 최적의 회로를 설계하였다. 센서노드의 MCU는 센서 측정 또는 데이터 전송을 하지 않는 시간에는 슬립모드로 소비전력을 최소화하도록 펌웨어를 개발하였다. 센서노드 MCU의 슬립모드별 wake up 방법은 아래의 그림과 같다.

Sleep Mode	Active Clock Domains					Oscillators		Wake Up Sources					
	clk _{CPU}	clk _{FLASH}	clk _{I/O}	clk _{ADC}	clk _{ASY}	Main Clock Source Enabled	Timer Osc Enabled	INT7:0	TWI Address Match	Timer 0	SPM/EEPROM Ready	ADC	Other I/O
Idle			X	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction				X	X	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X	X	X	
Power-down								X ⁽³⁾	X				
Power-save					X ⁽²⁾		X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			
Standby ⁽¹⁾						X		X ⁽³⁾	X				
Extended Standby ⁽¹⁾					X ⁽²⁾	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			

그림 21 MCU의 슬립모드별 wake up

센서노드는 전송주기 또는 센싱주기마다 동작 하에 하므로 Timer0으로 Wake up 할 수 있는 Power-save 모드를 이용하였다. 아래의 그림은 MCU의 Power-seve 모드에서의 전압별 소모전류를 나타내며, 상온(25°C)에서 3.3V의 전압으로 동작시 약 9uA의 소모전류를 나타낸다.

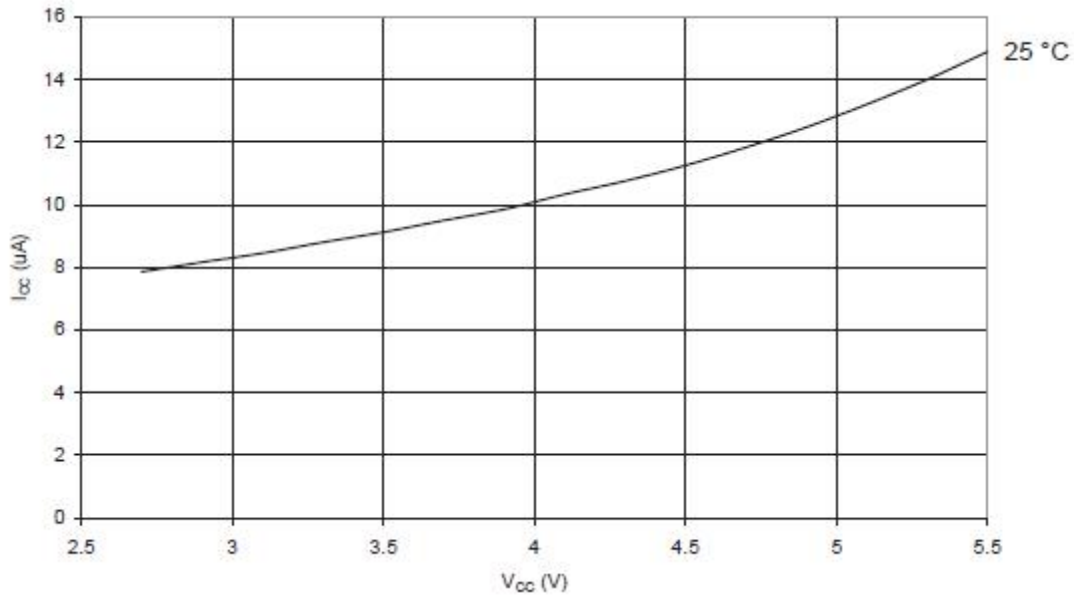


그림 22 Power-save Supply Current vs. VCC (Watchdog Timer Disabled)

또한 MCU는 메인전원이 낮을수록 소비전력이 낮아지기 때문에 UART통신에 오류율이 낮은 1.8432MHz를 선정하였다. 센서노드 MCU의 메인클럭별 통신속도 오류율은 아래의 그림과 같다.

Baud Rate (bps)	f _{osc} = 1.0000MHz				f _{osc} = 1.8432MHz				f _{osc} = 2.0000MHz			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%
4800	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%
9600	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%
14.4k	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%
19.2k	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%
28.8k	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%
38.4k	1	-18.6%	2	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%
57.6k	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%
76.8k	-	-	1	-18.6%	1	-25.0%	2	0.0%	1	-18.6%	2	8.5%
115.2k	-	-	0	8.5%	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%
230.4k	-	-	-	-	-	-	0	0.0%	-	-	-	-
250k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0%
Max ⁽¹⁾	62.5Kbps		125Kbps		115.2Kbps		230.4Kbps		125Kbps		250Kbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%

그림 23 MCU의 메인클럭별 통신속도 오류율

센서노드 MCU의 메인클럭이 무한정 낮출 수만 없는 이유는 메인클럭이 통신속도에 영향을 미치며 메인클럭이 낮은 경우 통신속도도 낮게 되며, 통신 시 발생하는 소비전류 증가가 시스템의 전체 소비전력에 큰 부분을 미치므로 사전 계산을 통해 최적의 클럭을 도출하였다. 센서노드의 회로설계에 있어서 MCU는 주변 장치(센서, 통신모듈 등)의 전원제어 회로를 구성하여 사용하지 않는 센서 또는 통신모듈 등은 전원을 차단하도록 설계하였다. 아래의 그림은 센서노드의 회로설계 중 일부이며, FET 등의 전자부품소자를 이용하여 주변 장치의 전원을 무리 없이 제어한다.

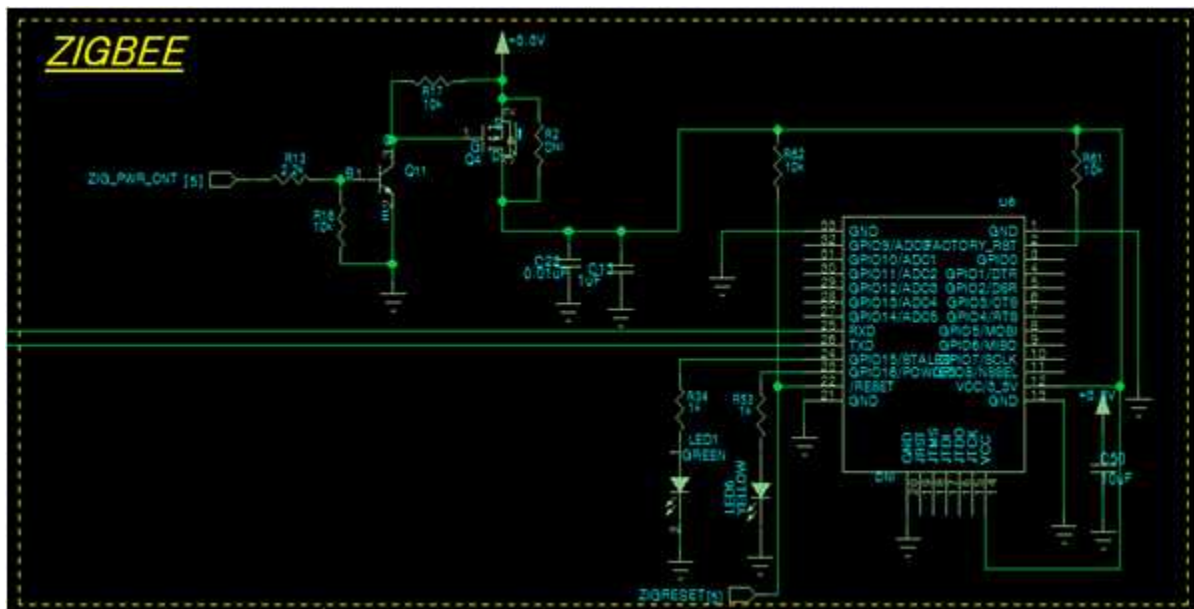


그림 24 센서노드의 주변장치 전원제어 회로

전원 회로는 전압차를 열에너지로 버려버리는 리니어형 정전압 레귤레이터 대신에 고속의 펄스신호를 이용하여 고효율의 정전압을 만들어내는 스위칭 레귤레이터를 이용하였다. 사용된 스위칭 레귤레이터 전원회로는 아래의 그림과 같다.

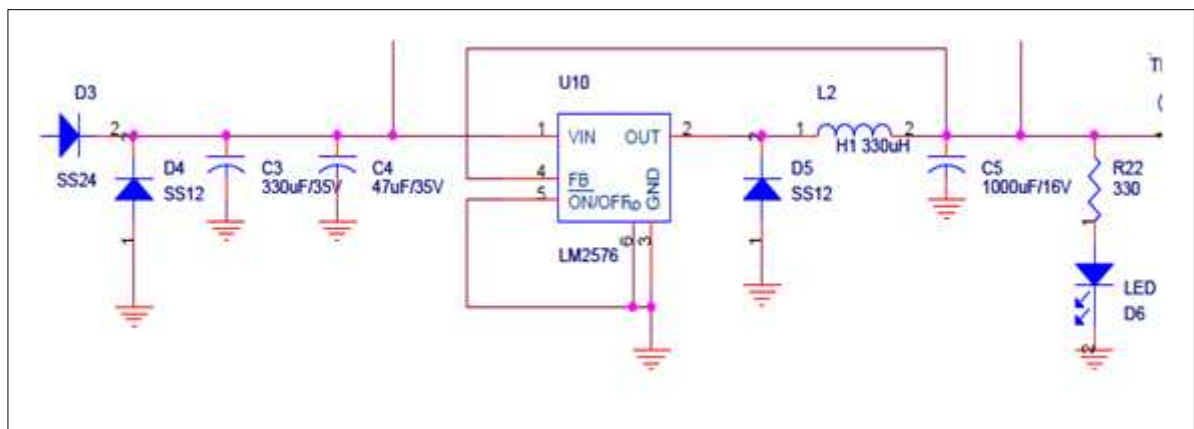


그림 25 스위칭 레귤레이터 전원회로

센서노드의 MCU는 ADC핀을 이용하여 자신에게 공급되는 전원 상태, 특히 전압을 측정하게 되며, 일반적으로 회로의 단순화를 위하여 고정밀 저항의 전압분배 법칙을 이용하여 측정하였다. 전압분배 회로는 측정 전원의 VCC와 GND를 저항으로 연결하게 되어있으며, 이 저항도 전원을 소비하는 요소로 동작하게 된다.

전력 소모 최소화를 구현하기 위하여 높은 저항값을 갖는 고정밀 저항을 이용하여 전원전압을 측정하도록 회로를 설계하였고 다음의 그림과 같다.

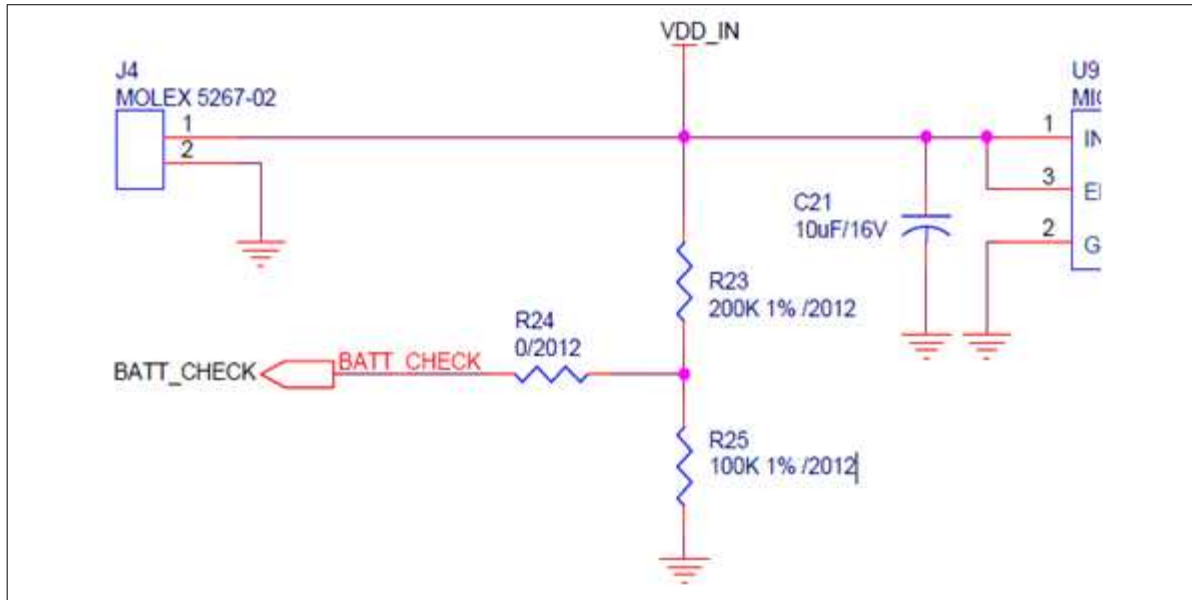


그림 26 높은 저항값을 갖는 고정밀 저항의 전압측정 회로

또한, 혹시 모를 누수 전력 소모를 줄이기 위하여, pull-up 저항 등도 높은 저항값을 갖는 저항으로 회로를 설계하였고 회로의 일부는 아래의 그림과 같다.

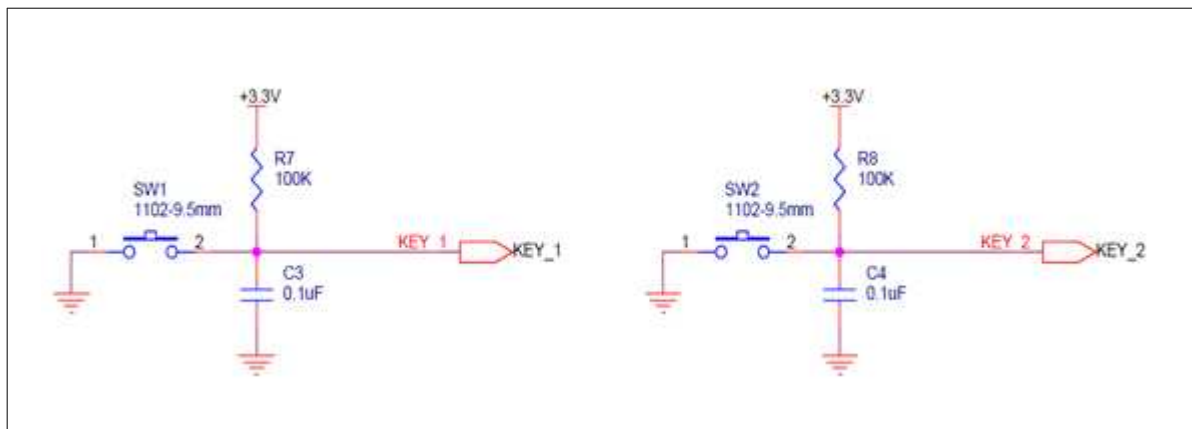


그림 27 높은 값의 pull-up 저항이 사용된 회로

온습도 센서만 적용한 센서노드의 소모전류 측정표는 아래와 같다.

							센서 측정 소모전류	
센싱 주기		소모전류	1일 센싱 횟수	1회 센싱 시간	1일 총 측정 시간	평균 전류	1일 총 측정 소모 전류	
초	분	mA	회	초	초	mA	mAh	
300	5	7.5	288	1	288	0.025	0.600	
600	10	7.5	144	1	144	0.0125	0.300	
1,200	20	7.5	72	1	72	0.00625	0.150	
1,800	30	7.5	48	1	48	0.004166667	0.100	
3,600	60	7.5	24	1	24	0.002083333	0.050	
7,200	120	7.5	12	1	12	0.001041667	0.025	

							통신 소모전류	
통신 주기		소모전류	1일 통신 횟수	1회 통신 시간	1일 총 측정 시간	평균 전류	1일 총 통신 소모 전류	
초	분	mA	회	초	초	mA	mAh	
1,800	30	36	48	2	96	0.04	0.960	
3,600	60	36	24	2	48	0.02	0.480	
7,200	120	36	12	2	24	0.01	0.240	
10,800	180	36	8	2	16	0.006666667	0.160	
14,400	240	36	6	2	12	0.005	0.120	
21,600	360	36	4	2	8	0.003333333	0.080	

							대기 소모전류	
sleep 시간(wakeup무시)		소모전류	1일 발생횟수	1회 측정 시간	1일 총 측정 시간	평균 전류	1일 총 대기 소모 전류	
초	분	mA	횟수	초	초	mA	mAh	
86,400	1,440	0.198	86,400	1	86,400	0.198	4.752	

그림 28 센서노드의 전류소모량 계산표

10AH의 배터리를 70%의 효율로 계산한 전송주기별 센서노드 라이프 기간 계산표는 아래와 같다.

센싱주기 및 전송주기 별 1일 소모 전류 계산표(단위 mAh)							
분	30	60	120	180	240	(전송주기)360	
(센싱주기)5	6.312	5.832	5.592	5.512	5.472	5.432	
10	6.012	5.532	5.292	5.212	5.172	5.132	
20	5.862	5.382	5.142	5.062	5.022	4.982	
30	5.812	5.332	5.092	5.012	4.972	4.932	
60	5.762	5.282	5.042	4.962	4.922	4.882	
120	5.737	5.257	5.017	4.937	4.897	4.857	

센싱주기 및 전송주기 별 365일 소모 전류 계산표(단위 mAh)							
분	30	60	120	180	240	(전송주기)360	
(센싱주기)5	2,304	2,129	2,041	2,012	1,997	1,983	
10	2,194	2,019	1,932	1,902	1,888	1,873	
20	2,140	1,964	1,877	1,848	1,833	1,818	
30	2,121	1,946	1,859	1,829	1,815	1,800	
60	2,103	1,928	1,840	1,811	1,797	1,782	
120	2,094	1,919	1,831	1,802	1,787	1,773	

배터리(10Ah) 효율 70%로 하여 서비스 라이프 산정(단위 년)							
분	30	60	120	180	240	(전송주기)360	
(센싱주기)5	3.04	3.29	3.43	3.48	3.50	3.53	
10	3.19	3.47	3.62	3.68	3.71	3.74	
20	3.27	3.56	3.73	3.79	3.82	3.85	
30	3.30	3.60	3.77	3.83	3.86	3.89	
60	3.33	3.63	3.80	3.86	3.90	3.93	
120	3.34	3.65	3.82	3.88	3.92	3.95	

그림 29 센서노드의 전송주기에 따른 운용기간 계산표

2. 태양광을 이용한 무정전 전원 공급 기술 개발

가. 기존 개발된 복합센서 모듈을 무정전 전원 공급이 가능하도록 태양광 추가

센서 노드 전원 공급 시스템은 아래 그림과 같이 태양광 모듈과 배터리 간, 센서노드와 배터리 간에 충전컨트롤러를 구성하여 배터리로 충전되는 전력이 과충전 되는 것을 제어하고자 하였으며, 동시에 센서노드의 전원 공급을 컨트롤러를 통해 공급하게 하여 전원공급이 안정적으로 유지되도록 구성된다.



그림 30 센서노드 전원 공급 시스템 구성도

또한, 외부 써지(surge)에 대한 센서노드 보호를 위해 컨트롤러와 센서노드 전원 공급 라인에 써지보호기(surge protector)를 구성하였다. 본 연구에서 구성된 센서노드 전원 공급 시스템의 각 기기별 주요 사양은 다음 표와 같다.

표 14 태양광 모듈

항목	내용	비고
최대출력(W)	10	
정격전압(V)	18	
정격전류(A)	0.556	
개방전압(V)	21.5	
개방전류(A)	0.62	

표 15 써지보호기

항목	내용	비고
Protect mode	2W+G	
Operating Voltage	12V	
Capacity	20KA/Mode 60KA/Total	

표 16 충전 컨트롤러

항목	내용	비고
입출력 허용 전류(A)	4.5	
시스템 전압(V)	12	
동작온도범위(℃)	-40~ +85	
중량(g)	90	
자체소비전류(mA)	6	
사이즈(mm)	64×51×38	
인증	CE/ISO/RoHS	

표 17 배터리

항목		내용	비고
전압(V)		12	
용량(AH)	20HR (1.75V/cell)	7	
	1HR (1.6V/Cell)	4.2	
외형치수(mm)	길이(L) (+/-2)	151	
	폭(W)	65	
	높이(H)	94	
	총높이(TH)	97.5	
중량(Kg)		2.5	

본 연구에서 구성된 센서 노드 전원 공급 시스템 실제 구성 모습과 설치된 모습은 아래의 그림에 나타내었다.



그림 31 설치된 외부 보호함 내부 모습(충전컨트롤러/배터리/써지보호기)



그림 32 태양광 모듈 설치 모습 (외부보호함 덮개에 설치)



그림 33 센서노드 전원 공급 케이블 설치 모습 (케이블 보호를 위해 플렉시블관 설치 후 케이블 인입시킴)



그림 34 센서노드 전원 공급 케이블 견선 작업 사진



그림 35 센서노드 전원공급 케이블 견선 완료 모습

게이트웨이 전원 공급 시스템은 아래 그림과 같이 태양광 모듈과 배터리 간, 게이트웨이와 배터리 간에 충전컨트롤러를 구성하여 배터리로 충전되는 전력이 과충전 되는 것을 제어하고자 하였으며, 동시에 게이트웨이의 전원 공급을 컨트롤러를 통해 공급하게 하여 전원공급이 안정적으로 유지되도록 구성하였으며, 외부 썬지(surge)에 대한 게이트웨이 보호를 위해 썬지보호기 (surge protector)를 구성하였다.



그림 36 게이트웨이 전원 공급 시스템 구성도

CDMA 모뎀으로의 전원 공급은 게이트웨이 외부출력 DC 5V를 CDMA 모뎀 전원으로 사용한다. 본 연구에서 구성된 게이트웨이 전원 공급 시스템의 각 기기별 주요 사양은 다음 표와 같다.

표 18 태양광 모듈

항목	내용	비고
최대출력(W)	40	
정격전압(V)	18	
정격전류(A)	2.22	
개방전압(V)	21.5	
개방전류(A)	2.58	

표 19 써지보호기

항목	내용	비고
Protect mode	2W+G	
Operating Voltage	12V	
Capacity	20KA/Mode 60KA/Total	

표 20 충전 컨트롤러

항목	내용	비고
입출력 허용 전류(A)	10	
시스템 전압(V)	12	
동작온도범위(℃)	-40~ +85	
중량(g)	230	
자체소비전류(mA)	10	
사이즈(mm)	152×55×34	
인증	CE/ISO/RoHS	

표 21 배터리

항목		내용	비고
전압(V)		12	
용량(AH)	20HR(1.75V/cell)	40	
	1HR(1.6V/Cell)	24	
외형치수(mm)	길이(L)(+/-2)	197	
	폭(W)	165	
	높이(H)	170	
	총높이(TH)	170	
중량(Kg)		12.8	

본 연구에서 구성된 게이트웨이 전원 공급 시스템 실제 구성 모습과 설치된 모습은 아래의 그림에 나타내었다.



그림 37 외부 보호함 및 태양광 모듈 설치 모습



그림 38 외부 보호함 내부 모습 및 전체 전경



그림 39 전원 공급 테스트 및 센서노드의 데이터 수집 테스트-정상

나. 기존 배터리 방식의 전원 공급 방식을 태양광을 활용한 충전 방식으로 변환

경기대학교 수원캠퍼스 양봉장의 상전원을 이용한 배터리 방식 전원 공급 방식에서 태양광을 활용한 충전 방식으로 변환하였다.



그림 40 경기양봉장에 독립전원을 위한 태양전기 발전, 저장시설 설치

사진 좌측이 봉군이 도열되어 있는 봉상이며, 태양전기판 후면에 배터리 보호소가 설치되어 있다.



그림 41 태양전지판

태양전지판은 DC 12V x2 직렬연결로 24V이며 이를 2쌍 병렬연결함. 각 판넬은 범용 120W 썩이며, 총 480W, 24V DC, 20A 용량이다.



그림 42 태양전기용 배터리

각 배터리는 12V DC, 200Ah의 대용량이며, 이를 2개씩 직렬로 연결하고(24V, DC), 또한 이 들을 4쌍 병렬로 연결하여, 총 8개의 배터리로 충분한 전기를 저장할 수 있도록 하였다.



그림 43 태양전기 콘트롤러

태양전기판에서 생산된 전기는 배터리로 안정된 공급이 되도록, 과전압, 저전압 조절 컨트롤러로 조정하였다. 현재 생산, 저장된 전기는 직류 24V는 물론, 인버터 (DC 24V → AC 220V)를 사용하여 일반 교류 220V용 기구에 안정적으로 사용하고 있다. 이를 통해 정전 사고로부터 분리되어 안정된 전원 공급이 가능 하였으며, 특히 게이트웨이와 센서노드의 안정된 운영을 통한 무중단 안정적 데이터를 확보 할 수 있었다.

3. 낙뢰, 집중호우, 강풍, 폭설 등 기상환경에 강한 실외용 네트워크 노드 기술 개발

기존 개발된 복합센서노드는 시설 재배에 대부분 활용이 되어 실외 환경에서 테스트가 많이 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 꿀벌 사육장(별통) 내 꿀벌의 생육 환경 정보에 대한 모니터링을 위해 온/습도, 이산화탄소, 암모니아 데이터를 센싱 가능한 센서노드 시스템 개발을 하였다. 별통의 구조적 특성상 센서는 별통 내부에 삽입되어 고정되도록 하였으며 센서노드는 별통 외벽에 설치되도록 설계 제작하였다. 별통 내부에 설치도 고정된 온습도 센서와 이산화탄소 및 NH₃ 센서와 센서노드와는 케이블 접속이 되도록 하였다. 센서노드에서 별통내부의 데이터를 수집하고 데이터 수집 전송 시스템으로 Zigbee 무선 전송 하도록 개발하였다.

데이터 수집 전송 시스템과 서버간의 데이터 무선 통신은 Zigbee 통신으로 수집한 현장에 설치된 센서노드 시스템의 데이터를 CDMA망을 활용하여 원격 서버로 전송하여 서버에서는 웹 기반의 모니터링 서비스를 제공하도록 개발하였다.

개발된 시스템은 테스트 베드 구축지인 제주대학교 양봉 실험 사육장에 설치되어 운영되고 있으며 지속적으로 테스트가 수행되고 있다. 현장 실험 결과 현장에서의 데이터 수집 및

Zigbee 무선 송수신 및 CDMA망을 이용한 원격 서버 전송 기능이 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었으며, 서버 모니터링 서비스 역시 수집된 데이터를 정확히 표출 및 표시하고 있음을 확인하였다.

다음 그림들은 현장 설치 과정 및 설치 완료 후 데이터 무선 전송 정상 여부 확인 모습을 보여주고 있다.



그림 44 센서 설치 브라켓

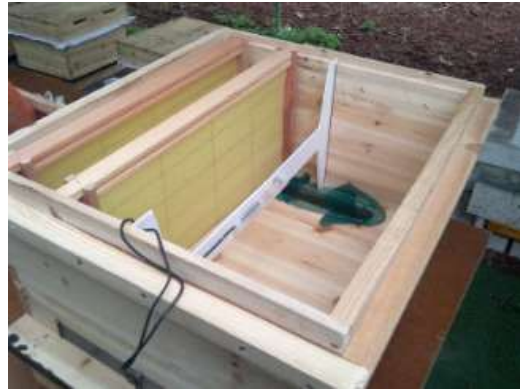


그림 45 센서 설치 브라켓 외부 모양



그림 46 벌통 덮개 OPEN



그림 47 센서 설치 공간 확보



그림 48 센서 준비



그림 49 센서 벌통 내 삽입



그림 50 센서 별통 내 고정 완료



그림 51 별통 외부 센서 노드



그림 52 센서 노드 외벽 설치



그림 53 센서 노드 케이싱(방수)



그림 54 센서노드 설치 완료



그림 55 센서노드 전원 공급 시스템



그림 56 외부보호함 설치



그림 57 태양광 모듈 설치



그림 58 케이블 결선



그림 59 데이터 수집 전송 시스템 설치 위치



그림 60 데이터수집전송시스템 설치



그림 61 데이터 수집 작동 확인_정상

양봉장-[별통1](6CEA)

그래프로 보기 목록보기

표시 갯수 : 100 건 검색 : Copy CSV Excel PDF Print

수집시간	온도1(°C)	습도1(%)	온도2(°C)	습도2(%)	CO2(ppm)	NH3(ppm)
2013-05-31 10:35			28.2	41.7	615.1	2.7
2013-05-31 14:55			33.6	56.2	1736.8	1.5
2013-05-31 15:00			33.5	57.4	1925.2	2.5
2013-05-31 15:05			33.6	57.4	1899.7	2.6
2013-05-31 15:10			33.8	55.3	1966.6	2.5
2013-05-31 15:15			33.8	53	1969.4	2.3
2013-05-31 15:20			34	51.5	1968.8	2.2
2013-05-31 15:25			33.8	54.5	1971.9	2.4
2013-05-31 15:30			33.8	54.5	1971.9	2.3
2013-05-31 15:35			34	50	1972.2	2.3
2013-05-31 15:40			34.1	57.1	1998	2.8
2013-05-31 15:45			33.8	56.2	1969.7	2.2
2013-05-31 15:50			34	53	1971.7	2.5
2013-05-31 15:55			34	53.8	1964.6	2.2
2013-05-31 16:00			34.3	54.6	1974.5	2.3
2013-05-31 16:05			34	48.3	1971.7	2.2
2013-05-31 16:10			34.2	53.4	1962	2.3
2013-05-31 16:15			34	53.8	1967.7	2.2
2013-05-31 16:20			34.5	53.2	1993.8	2.8
2013-05-31 16:25			34.3	56.6	1957.5	2.4
2013-05-31 16:30			34.2	55.3	1966.3	2.2
2013-05-31 16:35			34.2	50.4	1971.1	2.3
2013-05-31 16:40			34.2	55.7	1971.4	2.2

그림 62 서버 모니터링 시스템 데이터 서비스 표출 화면 _ 정상

제 4절 신뢰성이 확보된 무선 데이터 전송 기술 개발

1. 기존 개발된 복합센서노드 활용을 위하여 ZigBee 활용

가. IEEE 802.15.4(ZigBee) 사양 분석 개요

(1) TinyOS 1.x기반의 메시 애플리케이션 분석 및 구현

(가) TinyOS 특성

하드웨어 추상화부터 고수준 소프트웨어까지 모두 재사용 가능한 컴포넌트들로 구성되어있다.

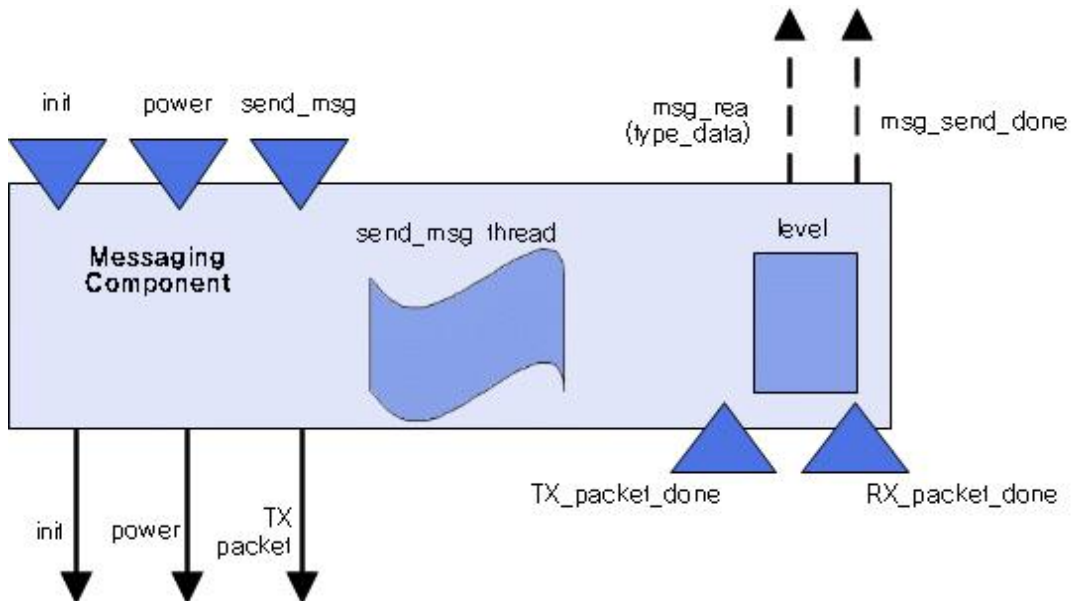


그림 63 메시징 컴포넌트

상태 머신 프로그래밍 모델을 기반으로 함으로써 전체 시스템은 여러 상태 머신들로 구성되어 있다. 제한된 자원만을 가진 노드들로 구성된 센서 네트워크의 가장 큰 문제인 저전력 소모를 위해서 TinyOS는 CPU가 사용되지 않을 동안 휴지 상태로 들어가게 함으로써 불필요한 전력 소모를 줄일 수 있었다. TinyOS가 실제 센서 네트워크의 설치 및 유지, 관리를 고려해 볼 때, 변화하는 요구 사항을 반영하기 위해서 무선 인터페이스를 이용해 응용 프로그램을 교체하는 네트워크 프로그래밍도 가능하였다.

IEEE 802.15.4 의 standard feature(The IEEE 802.15.4-2003 standard)는 다음과 같다.

- 250 kbps, 40 kbps, and 20 kbps 전송속도 지원
- 두 가지의 주소 모드 16-bit short and 64-bit IEEE addressing
- 조이스틱 같은 여러 디바이스를 지원
- CSMA-CA 채널 접근 가능

- 손쉽게 네트워킹 환경을 구축 가능
- 데이터 전송 시 쌍방향 응답 용이
- 저전력 RF 통신 지원
- 2.4GHz ISM 대역폭의 16채널 지원
- 915MHz 대역폭의 10채널
- 868MHz 대역폭의 단일 채널 지원

CC2420의 제원

- true single-chip 2.4 GHz (ISM 대역폭에서 16채널)
- Max data rate : 250Kbps
- 저전력 설계 (RX: 19.7 mA, TX: 17.4 mA)
- CC2420은 IEEE 802.15.4 MAC hardware를 지원 가능. CSMA-CA에 대한 부분은 tinyOS에서 B-MAC이란 MAC protocol을 사용해서 보완

(나) TinyOS 1.x기반의 싱글홉 메쉬 애플리케이션 설계 및 구현

CC2420은 MCU와 4-wire SPI-bus configuration interface (SI, SO, SCLK and CSn)로 연결되어 SPI통신을 통한 동작을 기본으로 한다.

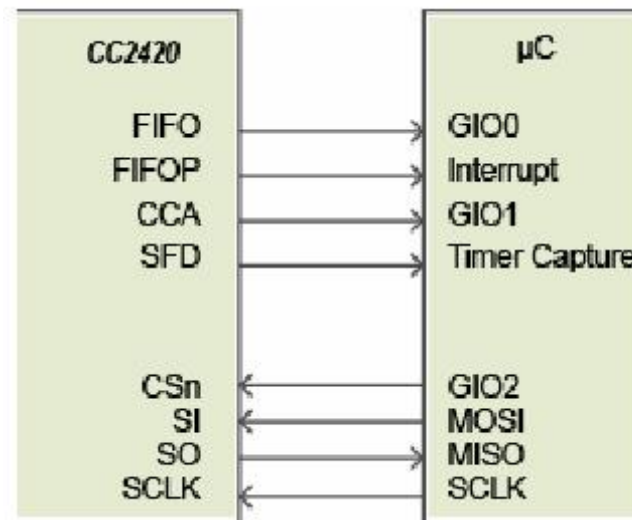


그림 64 Microcontroller interface example

Sn은 SPI Chip select로, SPI 통신의 enable/disable을 담당함 일반적으로 low상태일 때, enable이 되고, High 일 때, disable이 된다. SI는 SPI Bus의 Input으로 사용되고, SO는 SPI Bus의 Output으로 사용된다. SCLK는 SPI Bus의 serial clock으로 사용된다. msp430 계열은 SPI를 컨트롤하는 레지스터가 없기 때문에, UART를 SPI mode로 변경하여 사용한다.

실제로, 일반 UART 초기화와의 차이점은 SPI module disable/enable을 제어하는 레지스터의 설정밖에 없다. (USPIEx) 초기화 후에, 간단한 SPI read/write function을 기본으로 작성된 여러

가지 함수를 이용해서 CC2420을 제어하게 된다. 몇몇 중요 함수들의 예는 다음과 같다.(Zigbee 기준)

```

HPLCC2420.cmd(uint8_t addr)
    • CC2420으로 하나의 command를 보내고, 수신된 status 값을 반환
HPLCC2420.read(uint8_t addr)
    • CC2420으로부터 16-bit 레지스터 값을 받음
HPLCC2420FIFO.readRXFIFO (uint8_t length, uint8_t *data)
    • RX FIFO 큐로부터 length만큼 값을 받아오고, data에 저장
HPLCC2420FIFO.writeTXFIFO(uint8_t length, uint8_t *data)
    • data에 저장된length만큼의 데이터를 TX FIFO에 기록
    
```

CC2420의 드라이버 및 B-MAC이 구현된 부분은 /opt/tinyos-1.x/tos/lib/ CC2420Radio 이다. 각 구조별로 구현된 SPI/SPI응용 함수들을 이용하여 CC2420의 제어가 가능. 드라이버에서 가장 처음에 하는 일은 CC2420의 power on, reset toggle

```

//turn on power
call CC2420Control.VREFOn();

// toggle reset
TOSH_CLR_CC_RSTN_PIN();TOSH_wait();
TOSH_SET_CC_RSTN_PIN();TOSH_wait();
    
```

그 다음은 CC2420의 crystal을 enable시킴으로써, CC2420의 동작을 위한 최소한의 하드웨어 설정을 마친다. CC2420으로 CC2420_SXOSCON(0x01)이란 command를 보내면 crystal이 동작한다.

```

async command result_t CC2420Control.OscillatorOn() {
.....
status = call HPLChipcon.cmd(CC2420_SXOSCON); //turn-on crystal
.....
}
    
```

CC2420의 send 모드는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.. 채널이 Clear될 때까지 기다리다가 clear되는 순간 전송을 하는 방식과, 채널의 상태에 관계없이 전송하는 방식이다.

CC2420의 receive모드는 다음과 같다.

```

async command result_t CC2420Control.RxMode() {
    call HPLChipcon.cmd(CC2420_SRXON);
    return SUCCESS;
}

```

CC2420Control 에 모듈의 초기화, TX/RX 모드 함수, RF power 및 frequency 설정을 하는 기본 함수들이 포함되어 있다.면, CC2420Radio는 송/수신에 직접적이면서 복잡한 함수들이 포함되어 있다.

송신 함수는 sendPacket(), startSend(), tryToSend() 함수로 구현되어 있다.. startSend는 송신을 시작하는 함수로, TXFIFO에 송신할 패킷을 length만큼 write하게 된다. 이 함수가 종료되면 패킷들이 FIFO에서 송출되기를 기다린다.

```

task void startSend() {
    if (!(call HPLChipcon.cmd(CC2420_SFLUSHTX))) {
        sendFailed();
        return;
    }
    if (!(call HPLChipconFIFO.writeTXFIFO(txlength+1,(uint8_t*)txbufptr))) {
        sendFailed();
        return;
    }
}

```

sendPacket은 RF로 패킷을 보내는 함수이다. tryToSend에서 call되어 사용되며, 채널이 clear 되면 전송되는 방식 사용한다.

```

void sendPacket() {
    uint8_t status;
    call HPLChipcon.cmd(CC2420_STXONCCA);
    status = call HPLChipcon.cmd(CC2420_SNOP);
    ..... }

```

tryToSend는 CCA 핀을 read했을 때, High상태라면, 즉 채널이 clear하다면 sendPacket을 call 하여 패킷을 전송하고, 채널이 사용 중 이라면 normal operation을 계속해서 수행한다.

```

void tryToSend() {
    .....
    if ((!TOSH_READ_CC_FIFO_PIN) && !TOSH_READ_CC_FIFO_PIN)) {
        flushRXFIFO();
    }
    if (TOSH_READ_RADIO_CCA_PIN) {
        atomic stateRadio = TX_STATE;
        sendPacket();
    }
    else {
        if (countRetry-- <= 0) {
            flushRXFIFO();
            countRetry = MAX_SEND_TRIES;
            if (!post startSend())
                sendFailed();
            return;
        } }
    .....
}

```

tryToSend는 startSend가 종료되는 시점에 실행이 된다. 즉 startSend에서 TXFIFO를 채우면 HPLChipconFIFO.TXFIFODone()이 실행되고, 이 함수안에서 tryToSend를 실행하게 되어, FIFO에 write된 패킷이 무선으로 전송한다.

rxMode로 설정되어 있을 때, 같은 주파수대의 패킷이 들어오면, FIFOP에 interrupt가 발생. Interrupt가 발생했을 때, FIFOP.fired 라는 인터럽트 함수가 실행하게 되고, 이는 수신된 패킷을 RXFIFO로 write 한다.

RXFIFO로 값이 모두 들어오면, HPLChipconFIFO.RXFIFODone()라는 함수 실행한다.

표 22 HPLChipconFIFO.RXFIFODone()

```

async event result_t FIFOP.fired() {
    .....
    if (!TOSH_READ_CC_FIFO_PIN){
        flushRXFIFO();
        return SUCCESS; }
    atomic {
        if (post delayedRXFIFOtask()) {
            call FIFOP.disable();
        }
    }
    else {
        flushRXFIFO();
    } }
    return SUCCESS; }

```

HPLChipconFIFO.RXFIFODone()이 실행되면 데이터 예외처리를 거쳐서 정상적인 length의 패킷을 rxbufptr 버퍼에 저장. rxbufptr에 할당이 되는 *data는 TOS_MsgPtr 의 구조체 변수 크기에 맞게 바이트 단위로 parsing되어 저장된다. length가 길면 패킷은 버려지고, 짧으면 CRC, RSSI, LQI값을 맞춰서 할당한다.

표 23 HPLChipconFIFO.RXFIFODone()

```

async event result_t HPLChipconFIFO.RXFIFODone(uint8_t length, uint8_t *data){
.....
rxbufptr = (TOS_MsgPtr)data;
.....
if (rxbufptr->length > TOSH_DATA_LENGTH) {
flushRXFIFO;
atomic bPacketReceiving = FALSE;
return SUCCESS; }
rxbufptr->addr = fromLSB16(rxbufptr->addr);
rxbufptr->crc = data[length-1] >> 7;
rxbufptr->strenght = data[length-2];
rxbufptr->lqi = data[length-1] & 0x7F;
..... }

```

(다) 센서 인터페이스 및 USN 어플리케이션 기술

어플리케이션에서 사용되는 메시지 구조는 Routing 설정에 사용되는 Beacon message(ADV)와 실제 데이터 전송에 사용되는 Surge message로 나눌 수 있다.

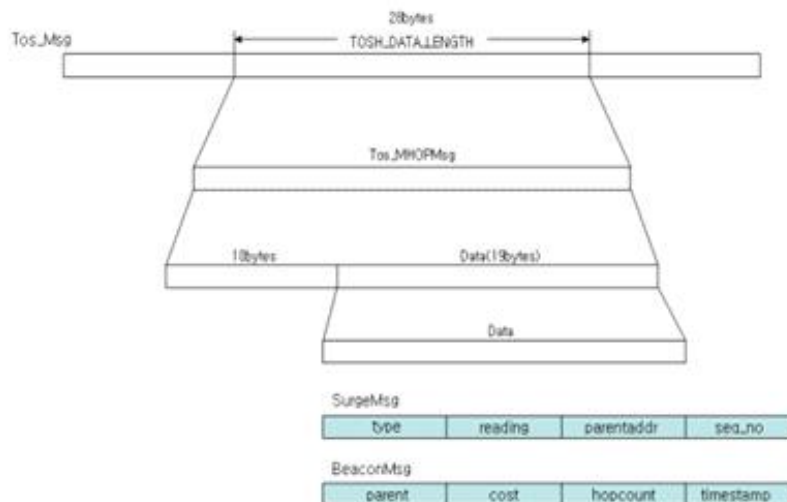


그림 65 메시지 구조

위의 그림과 같이 BeaconMsg와 surgeMsg는 MultihopMsg의 payload에 포함되어 있고

MultihopMsg는 TOS_Msg의 payload에 포함 되어 있는 구조를 가지고 있다.. 이러한 형태의 메시지는 패킷형태의 구조체로 표현되어 사용된다. 패킷을 command와 event사이에서 주고받을 경우는 pointer 형식으로 접근한다.

TinyOS에서는 radio를 전송하는 데이터에 대해서 일반적인 메시지 형태를 표준으로 제공하는데 이것을 TOS_Msg라고 함. TOS_Msg의 메시지 형태를 사용하면 MAC Protocol에 의해서 쉽게 송신 및 수신시에 packing 및 unpacking을 할 수 있다.. GenericComm 컴포넌트의 SendMsg, ReceiveMsg function을 사용할 때 MessageID를 설정해서 사용함. SurgeMsg일 경우 AM_SURGEMSG(17)를, BeaconMsg일 경우 AM_BEACONMSG(250)을 자신의 ID로 사용한다.

(라) 어플리케이션 설계

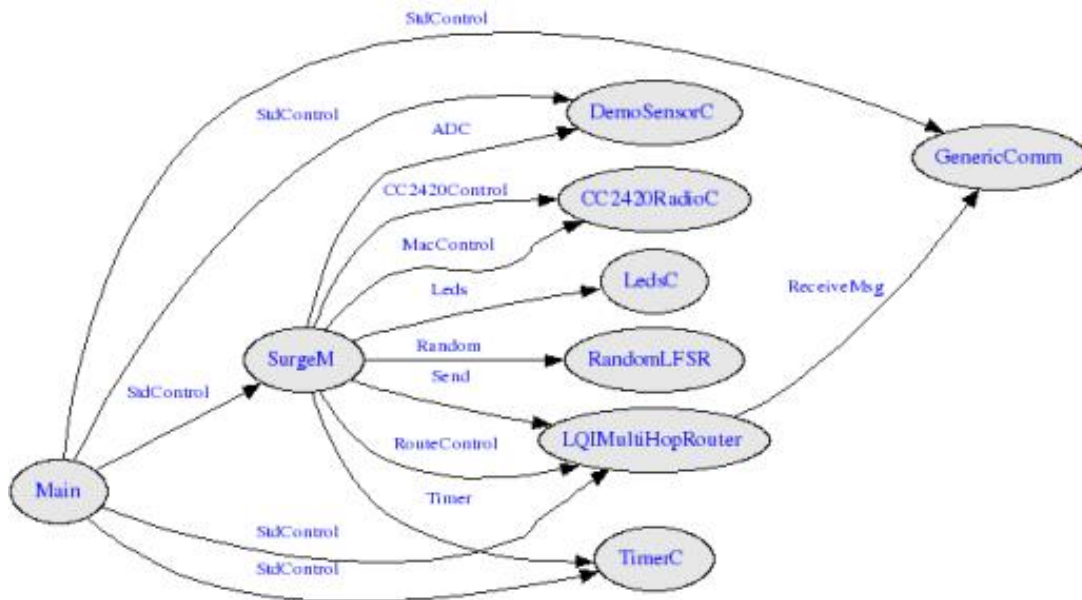


그림 66 어플리케이션의 컴포넌트 구성도

Application의 동작은 크게 Timer와 ADC, Send부분으로 이루어져 있다.. TinyOS의 성격상 코드동작은 Command와 Event를 중심으로 이루어진다. 다음 그림은 SurgeTelos application의 모듈구성을 나타낸다.

네트워크 프로토콜에 직접 관련된 파일은 Surge.nc와 SurgeM.nc, Surge.h이다. Surge.nc는 configuration파일로 Application에 사용되는 component와 wiring을 정의하고 있다.. surgeM.nc의 개략적인 동작은 다음 그림과 같다.

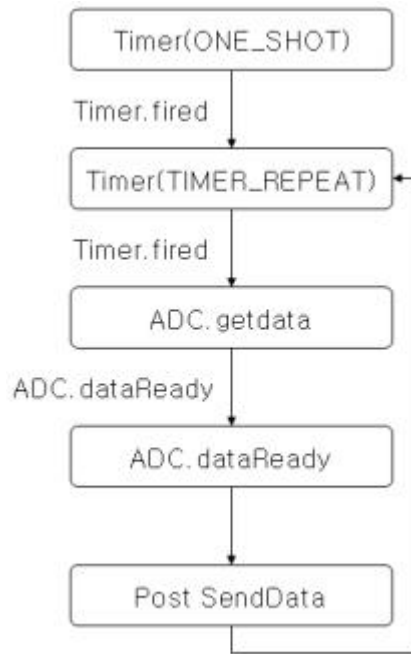


그림 67 SurgeM의 함수 흐름도

(마) 어플리케이션 구현

일정 시간을 주기로 timer가 완료되면 센싱 데이터를 수집하여 전송함수(sendData)를 queue에 저장하게 된다. 아래 표에서와 같이 노드가 power on되면 StdControl.Init()함수가 실행되면서 initialize함수 실행한다.

표 24 StdControl.init함수

```

command result_t StdControl.init() {
initialize();
return SUCCESS;
}
command result_t StdControl.start() {
:
return call Timer.start(TIMER_ONE_SHOT, randomtimer);
}
  
```

initialize함수는 surge application구동에 필요한 변수를 초기화 한다. 그 후 start함수가 호출되면서 Rfpower와 randomtimer만큼의 timer를 ONE_SHOT으로 설정한다. 처음 Timer를 randomtimer의 기간 동안 ONE_SHOT으로 설정하는 이유는 여러 개의 노드가 데이터 전송하는 시점을 다르게 하여 충돌을 피하고자 하였다. ONE_SHOT으로 설정된 timer가 완료가 되면 ONE_SHOT의 형태가 아닌 TIMER_REPEAT형태로 timer를 설정하게 된다.

TIMER_REPEAT로 설정된 timer가 완료될 때마다 ADC.getData함수 실행한다.

표 25 Timer.fired 함수

```

event result_t Timer.fired() {
if (initTimer) {
initTimer = FALSE;
return call Timer.start(TIMER_REPEAT, timer_rate);
}
dbg(DBG_USR1, "SurgeM: Timer fired\n");
timer_ticks++;
if (timer_ticks % TIMER_GETADC_COUNT == 0) {
call ADC.getData();
}
return SUCCESS;
}
    
```

ADC.getData함수가 실행되어 ADC data가 생성 되었으면 ADC.dataReady event가 발생하여 데이터 전송함수 SendData를 queue에 post 한다. Queue에 post된 SendData()는 스케줄러에 의해 순서대로 실행되게 된다. SendData()에서는 SurgeMsg형태의 버퍼에 필드를 채우고 전송한다.

(2) 멀티홉 프로토콜 구현

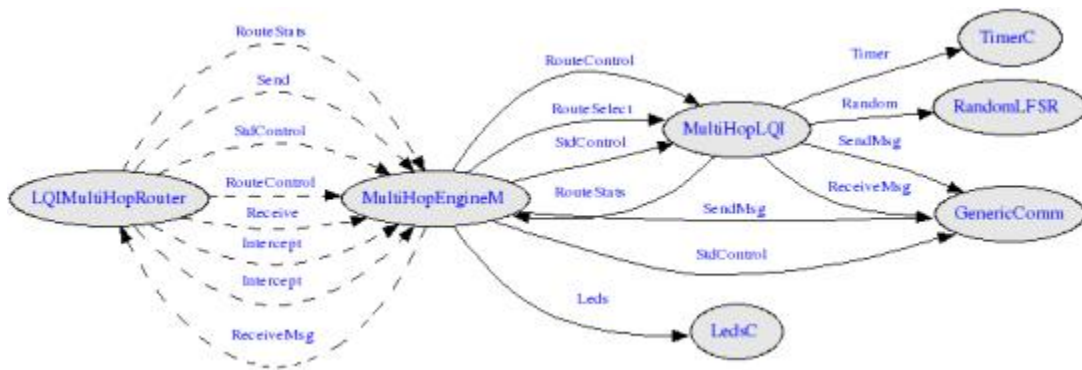


그림 68 MultiHopRouter 모듈 구성도

본 과제에 Minimum Cost Forwarding Routing Algorithm은 LQI(Link Quality Indicator)를 기반으로 한 알고리즘이고 LQIMultiHopRouter라고 명명하였다. route path 형성에 중요한 파일은 아래 표와 같이 3개의 파일이다.

관련 디렉토리는 tinyos-1.x\contrib\ucb\tos\lib\MultiHopLQI 이다.

표 26 MultiHopLQI에 관련된 파일명 및 역할

파일명	역할
LQIMultiHopRouter.nc	관련모듈 전체의 wiring을 담당하는 파일
MultiHopEngineM.nc	AM_SURGEMSG 관련 메시지 수신을 담당하고 surge에서 사용하는 send관련 함수가 구현되어 있다..
MultiHopLQI.nc	AM_BEACONMSG 관련 메시지 송·수신을 담당하고 MultiHopEngineM.nc에서 제공하는 함수를 제공 Minimum cost forwarding algorithm은 이 파일에 구현되어 있으면 route path를 설정하고 네트워크를 구성

MultiHopEngineM에서는 자체적으로 실행되는 함수보다는 event에 의한 동작과 SurgeM에서의 function호출에 의한 동작이 대부분이다. 또한 routing path를 설정하는 기능은 MultiHopLQI에서 담당하게 된다.

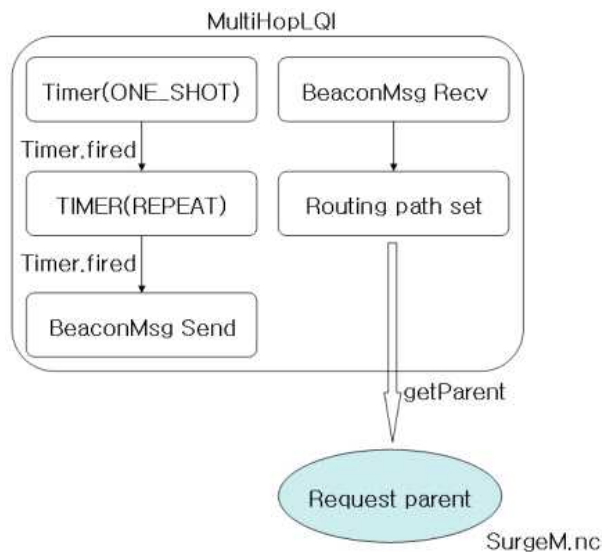


그림 69 MultiHopLQI 블록도

이전 그림에서와 같이 MultiHopLQI에서는 Beacon message 송·수신을 담당하게 된다. 이 과정에서 수신된 beaconMsg를 통하여 새로운 parent를 설정하여 surgeM에서 요청하는 parent를 전달하는 역할을 담당한다. 초기화 과정에서는 데이터 패킷을 위해 버퍼를 초기화 하고 routing path설정을 위한 각종 변수를 초기화 하였다. Base node는 PC와 연결되어 각 센싱노드로부터 수집된 데이터를 UART로 전송하기 때문 자신이 BASE_STATION_ADDRESS(0)을 가지게 된다. 즉, Base node이면 자신의 parent는 TOS_UART_ADDR(0x007e)로 설정하고 나머지 변수들은 0으로 초기화한다.

또한 자신의 ID가 0, 즉 base node가 아니면 초기 parent는 TOS_BCAST_ADDR (0xffff)을 가지게 되고 Hopcount는 ROUTE_INVALID(0xff)가 된다. 그리고 나머지 cost를 결정하는 변수들은

0x7fff로서 큰 값을 가지게 된다. 그러므로 base node가 아닌 노드들은 초기화시 base node로부터 beaconMsg를 받지 않는 한 route path가 형성될 수 없다. init함수가 호출된 후에는 start함수 호출한다.

Start함수에서는 random한 시점의 ONE_SHOT의 형태로 timer를 설정하게 된다. 이는 SurgeM에서와 마찬가지로 다수의 노드가 power on되었을 때 동시에 traffic이 발생하는 것을 방지하기 위함이다.

표 27 Timer.fired함수

```
event result_t Timer.fired() {
post TimerTask();
call Timer.start(TIMER_ONE_SHOT, 1024 * gUpdateInterval + 1);
return SUCCESS;
}
```

ONE_SHOT형태의 timer가 완료되면 REPEAT 형태의 timer가 일정한 시간을 간격으로 두고 완료가 되며 TimerTask함수를 Queue에 post한다. 여기서 gUpdateInterval은 32란 값을 가지므로 timer가 완료되는 주기는 1024*32+1로 고정된다. 이는 beaconMsg를 주기적으로 전송하는 시간을 설정하는 부분이다. Timer.fired event가 실행이 되었을 때마다 post되는 TimerTask함수는 base node가 아닌 노드가 BEACON_TIMEOUT(8)만큼의 횟수만큼 beaconMsg를 받지 못하면 노드를 init함수에서와 마찬가지로 초기화한다. 즉, base node가 아닌 다른 노드가 외부 요인에 의해 다른 노드와 통신가능 범위에서 떨어져 있게 되어 주변 노드들로부터 beaconMsg를 8번 동안 받지 못하는 상황이다.

또한 이에 상관없이 SendrouteTask함수를 post함으로써 route path를 설정을 위한 beaconMsg를 보내게 된다. 실제적으로 beaconMsg전송에 관여하는 SendrouteTask함수는 아래 표와 같다.

표 28 TimerTask함수

```
task void TimerTask() {
uint8_t val;
atomic val = ++gLastHeard;
if ((TOS_LOCAL_ADDRESS != 0) && (val > BEACON_TIMEOUT)) {
gbCurrentParent = TOS_BCAST_ADDR;
gbCurrentParentCost = 0x7fff;
gbCurrentLinkEst = 0x7fff;
gbCurrentHopCount = ROUTE_INVALID;
gbCurrentCost = 0xfffe;
}
post SendRouteTask();
}
```

이렇게 beaconMsg가 송신이 되었으면 MAC level에서 ACK신호를 받게 되는데 ACK신호를 받은 송신노드는 sendDone event가 발생한다.

표 29 SendMsg.sendDone함수

```

event result_t SendMsg.sendDone(TOS_MsgPtr pMsg, result_t success) {
atomic msgBufBusy = FALSE;
return SUCCESS;
}

```

MultiHopLQI는 beaconMsg의 송신뿐만 아니라 수신부분까지 구현이 되어 있다. 즉, 다른 노드로부터 beaconMsg를 수신할 경우 이를 바탕으로 새로운 parent를 결정하여 surgeMsg를 송신하게 된다. 노드가 BeaconMsg를 수신하였을 경우 ReceiveMsg.receive event가 발생한다. 노드가 beaconMsg를 수신하면 우선 sourceaddress와 gbCurrentParent를 비교하여 동일하다면 cost를 비롯한 routing에 관련된 변수를 업데이트하고 동일하지 않다면 현재 가지고 있는 cost와 새롭게 수신된 메시지의 cost를 비교하여 더 낮은 값으로 변수를 설정하고 parent도 갱신을 하게 된다. 또한 parent가 자신인 경우는 init함수가 실행된 것과 같이 모든 변수들을 초기화 하여 초기상태로 돌아간다. 여기서 adjustLQI라는 함수가 link를 설정하는데 필요하게 되는데 함수는 구성은 아래 표와 같다.

표 30 AdjustLQI

```

uint16_t adjustLQI(uint8_t val) {
uint16_t result = (80 - (val - 50));
result = (((result * result) >> 3) * result) >> 3;
return result;
}

```

AdjustLQI함수의 목적은 Link quality가 높을수록 크게 설정되는 LQI값을 minimum cost forwarding algorithm에 맞게 낮은 cost로 설정한다. 즉, 가장 낮은 quality를 나타내는 0부터 가장 높은 quality의 255까지의 LQI값을 간단한 연산을 통해 낮은 cost로 변환시키는 역할을 하게 된다. application level이 아닌 Multihop engine의 측면에서 SurgeMsg를 송수신 하였을 경우의 동작에 대하여 설명하며, 이를 위하여 우선 MultiHopEngineM의 초기화 부분을 설명한다. 다른 모듈들과 같이 power on이 되면 우선 StdControl.init함수가 호출되고 initialize함수를 호출하고 와 다른 하위 모듈을 초기화시킨다. SurgeM에서 surgemsg를 전송하면 MultihopEngineM의 send

함수 호출한다.

send함수의 동작은 offset함수를 이용하여 TOS_MHopMsg 구조체에서 data필드 전까지의 길이를 구하고 이에 payload 길이를 더해 usMHLenght를 구한다. 그 후 initializeFields를 호출하여 전송할 메시지를 완성한 후 selectRoute를 호출, 전송해야 할 route path를 결정한다. 마지막으로 메시지를 radio로 보내 전송 마무리 한다.

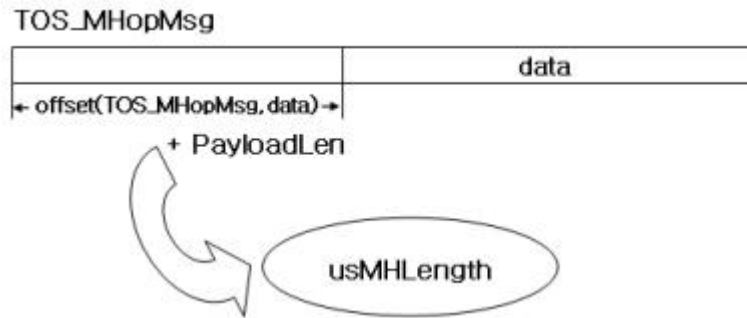


그림 70 usMHLenght 산출과정

표 31 RouteSelect.initializeFields함수

```

command result_t RouteSelect.initializeFields(TOS_MsgPtr Msg, uint8_t id) {
TOS_MHopMsg *pMHMsg = (TOS_MHopMsg *)&Msg->data[0];
pMHMsg->sourceaddr = pMHMsg->originaddr = TOS_LOCAL_ADDRESS;
pMHMsg->originseqno = gCurrentSeqNo;
pMHMsg->hopcount = gbCurrentHopCount;
return SUCCESS; }

```

앞에서도 설명하였듯이 initializeFields함수에서는 전송하기 위한 데이터를 생산한다. 또한 TOS_LOCAL_ADDRESS와 originaddr, originseqno도 데이터에 실리게 된다. selectRoute함수는 다음에 보내질 route path를 결정하기 위한 함수이다. 즉, parent를 선택하기 위한 함수이다. 예를 들어 source가 있는 6번 노드에서 base node로 센싱데이터를 전송 하는데 5번 노드를 거쳐 간다. 이때 5번 노드의 경우는 originaddr는 6번 노드 주소가 되는 것이고 TOS_LOCAL_ADDRESS 는 5가 된다. 만약 처음 SurgeMsg를 보내는 경우라면 노드에서 보내지는 경우라면 originaddr이 Local address가 된다. line 35부터는 현재의 부모가 TOS_UART_ADDR가 아닐 때, 즉, 자신이 base node가 아닐 경우이다. 이 경우 seqno를 1 추가한다. 만약 자신이 base node일 경우 seqno를 더할 필요가 없기 때문이다. 그 후 originaddr과 다르게 바뀌는 sourceaddr에 자신의 TOS_LOCAL_ADDR을 넣고 전체 메시지의 addr, 즉, 앞으로 보내져야할 addr에 자신의 parent address를 넣는다. 만약 자신이 base node 일 경우에 TOS_UART_ADDR이 들어가게 된다. 6번 노드의 경우에는 addr에 5번 노드의 주소가 들어간다.

2. 사육상 내부의 온도와 습도, 이산화탄소, 암모니아 등을 측정할 수 있는 센서 활용

가. 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 소음, 무게

(1) 온습도 센서

본 연구에서 꿀벌의 사육상 내부의 측정할 물리변화량은 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 소음으로 선정하였고 그에 맞는 센서를 구성하여 센서노드를 제작하게 된다.

본 센서의 외형 및 dimension 은 아래의 그림과 같다.

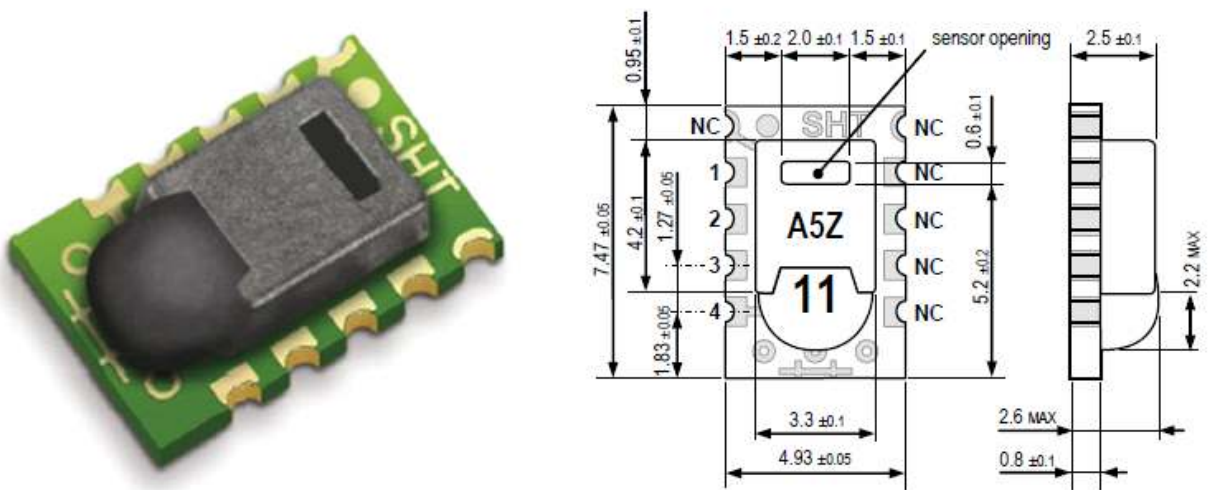


그림 71 온습도 센서의 외형 및 dimension

온도, 습도는 자연계에서 가장 보편화되고 측정이 쉬운 물리변화량으로 꿀벌의 생육환경에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단되며, 또한 온도, 습도는 꿀벌 성장환경 뿐만 아닌 센서 동작에도 영향을 미친다. 측정된 온도, 습도 data는 타 센서 값의 기준 보정 값으로도 사용 될 수 있다.

본 연구에서 최종으로 선정한 온습도 센서는 센시리온社의 SHT-11 센서로서, calibrated 된 보정값을 내부 메모리에 라이팅 된 상태로 공장 출고되므로 센서의 측정 오차가 작고, 디지털 통신 출력 방식이므로 회로 설계에 따른 측정 오차는 무시할 수 있다. 또한, USN에 적합한 낮은 소비전력으로 구동되므로, 본 연구에 사용하기에 적합하다.

해당 온습도 센서의 Sensor Performance는 아래의 그림과 같다.

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical	±4.5			%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical	±3.0			%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical	±2.0			%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability		±0.1			%RH
Hysteresis		±1			%RH
Non-linearity	linearized	<<1			%RH
Response time ³ τ (63%)		.8			s
Operating Range		0	100		%RH
Long term drift ⁴	normal	< 0.5			%RH/yr

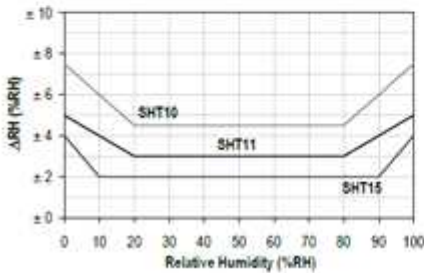


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical	±0.5			°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical	±0.4			°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical	±0.3			°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability		±0.1			°C
Operating Range		-40	123.8		°C
		-40	254.9		°F
Response Time ³ τ (63%)		5	30		s
Long term drift		< 0.04			°C/yr

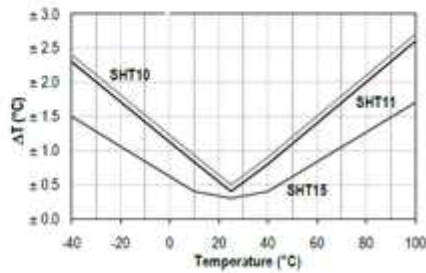


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

그림 72 온습도센서의 Sensor Performance

해당 온습도 센서의 Electrical Characteristics는 아래의 그림과 같다.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC ¹⁰		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average ¹¹	2	28		μA
	sleep		0.3	1.5	μA
Low level output voltage	$I_{OL} < 4$ mA	0		250	mV
High level output voltage	$R_P < 25$ kΩ	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	μA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	μA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_P stands for pull up resistor, while I_{OL} is low level output current.

그림 73 온습도센서의 Electrical Characteristics

온습도 센서의 통신 인터페이스는 I2C protocol 이 사용되며, 이는 MCU의 GPIO 2개의 핀과 two-wire로 연결되어, SCK line으로는 MCU가 sensor에 일정한 속도의 클럭을 생성하여 센서에 넣어주게 되고, data line으로 I2C protocol에 맞는 data를 SCK 신호화 동기화를 맞춰 넣어주게 되면, 센서는 해당 프로토콜에 맞는 정보를 다시 SCK 신호 동기화에 맞춰 data line을 통해 MCU로 보내지게 된다. MCU는 센서 내부의 calibrated 된 보정값과 측정값을 읽어 계산식을 통해 온도 및 습도값을 도출 하게 된다.

아래의 그림은 센서 제작 회사에서 제공하는 계산식의 일부이다.

$$RH_{true} = \left(\left(\left(T_c - 25 \right) \cdot t_1 + t_2 \cdot SO_{RH} \right) + RH_{linear} \right)$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

그림 74 온습도 센서의 보정값 계산식

(2) 이산화탄소 센서

꿀벌 사육상 내부는 꿀벌이 숨 쉬는 동안 발생하는 이산화탄소 및 병해충 등으로 인한 부패 과정에서 생기는 이산화탄소가 발생하게 되며 꿀벌 생육정보로 활용하기에는 무리가 없으므로 이산화탄소를 선정하게 된다.

본 연구에서 최종 선정한 이산화탄소 센서는 COZIR CO2센서를 사용하였다. 본 센서는 그소 전력(3.5mW)의 고기능 CO2센서로, 배터리로 동작하는 제품, 포터블 기기 및 HVAC에 이상적이다. GSS의 IR LED와 Detector 기술과 혁신적인 광학설계를 기반으로 COZIR는 극소전력의 NDIR 센서를 가능하다.

본 센서의 외형 및 dimension 은 아래의 그림과 같다.



그림 75 CO2 센서의 외형

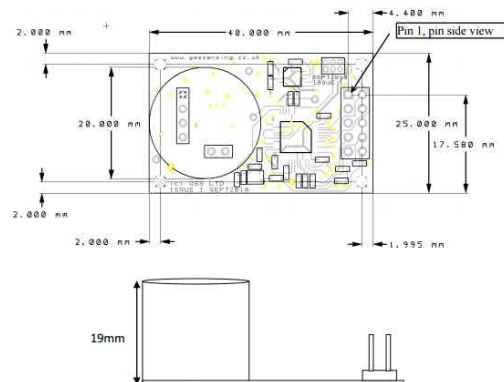


그림 76 CO2 센서의 dimension

아래의 표는 본 센서의 specifications를 나타낸다.

표 32 CO2 센서의 일반사항

Warm-up Time	< 10s
Operating Conditions	0°C to 50°C (Standard) -25°C to 55°C (Extended range) 0 to 95% RH, non-condensing
Recommended Storage	-30°C to +70°C

표 33 CO2 센서의 Measurement

Sensing Method	Non-dispersive infrared (NDIR) absorption Patented Gold-plated optics Patented Solid-state source and detector
Sample Method	Diffusion
Measurement Range	0-5%,0-20%,0-60%,0-100%
Accuracy	±70 ppm +/- 5% of reading ¹
Non Linearity	< 1% of FS
Pressure Dependence	0.13% of reading per mm Hg in normal atmospheric conditions.
Operating Pressure Range	950 mbar to 10 bar ²
Response Time	4 secs to 2 mins (user Configurable) ³ Reading refreshed twice per second. ³

표 34 CO2 센서의 전기적/기계적 특성

Power Input	3.2 to 5V. (3.3V recommended). Peak Current 33mA ⁴ . Average Current <1.5mA ⁴ .
Power Consumption	3.5 mW ⁴

본 CO2 센서는 UART통신 인터페이스를 통하여 측정값을 읽어 들일 수 있으며, 온습도 센서와 마찬가지로 회로설계에 대한 측정오차를 무시할 수 있다.

(3) 암모니아 센서

암모니아는 병해충 등으로 인한 부패과정에서 발생할 소지가 있는 기체로서 본 과제의 꿀벌 병해충 판단을 위한 요소로서 구성한다. 사용된 암모니아 센서는 반도체방식의 가스 센서인 MiCS-5914 센서가 사용 된다. 본 센서의 내부 구성은 백금히터 위에 얇은 화학물질의 필름이 입혀져 있고, 히터가 가열되면 필름의 화학물질이 활성화 되어, 해당 가스와 만나 저항치가 변하는 구조이다. 센서의 특징으로는 낮은 히터전류와 고감도, 넓은 측정 범위, 빠른 열응답 속도, EDS 및 충격과 진동에 보호, 소형화가 가능한 작은 사이즈, 넓은 동작 온도 범위 등 이다.

본 센서의 외형 및 dimension 은 아래의 그림과 같다.

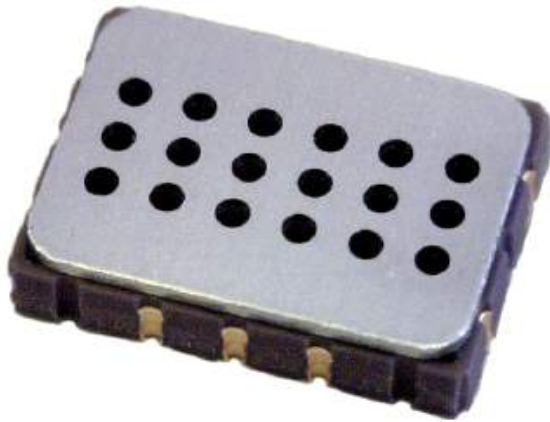


그림 77 NH3 센서의 외형

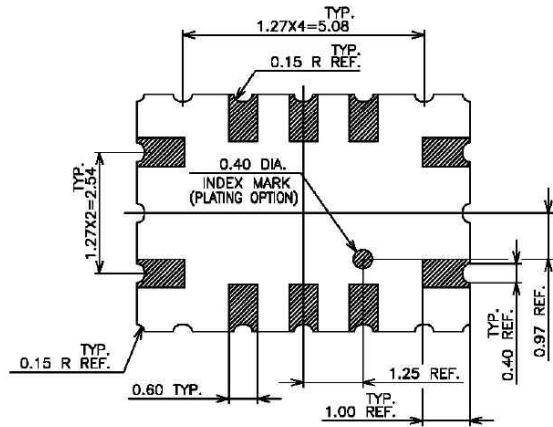


그림 78 NH3 센서 dimension

위의 설명과 같이 본 센서는 내부에 소형의 히터가 존재하며, DC5V의 입력전압 기준으로 93.1 Ω의 전류제한 저항을 회로에 추가하여 연결하면 아래의 그림과 같이 암모니아 농도에 따른 저항변화를 측정할 수 있다.

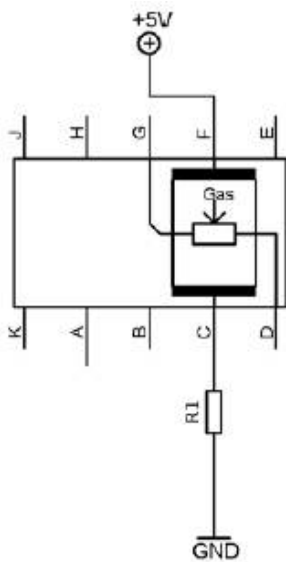


그림 79 NH3 센서의 히터 구성 회로

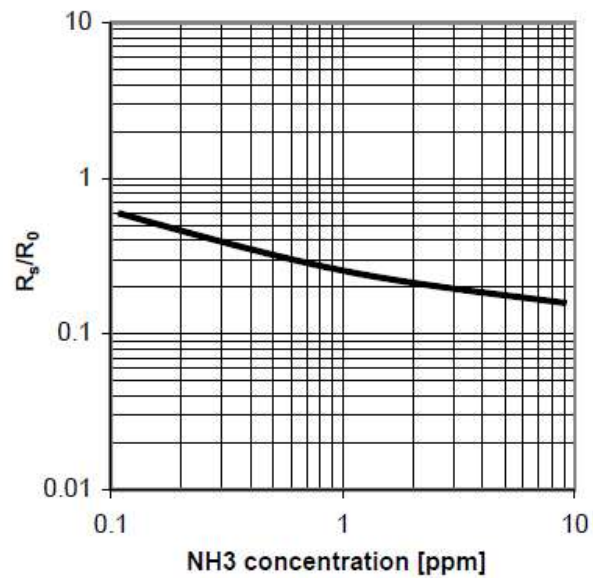


그림 80 NH3 센서의 농도별 저항변화표

센서 출력은 저항변화이며 이는 저항 양단에 전압을 걸어 전압의 변화를 전압 분배법칙을 이용하여 저항값 산출이 가능하다. 계산된 저항값은 위의 NH3 농도별 저항변화표를 이용하여 ppm 단위로 환산 가능하다.

아래의 그림은 NH3 센서의 회로도를 나타내며, 출력핀(D)을 통해 출력되는 전압값을 MCU의 AD 포트를 통해 입력받고 이를 ADC하여 디지털 값으로 변경한다.

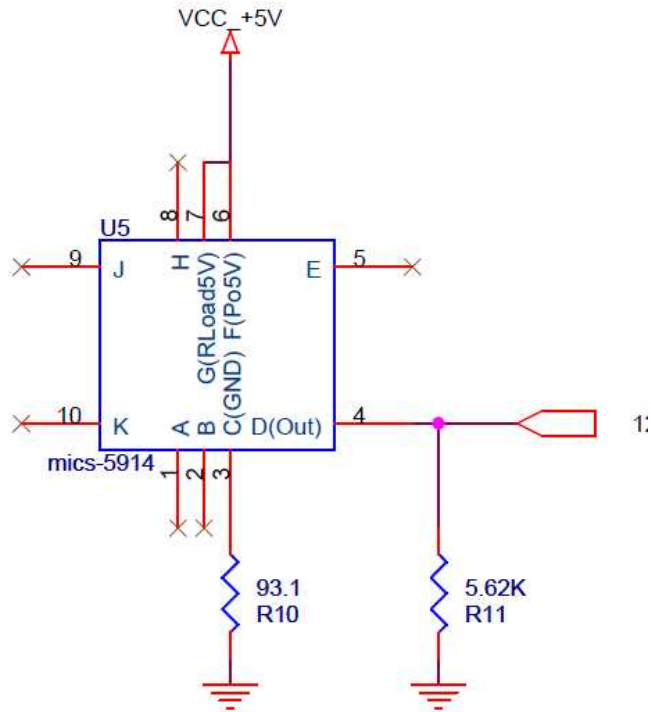


그림 81 NH3 구성 회로도

위 회로도의 R11은 출력전압을 MCU의 AD 포트가 사용가능한 전압범위로 변환하기 위한 전압분배 저항으로 전압분배한 만큼을 MCU의 펌웨어에서 계산하여 최종적인 입력 전압을 환산한다.

(4) 황화수소 센서

황화수소는 암모니아와 마찬가지로 병해충 등으로 인한 부패과정에서 발생할 소지가 있는 기체로서 본 과제의 꿀벌 병해충 판단을 위한 요소로서 구성한다. 사용된 황화수소 센서는 SENKO의 SS1198 센서가 사용 된다.

본 센서의 석유화학, 정유, 폐수, 하수처리시설, 맨홀, 광산 모니터링 등의 용도로 널리 사용되는 센서이다. 센서의 외형 및 dimension은 아래의 그림과 같다.



그림 82 H2S 센서의 외형

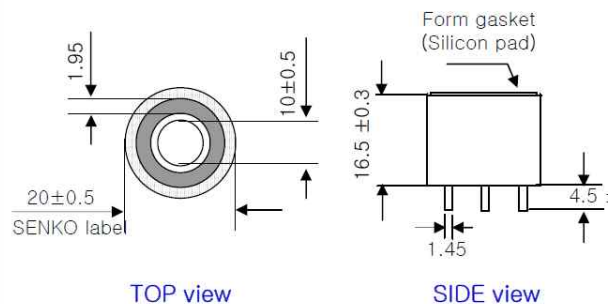


그림 83 H2S 센서의 dimension

본 센서의 측정방식도 위의 NH3 센서와 비슷한 히터방식에 의한 저항값 변화를 측정하게 되며, 일반적인 가스센서는 히터방식이 많이 사용된다. 센서의 specifications 는 아래의 그림과 같다.

Sensor Type :	Electrochemical sensor (Amperometric type)
Measurement Range :	0 ~ 500ppm H ₂ S gas
Expected Operating Life :	24 months and more
Output signal :	0.60 ± 0.15μA/ppm
Resolution :	0.1ppm
T ₉₀ Response Time :	< 30 seconds for 90% response
Output linearity :	Linear
Bias voltage :	Not required
Temperature Range :	-20 ~ 50 °C
Pressure Range :	Atmospheric ±10%
Operating Humidity :	15 ~ 90 % RH (non-condensing)
Long term drift :	Less than 5% /year
Weight :	6g
Storage life :	6 month
storage temperature :	0~20 °C
Warranty period :	24 month

N. B. All performance data is based on conditions at 20°C, 60% RH, and 1atm

그림 84 H2S 센서의 specifications

본 센서의 Standard operating circuit 는 아래의 그림과 같으며, 출력되는 전압을 증폭 회로를 이용해 증폭하고 증폭된 전압을 AD 포트를 이용해 입력받는다.

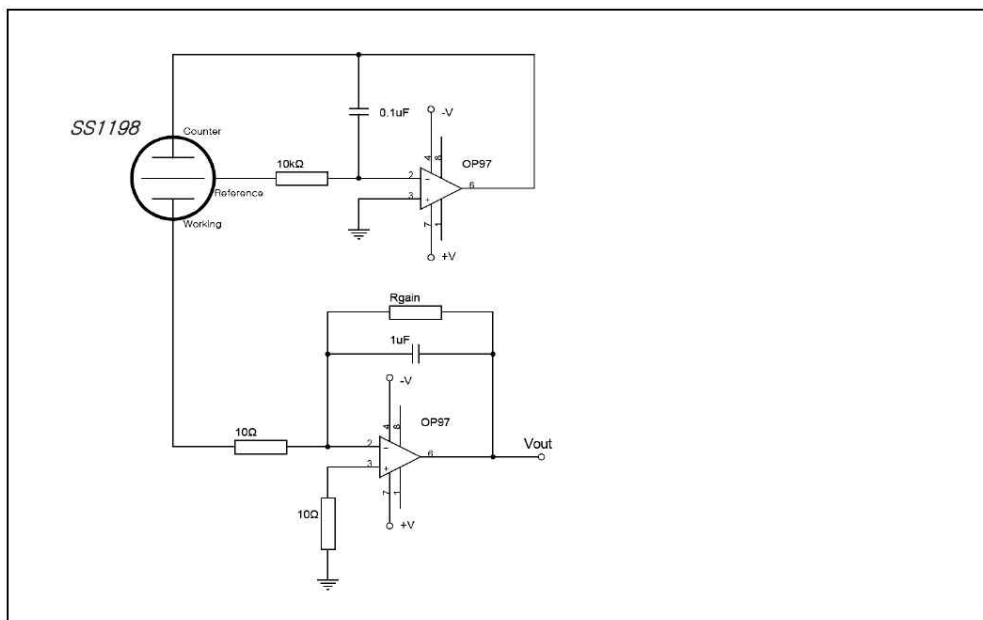


그림 85 H2S 센서의 Standard operating circuit

(5) 소음 센서

소음은 외부 해충의 접근에 대한 꿀벌들의 반응을 간접적으로 측정하기 위한 요소로서 구성한다. 사용된 소음센서는 TE2281PSEN 센서가 사용 된다. 보통의 소음센서는 약 1~2.5V의 옴셋(초기)전압을 기본으로 입력되는 소리에 따라 출력전압이 (+,-)변화하게 되는 반면 본 센서는 초기 출력 전압(무음일때)이 약 0V 이며 음파가 감지될 경우 음량에 비례되는 전압(최대 약 5V)이 출력이 되므로 아날로그 입력핀으로 음량을 감지하는 경우 좀 더 쉽게 처리가 가능하다. 내부에는 증폭기 LM2904와 마이크에 기초하여, 증폭하고, 마이크로부터 수신 된 고주파 신호를 필터링하고, 유효한 선형적 저압을 출력한다. 출력값은 입력된 소리의 레벨에 의존하며, 불필요한 신호 교란을 피하기 위해, 입력 신호는 모듈 내부에서 두배로 증폭되어 필터링 된다.

본 센서의 외형은 아래의 그림과 같다.



그림 86 소음 센서의 외형

Item	Min	Typical	Max	Unit
Voltage	3.5	5.0	10	VDC
Working Frequency	50	-	20,000	HZ
Sensitivity	-48	-	66	dB
Signal-to-noise Ratio	>58			dB
Output Signal range	Digital Signal (0-1023)			/

그림 87 소음 센서의 specifications

(6) 무게 센서

무게 센서는 꿀벌의 성장과정에서 꿀의 수확, 봉군의 크고 작음 등을 가늠하는 측정변화량으로 사용된다. 사용된 무게센서는 AND社의 load cell 센서가 사용 된다. 일반적인 load cell은 짐판의 하중이 증가함에 따라 load cell 탄성체의 변화량을 측정하여 전압으로 변환하는 장치를 말하며, 본 과제에 사용되는 무게센서 또한 일반적인 load cell 의 원리와 같다.

본 센서의 외형 및 dimension 은 아래의 그림과 같다.



그림 88 무게 센서의 외형

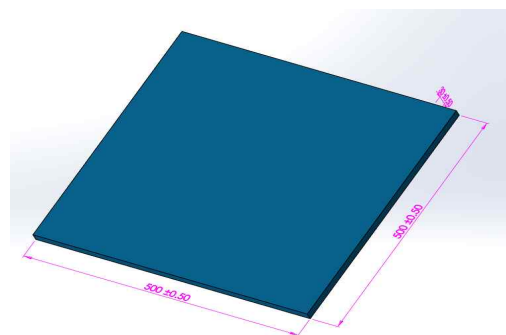


그림 89 무게 센서의 dimension

나. 각 센서 초기 선정부터 최종 선정 제품에 대한 세부 내역

(1) 온습도 센서의 선정

과제 초기에는 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서를 사용하였다. CHIPCAP-L/Module 온습도 센서의 외형과 dimension은 아래의 그림과 같다.

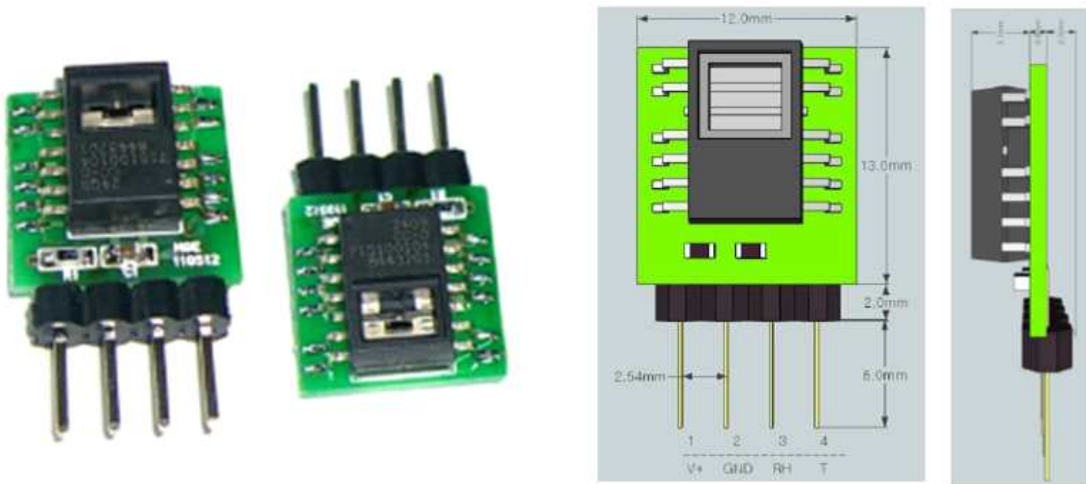


그림 90 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서의 외형

표 35 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서의 Spec

항목		Specifications
상대습도	RH Sensor	Planar Capacitive Rolymer
	측정범위	0~100% RH
	정밀도	±2%(20~80%), ±3%(<20%, >80%)
	해상도	0.4% RH
온도	Temp Sensor	Integral PTAT Silicon Transistor
	측정범위	-50~150°C
	정밀도	±0.6°C @ 25°C
	해상도	0.2°C
입력전원	역극성 보호	12.5VDC, 100 μA (15VDC, 60s)
	전원공급	3~5.5VDC
	전류공급	500 microamps @ 5 VDC, 25°C
출력	Digital	Manchester 8bit(RH)/10bit(Temp) encoded
동작조건		-40 ~ 85°C, 0~100% RH, non-condensing
모듈구성		4pin connection : +V, Gnd, Rh _{out} , T _{out}

CHIPCAP-L/Module 온습도 센서는 주변회로 설계를 단순화 할 수 있고, 모듈 사이즈가 소형이어서 기구 설계를 유연히 할 수 있는 장점이 있다. 본 센서는 VCC핀, GND핀, 온도출력핀, 상대습도 출력핀으로 구성 되어 있으며, 온도 및 상대습도는 선형적인 전압으로 출력되어

MCU의 AD핀을 통해 전압을 측정하면 바로 측정된 온도 및 습도를 계산 가능하다. 센서의 출력범위는 0~1VDC 이며, 상대습도는 $\%RH = V_{out} * 100$, 온도는 $T_c = V_{out} * 200 - 50$ 이라는 계산식을 이용하여 상대적으로 간단하게 온도 및 습도값을 취득할 수 있다. 또한 5VDC의 전원, 25℃의 환경에서 0.5mA의 낮은 전류만을 소비한다.

아래는 연구 초기의 본 센서를 적용한 센서보드를 나타낸다.

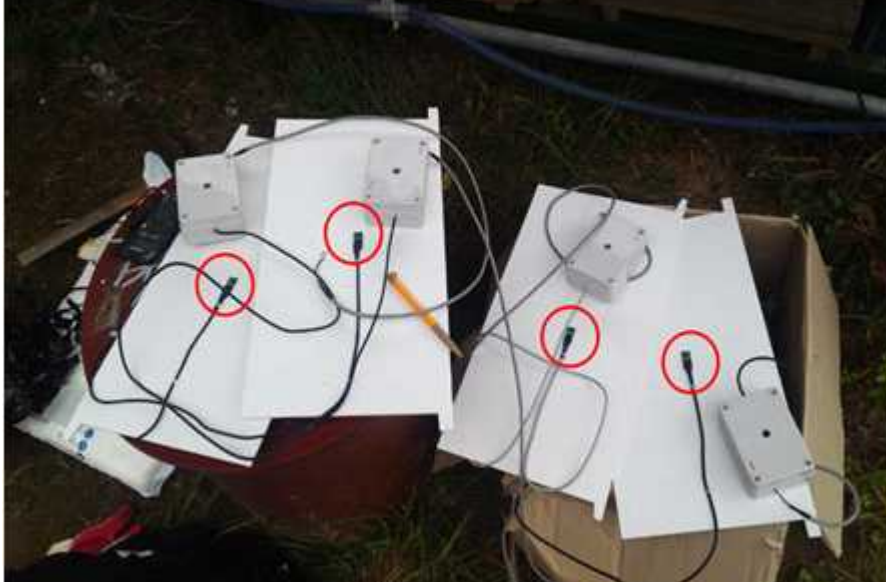


그림 91 초기의 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서 적용 센서보드

본 센서를 사육상 내부에 설치하여 실환경 테스트를 실시한 사진은 아래와 같다.



그림 92 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서 실환경 설치 테스트

본 센서를 적용한 결과 아날로그 출력에 의한 측정 오차 및 센서보드의 회로 오차 등이 발생한다. 또한, 그보다도 더 치명적으로 센서 측정부위를 꿀벌들이 꽃가루 또는 밀납 등으로 메꾸는 습성으로 인해 측정값이 부정확하였다.



그림 93 센서 측정부위 막힘

센서에는 센서측정 부위에 얇은 전선이 있는데 꿀벌이 이 전선을 이빨로 절단하여 센서 고장을 일으킨다.

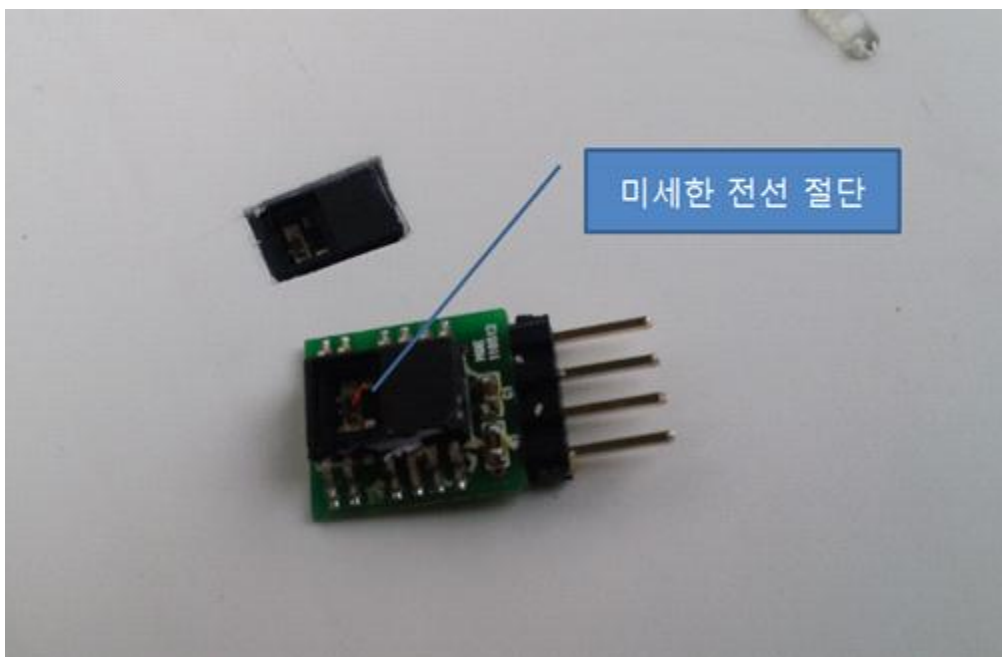


그림 94 CHIPCAP-L/Module 온습도 센서 고장 사진

여러 문제 요인들로 인해 최종적으로 SHT-11 온습도 센서를 선정하게 된다. SHT-11센서는 MCU와의 인터페이스가 I2C 통신으로 구성되므로 아날로그 전압 신호의 출력 및 입력에 따른 측정 오차 등이 발생하지 않는다. 또한, 이전 설치 시의 문제점으로 지적되던 꿀벌의 센싱부 이물질 부착을 미연에 방지하기 위하여 센서보드 및 센서측정부와 꿀벌 간에 꿀벌이 접근 할 수 없도록 망을 설치하였다.



그림 95 센서 보호망

(2) 이산화탄소 센서의 선정

과제 초기에는 Telaire 6613 CO2 Module을 선정 사용하였다. Telaire 6613 CO2 Module의 외형과 dimension은 아래의 그림과 같다.

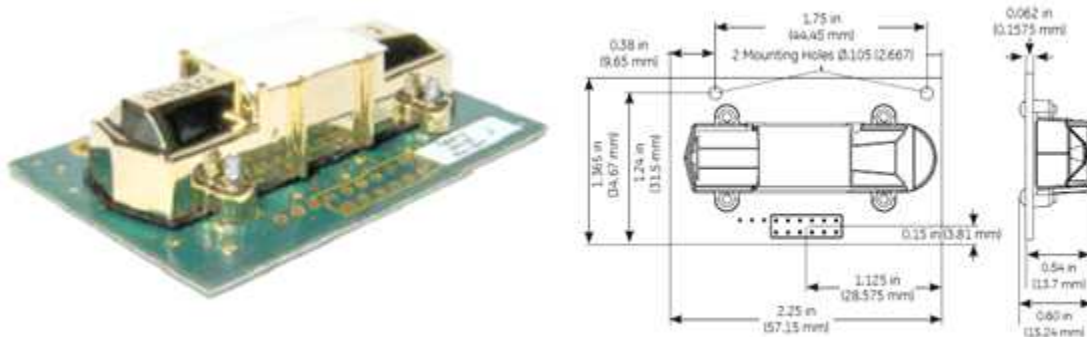


그림 96 Telaire 6613 CO2 Module의 외형과 dimension

본 센서는 400~2000ppm 까지의 CO2 농도를 측정할 수 있으며, 아날로그 출력 및 UART 출

력 인터페이스를 지원한다.

본 센서의 상세한 Specifications 은 아래와 같다.

표 36 CO2 센서 Spec

항목	Specifications
측정방식	NDIR (Non Dispersive InfraRed) Telaire특허 : ABC Logic™
측정범위	400~2000 ppm
정밀도	500ppm ± 35ppm 800ppm ± 60ppm 1000ppm ± 75ppm 1200ppm ± 90ppm
안정성	센서수명(15년) 동안 FS의 <2% 이내
응답시간	<2분, 90% step change typical
초기기동	<2분 (초기 기동), 10분 (정밀도 도달)
동작조건	0~50°C, 0~95% RH (Non-condensing)
보관조건	-40~70°C
입력전원	5 VDC 정류된 직류 (±5%)
출력형태	Analog : 0.8~4 VDC Digital:UART@19200Baud
소모전력	최대 0.9 watt / 평균 0.165 watt
크기	57.15 mm × 34.67 mm × 15.24 mm
인터페이스	12핀(간격:2.54mm) 디자인, 헤더 미포함

본 센서는 이용하여 실환경 테스트를 수행해보니, 본 센서가 측정되는 시점에서 전류를 피크 형태로 소모하며, 센서 주변 전원회로가 이 피크치를 잡지 못해하고 이에 따라 다른 센서값이 출렁거리는 현상이 발생한다.

아래는 본 센서를 실환경 테스트한 사진이다.

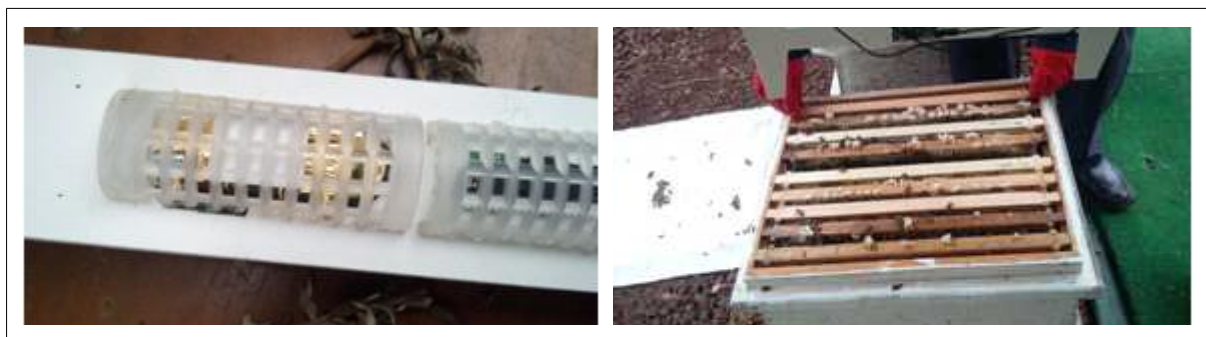


그림 97 ○ Telaire 6613 CO2 Module 실환경 테스트

또한, 일반 대기 중 CO2농도를 약 300~400ppm으로 가정하는데 본 센서의 센싱범위는 400~2000ppm이며, 실제 꿀벌통에 센서를 설치해보니 CO2 농도가 2000ppm을 훨씬 넘어 본 센서는 적용이 적합하지 않음을 확인하였다. 이후 보다 간단하고 저렴한 센서인 MG811 CO2 센서를 테스트하였다.

MG811 CO2 센서의 외형과 dimension은 아래의 그림과 같다.

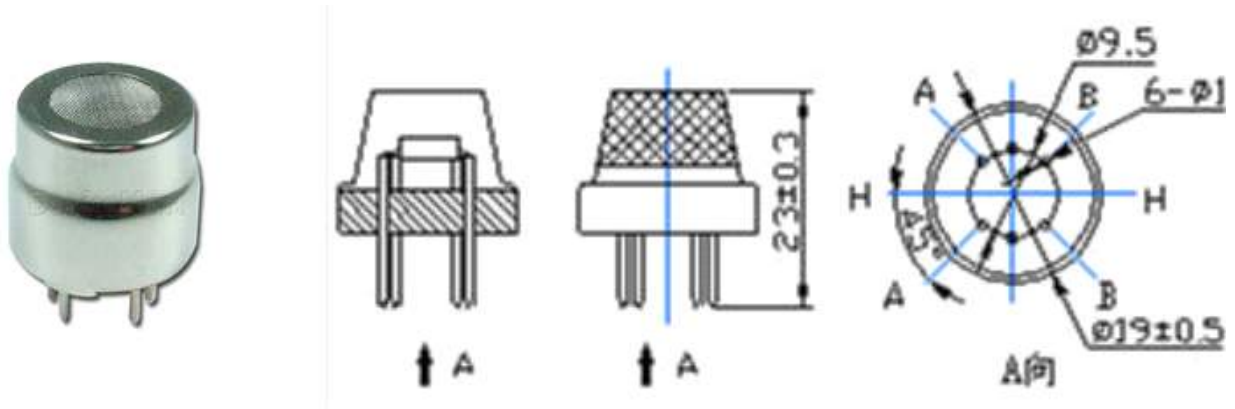


그림 98 MG811 CO2 센서의 외형과 dimension

본 센서 역시 히터가열에 의한 내부 저항 변화 방식이며, 전압변화량을 AD포트를 통해 아날로그로 입력받아 CO2 농도를 환산할 수 있다. 그러나 센서의 히터가열에 6V@200mA라는 많은 양의 전력이 필요하며, 저전력 센서노드를 개발해야 하는 본 과제와는 맞지 않음을 확인하였다. 높은 소비전력은 곧 발열(약46°C)로 이어져, 꿀벌통 내부에서 꿀벌에게 생육환경적인 영향을 미칠지 모르는 새로운 변수로 작용할 수 있기에 실환경 테스트는 진행하지 않았다.

본 센서는 높은 소비전력으로 인해 전원회로의 발열을 동반할 수 있으며, 센서의 측정오차도 크기 때문에 사용하지 않기로 결정하였다. 본 센서의 소비전력 및 발열측정 테스트 사진은 아래와 같다.



그림 99 MG811 CO2센서 소비전력 측정



그림 100 MG811 CO2센서의 발열측정

최종적으로 높은 측정 정확도와 UART 통신 출력에 의한 인터페이스 오차 발생이 없는 COZIR 센서를 선정하였다. 처음 COZIR 센서는 0~5,000ppm 측정범위의 센서를 선정하여 실환

경 테스트 하였으나 5,000ppm 마저도 측정범위를 넘게 되어 10,000ppm(1%) 센서로 교체하였다. 10,000ppm CO2 센서로 교체 후 초기에는 측정이 잘 되었으나, 겨울 막바지인 3월의 밤에 꿀벌통 내부의 CO2 농도가 10,000ppm을 넘는 경우가 많이 발생하여 최종적으로 0~50,000ppm 센서를 적용하게 되었다.

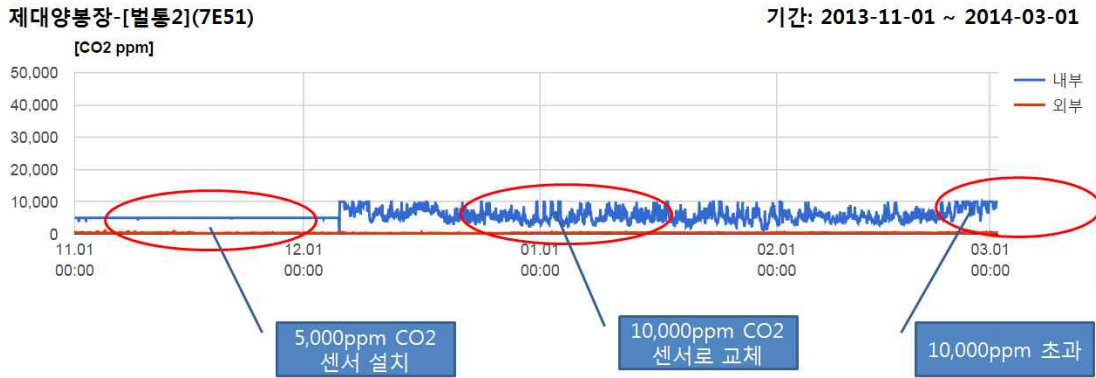


그림 101 0.5%, 1% CO2 센서 적용된 데이터 그래프

최종 적용된 CO2 센서는 COZIR-W(5%) 센서로 소비전력이 크지 않고, 비교적 소형의 외형을 갖고 있으며, 신뢰도 높은 측정값을 출력하므로 본 연구의 CO2 측정 센서로 선정하였다.

(3) 암모니아 센서의 선정

과제 초기에는 MQ-135 대기오염 센서를 선정 사용하였다. MQ-135 대기오염 센서의 외형과 dimension은 아래의 그림과 같다.

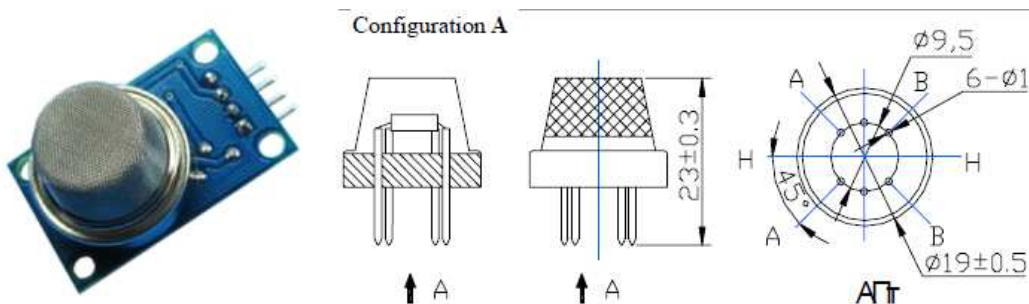


그림 102 MQ-135 대기오염 센서의 외형과 dimension

CO2 뿐만 아니라 CO, NH4, Benzene, Alcohol 등에도 반응하여 센서 출력값의 신뢰도가 떨어진다. MQ-135 대기오염 센서 역시 위의 MG811 CO2 센서와 마찬가지로 히터 방식이며, 히터 방식 센서의 단점인 높은 소비전력, 발열, 비정확성 등의 특징으로 인해 사용하지 않았다. SENKO의 암모니아 센서를 테스트하였다. 가격이 높지만 높은 정확도를 자랑한다고 하는 SENKO의 암모니아 센서를 선정하여 테스트하였다.

SENKO 의 암모니아 센서의 외형은 아래의 그림과 같다.



그림 103 SENKO 암모니아 센서

본센서를 ppm 단위의 농도 출력값을 받아보기 위해서는 표준가스를 이용한 calibration 작업이 필요하며, 해당 작업은 표준가스, 챔버 등의 기자재가 필요하므로 센서+트랜스미터를 함께 구매하였다.

본 센서의 certificate of inspection 는 아래 그림과 같다.

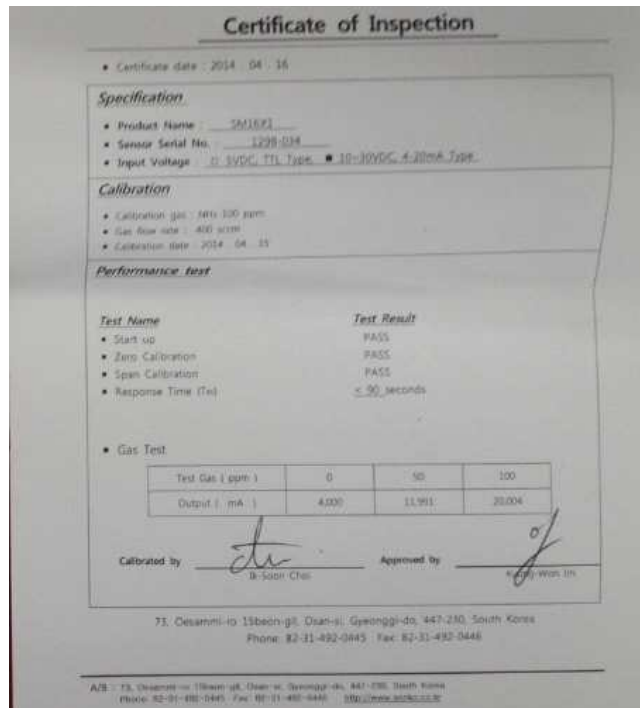


그림 104 SENKO 암모니아 센서의 certificate of inspection

본 센서는 calibration 된 트랜스미터를 통해 ppm 단위와 비례하는 아날로그 전압을 출력한다. 센서의 단점으로는 센서 단품이 고가이며, 트랜스미터를 부착한 모듈의 부피가 커서 소형화가 어렵다. 최종적으로 선정된 암모니아 센서는 아래의 반도체방식의 가스 센서인

MiCS-5914 센서를 선택하였다. 저렴한 가격에 소형화가 가능한 작은 사이즈로, 저전력의 빠른 열응답 속도를 보이는 것이 특징이다.

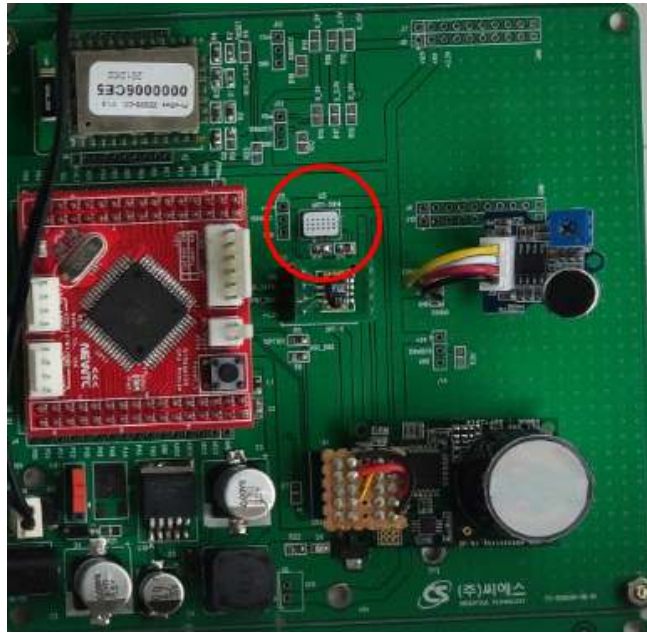


그림 105 적용된 암모니아 센서

(4) 황화수소 센서의 선정

황화수소 센서는 초기부터 적합한 센서를 찾기 어려웠으며, 황화수소 기체의 발생 자체도의 심스럽기 때문에 부가적 요소로 판단하였고, 검토한 센서는 SENKO의 황화수소 센서이다. SENKO의 황화수소 센서 역시 SENKO의 암모니아 센서와 마찬가지로 calibration 된 트랜스미터를 통해 ppm 단위와 비례하는 아날로그 전압을 출력한다.

황화수소 센서의 외형 및 certificate of inspection는 아래와 같다.



그림 106 적용한 황화수소 센서



그림 107 SENKO 황화수소 센서의 certificate of inspection

위의 SENKO의 암모니아 센서와 MiCS-5914 센서의 측정 정확도를 알아보기 위하여 표준 가스를 통한 실험을 실시하였다. SENKO의 황화수소 센서의 측정도도 알아보기 위하여 동일한 실험을 동시에 실시하였다. 실험은 밀폐된 공간에 표준가스를 주입하고 센서의 출력값을 확인하는 방식으로 진행 하였으며, 표준가스의 작용유무와 농도를 비교할 수 있는 계측기를 이용하여 값을 비교하였다.

사용된 계측기는 아래의 그림과 같다.



그림 108 좌측이 암모니아, 우측이 황화수소 측정 계측기

실험에 사용된 표준가스는 암모니아 7.31ppm, 황화수소 10.1ppm 농도의 가스가 사용되었고 아래의 그림과 같다.



그림 109 7.31ppm 암모니아 표준가스

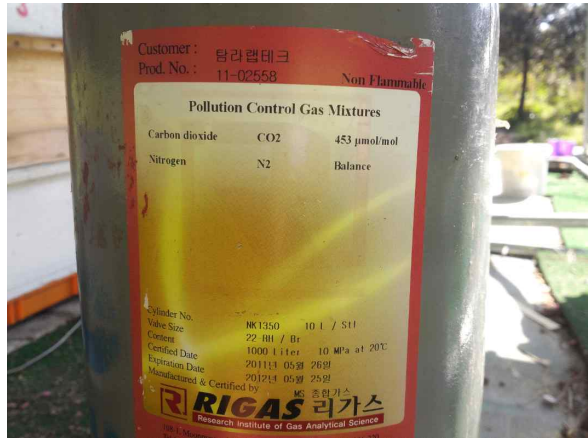


그림 110 10.1ppm 황화수소 표준가스

비닐팩으로 센서를 밀폐한 후 표준가스를 주입하여 센서의 동작 상태를 확인하였고 실험한 사진은 아래와 같다.



그림 111 표준가스 측정 실험

표준가스를 이용한 센서 측정 실험 결과 SENKO의 암모니아 센서+트랜스미터 및 SENKO의

황화수소 센서 + 트랜스미터가 비교적 높은 정확도를 보여 주었으며, MiCS-5914 암모니아 센서는 정확도는 떨어지지만 저렴한 가격, 소형화, 저전력 등의 장점을 고려해 최종 센서군으로 선정하게 되었다. 캘리브레이션 하지 않은 SENKO의 황화수소 센서만을 이용한 측정에서는 단위화 할 수 없는 값이 측정되기는 하나 고가의 센서를 이용하여 단위화 할 수 없는 단점이 있으므로 큰 의미를 찾을 순 없었다. 사용한 계측기도 저렴한 모델이라 그런지 표준가스를 정확히 단위 환산은 하지 못하였고 선형적 비례출력만을 확인하였다.

실험 측정 결과표는 아래와 같다.

일반 대기 노출

순번	아이디	온도	습도	미산	암모	N암모	황화	소리최고	소리최저
01(1)	7DDE	22.3	37.2	250.0	474.1	0.0	0.3	684.3	0.0
02(1)	7DD5	22.4	36.8	270.0	16.3	0.0	0.0	162.9	0.0
03(6)	7E80	22.3	36.5	370.0	146.6	0.1	1.2	459.4	0.0

암모니아 표준가스 노출

순번	아이디	온도	습도	미산	암모	N암모	황화	소리최고	소리최저
01(1)	7DDE	21.3	0.1	0.0	1274.0	6.1	1.3	749.4	52.1
02(7)	7DD5	19.3	0.1	0.0	21.2	6.8	0.0	990.6	81.5
03(9)	7E80	17.8	0.1	0.0	97.8	6.4	0.7	1067.1	105.9

황화수소 표준가스 노출

순번	아이디	온도	습도	미산	암모	N암모	황화	소리최고	소리최저
01(0)	7DDE	22.2	1.1	0.0	4708.4	0.0	0.1	1228.4	1.6
02(2)	7DD5	21.0	1.3	0.0	661.5	0.0	12.1	1230.0	3.3
03(7)	7E80	21.7	1.1	0.0	1568.9	0.1	13.5	1142.1	0.0

그림 112 센서에서 측정한 측정값

표 37 표준가스 실험 결과

항목	표준가스	SENKO + 트랜스미터	MiCS-5914	SENKO	측정기
암모니아	7.31	6.8 ~ 8.0	편차가 심하며 감지한다는 정도	-	4
황화수소	10.1	10 ~ 12	-	1번: 0(고장) 2번: 42 3번: 48	20~21

(5) 소음 센서의 선정

소음계를 이용한 소음 측정에서는 일상적인 꿀벌 생육 환경인 경우 꿀벌통 주변의 소음과 벌통 입구의 소음에 미약한 소음변화만 확인된다.



그림 113 꿀벌통 입구의 소음도 측정



그림 114 꿀벌통 주변 2M 거리의 소음도 측정

소음 센서를 선정하기 앞서 실제 벌통 내 외부의 소음 정도를 파악하기 위하여 마이크를 이용하여 주변 소음을 녹음하였다. 녹음은 PC-base 게이트웨이를 구축하고 프로그램을 개발하여 소리의 강도(dB)를 수치화 하여 데이터로 저장하고 또한 실제의 소리도 차후 분석을 위해 mp3 파일 형태로 데이터를 저장하였다.

PC-base 게이트웨이 설치 사진은 아래와 같다.



그림 115 소형 PC를 이용한 게이트웨이 설치

녹음 프로그램은 FFT를 이용하여 녹음되는 주파수 스펙트럼 분석 및 음량 분석 등을 통해 소리를 유효한 값으로 계산하고 일정시간 마다 이 값을 저장하도록 프로그램을 개발하였다.



그림 116 소리 수집 및 분석 프로그램 개발

소음 센서는 고감도 마이크를 이용하였으며, 벌통의 입구 및 벌통 2M 인근에 설치하여 꿀벌 생활환경에 따른 소음 및 주변 소음에 대한 변화량 측정에 활용하였다.

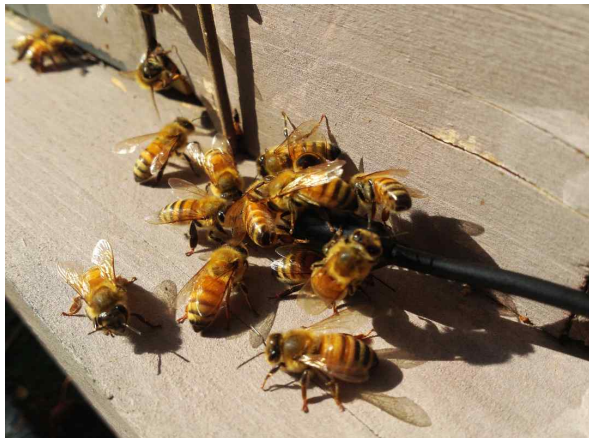


그림 117 벌통 입구에 설치한 고감도 마이크



그림 118 벌통 주변에 설치한 고감도 마이크

위의 그림처럼 고감도 마이크 주변에 호기심에 이끌린 꿀벌이 집중되어 불필요한 소음이 많이 측정되었으며, 마이크를 이용한 소음측정에서는 꿀벌 생활환경에 따른 특이점을 찾을 수 없었다. 특히 꿀벌통 내부에 센서노드에 일체화된 센서가 보다 적합하다고 판단되었으며, PC-base로 소음 시스템을 구축 시 고비용, 낮은 안정성의 문제가 발생하므로 보다 더 단순하고 직관적인 센서로 교체할 필요성을 인지하였다. 최종 선정 소음 센서는 아래 그림의

TE2281PSEN 센서를 사용하게 되었다.

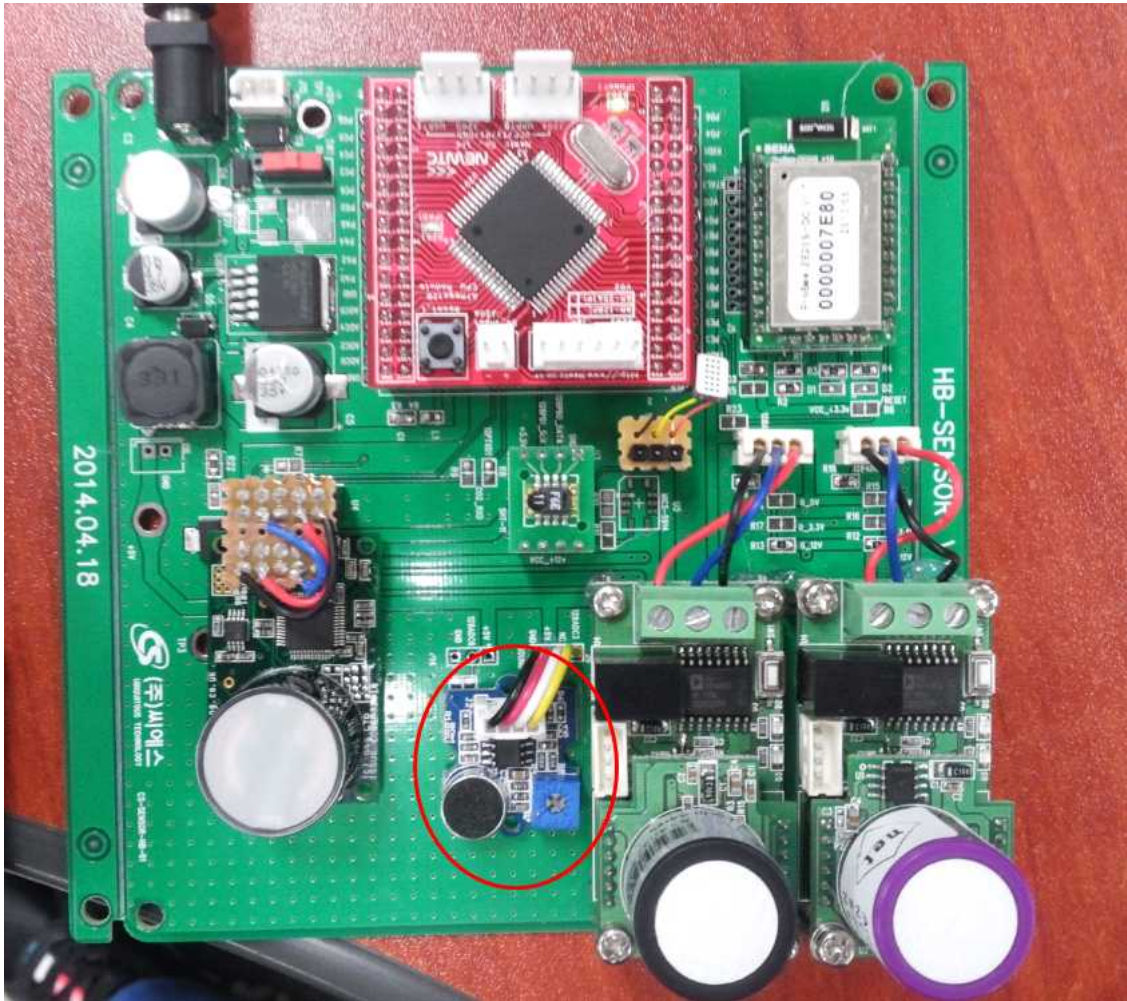


그림 119 센서노드의 소음센서

본 소음 센서는 저렴한 가격과, 소형 사이즈, 소음강도에 비례한 전압 출력 등을 특징으로 한다. 단점으로는 센서 마다의 증폭오차가 존재한다. 본 센서의 각각의 오차 정도를 측정하기 위하여 음원과 일정거리에 소음센서를 위치시키고, 센서별 출력전압을 측정하였다.

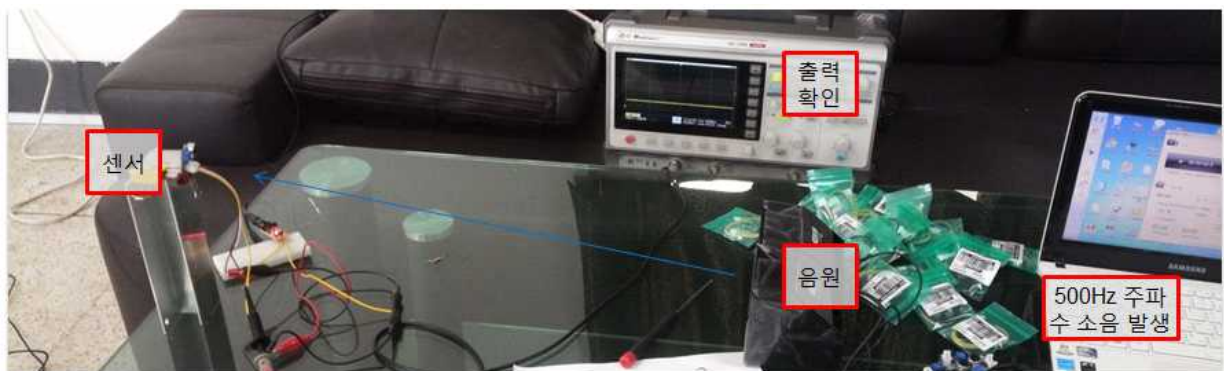


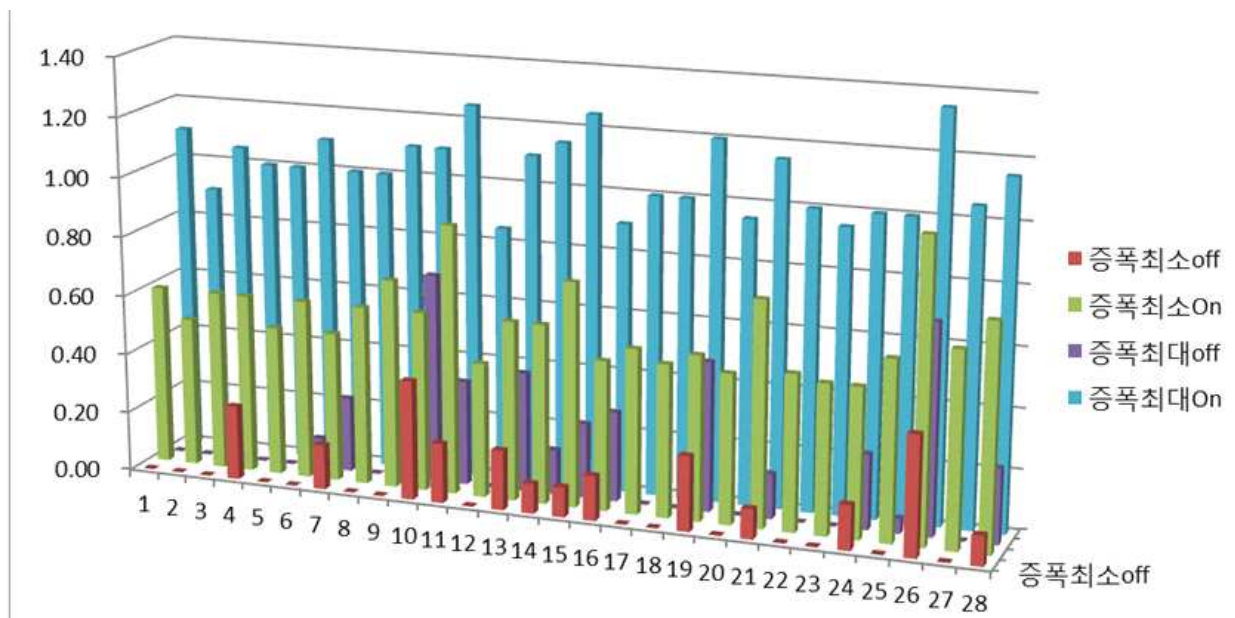
그림 120 소음센서 출력 오차 테스트

소음 센서의 최소/최대 신호 증폭량을 조절하며 28개의 센서를 테스트하였다.



그림 121 소음 센서

테스트 결과는 아래의 그림과 같으며, 실험 결과를 정리하면 센서 출력값은 dB 등의 절대적 단위 값으로 환산하기 보다는 시간 흐름에 따른 센서값 변화량에 주안점을 두었다.



(6) 무게 센서의 선정

무게 센서는 꿀벌통의 무게를 측정하여 꿀의 증가량, 꿀벌의 강/약군에 의한 질병상태 판단 등에 활용하였다. 초기 무게 센서를 신속히 하기 위하여 상용의 전자저울을 사용하였다. 사용된 전자저울은 AND社의 FG-60KAL-H을 이용하였다.



그림 123 전자저울 현장 적용

적용한 전자저울은 최고 무게 60Kg이며, 최소 5g 으로 상세한 꿀벌통의 무게변화 감지에 적합하다. 전자저울 인디게이터의 RS-232 통신포트를 통해 센서노드로 무게data를 수집 전송한다. 이후 조금 더 꿀벌통 무게 측정에 적합하도록 무게센서를 설계하여 시제품을 제작하여 보았다. 거의 모든 무게센서가 load cell을 사용하며 본 연구에서도 무게 센서를 구성하기 위해 1point load cell을 사용한다. 꿀벌통이 집판에 놓일 경우 안정적으로 위치할 수 있도록 높이는 최대한 낮추었고, 면적은 꿀벌통 크기에 맞추어 제작하였다.



그림 124 무게 센서 시제품 제작



그림 125 꿀벌통에 무게 센서를 적용

제작된 시제품 무게 센서는 상용 제품보다는 무게값 안정성 및 신뢰성에서 기대 이하의 성능을 보였다. 낮은 구조로 설계하다보니 주물 형태로 제작되는 상용 전자저울에 비해 지지구조가 견고하지 못하였고, 야외 환경에서 부식 등의 부적합한 성능을 보였다.

다. 각 센서의 유효성, 안정성 등 명시

일반적으로 가스 센서 등은 소모품 또는 지속적인 calibration 작업 해 주어야 센서의 유효성을 보장받는다. 최종 선정된 센서를 기준으로 본 보고서를 작성하였다. 온습도 센서의 경우 최초 설치한 13년 08월부터 현재까지 준수한 수준의 동작을 보여주며 높은 신뢰성과 안정성을 보였다.

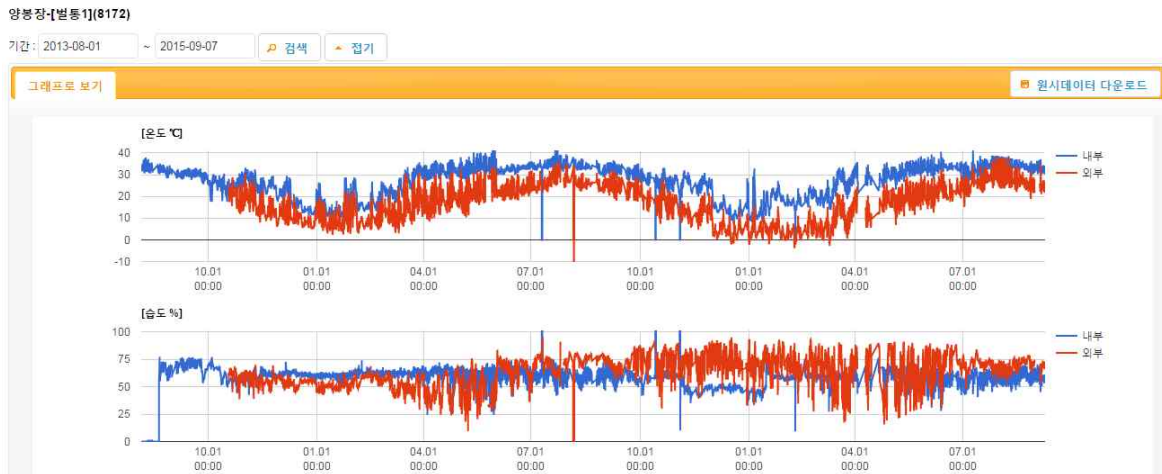


그림 126 2013년 08월부터 2015년 9월 까지의 온습도 센서 데이터 그래프

이산화탄소 센서의 경우 설치 초기 준수한 수준의 동작을 보여 주었으나, 장시간 협소한 밀폐 공간에서 운영되었고 특히 겨울동안 높은 농도의 이산화탄소에 노출됨에 따라 시간이 흐를수록 측정값이 높아지는 경향을 보였다. 가스 센서는 일반 대기 중에 노출 되었을 때 자체 보정이 이루어지는 특징이 있으므로, 매년마다 센서를 일반 대기에 노출시켜 센서의 운영주기를 연장하는 운영 노하우가 필요하다.

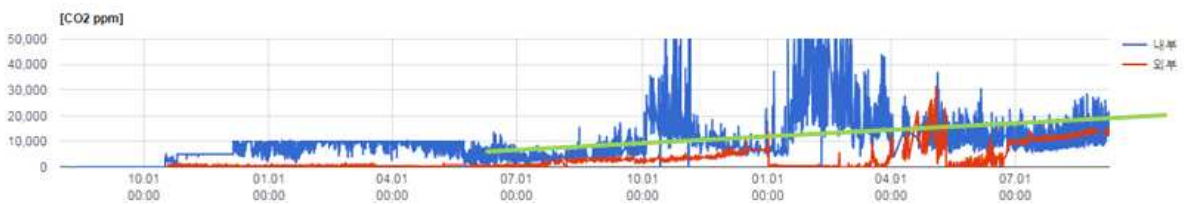


그림 127 이산화탄소 센서의 측정값 변화

가스 센서는 일반 대기중에 노출 되었을 때 자체 보정이 이루어지는 특징이 있으므로, 매년마다 센서를 일반 대기에 노출시켜 센서의 운영주기를 연장하는 운영 노하우가 필요하다. 선정된 MiCS-5914 암모니아 센서는 정확도가 낮고, 온도 등 주변 환경 변화에 따른 출력값 변동이 발생하며, 특히 꿀벌통 내부에 암모니아 발생이 거의 발생하지 않는 수준이며 센서의 유효성이 극히 낮다고 판단된다.

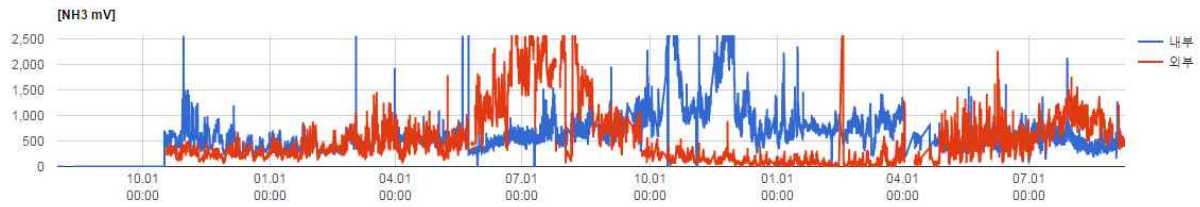


그림 128 암모니아 센서의 측정 데이터

황화수소 센서의 경우 높은 정밀도 및 calibrated 된 SENKO의 황화수소 센서를 사용함으로써 측정된 값의 신뢰도는 높다고 판단되나 센서 설치 후 연구기간이 완료되는 현재 까지 거의 0에 가까운 값만을 측정 하는 것을 확인하였다. 암모니아 센서와 마찬가지로 꿀벌통 내부에 황화수소 기체는 거의 발생하지 않는 것으로 보이며 센서의 유효성이 극히 낮다고 판단된다.

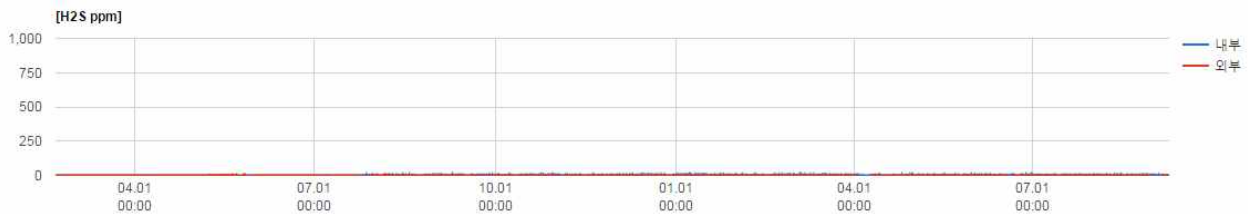


그림 129 황화수소 센서의 측정 데이터

소음 센서의 경우 말벌 등의 해충 침입 시 꿀벌들의 전투 본능에 의해 소음이 극심할 것으로 예상 하였으나, 연구기간 내에 말벌 침입에 의한 피해가 없었으며, 그보다도 꿀벌통을 관리할 목적으로 작업자의 작업에 의한 소음 및 양봉장 주변의 바람소리, 나무소리, 새소리 등의 일반 소음이 대부분을 차지하며, 소음에 대한 특이점을 찾을 수 없었으며, 수음 센서 역시 유효성이 낮다고 판단된다.

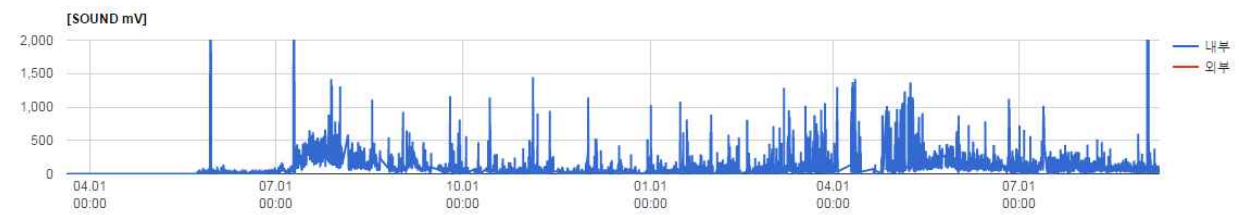


그림 130 소음 센서의 측정 데이터

무게 센서의 경우 굉장히 높은 신뢰도를 보여주고 있으며, 시간에 따른 무게의 변화량 하나만으로도 해당 봉군의 강/약, 채취한 꿀의 양, 분봉시점, 채밀시기 등 다양한 정보를 얻을 수 있다. 단, 무게 센서의 신뢰도가 높다는 가정 하에 가능하며, 측정 최소단의 10g 이하의 무게 센서 사용이 필요하다.

또한, 데이터의 지속성을 유지할 수 있어야 하며, 시스템 오류에 의한 무게값이 0으로 초기화 되어서는 아니 되며 센서노드의 동작 안정성 및 센서의 안정성을 유지시켜 줄 수 있도록 시스템을

잘 설계하여야 한다.

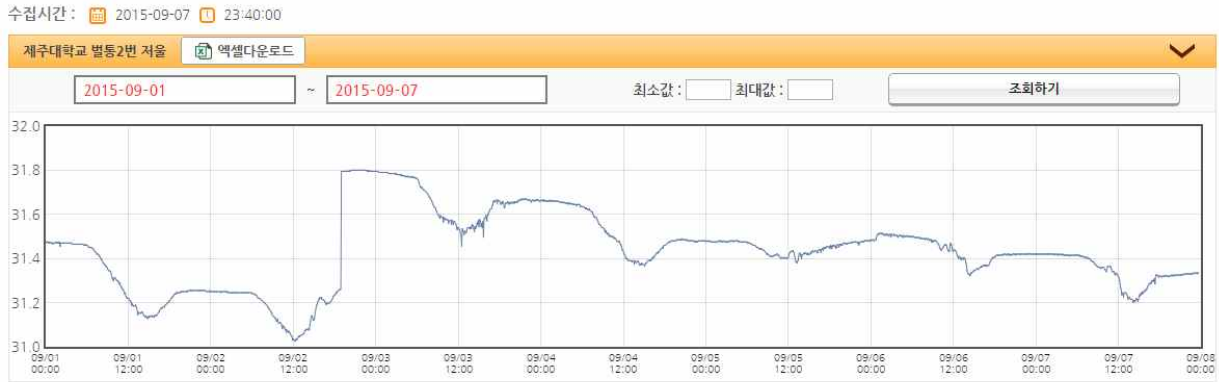


그림 131 무게 센서의 측정 데이터

아래의 표는 센서노드의 안정적 개발 및 설치 이후 발생한 유지관리 내역에 대한 것이며, 보는 바와 같이 총 29개의 센서노드 중 센서 불량에 의한 교체는 미비한 수준이므로 연구개발 기간 중 각 센서에 대한 신뢰도는 높다고 평가한다.

표 38 유지관리내역

점검 일자	점검 내용
14-05-26	신규 센서보드 설치
14-07-10	04번 CO2 센서 교체
14-07-14	14번 Zigbee 통신모듈 설정값 초기화되어 복구
14-07-28	08번 Zigbee 통신모듈 설정값 초기화되어 복구
14-08-01	08번 NH3 센서 교체
14-08-06	08번 센서보드 교체
14-10-06	UPS 전원복구
14-11-04	게이트웨이 리셋
14-11-06	센서소비 점검 및 센서보호망 위치 변경작업
15-02-17	UPS 전원 복구
15-04-03	강풍인한 시스템 복구
15-04-15	저울 전원 리셋
15-04-20	센서 전원 교체
15-04-24	게이트웨이 모델 교체
15-04-28	4번 센서 복구 및 저울리셋
15-05-13	노천센서 점검
15-06-25	노천센서 센서값 불량으로 철거

3. 센서노드는 기 개발된 복합센서 노드 활용

센서노드는 양봉 성장환경의 다양한 센서 적용이 가능하도록 기 개발된 복합센서노드를 최대한 활용하였다. 기 개발된 복합센서노드는 양봉 성장 모니터링에 필요한 센서를 부착하기 위한 인터페이스가 부족하여 기 개발 복합센서의 베이스 기술만 추출하고 주변 회로 및 센서를 재구성하여 양봉 성장 모니터링 센서노드를 개발하게 되었다.

4. 기 개발된 센서를 활용한 성장정보 계측 데이터 수집 기술 활용

가. Zigbee 무선 통신 모듈

본 연구에서의 데이터 수집방식은 꿀벌 사육장(벌통) 내 환경을 센서를 통해 감지하고 감지된 데이터는 센서노드로 유선 연결되어져 데이터 통신이 이루어지고, 센서노드와 게이트웨이 간에는 Zigbee 무선 통신으로 데이터 통신이 이루어진다. 센서노드와 게이트웨이 간 데이터 통신을 위해 Zigbee 무선 통신 모듈이 사용되었으며 적용된 Zigbee 무선 통신 모듈의 사양은 다음과 같다.

표 39 환경특성

Ratings		Min	Max	Unit
Storage Temperature		-40	+80	℃
Operating Temperature		-40	+80	℃
Supply voltage	VCC	-0.3	3.6	V
	GPIO INPUT	-0.3	3.6	V
	ADC INPUT	-	1.21	V
Other terminal voltages		GND - 0.3	VCC + 0.3	V

표 40 권장 동작 범위

Ratings		Min	typ.	Max	Unit
Operating Temperature		-30	25	+70	℃
Supply voltage	VCC	3.0	3.3	-	V
	GPIO INPUT	3.0	3.3	-	V
	ADC INPUT	-	1.2	-	V

표 41 소비전력

parameter	Test Conditions(VCC=3.3V, 25℃)	Current	Unit
TX	Transmit max. Boost mode enabled	45	mA
TX	Transmit max. Boost mode disabled	33	mA
TX	Transmit min. Boost mode disabled	23	mA
TX	Transmit max, file transfer @115.2kbps	45	mA
RX	Receive, Boost mode enabled	31	mA
RX	Receive, Boost mode disabled	28	mA
Idle	Not connect, Receiver off	9	mA
Sleep	Interval(Sleep=1000ms, Wake-up=5ms)	2	μA
Power-down	Shutdown-mode	1	μA
Reset	Quiescent, nReset asserted	2	μA

표 42 ADC 사양

parameter(VCC=3.3V, 25℃)		Min	typ.	Max	Unit
VREF		1.19	1.2	1.21	V
VREF output current				1	mA
VREF load capacitance				10	nF
Minimum input voltage		0			V
Maximum input voltage				VREF	V
Single-ended signal range				VREF	V
Differential signal range		-VREF		+VREF	
Common mode range		0		VREF	
Input referred ADC offset		-10		10	mV
Input Impedance	When taking a Sample	1			MΩ
	When not taking a Sample	10			

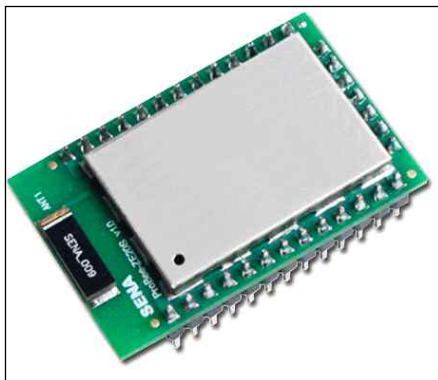


그림 132 Zigbee 모듈 모습

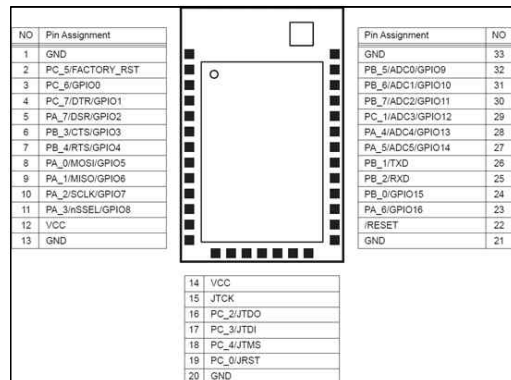


그림 133 인터페이스 규격

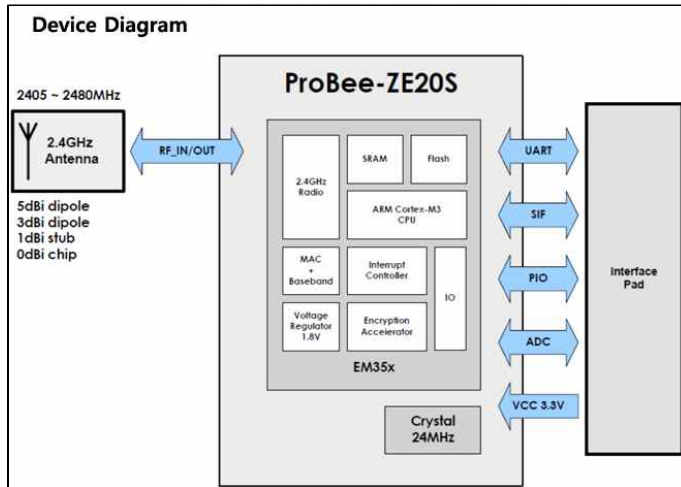


그림 134 Diagram

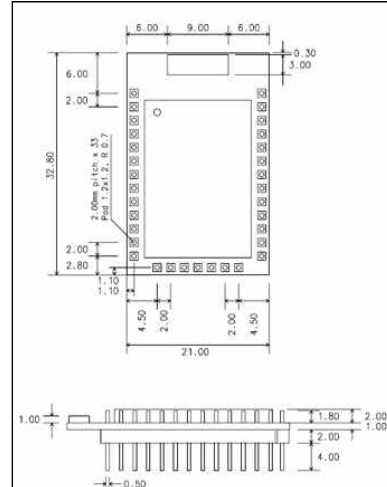


그림 135 외부 규격

나. 센서노드 보드 제작

본 연구에서는 기존에 개발된 Zigbee 활용 기술을 적용하여 센서노드를 제작하였으며 제작된 센서노드의 상세한 내용은 다음과 같다.

(1) 회로설계

본 연구에서는 센서노드 개발을 위해 데이터 측정 및 측정된 데이터의 안정적 통신을 중점으로 회로 설계를 수행 하였으며 회로도에는 아래 그림과 같다.

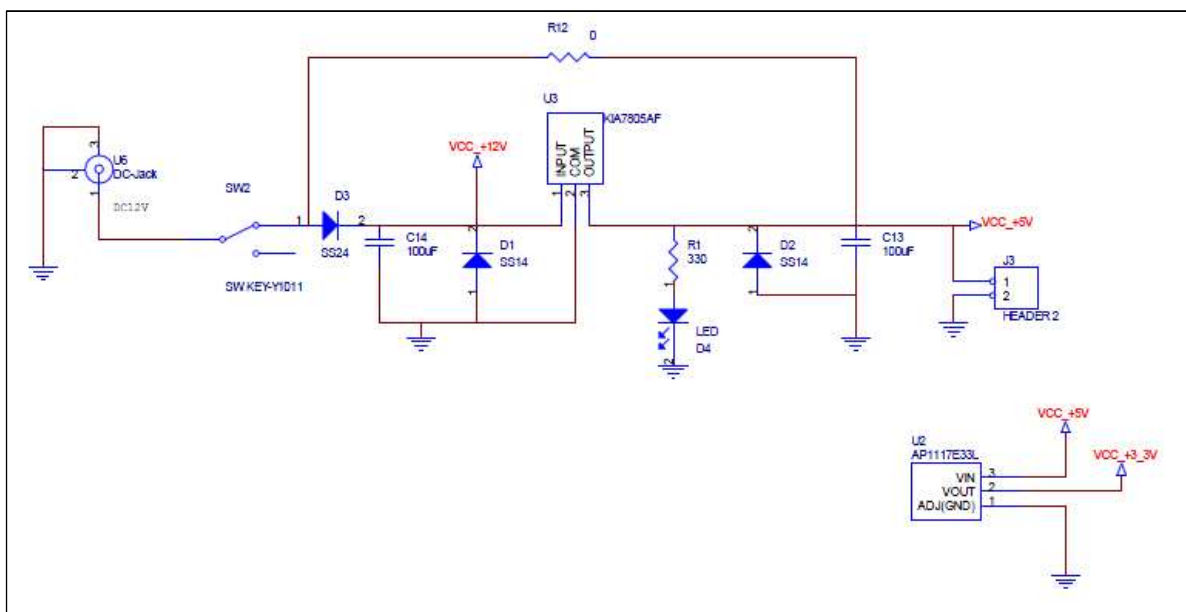


그림 136 센서노드 전원 및 LED 동작 표시 회로

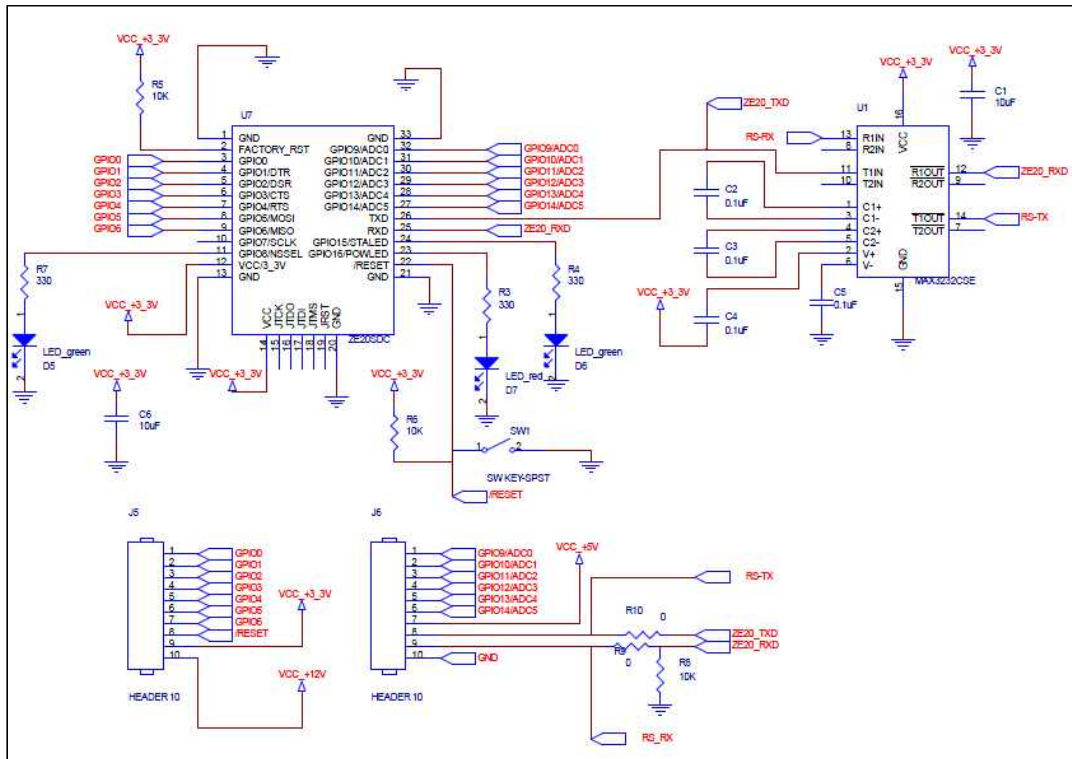


그림 137 데이터 송신 모듈 및 인터페이스 입출력 회로

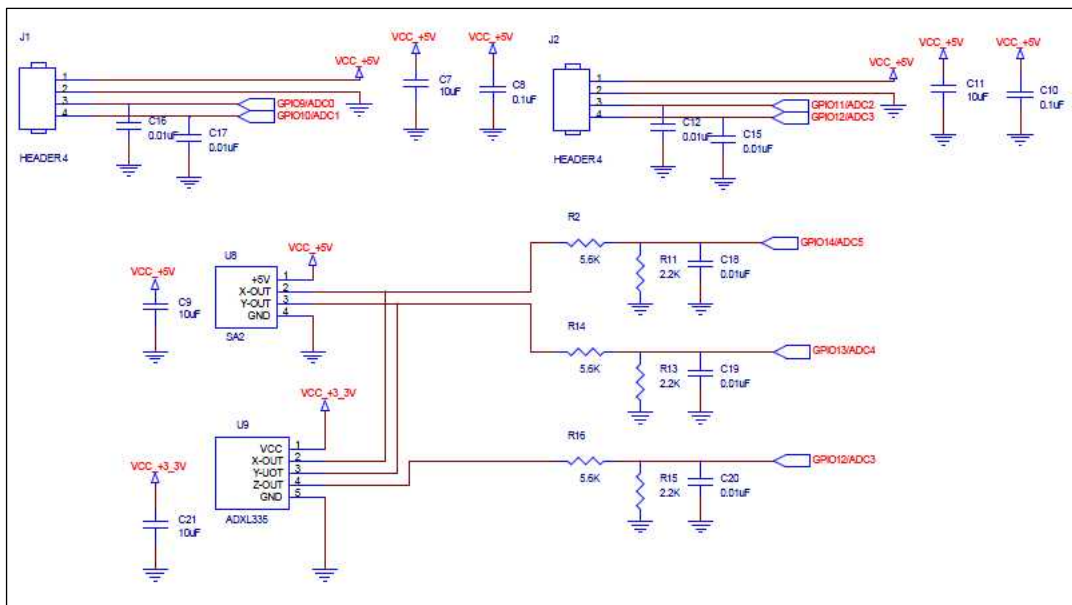


그림 138 인터페이스 입출력 회로

(2) Artworks

본 연구에서는 회로 설계 내용을 바탕으로 PCB 제작을 위한 부품 배치 및 Artworks를 수행 하였으며 수행된 결과물을 아래 그림과 같다.

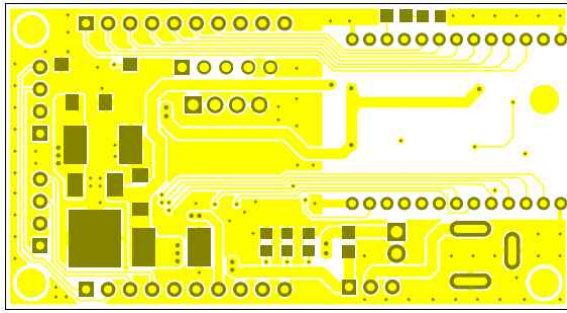


그림 139 Top View

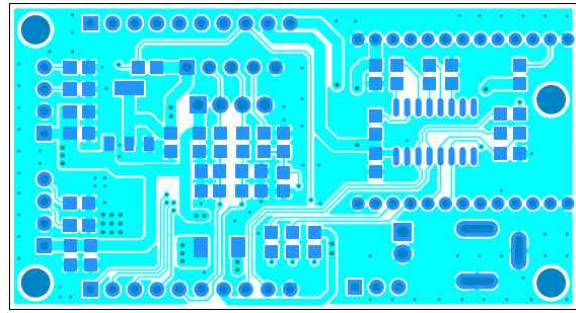


그림 140 Bottom View

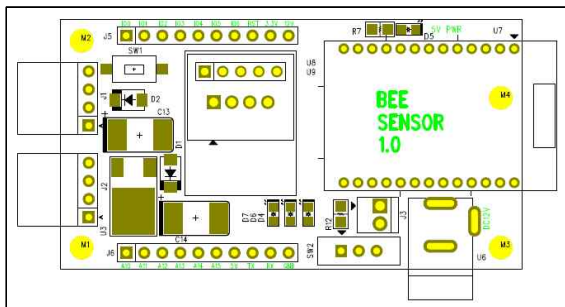


그림 141 Assembly Top View

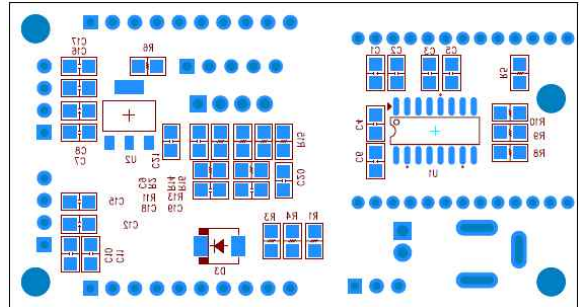


그림 142 Assembly Bottom View

(3) 센서노드 제작

본 연구에서는 꿀벌 사육장(벌통) 내 환경 모니터링을 위한 센서노드를 회로설계와 아트웍을 통해 PCB 보드를 제작하였으며 개발된 내용을 아래의 그림으로 나타내었다.



그림 143 노드 전면 모습



그림 144 노드 후면 모습



그림 145 센서 케이블 접속 모습

다. 데이터 수집 전송 시스템

본 연구에서의 데이터 수집 전송 시스템은 센서노드에서 송신된 별통 내부의 온/습도, 이산화탄소, 암모니아 데이터를 수집하고, 현장에서 데이터 값을 표시 해주며, CDMA to TCP/IP 통신을 통해 서버 모니터링 시스템으로 데이터를 무선 전송해 주는 시스템으로 구성하였다.

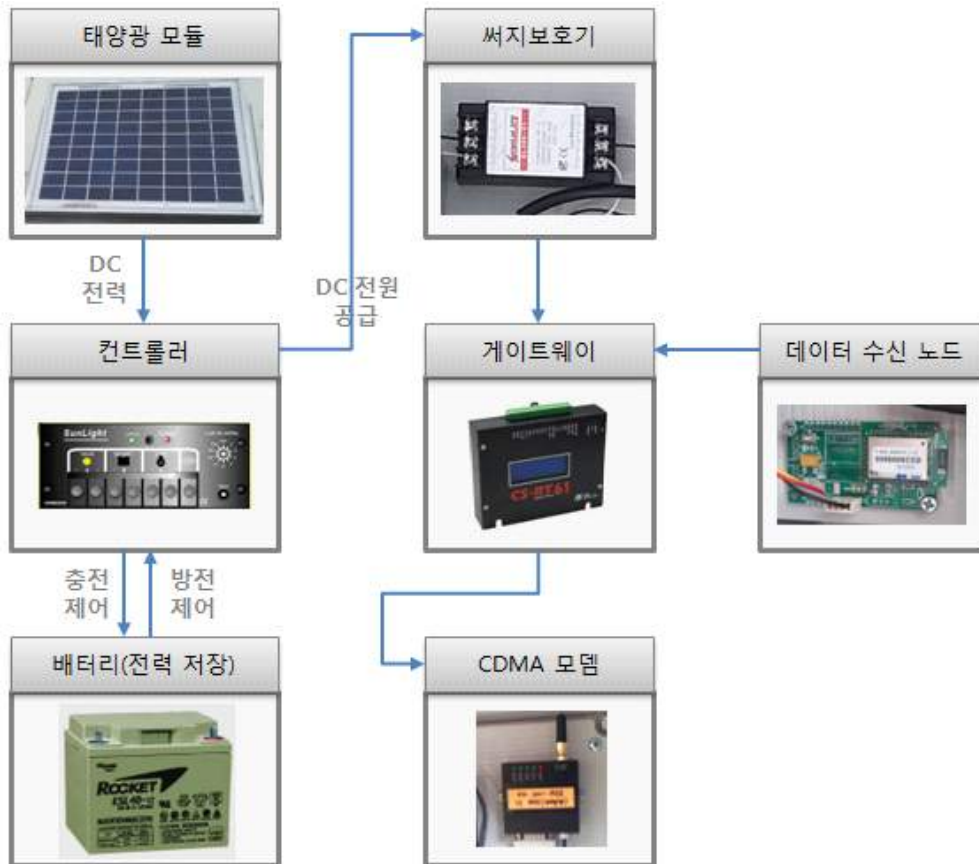


그림 146 데이터 수집 전송 시스템 구성도

(1) 게이트웨이

본 연구에 적용된 게이트웨이는 CS-RT61 모델로서 LCD가 일체형으로 구성되어 있어 현장에서 데이터 값 및 데이터 송수신 상태를 확인 할 수 있으며, 다양한 형태의 인터페이스가 제공되어 다방면에서 데이터 수집 전송 장치로 사용되고 있는 제품이다. CS-RT61은 다양한 형태로 출력(RS232/485, 4~20mA, pulse, 0~5V 등)되는 센서 데이터를 수집/가공/저장/전송이 가능하며, DO 포트를 활용하여 외부 기기 ON/OFF 제어도 수행할 수 있는 장비이다.

또한, LCD가 탑재되어 현장에서의 데이터 확인도 가능한 제품으로 다음과 같은 기능을 보유하고 있다.

- 각종 센서에서 출력되는 데이터 수집 기능
- 기기 ON/OFF 상태 정보 수집 기능
- 외부 기기 ON/OFF 제어 기능

- 데이터 저장 및 서버 전송 기능
- 원격 제어 명령 수신 및 처리 기능

표 43 CS-RT61 Specifications

구분	내용	비고	
Input Power	+12VDC		
CPU	Atmega2560		
Memory	2Gbyte(SD-Card)		
Enclosure	0.5T steel		
Mounting	Wallmount		
Power Consumption	5W(typical)		
Indicators	LEDs		
	20 by 4 CLCD		
External Interface	DI	3P	0~12VDC Count 겸용 2P
	AI	2P	DC 4~20mA/ 0~5V
	DO	1P	Relay(MAX 24VDC 1A)
	Serial	3CH	RS232/485
	Power	DC5V, DC 12V	Output

(가) CPU

CS-RT61에 사용된 CPU는 ATMEL사의 ATMEGA2560 8-bit MCU 모듈이며, 적용된 ATMEGA2560의 특징은 다음과 같다.

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- 각Advanced RISC Architecture
- 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
- 32 x 8 General Purpose Working Registers
- Fully Static Operation
- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- On-Chip 2-cycle MultiplierHigh Endurance Non-volatile Memory Segments
- 64K/128K/256K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
- 4K Bytes EEPROM
- 8K Bytes Internal SRAM
- Write/Erase Cycles:10,000 Flash/100,000 EEPROM
- Data retention: 20 years at 85° C/ 100 years at 25° C
- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
- In-System Programming by On-chip Boot Program

- True Read-While-Write Operation
- Programming Lock for Software Security
- Endurance: Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
- JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant) Interface
- Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
- Extensive On-chip Debug Support
- Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
- Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Four 8-bit PWM Channels
- Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
- Output Compare Modulator
- 8/16-channel, 10-bit ADC
- Two/Four Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte Oriented 2-wire Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
- 54/86 Programmable I/O Lines 64-pad QFN/MLF, 64-lead TQFP
- 100-lead TQFP, 100-ball CBGA
- RoHS/Fully Green
- Temperature Range: -40° C to 85° C Industrial
- Ultra-Low Power Consumption
- Active Mode: 1 MHz, 1.8V: 500 μ A
- Power-down Mode: 0.1 μ A at 1.8V

아래의 그림에서는 ATMEGA2560 8-bit MCU 모듈 및 ATMEGA2560의 실제 모습과 ATMEGA2560의 Block Diagram을 나타내었으며, 표에서는 ATMEGA2560의 주요사양을 나타낸다.



그림 147 ATMEGA2560 8-bit MCU 모듈 및 ATMEGA2560

표 44 ATMEGA2560의 주요사양

Flash	EEPROM	RAM	General Purpose I/O pins	16 bits resolution PWM channels	Serial USARTs	ADC Channels
256KB	4KB	8KB	86	12	4	16

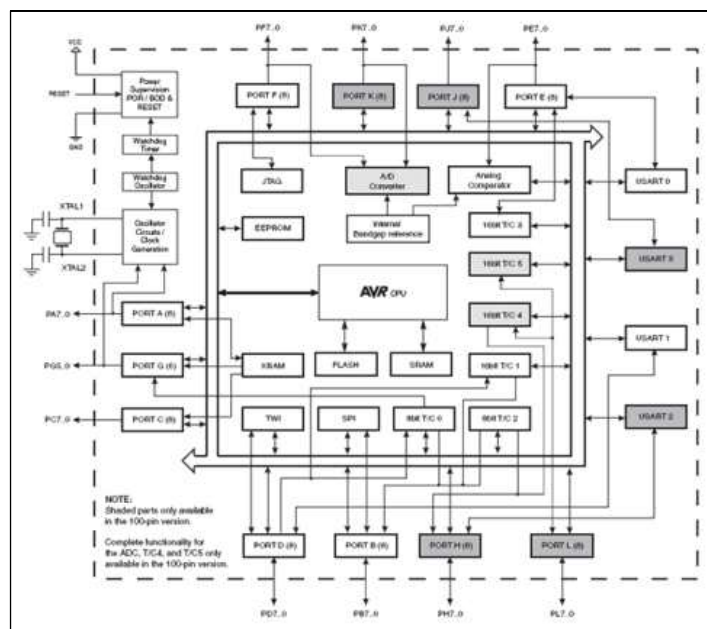


그림 148 ATMEGA2560 Block Diagram

(나) LCD Display

본 과제에서의 Gateway는 현장에서의 데이터 정상 수집 여부 확인 및 각종 유지보수를 위해 LCD Display를 일체화한 CS-RT61로 구성하였으며, CS-RT61의 LCD Display는 CLCD420-B LCD Display 모듈을 적용하였으며, CLCD420-B LCD Display 모듈과 주요사양을 그림과 표에 나타내었다.

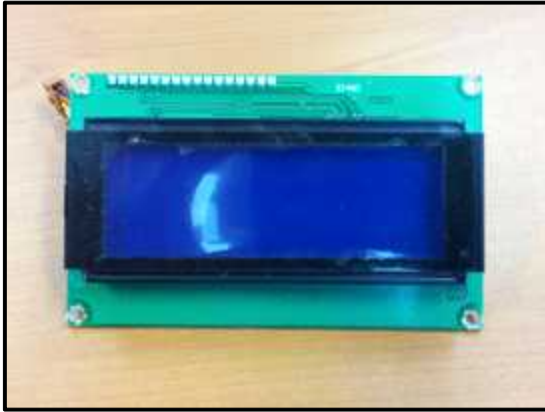


그림 149 LCD 전면

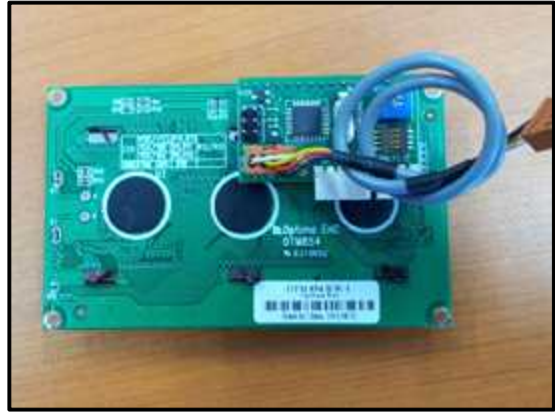


그림 150 LCD 후면

표 45 LCD 모듈의 주요사양

언어	글자수	통신방식	Back Light	Back Light Color	Size	기타
영문	20 by 4	I ² C	LED	Blue	98×60mm	구동모듈

(다) CDMA 모뎀

본 연구에서는 센서 데이터를 수집하여 원격에 있는 서버로 데이터를 무선 전송하는 시스템을 개발하고자 하였으며, 서버로의 무선 전송 방식은 CDMA를 적용하여 CDMA to TCP/IP 방식을 채택하였다.

본 연구에 적용된 CDMA 모뎀의 특징은 다음과 같다.

- CDMA Module (CDMA 1x RTT)
- IS-95A 와 IS-95B, IS-2000 Release 0 지원
- 사용 주파수 대역 : 800MHz 대역
- Chipset : Qualcomm M5100
- Standard RS-232C Interface 지원
- USB 1.1 지원
- Voice(8K EVRC, 13K QCELP), Data communications , SMS(MO/MT) 지원
- R-UIM 지원 (for R-UIM applied region only)

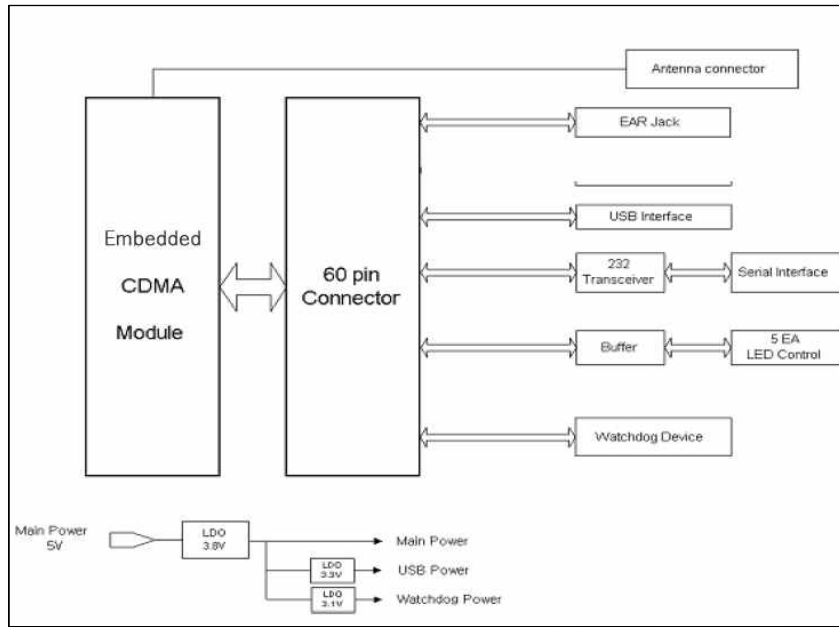


그림 151 CDMA 블록도

표 46 환경적 특성

항목	내용	비고
상대습도	5% ~ 95%	
저장온도	-30℃ ~ 80℃	
동작온도	-20℃ ~ 60℃	
진동	1.5G peak 5 to 500Hz	

표 47 H/W 특성

항목	내용	비고	
CDMA 프로토콜	CDMA 2000 1xRTT		
Status	Traffic	300mA	
	Idle	10mA	
	Sleep	2mA	
IF 수신기	IFR-3000		
IF 송신기	RFT-3100		
MSM 칩셋	퀄컴 MSM5100		
인터페이스 규격	RS-232C: 데이터 서비스 (기본값)		

표 48 송신규격

항목	내용	비고
통신방식	복신 방식	
정격 공중선 전력	0.2W	
주파수 범위	824.64 ~ 848.37MHz	
주파수 안정도	할당 주파수에서 $\pm 300\text{Hz}$ 이내	
FA 채널	20 채널	
FA 채널 간격	1.23MHz	
점유 주파수 대역폭	1.25MHz 이하	
발진 방식	PLL Synthesizer	
국부 발진 주파수	954 ~ 980MHz	
중간 주파수	130.38MHz	
변조 방식	OQPSK	
공중선 임피던스	50 Ω	

표 49 수신규격

항목	내용	비고
수신방식	슈퍼 헤테로다인	
주파수 범위	8869.64 ~ 893.37MHz	
FA 채널	20 채널	
FA 채널 간격	1.23MHz	
점유 주파수 대역폭	1.25MHz 이하	
발진 방식	PLL Synthesizer	
국부 발진 주파수	954 ~ 980MHz	
중간 주파수	85.38MHz	
변조 방식	OQPSK	
공중선 임피던스	50 Ω	

2) 데이터 수집 전송 시스템 제작

본 연구에서는 실환경 테스트를 위한 데이터 수집 전송 시스템을 제작하였으며 제작된 데이터 수집 전송 시스템의 내용을 아래의 그림에 나타낸다.



그림 152 데이터 수집 전송 시스템 전체(좌) 및 내부(우) 모습

데이터 수집 전송 시스템은 위 그림과 같이 크게 전원부 및 제어부로 구성된다. 전원부는 독립전원 공급이 가능하도록 태양광 발전 시스템을 적용하였다. 태양광 발전 시스템의 설치 시스템 설치 폴대를 지면에 임시고정하고 턴버클과 와이어 및 철재류 말뚝을 활용하여 3방향으로 폴대 중간 지점과 지면과 팽팽하도록 고정하였다. 폴대 상부에는 40W의 태양광 모듈이 고정될 수 있도록 브라켓을 제작하여 설치하였으며, 태양광 모듈의 설치방향 및 설치각은 각각 정남방향, 33도를 이루도록 설치하여 연평균 태양광 발전 효율이 가장 높도록 하였다. 제어부는 외부보호함으로 내부 제어 장비 및 전원 장비를 보호하여 실외 환경에서도 사용가능하도록 하였다. 외부보호함은 설치된 폴대 중간에 C채널을 이용하여 고정하였으며, 외부보호함 내부에는 써지보호기, 충방전컨트롤러, 배터리, 원격제어단말기(CS-RT61), Zigbee 무선통신 모듈, CDMA 모뎀이 설치되어 서로 결선 되었다.

라. 서버 모니터링 시스템

본 연구에서 개발된 서버 모니터링 시스템 웹기반의 모니터링 시스템으로 언제 어디서든 센서가 설치된 곳의 환경 데이터를 확인 할 수 있다. 서버 모니터링 시스템에서의 모니터링은 온/습도, 이산화탄소, 암모니아 데이터를 모니터링 할 수 있으며 설치된 장소 추가 시 추가 모니터링이 가능하도록 개발하였다.

또한, 날씨정보를 사용자에게 제공하기 위하여 기상청 날씨 데이터를 연계하여 표출하는 서비스 제공한다. 개발 된 서버 모니터링 시스템의 화면 및 내용을 아래의 그림에 나타낸다. 아래그림은 로그인 화면으로 ID와 PASSWORD 입력하여 접속할 수 있다.

그림 155 로그인 화면

아래그림은 메인화면으로 좌측에는 날씨정보를 제공하고 있으며 우측에는 각각 설치된 수집된 당일 데이터를 그래프로 보여주고 있다.

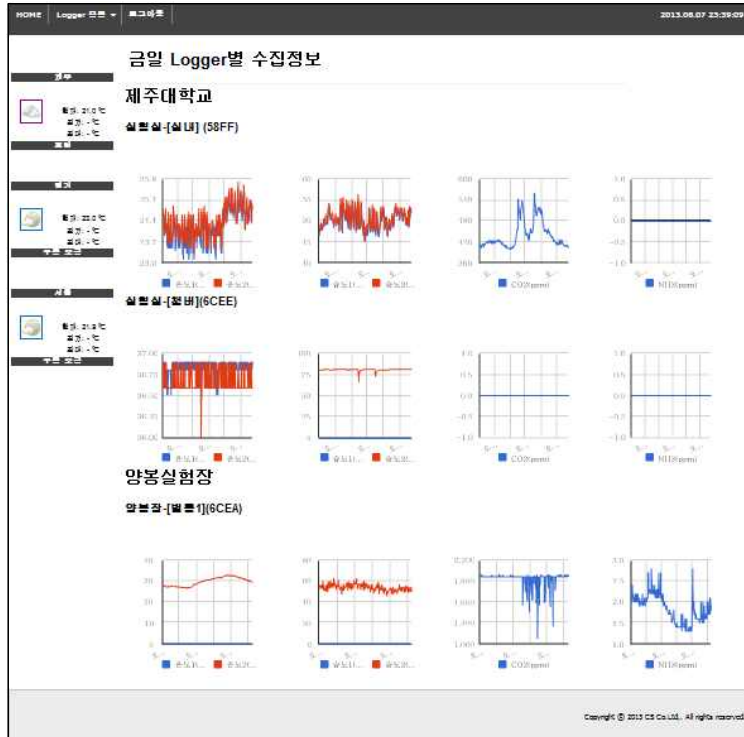


그림 156 메인화면

아래 그림은 로거별 데이터 모니터링 준비화면으로 왼쪽상단에 위치한 “Logger 목록”에 마우스를 갖다 대면 시스템에 등록된 현장에 설치 목록이 나타나게 된다. 원하는 설치 현장을 선택하면 아래의 그림이 나타낸다.

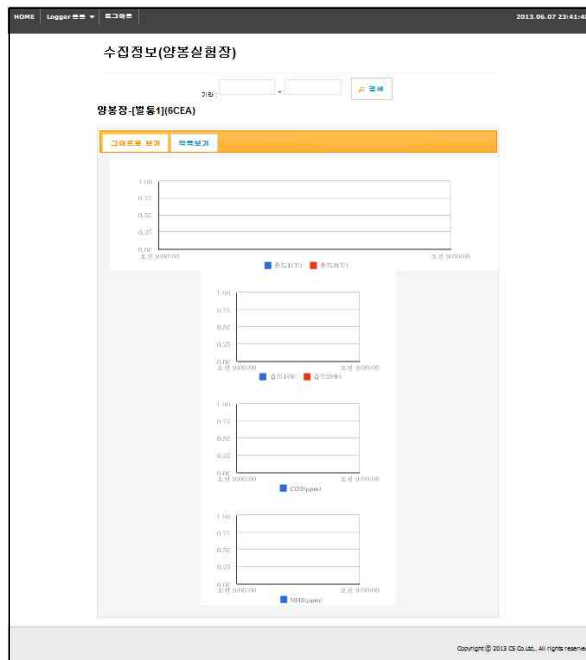


그림 157 로거별 데이터 모니터링

아래그림은 로거별 데이터 모니터링을 위해 모니터링하고자 하는 날짜 및 시간을 설정하는

화면이다. 설정 블럭에 마우스를 클릭하면 3개월간의 날짜가 표출되어 선택할 수 있도록 하였다.

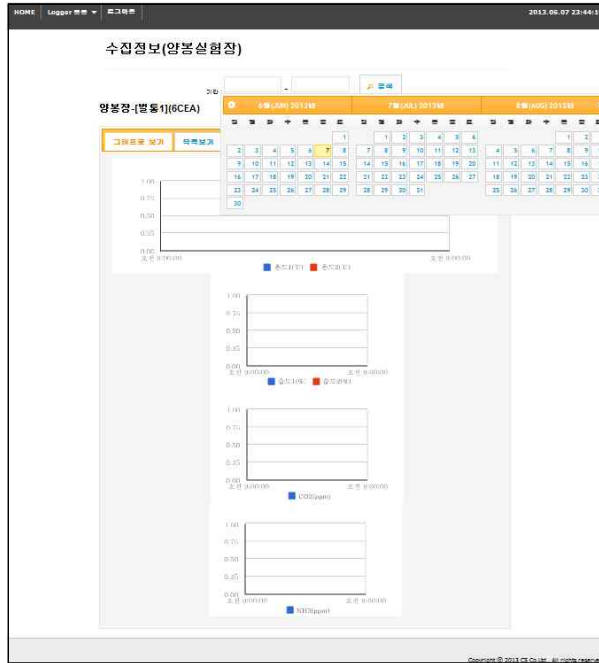


그림 158 날짜 및 기간 설정 화면

아래 그림은 로거별 데이터를 표출해 주는 화면으로 첫 그림은 수집 시간별 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 데이터를 수치로 표시하고, 밑에 그림은 같은 데이터를 그래프로 보여주고 있다.

각각의 데이터는 5분에 1회씩 5분간의 평균값을 수집하여 표출한다.

수집시간	온도1(°C)	습도1(%)	온도2(°C)	습도2(%)	CO2(ppm)	NH3(ppm)
2013-06-07 00:00	27.6	55.7	27.6	55.7	1973.1	2
2013-06-07 00:05	27.9	54.7	27.9	54.7	1996.6	2.4
2013-06-07 00:10	27.9	56.4	27.9	56.4	1997.2	2.4
2013-06-07 00:15	27.9	52.8	27.9	52.8	1997.2	2.4
2013-06-07 00:20	27.9	55.4	27.9	55.4	1997.7	2.3
2013-06-07 00:25	27.6	53.8	27.6	53.8	1973.4	2.1
2013-06-07 00:30	27.6	53	27.6	53	1973.4	2.1
2013-06-07 00:35	27.6	55.3	27.6	55.3	1973.4	2
2013-06-07 00:40	27.4	56.6	27.4	56.6	1973.4	2.1
2013-06-07 00:45	27.3	54.9	27.3	54.9	1973.1	2

그림 159 로거별 데이터 (텍스트)

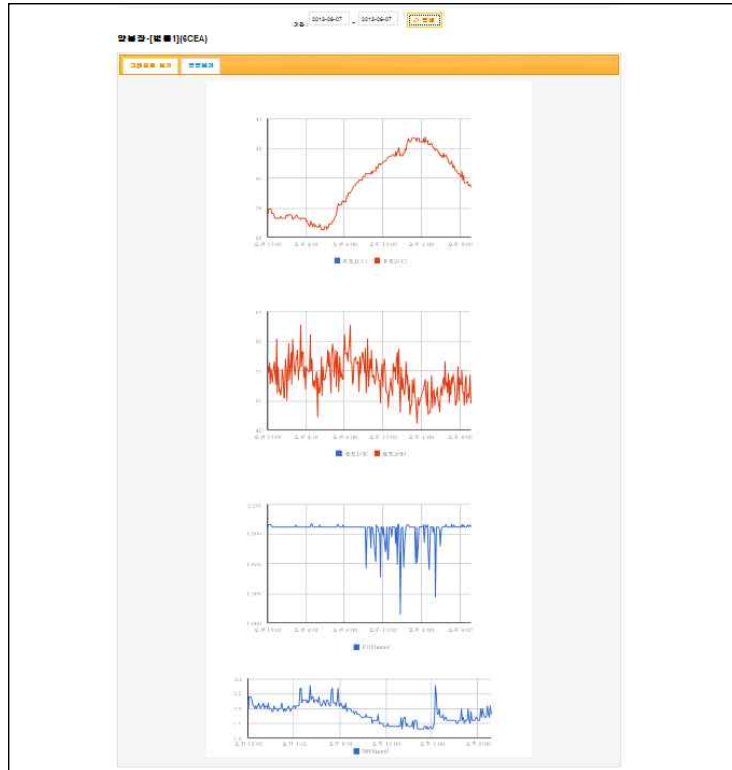


그림 160 로거별 데이터 (그래프)

5. 기상청 지역별 예보 정보와 연계하여 환경변화정보 농가에 제공

기상청의 지역별 예보 정보 연계를 위하여 기상청 홈페이지

<http://www.kma.go.kr/weather/forecast/timeseries.jsp> 사이트의 ‘동네예보’ 페이지의 데이터를 연계하였다.

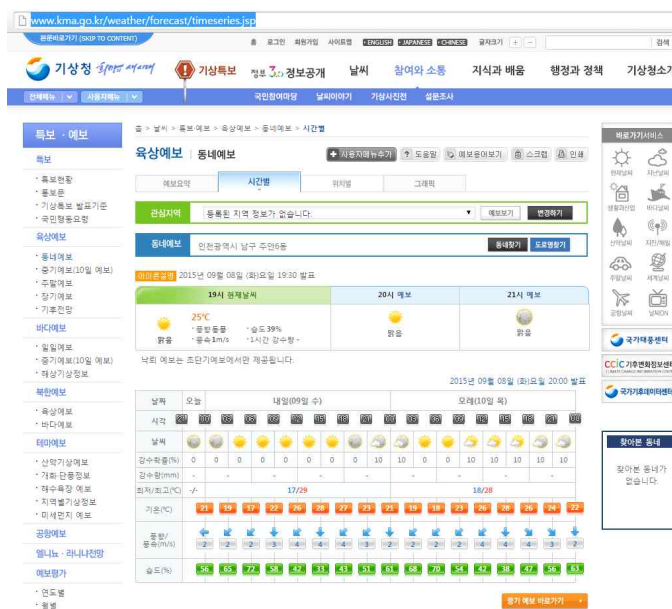


그림 161 연계한 기상청 동네예보 페이지

포털사이트에도 동일한 방식의 기상정보를 농가에게 제공하였고, 또한 기상청 홈페이지를 팝업 페이지로 연결하였다.



그림 164 포털사이트의 기상정보 서비스

6. 무선 센서 네트워크 시스템용 미들웨어 기술 개발

가. 기 개발된 USN 미들웨어 활용

6LoWPAN에 사용된 OS는 TinyOS-2.x이며 애플리케이션 구현을 위하여 다음과 같은 모듈과 인터페이스를 사용하며, 여기에서 중요한 UDPClient 인터페이스의 구조는 아래의 그림과 같다.

Modules and interfaces

- IPC.nc - configuration, used by the application
- IPP.nc - module with the implementation
- UDPClient.nc - interface used by the application
- IP.h - included by the application
- IP_internal.h - used only by IPC and IPP

UDPClient (UDPClient.nc)

```
interface UDPClient {  
    command error_t listen( uint16_t port );  
    command error_t connect(const ip6_addr_t *addr, const uint16_t port);  
    command error_t sendTo(const ip6_addr_t *addr, uint16_t port,  
                           const uint8_t *buf, uint16_t len );  
    command error_t send(const uint8_t *buf, uint16_t len );  
  
    event void sendDone(error_t result, void* buf);  
    event void receive(const ip6_addr_t *addr, uint16_t port,  
                       uint8_t *buf, uint16_t len );  
}
```

그림 165 UDPClient 인터페이스

Receiving a packet

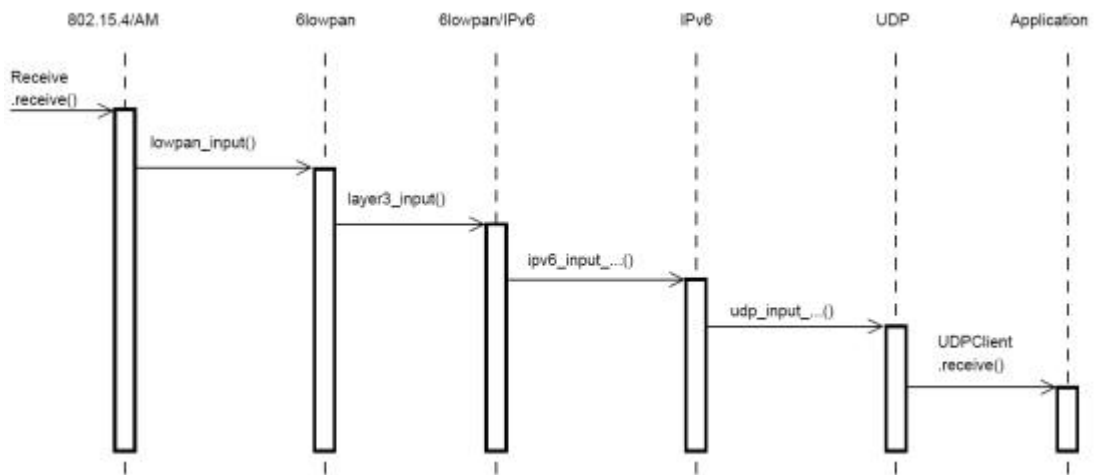


그림 166 Receiving a UDP packet

Sending packet

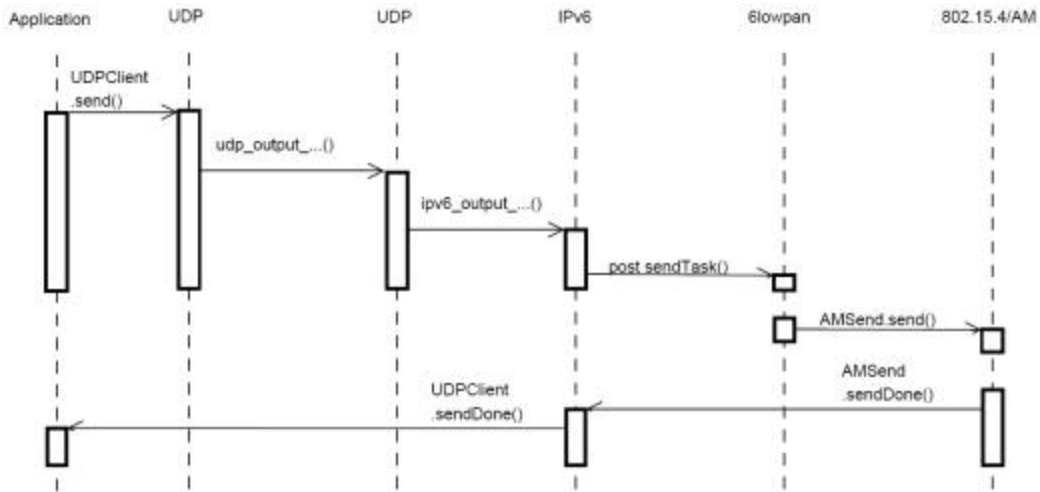


그림 167 Sending a UDP packet

IPv6는 네트워크를 통한 각 서브 WPAN 영역들은 IPv6를 지원하며, 이기종 통신에서도 기존 IP를 그대로 이용하도록 하여 추가적인 비용이나 오버헤드를 없애는 것을 목표로 하고 있다.. 이것이 곧 현재의 6LoWPAN 프로토콜이고, 요약하면 IPv6 over IEEE 802.15.4이다. 하지만 IP 데이터그램을 그대로 802.15.4의 데이터 프레임을 통해서 전송하기에는 IP의 헤더가 너무 커서, 고안한 방법이 바로 기존 IP 헤더를 WPAN에 적합하도록 압축한다.

아래의 그림과 같이 우선 IPv6의 헤더를 압축 한 다음 802.15.4의 MAC 헤더를 붙입니다. 그리고 패킷이 너무 크면 분할해서 주고받기 위해 Fragment Header, WPAN의 Mesh 네트워크를 지원하기 위해서 Mesh Addressing Header 추가가 가능하다.

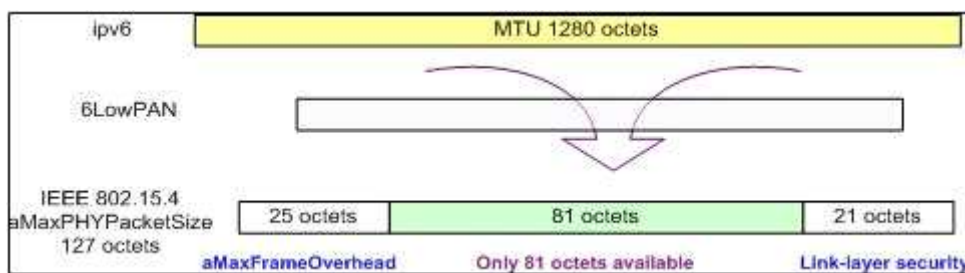


그림 168 IPV6에서 6LowPAN으로의 터널링

6LoWPAN은 기존 IP 네트워크와의 연동을 위해서 게이트웨이 기능을 상위 Application에서 어드레스 변환과 같은 포워딩을 수행하는 것이 아니라, Link-Layer, 혹은 Network Layer에서 바로 포워딩한다.

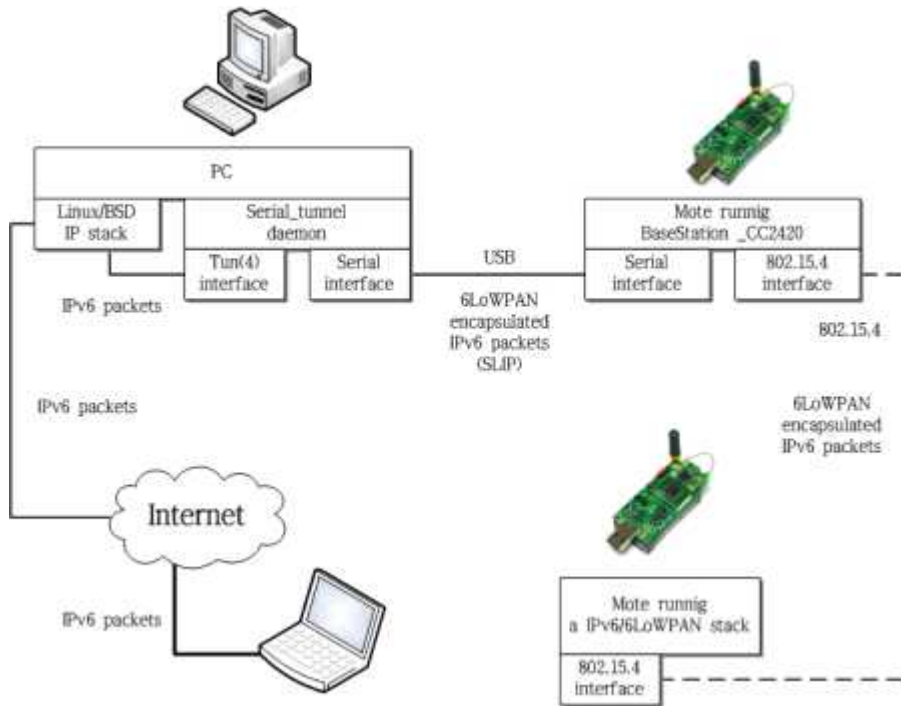


그림 169 Motes, the tunneling daemon and the Internet

tos.lib.net.6lowpan

tos.lib.net.6lowpan

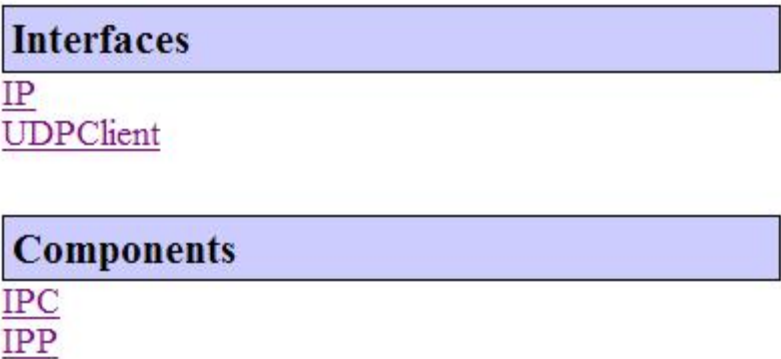


그림 170 TinyOS 상의 6LoWPAN 인터페이스와 컴포넌트 구성

Interface: tos.lib.net.6lowpan.IP

- interface IP

Commands

```
command void getAddress(ip6_addr_t *addr)
command void setAddress(ip6_addr_t *addr)
command void setAddressAutoconf(ip6_addr_t *addr)
```

Commands - Details

getAddress

```
command void getAddress(ip6_addr_t *addr)
```

setAddress

```
command void setAddress(ip6_addr_t *addr)
```

setAddressAutoconf

```
command void setAddressAutoconf(ip6_addr_t *addr)
```

그림 171 인터페이스 IP의 커맨드

Interface: tos.lib.net.6lowpan.UDPClient

- interface UDPClient

Commands

```
command error_t connect(ip6_addr_t *addr, uint16_t port)
    'Connecting' a UDP socket fixes the remote address and port.

command error_t listen(uint16_t port)
    'Listening' to a socket binds the local port to a fixed number and allows the socket to receive packets.

command error_t send(uint8_t *buf, uint16_t len)
command error_t sendTo(ip6_addr_t *addr, uint16_t port, uint8_t *buf, uint16_t len)
    Send a datagram to a remote host.
```

Events

```
event void receive(ip6_addr_t *addr, uint16_t port, uint8_t *buf, uint16_t len)
    A datagram has been received.

event void sendDone(error_t result, void *buf)
    The previous send or sendTo command has completed.
```

Commands - Details

connect

command error_t **connect**(ip6_addr_t *addr, uint16_t port)

'Connecting' a UDP socket fixes the remote address and port. Once fixed, you can send datagrams with the 'send' command. You can un-fix the socket by passing NULL as the argument.

listen

command error_t **listen**(uint16_t port)

'Listening' to a socket binds the local port to a fixed number and allows the socket to receive packets. If you call send or sendto on an unbound socket, a dynamic local port is assigned. Pass 0 to unbind the port.

send

command error_t **send**(uint8_t *buf, uint16_t len)

sendTo

command error_t **sendTo**(ip6_addr_t *addr, uint16_t port, uint8_t *buf, uint16_t len)

Send a datagram to a remote host. Call 'connect' on a socket before calling 'send'. If a local port has not yet been assigned, a dynamic one will be assigned by these commands. Both commands are asynchronous and will generate the 'sendDone' event once the datagram has been sent.

Events - Details

receive

event void **receive**(ip6_addr_t *addr, uint16_t port, uint8_t *buf, uint16_t len)

A datagram has been received. Datagrams are only received on sockets that have had 'listen' called to assign a local port, or have used the 'send' or 'sendTo' command.

sendDone

event void **sendDone**(error_t result, void *buf)

The previous send or sendTo command has completed.

그림 172 인터페이스 UDPClient 내의 command와 Events

Component: tos.lib.net.6lowpan.IPC

- configuration IPC

Provides

interface **IP**

interface **SplitControl** as **IPControl**

interface **UDPClient**[uint8_t]

Wiring

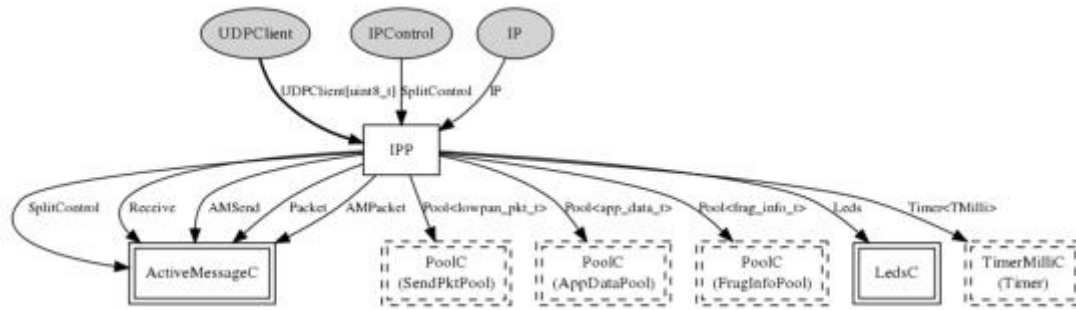


그림 173 6lowpancli 와이어링

6LowPAN 테스트 환경 및 컴파일 수행 절차는 아래와 같다.

- 노트 : /opt/tinyos-2.x/apps/6lowpancli
- 베이스 노트 : /opt/tinyos-2.x/apps/BaseStation

```
CFLAGS += -DTOSH_DATA_LENGTH=102
```

- /opt/tinyos-2.x/support/sdk/c/6lowpan/serial_tun
- /opt/tinyos-2.x/support/sdk/c/sf

```
./bootstrap
./configure
make
```

- libmote.a 파일을 /serial_tun/로 복사
- /serial_tun에서 make 실행

테스트 시나리오는 그림과 같으며, Base station을 통해 ping을 전송하였을 때 Node ID 0x14 이 응답한다.

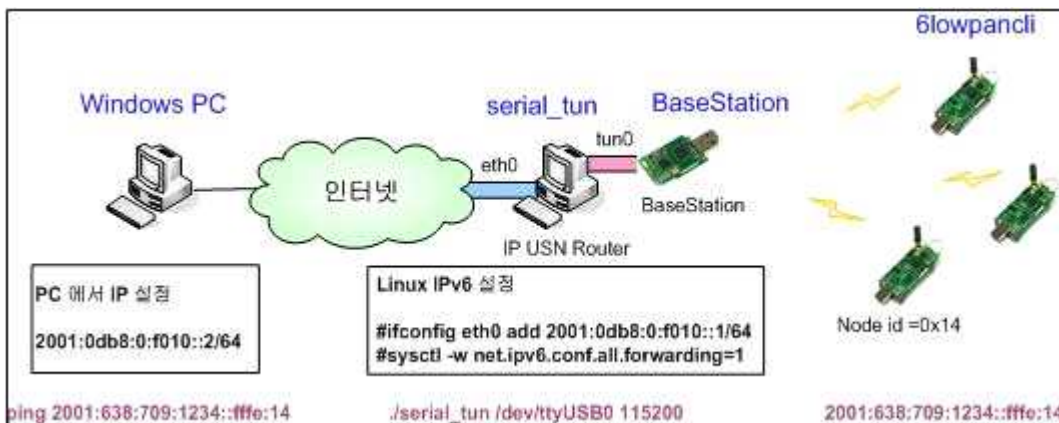


그림 174 6LowPAN 기반의 테스트 시나리오



그림 175 6LowPAN 환경에서의 ping 테스트

나. 기 개발된 USN 미들웨어의 양봉산업에 최적화 작업 수행

양봉산업에 최적화된 미들웨어 개발을 위하여 센서 인터페이스 통합 S/W 최적화 작업을 실시하였다. 양봉산업에 사용되는 다양한 센서 중에서 전력 소모가 높은 센서의 경우에는 저 전력 시스템에 적용하기에는 많은 어려움을 갖고 있어 센서 인터페이스 보드의 경우 스위칭 회로를 따로 두어 전력 소모가 심한 센서의 Vcc공급 전압을 프로그램 내에서 스위칭 할 수 있게 아래의 그림과 같이 구현하였다.

```

:
components ... , MSP430GeneralIOC, ... ;
:
// MCU 연결 단자 Port 설정
Impl.Port25 -> MSP430GeneralIOC.Port25; //3V_To_9V enable signal
Impl.Port30 -> MSP430GeneralIOC.Port30; //3V_To_5V enable signal
Impl.Port40 -> MSP430GeneralIOC.Port40; //MUX Power enable signal
Impl.Port43 -> MSP430GeneralIOC.Port43; //EXT_5V enable signal
Impl.Port50 -> MSP430GeneralIOC.Port50; //MUX_DeMUX Inhibit Control
Impl.Port51 -> MSP430GeneralIOC.Port51; //MUX CH Selection_A
Impl.Port52 -> MSP430GeneralIOC.Port52; //MUX CH Selection_B
Impl.Port53 -> MSP430GeneralIOC.Port53; //MUX CH Selection_C
:

```

그림 176 Delta.nc - Configuration 루틴

```

timer_ticks++;
if (timer_ticks ==1) {
    call Temperature.getData();
}
else if(timer_ticks ==2) {
    call Humidity.getData();
}
else if(timer_ticks ==3) {
    call Port30.setHigh(); //3v_To_5V Output Enable
    delayy(3);
    call Port51.setLow(); //Select MUX CH0 for supplying power
    call Port52.setLow(); //Select MUX CH0
    call Port53.setLow(); //Select MUX CH0
    delayy(1);
    call Port50.setLow(); //MUX CH0 Output Enable
    TOSH_mwait(256);
    call PAR.getData();
}
else if(timer_ticks ==4) {
    :
}
else if(timer_ticks ==5) {
    :
}
else if(timer_ticks ==6) {
    atomic post sendData();
    timer_ticks =0;
}
return SUCCESS;

```

그림 177 DeltaM.nc-implementation 루틴

위 프로그램은 센서별 Port를 설정하고 Port 동작을 setHigh인 경우 전원 공급, setLow인 경우 전원 공급 차단하며 Timer_ticks을 같이 사용하여 주기적으로 센서 전원의 On/Off 동작을 수행 할 수 있도록 하였다. 센서 플랫폼을 위한 어플리케이션은 Timer 이벤트에 의하여 주기적인 동작을 수행하는 프로세스의 구조를 취하고 있으며 아래의 그림과 같이 10초 주기로 Timer의 fired 이벤트가 반복적으로 발생하도록 설계하였다.

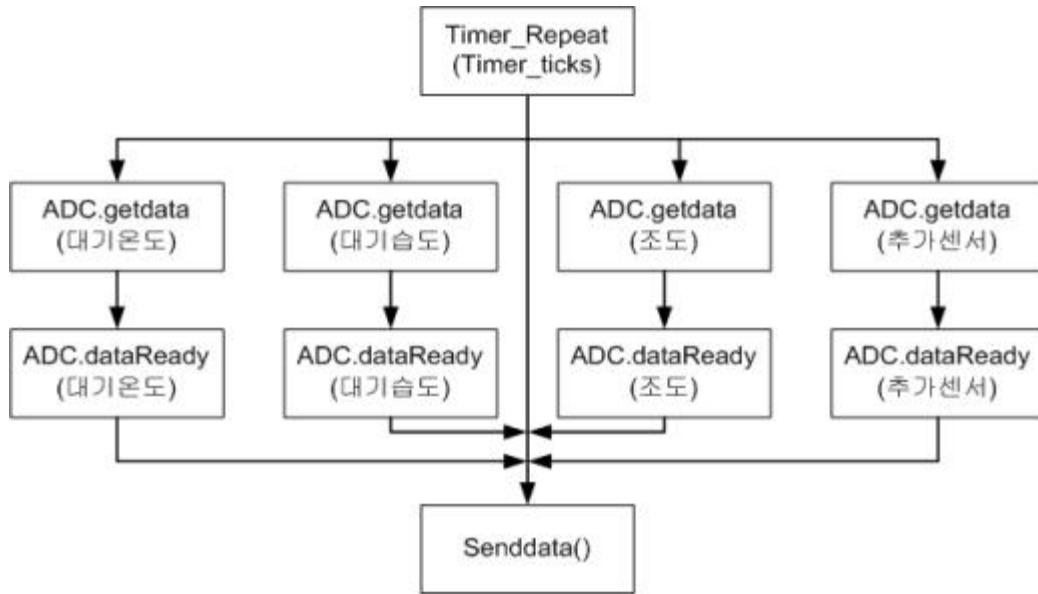
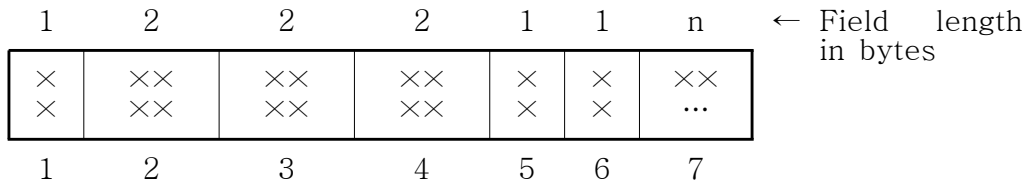


그림 178 센서 인터페이스를 위한 동작 프로세스

이벤트 처리기에서는 Timer_ticks를 계속적으로 카운트하고 Timer_ticks가 1(10초 경과 시점)인 경우 대기 온도 센서의 데이터를 취득한 후 메시지 버퍼에 저장하고, Timer_ticks가 2(20초 경과 시점)인 경우 대기 습도 센서의 데이터를 취득한 후 메시지 버퍼에 저장하고, Timer_ticks가 3(30초 경과 시점)인 경우 조도 센서의 데이터를 취득한 후 메시지 버퍼에 저장하고, Timer_ticks가 4(40초 경과 시점)와 5(50초 경과 시점)인 경우 추가 센서의 데이터를 취득한 후 메시지 버퍼에 저장하고, Timer_ticks가 6(1분 경과 시점-원하는 센싱 주기에 따라 가변 가능)이 될 때까지 저전력 모드로 Timer에 의한 Timer_ticks의 값을 증가시키는 동작만을 수행하며, Timer_ticks이 6이 되면 메시지 버퍼에 저장된 센서 취득 데이터를 무선 전송 메시지의 Payload에 삽입하여 전송함. 설계된 센서 노드 어플리케이션 프로그램은 이와 같은 프로세스를 지속적으로 반복 수행한다.

대기 온도 센서와 대기 습도 센서는 MCU 포트의 P1.5, 토양 온도 센서는 MCU의 ADC1 포트, 토양 습도 센서는 MCU의 ADC2 포트, 일사량 센서는 MCU의 ADC4 포트에 각각 연결되도록 설계하였다. 각각의 센서들에는 센서 데이터 취득 시점에만 동작 전원이 공급되도록 센서들의 요구사항에 근거하여 MCU의 디지털 출력 포트를 통하여 공급 전원의 제어가 이루어지도록 설계함. 아래 그림은 센서 노드로부터 전송되는 Delta application의 메시지 구조를 나타낸 것으로, Delta 메시지가 기본 전송 포맷이고, TOS 메시지의 데이터 페이로드(Data Payload) 부분에 멀티홉 메시지와 델타 메시지가 첨부되어 자신의 부모노드(베이스 노드인 경우 모니터링 컴퓨터의 직렬 포트)로 전송한다.

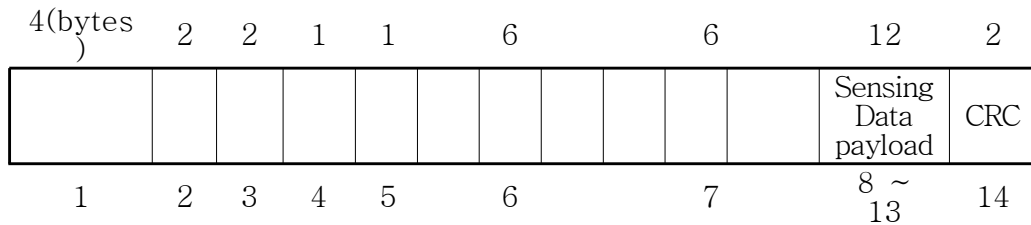
Multihop Message packet type



- 1 Source Address : Node that forwarded packet
- 2 Origin Address : Node that actually created the packet
- 3 Sequence Number
- 4 Origin Sequence Number
- 5 TTL : Time To Live
- 6 Application Type ID : 0x21
- 7 Date Payload : Delta message

그림 179 멀티홉 메시지 구조

Delta Message packet type



- 1 Sequence Number
- 2 Reading
- 3 Parent Address
- 4 Neighbor Size
- 5 Retransmission
- 6 Neighbor Node Number
- 7 Neighbor Node Quality
- 8 ~ 13 Sensing data payload

그림 180 델타 메시지 구조

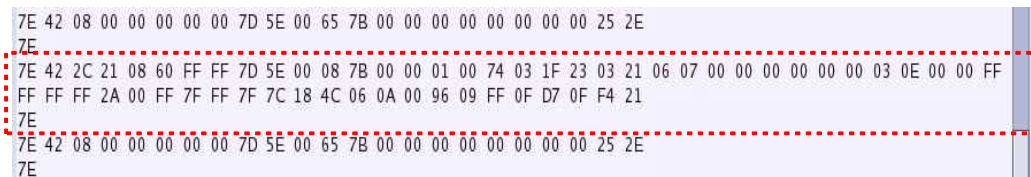


그림 181 수신된 전체 메시지

설계된 센서 노드 어플리케이션에서는 모든 센서 데이터의 취득 시 `getData()` 명령이 호출 (`call`)되고, 그에 따른 `dataReady()` 이벤트가 fired 되어지는 프로세스를 통하여 해당 센서 데이터를 취득한다.

```

async event result_t Humidity.dataReady(uint16_t data) {
    humidity = data;
    return SUCCESS;
}
async event result_t Temperature.dataReady(uint16_t data) {
    temperature = data;
    return SUCCESS;
}
async event result_t Pyrano.dataReady(uint16_t data) {
    PYRA = data;
    delayy(5);
    call Port50.setHigh();
    call Port51.setLow();
    call Port52.setLow();
    call Port53.setLow();
    delayy(2);
    call Port30.setLow();
    return SUCCESS;
}
async event result_t Moist.dataReady(uint16_t data) {
    :
    return SUCCESS;
}

async event result_t T6470.dataReady(uint16_t data) {
    :
    return SUCCESS;
}
async event result_t ADC.dataReady(uint16_t data) {
    m_adc = data;
    return SUCCESS;
}
:

```

그림 182 각 센서 데이터 취득 루틴

아래의 그림에서 대기 온도 센서와 대기 습도 센서의 데이터 취득시 전원 공급을 위한 펄스의 발생이 이루어지지 않는데, 이는 대기 온/습도 센서의 경우 MCU의 출력 포트에서 직접 전원 공급이 이루어지므로, 전원 제어 소자를 거치지 않고 센서의 동작이 활성화된다. 이와 같이 주기적으로 각각의 센서 데이터를 취득한 후, Timer_ticks가 6 (1분 경과 시점)가 되는 순간, 취득된 각각의 센서 데이터를 데이터 Payload에 삽입하여 전송하다.

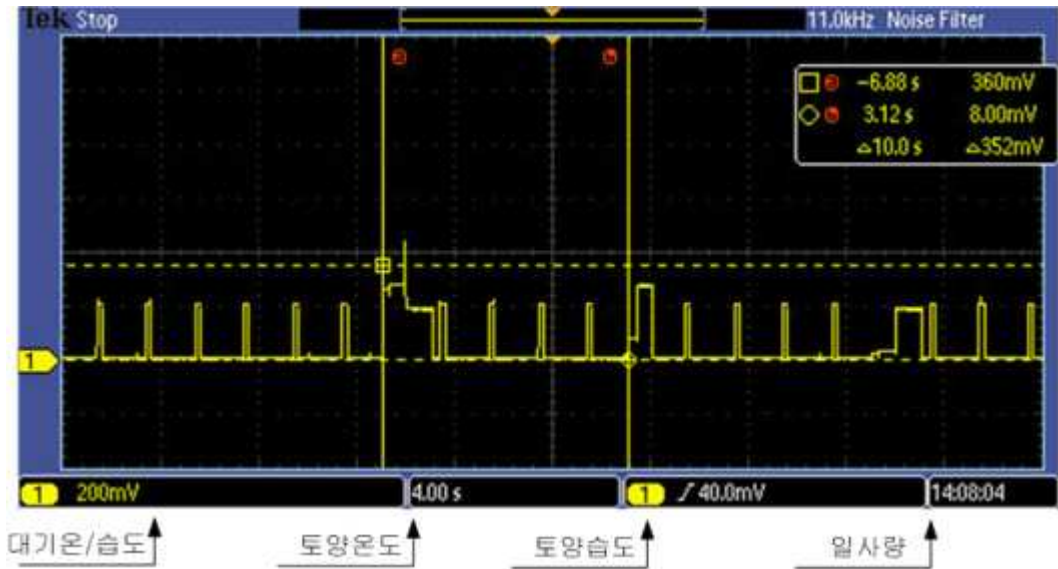
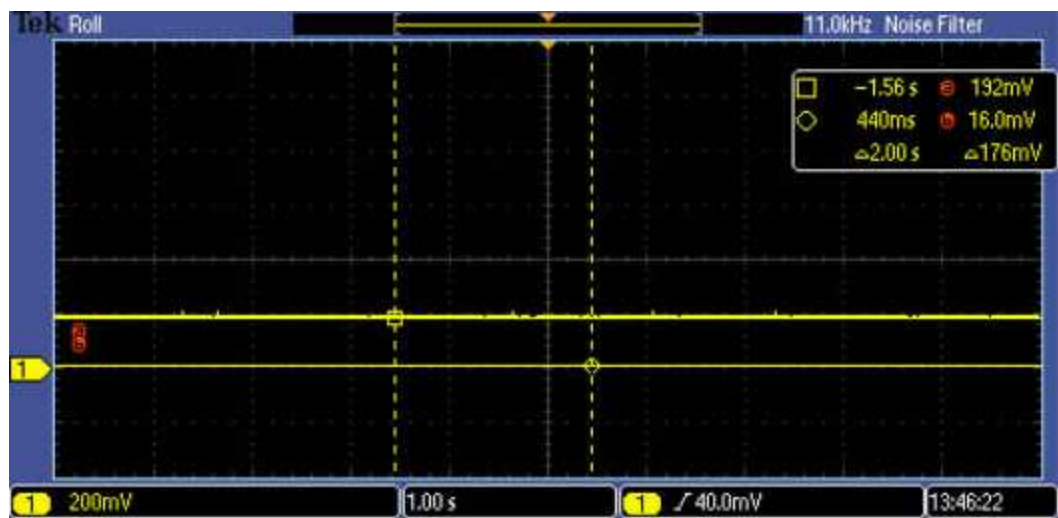
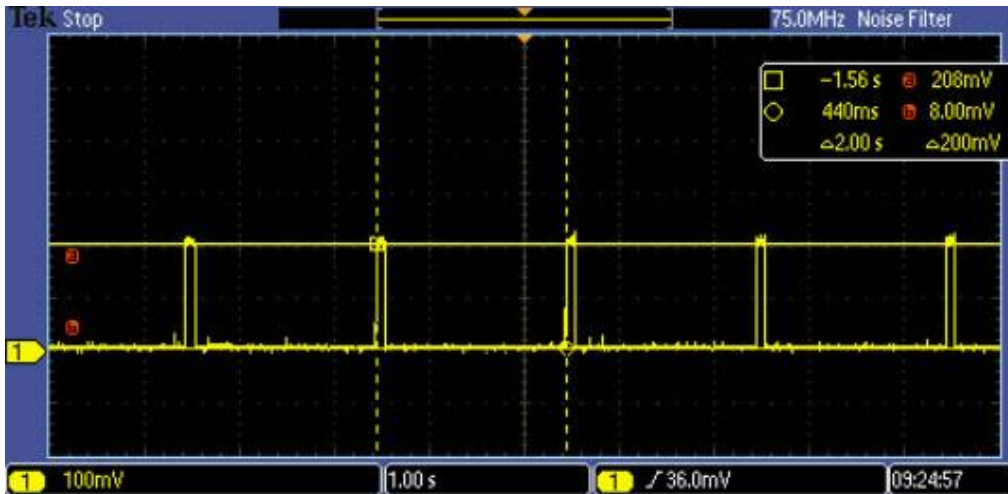


그림 183 센서 데이터 취득 타이밍 측정 파형

저전력 리스닝 설계 및 구현을 위하여 아래의 그림과 같이 주기적으로 RF를 동작시켜서 수신 가능성이 있도록 하드웨어를 제어한다. 일정 주기마다 수신을 시도하고 전송을 시도하는 노드가 있다면, 수신을 시작하는 방식이다.



a) Full Power 모드 상태



b) LowPower 모드 상태
그림 184 센서 노드의 동작모드

이기종 센서 접속 지원을 위해서 공급 전원은 3V, 5V, 9V(또는 12V) 세 가지 전압이 공급될 수 있도록 구성한다.

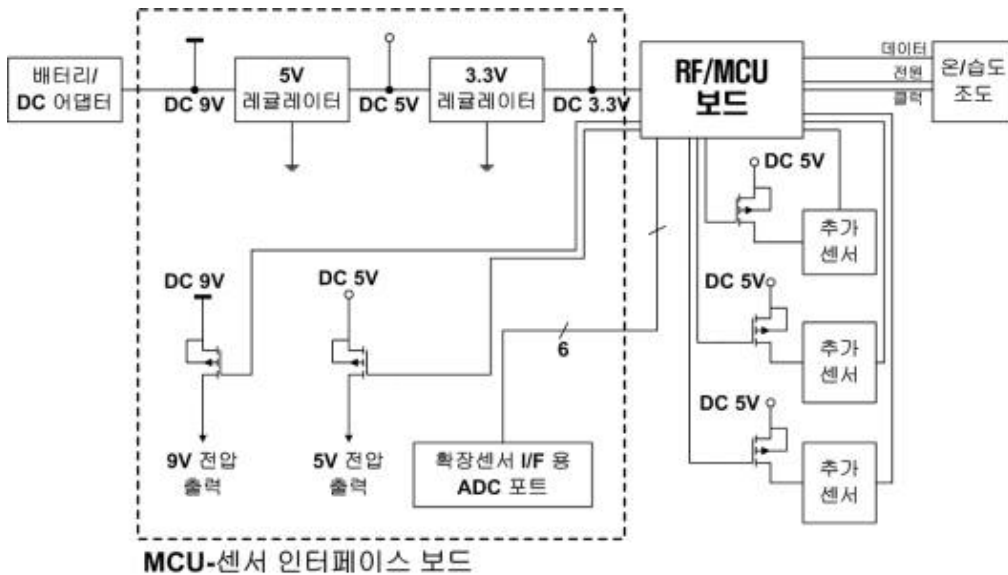


그림 185 MCU-센서 인터페이스 보드 블럭도

센서 신호의 취득에는 MUX를 이용하여 전원공급 및 센서 신호 취득이 이루어질 수 있도록 구성하고 신호 취득을 위한 ADC 핀이 공유되므로, 센서 신호 취득을 위한 ADC 포트를 최대한 활용할 수 있다. MCU-센서 인터페이스 보드에는 외부 센서 I/F를 위한 확장용 ADC 포트를 구성함으로써 용도에 적합한 추가 센서를 외부에서 장착 가능하도록 구현하였다. 센서 데이터 취득 보드에서는 아래의 그림과 같이 공급 전압 5V를 De-MUX를 통하여 각 센서로 분배되도록 구현하였다.

- 전원 공급 및 제어를 위한 MCU 제어 포트 절약 가능

- 본 과제에서 구현한 센서 데이터 취득 보드는 3-To-8 De-MUX를 사용하여 4개의 제어포트를 이용하여 8개의 센서 구동을 위한 전압 공급 제어 가능
- 디지털 온·습도 센서와 같이 디지털 접속을 이용하는 센서 제어를 위하여 3개의 디지털 3포트를 할당하여 구현하였다.

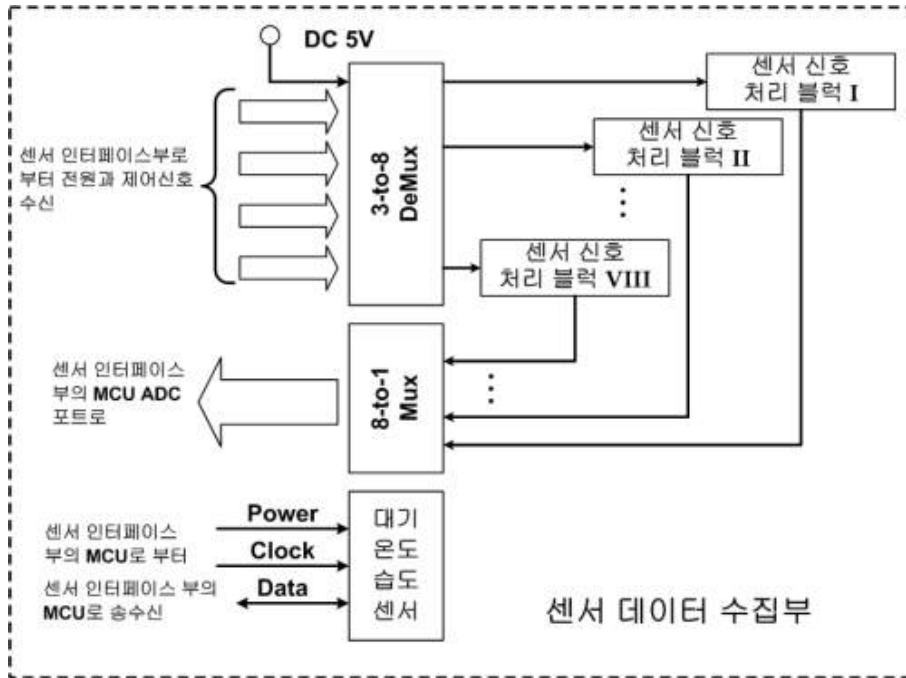


그림 186 센서 데이터 취득 보드 블록도

저 전력화를 위하여 각 센서로의 전원 공급은 사용 시점에만 공급될 수 있도록 전원 공급 회로 구성하였으며 센서 동작 시 센서로의 전력 공급은 아래의 그림과 같이 최대 약 2s 동안만 이루어진다. 따라서 센서 데이터 취득 주기의 적절한 결정을 통하여 동작 전력 소모 최소화 가능하도록 하였다.

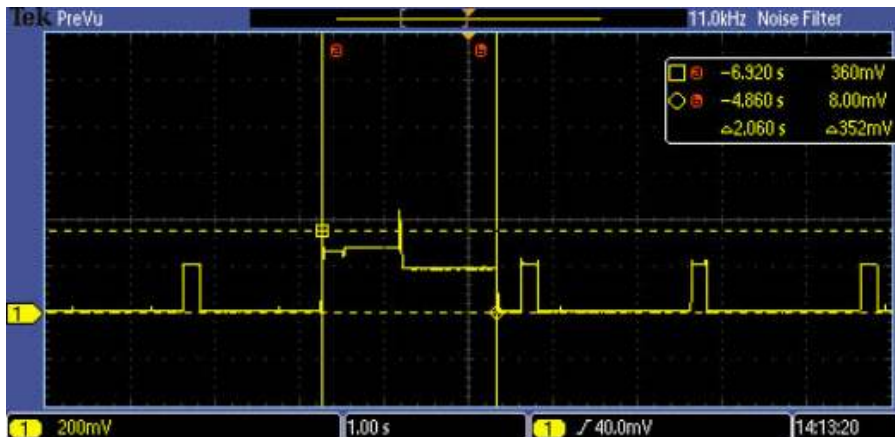


그림 187 센서 동작 시 센서로의 전력 공급 상태

7. 무 장애물 시 센서노드 간 무선통신이 100M이상 거리에서 가능

제주대학교 제2운동장에서 장애물이 없는 직선거리 120M의 거리의 Zigbee 무선통신 송수신을 테스트하였다. 68개의 문자열로 구성된 패킷 100개를 1초 간격으로 전송하여 100%의 전송률을 확인하였다.



그림 188 제주대학교 제2 운동장의 직선거리 거리



그림 189 Zigbee RF 송수신 테스트 사진

수집정보(제주대학교(양봉장)-신규)

양봉장-[별통1](8172)

기간 : 2015-04-23 ~ 2015-04-24

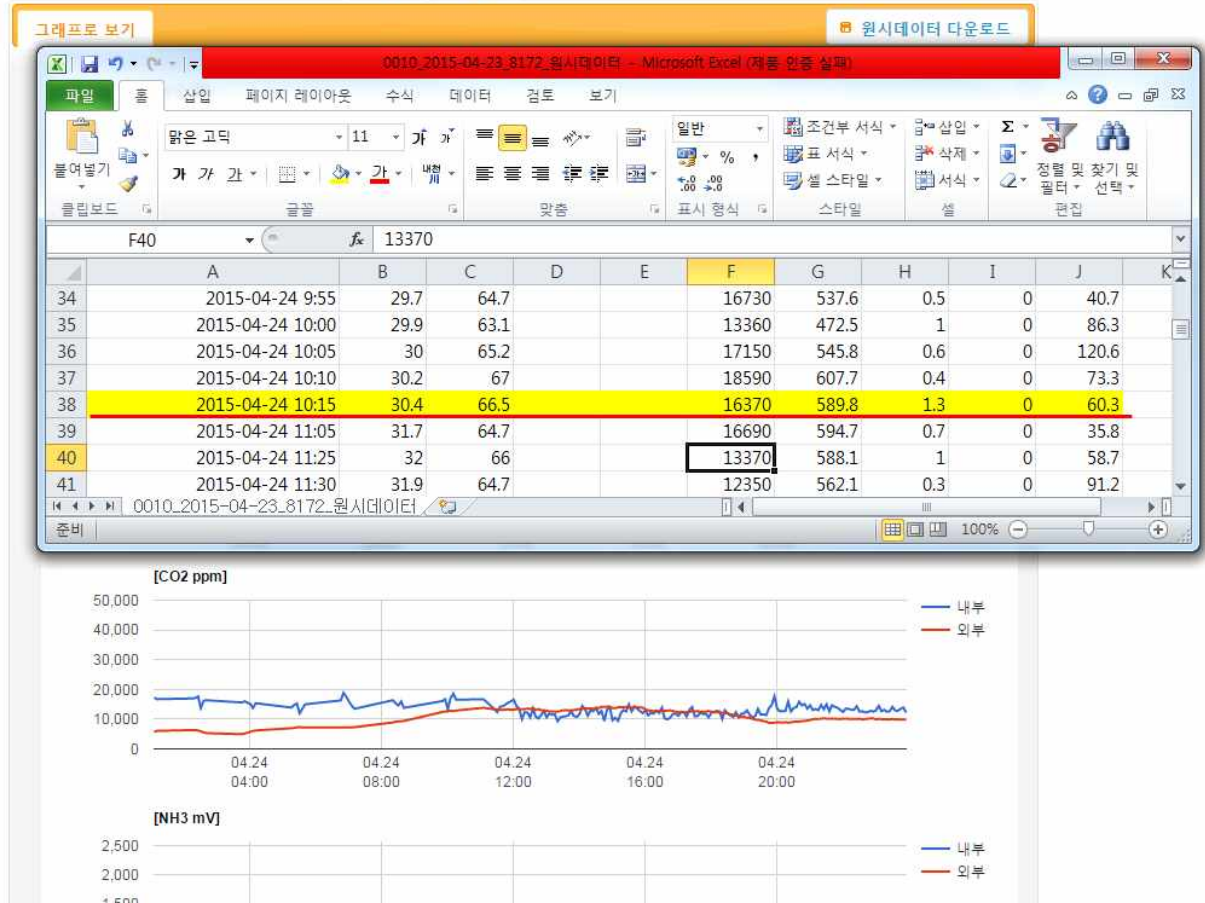
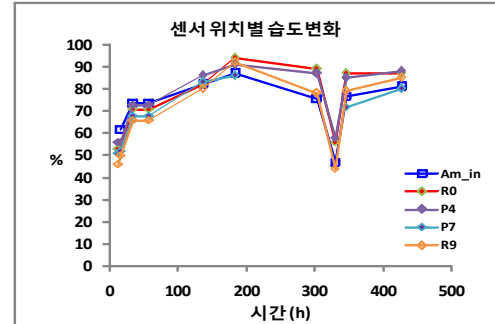
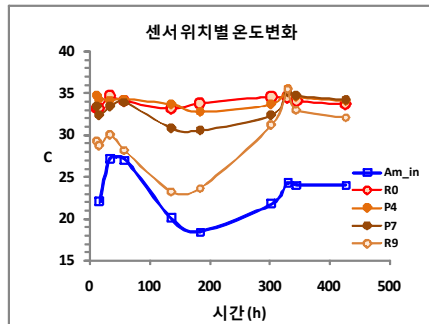


그림 192 모니터링 사이트에서 동일 시간 조회 데이터

제 5절 사육상내의 Sensor 적용

1. 센서의 봉군 내 설치 위치에 따른 신호수집 안정성

비록 꿀벌생육환경에 있어서 가장 핵심이 되는 위치는 활동기에 산란부터 부화가 이루어지는, 중심산란 소비의 중앙부이며, 월동기에도 그러한 봉구의 중심부분이 될 것이나, 사육상 내 꿀벌의 생육에 지장을 주지 않는 위치이며 동시에 외부 환경에 영향을 받지 않으며 생육환경을 반영할 수 있는 안정적인 신호수집 위치선택을 위하여 실시하였다. 사육상 내의 환경은 기본적인 온도 및 습도 2가지 항목을 기준으로 조사하였으며, 각 소비로 이루어진 사육상 내의 꿀벌 소문으로부터 제1, 제4, 제7번 소비에 해당하는 위치에서의 변화와 격리관 외측의 빈 공간에 추가로 설치하여 약 400시간을 관찰한 결과를 아래 그림에 나타냈다. 단, 예비실험의 측정에 사용된 온습도계는 일반 가정용의 저가품을 사용하였으며, 변화의 경향만 파악하기 위함이었기 때문에 표출된 절대값에는 의미를 두지 않았다.



조사 대상은 9매 소비의 전형적인 강군을 선택하였으며, 소문쪽으로부터 제1 및 제2번째 소비의 위치에 장착한 센서는 외기의 온도변화에도 불구하고 (18 ~ 27°C) 32 ~ 36°C의 안정적인 내부 온도를 유지하였다. 한편, 소문으로부터 거리가 떨어진 위치에 장착한 센서들 즉 산란장 소로부터 떨어진 거리에 비례하여 보다 더 외기의 영향을 보이는 경향을 보였다. 이는, 일반적인 꿀벌의 생태는, 가장 외부로부터 중심으로, 저장꿀, 화분소비-번데기소비-유충소비의 순서로 배열시키는 특성을 고려할 때 당연한 결과로 판단된다. 한편, 꿀벌은 습성상 적당한 간격의 소비사이를 오가며, 저밀, 산란 및 육아활동을 하는 바, 소비사이에 센서 디바이스를 장착한다면 생육활동상의 심각한 장애가 될 수가 있다. 더욱이, 소문 첫 번째 소비의 위치라면 꿀벌의 계절별 생육환경에도 불구하고 항상 고정된 위치를 유지할 수 있기 때문에, 소문측의 제 1번 소비앞 쪽에 센서를 삽입함이 신호수집과 생육활동 보호에 유리할 것으로 판단되어 이후의 센서 장착의 위치로 선정하였다.

한편 습도의 경우는 벌 사육상 내의 각종 위치에 선정하여도 외부의 값에 많은 영향을 보이는 경향이 있었으나, 외기의 변화에 비하여 편차가 적었다. 또한, 동절기 외기의 영향의 정도는

봉구의 형성이 일정한 제 1번 소비쪽이 영향을 받는 정도가 덜 하였으므로 온·습도의 경우 모두 제1 소비의 외측 벽면부착이 적합한 것으로 평가하였다.

2. 센서 디바이스 모델의 개선 및 전자파 등에 의한 생체영향 평가

센서 설치에 따른 전자파 등의 영향이 꿀벌의 생육에 미치는 영향을 보기 위하여, 제 1차년도에는 단기적으로 센서와의 친화성을 조사하였다. 초기의 모델은, 아래 그림과 같이 사육통의 뒷개 내부에 설치하였으며, 꿀벌과 직접 접촉이 없다는 잇점이 있으나, 환기구를 통한 외기에 의한 온·습도 및 gas 인자들의 영향이 클 뿐 아니라 꿀벌의 활동이 개포 하부의 이동도 있는 바 이에 방해요인이 될 수 있으므로 적용이 적합하지 않은 것으로 평가하였다.



그림 193 제 1차 Sensor 디바이스 설치



그림 194 개포 상부에 설치

결국, 사육상 내부에 직접 설치함이 적합할 것으로 판단되어 아래 그림과 같은 디바이스를 고안하여 설치하였다. 초기의 센서는 온도와 습도 센서만 적용한 최소한의 장치하였다. 전면은 왕릉으로 사용되는 부품을 응용하여 피복하였으며, 밀랍 혹은 프로폴리스로 폐쇄시키지는 않는 것으로 관찰되었다.

그러나, 디바이스 하부에 헛집 (봉방)을 형성하는 것으로 볼 때, 단기적으로 꿀벌의 생육에 심각한 부정적인 영향은 없을 것으로 판단되었으나, 장기적인 관점으로 볼 때, 센서의 손상이 우려되었으며, 또한, 헛집을 지었다는 것을 미루어 볼 때 센서 디바이스로 인한 빈공간이 꿀벌의 생육상태에 불편함을 야기시킨 것으로 판단되었다.



그림 195 제 2차 Sensor 디바이스



그림 196 초기모델: 벌들이 헛집을 형성하며 회피현상을 보이지 않음

한편, 헛집을 조성한 점과, 후면의 기관에 대한 손상도 관찰되지 않은 것으로 미루어보아, 우려하였던 ‘기기의 설치에 의한 전자파의 영향’ 이 봉군의 생육에 부정적인 자극은 주지 않았던 것으로 평가하였으며, 꿀벌의 사육상내 생육 환경이 센서디바이스의 운용에 별다른 지장을 주지 않는 것으로 파악되어 상당한 정도의 내구성도 확인되었다.

또한, 전자파와 관련하여 본 과제에서 적용된 센서노드의 Zigbee 무선 통신 모듈은 전파연구소에서 인증하는 방송통신기자재 등의 적합인증서를 획득한 제품(인증번호 KCC-CRM-SNA

-IW01)으로서 향후 끝별 사육장 내에서 봉군의 생육에 부정적인 자극을 주지 않고 데이터를 송수신할 수 있는 기준으로 제시하고자 하며, 그 기준 사양은 다음과 같다.

표 52 환경특성기준

Ratings		Min	Max	Unit
Storage Temperature		-40	+80	℃
Operating Temperature		-40	+80	℃
Supply voltage	VCC	-0.3	3.6	V
	GPIO INPUT	-0.3	3.6	V
	ADC INPUT	-	1.21	V
Other terminal voltages		GND - 0.3	VCC + 0.3	V

표 53 ADC 사양 기준

parameter(VCC=3.3V, 25℃)		Min	typ.	Max	Unit
VREF		1.19	1.2	1.21	V
VREF output current				1	mA
VREF load capacitance				10	nF
Minimum input voltage		0			V
Maximum input voltage				VREF	V
Single-ended signal range				VREF	V
Differential signal range		-VREF		+VREF	
Common mode range		0		VREF	
Input referred ADC offset		-10		10	mV
Input Impedance	When taking a Sample	1			MΩ
	When not taking a Sample	10			

표 54 소비전력 기준

parameter	Test Conditions(VCC=3.3V, 25℃)	Current	Unit
TX	Transmit max. Boost mode enabled	45	mA
TX	Transmit max. Boost mode disabled	33	mA
TX	Transmit min. Boost mode disabled	23	mA
TX	Transmit max, file transfer @115.2kbps	45	mA
RX	Receive, Boost mode enabled	31	mA
RX	Receive, Boost mode disabled	28	mA
Idle	Not connect, Receiver off	9	mA
Sleep	Interval(Sleep=1000ms, Wake-up=5ms)	2	μA
Power-down	Shutdown-mode	1	μA
Reset	Quiescent, nReset asserted	2	μA

표 55 권장 동작 범위 기준

Ratings		Min	typ.	Max	Unit
Operating Temperature		-30	25	+70	°C
Supply voltage	VCC	3.0	3.3	-	V
	GPIO INPUT	3.0	3.3	-	V
	ADC INPUT	-	1.2	-	V

최종적으로, 별통 내부 생육환경 정보 수집을 위해서는 센서보드가 별통 내부에 설치되어야 함에 따라 본 연구에서는 센서보드의 별통 내부 설치를 위한 설치 브라켓에 대한 개발도 수행하였다. 센서보드 설치 브라켓은 **센서보드에 탑재된 센서를 보호**해 줌은 물론, **별통 내부 설치가 용이**하도록 설계하였으며, 본 연구에서의 센서보드 설치 브라켓은 별통 내부 설치의 편의성을 위해 별통 내부 소비와 같은 형태로 외형을 설계하였다. 센서보드 전면에는 스테인레스 철망을 설치하여 꿀벌의 접근을 방지하였다. 센서보드 설치 브라켓의 모습을 아래의 그림에 나타내었다. 또한, 브라켓의 돌출부분이 접촉한 소비측의 영향을 없애기 위하여 형태를 보다 개선된 모양으로 결정하였다. 추가적인 개선사항으로는, 브라켓의 외부 소독이 용이하도록 형태를 개선할 필요가 요구되었다.



그림 197 제 3차 Sensor 디바이스. 격리망에 밀랍이나 프로폴리스를 도포하지 않았다.



그림 198 제 4차 Sensor 디바이스. 제 3차 디바이스에 비하여 브라켓 외부로 돌출된 부분을 제거하여 꿀벌 소비건축, 통행에 미치는 영향을 최소화하였다.

3. 사육상(별통) 생육환경 정보 수집장치의 양봉장 설치

별통 생육환경 정보 센싱 장치는 앞서 언급한 센서보드 설치 브라켓과 센서가 조립되어 있는 센서보드로 구성되어 있으며, 센서보드는 센서보드 설치 브라켓 내부에 장착되어 꿀벌로부터의 접근을 방지하도록 설계하였다. 꿀벌 사육상의 덮개를 연 다음 별통 내부의 소문측에 설치하였으며, 일부는 격리판 위치에도 설치하여 보았다.

개발된 별통 생육환경정보센싱장치는 제주대학교 양봉시험장 및 경기대학교 양봉시험장에 설치하여 데이터 수집을 진행하였다.

센서 장착위치를 선정하기 위한 초기시험에서도 고려하고 확인한 바 있지만, 환경인자 센서의 위치는 꿀벌의 생육에 영향을 미치지 않는 곳에 설치하는 것이 이상적일 것이다. 이를 위하여 소문측의 측벽에 밀착시켜 설치하였으며, 동시에 격리판의 위치에 격리판 위치에 센서판을 위치시켜 신호의 변화를 비교하였다. 4월 12일 ~ 17일 사이의 봉충육성이 왕성하였던 시기에는 격리판 측의 온도도 약 36℃ 수준에서 편동없이 지속하였으나, 부화 후의 기간에는 일간 최저온도가 30℃ 이하를 나타내기도 하며, 소문측 센서의 경우에 비하여 비교적 큰 폭의 변동을 나타내었다. 한편 소문측 벽측에 설치한 센서에서는 일간 변동폭이 비교적 적었으며, 야간 최저온도도 30℃ 이하로 내려가지 않았었다. 습도의 변동폭도 소문측이 보다 안정적이었다. 이는 일반적인 봉군의 습성에 기인하는 것으로 사료되는데, 소문 근처에서부터 산란을 하거나, 동계에는 소문근처를 중심으로 봉구를 형성하기 때문에 기본적인 봉군의 생육조건은 소문근처에서 수집하는 것이 가장 정확한 것일 것으로 판단되었다. 한편, 계상 혹은 2계상을 운영함에 있어서 산란소비를 계상에 위치시킨다면, 봉세 증가를 위해서 유리할 수도 있을 것이며, 이를 확인하기 위하여 계상에 센서판넬을 위치시킨 후 봉충이 양육되고 있는 소비를 계상에 삽입하여 동일 사육상의 단상 소문측에 위치한 센서의 환경인자와 비교하였다. 그림 202.에서와 같이, 봉충이 육성되는 소비가 있을 경우 단상 및 계상에서의 온, 습도 및 CO2의 변동 패턴은 큰 차이를 보이지 않았다. NH3의 농도는 계상에서 비교적 높은 값을 나타내고 있으나, 이에 대한 의미는 단정적으로 해석할 수 없었다.

결론적으로 센서의 설치위치는 소문측 벽에 부착하여 설치하는 것이 가장 이상적인 것으로 판단하였다. 부가적으로, 계상의 경우도 단상에서와 마찬가지로 봉충의 육아에 충분한 환경조건을 갖추고 있는 것으로 판단되어, 봄철 육성기에 이를 응용할 수 있을 것으로 사료되었다.



그림 199 개선된 센서 브라킷의 설치



그림 200 2차 선정 센서적용센싱장비 설치

양봉장-[별동10](816F)

기간: 2014-04-12 ~ 2014-04-24 검색 집계

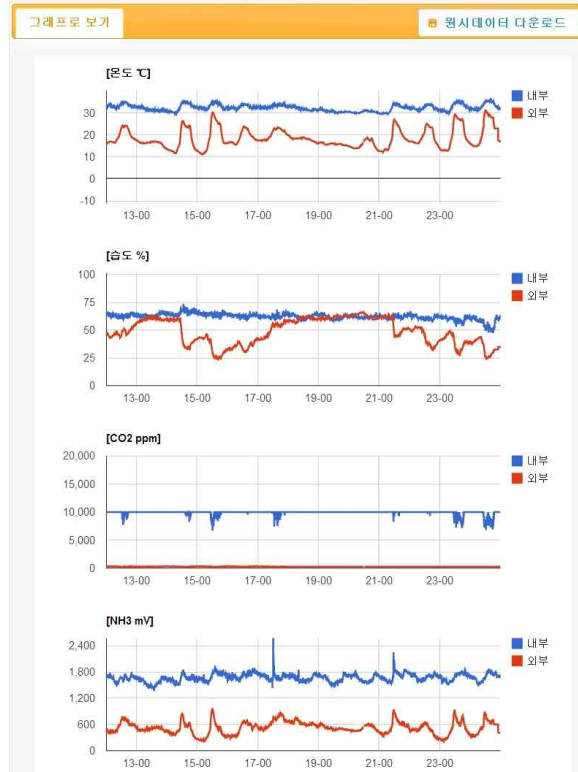


그림 201 소문측에서 수집된 환경인자

양봉장-[별동10-격리관](7DCD)

기간: 2014-04-12 ~ 2014-04-24 검색 집계

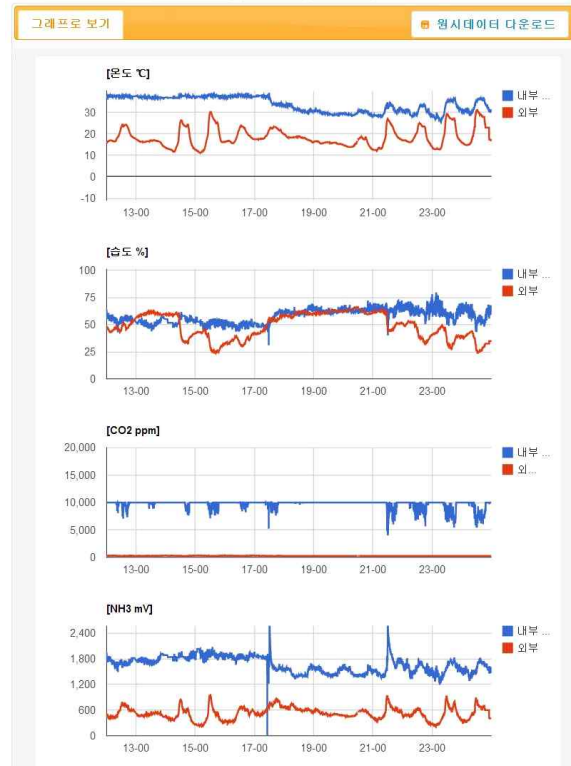


그림 202 격양관측에서 수집된 환경인자

양봉장-[별동14](817E)-1층

기간: 2014-04-12 ~ 2014-04-24 검색 집계

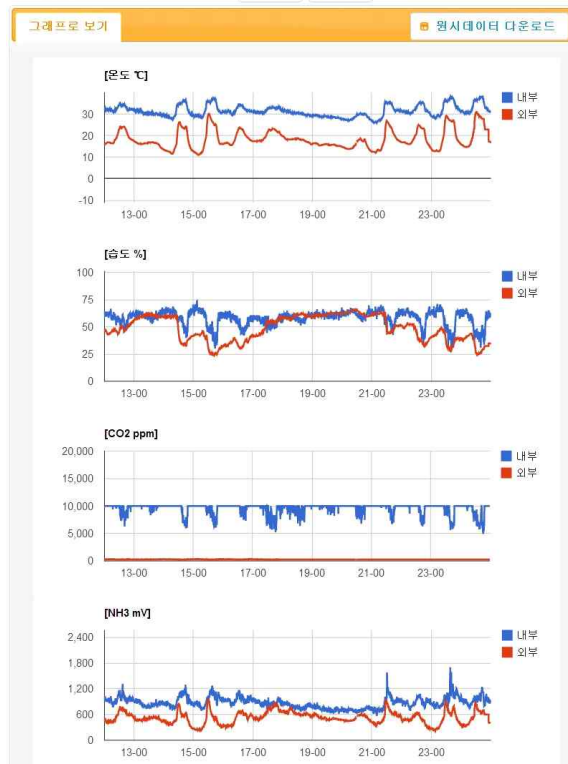


그림 203 단상에서 수집된 환경인자

양봉장-[별동14](817A)-2층

기간: 2014-04-12 ~ 2014-04-24 검색 집계

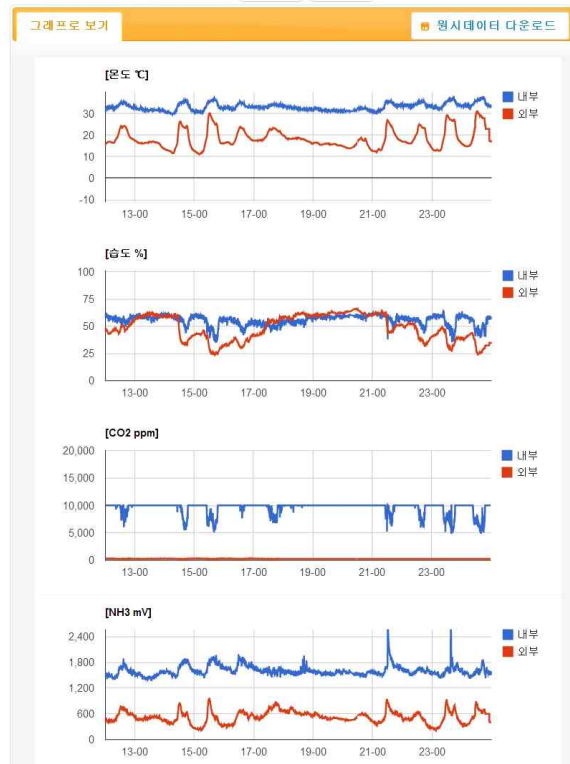


그림 204 계상에서 수집된 환경인자

제 6절 정상상태의 Data 전송

1. 근거리의 data 전송상태

본 과제 중, 센서 신호 수집의 근거리 및 원거리의 설정은 서버가 위치한 제주대학교 양봉실험장 및 약 500km 떨어진 경기대학교 양봉실험장으로 설정하여 수행하였다. 센서신호의 수집은 2014년 7월 1일부터 2015년 7월 2일까지의 약 1년간의 전송 데이터를 나타내었다. 제주대의 경우는 외부환경의 값을 대조치로서 동일 그래프에 적색으로 표현되도록 하였다.

제주지역의 경우는 하절기 최고 약 35℃부터 동절기 최저 -5℃ 수준의 외부기온과 <20 - >80%의 상대습도를 나타내었다. 사육상 내부의 경우, 최저 10℃ 이상, 최고 36℃ 이하의 온도를 나타내었으며 습도는 >20 - <75%의 상대습도를 나타내었다.

CO₂, NH₃, H₂S 및 소음의 값도 정상적으로 수집 및 저장, 전송되었다.

2. 원거리의 data 전송상태

한편 원거리인 경기대학교 양봉시험장에 설치한 센서의 경우도 수집된 데이터가 제주지역의 서버로 정상적으로 수집되고 있음을 확인하였다.

결론적으로, 명실공히 ‘uIT 융복합 기술에 의한 모니터링 시스템’은 거리의 원근을 극복할 수 있는 ‘원격모니터링의 방법으로서 매우 유용한 방식이 될 것으로 판단된다. 즉, 제주지역에서 수원지역의 양봉환경을 확인할 수 있으며, 이는, 국가적인 방역시스템으로의 전국적인 지역망을 범위에 두고 모니터링에 적용함에도 유용한 장점을 갖는다 할 수 있겠다.

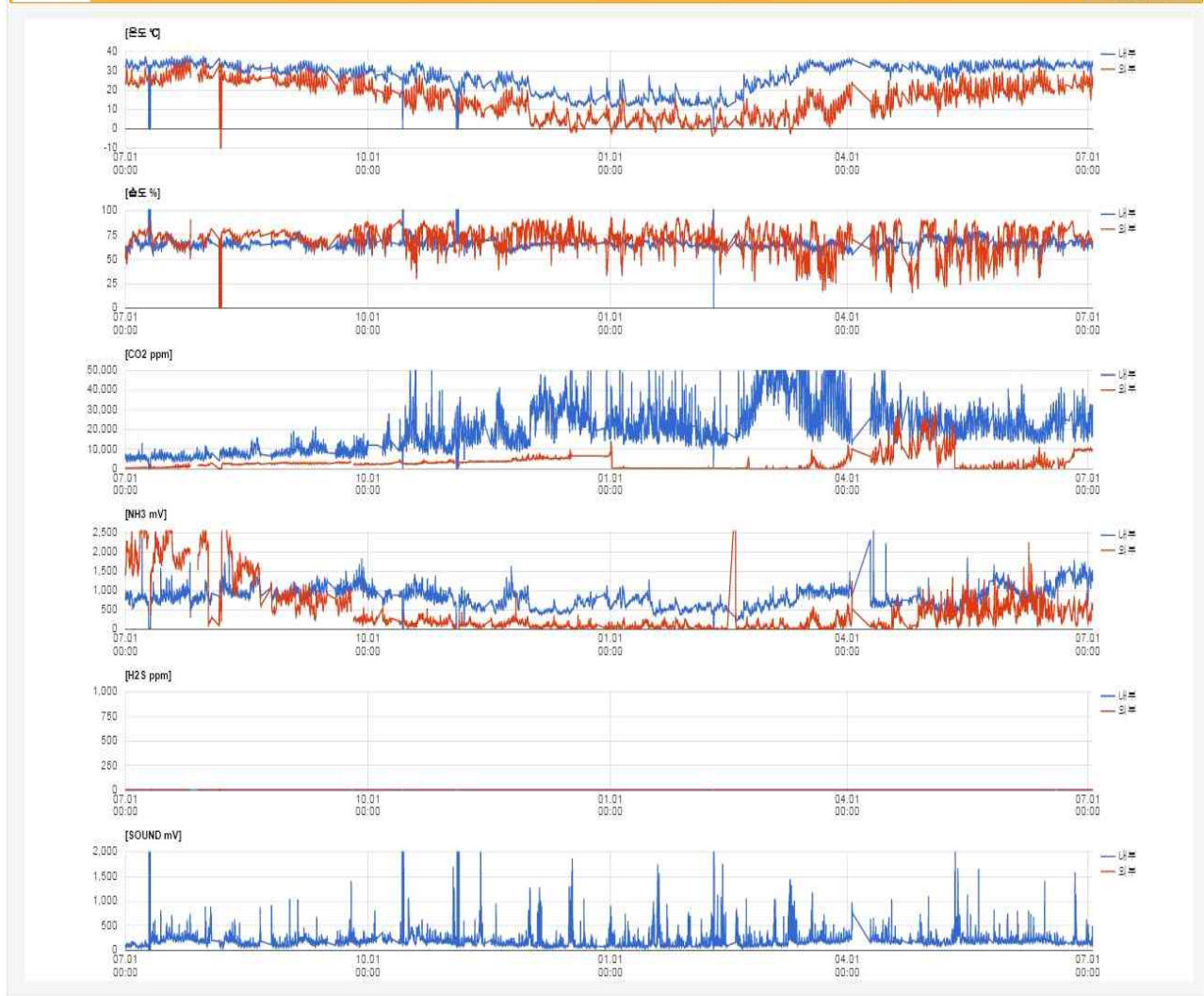


그림 205 근거리 설치 센서의 연간 신호변동 패턴. 제주지역시험군07번(7DDD). 청색으로 나타난 부분은 사육상 내부의 신호값을 나타내고 있으며, 홍색의 부분은 외부의 환경으로서, 외부대조군의 값으로 표현하였다. CO₂ 값의 급격한 변동은 센서의 신규 설치 및 기종의 변화에 따른 결과에 의한 것이다. 2014년 5월 24일에 설치한 음향의 값은 내, 외부 사육상 공히 최대, 최소의 값으로 나타내어 청색과 홍색으로 표시하였다. NH₄의 농도와 음향의 강도는 센서의 값을 그대로 표시하여 mV로 나타내었다.

C3(7E8D)

기간 : 2014-07-01 ~ 2015-07-02

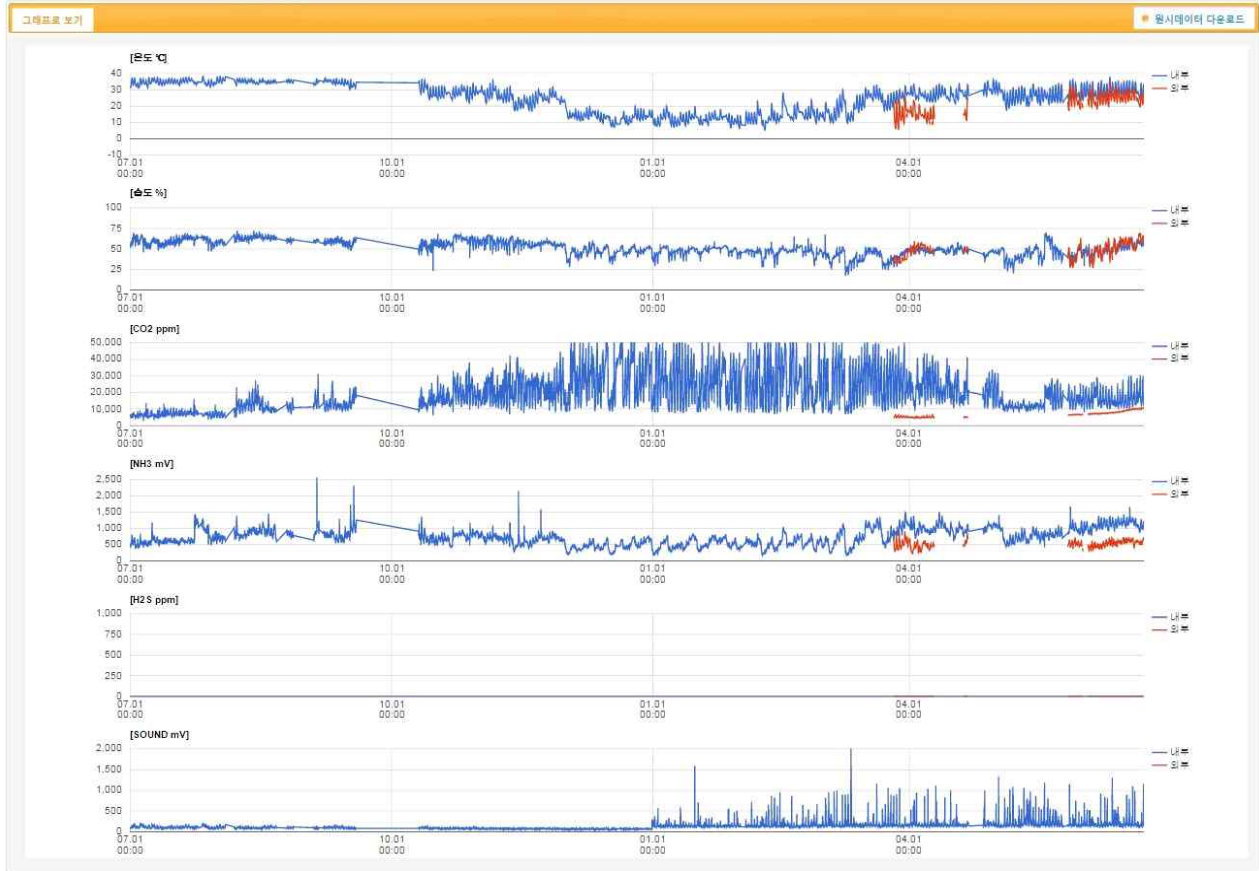


그림 206 원거리 설치센서의 연간 신호변동 패턴. 수원지역시험군C3(7E8D). 청색으로 나타난 부분은 사육상 내부의 신호값을 나타내고 있다. 2015년 춘기의 농약피해 발생. 외기의 정보는 적색으로 표시하였으며 연구기간 중 프로그램 오류에 의한 단속이 관찰되었으나 현재 시정된 상태이다.

제 7절 정상사양관리 봉군과 과사양관리 봉군의 생물학적 봉군 분석

1. 열화상 사진 자료에 기반한 동절기 꿀벌 봉군의 생사 진단방법 (Korean J. Apiculture 28(1) : 57~62 (2013))

꿀벌은 세계 식량의 약 25%를 제공하고, 다양한 기능성 식품뿐 아니라 질병 치료제도 제공하는 세계적으로 아주 가치있는 곤충이다. 벌꿀개체의 생사를 판단하는 예전 방법들은 직접적으로 확인하는 방법으로, 어떤 요인 혹은 환경에서는 그 사용도에 제한성을 보여주었다. 이 연구는 꿀벌봉군의 생존 혹은 사멸의 판단을 위한 새로운 간접적인 진단 방법으로 적외선 열화상 촬영 기법이 가능한지 그 여부를 타진해보고자 하였다. 모든 열화상 이미지는 FLIR tool 프로그램으로 분석되었고, 산출된 값들은 생존과 사멸군집들의 차이점을 검사하기 위해 사용되었다. 두 그룹간의 최고-최저 온도의 차이는 평균적으로 2~4도 정도 차이를 보였고, 사멸한 그룹과 비교하여 생존 그룹들은 대부분은 높은 온도를 보인다는 것이 확인되었다. 이결과들은 적외선 열화상 촬영 기법이 간접적으로 개별 봉군의 생존 및 사멸을 판단하는 지표로 사용될 수 있다는 것을 제시하고 있다.



그림 207 The photographs taken on the spot and from a thermovision camera

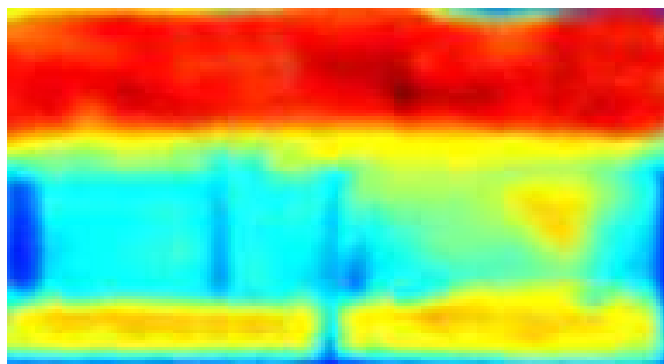


그림 208 the photographs on right panel(b) are the thermal infrared image from thermovision camera.

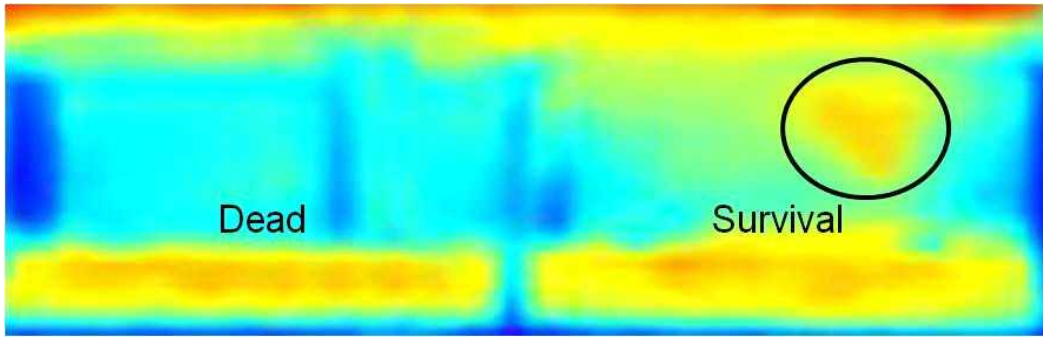


그림 209 The infrared thermal image of both survival and death group which are used for an analysis. Each colony presents as with the color according to the amounts of living individual inside colony by FLIR program. A colony containing alive bees(on left side) showed the yellow color on specified spot in compartment whereas colony containing dead bees(on right side) showed the blue overall the colony ; which means that there is population as a survival state relatively within right colony.

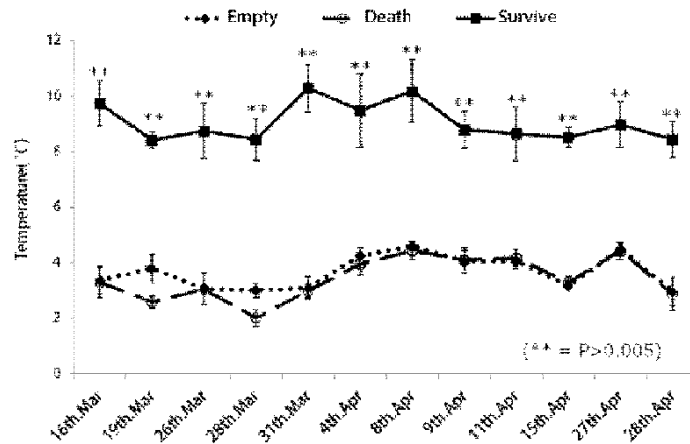


그림 210 Comparison of temperature difference between honeybee colonies (front side)

표 56 The temperature and the average of individual numbers of honeybee calculated from survival honeybee colonies

Name of honeybee colonies	Temperature (°C)	Individual Nrs. of honeybee
F-23	5.8	652.4974
A-4	4.9	575.586
L-8	14.6	2376.396
M-9	11	1525.75
N-1	4.8	534.0992
P-3	5.8	628.0752
L-3	10.2	1342.9218
L-4	10.9	1501.9398

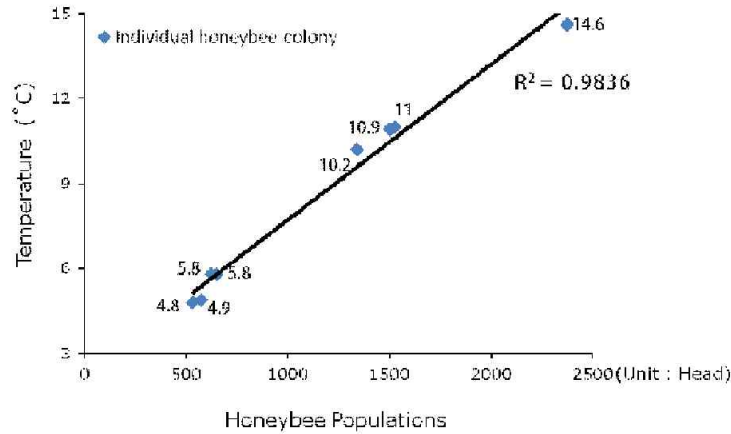












그림 211 Correlation graph between the temperature difference and individual numbers of

2. 감염 및 해충 침입 실험을 위한 적정 감염법 및 침입유도 방법 개발

꿀벌유충에 의한 약제 감수성 평가방법 (Korean J. Apiculture 27(4) : 315-319 (2012): 지금까지 꿀벌 질병에 대한 약물의 효과성 검증 방법이 야외에서 벌통 단위의 실험으로 진행되어 변인 통제의 어려움이 많아 과학적인 검증이 힘들었다. 본 연구에서는 이 문제에 대한 해결 방법으로 소방 내 꿀벌의 알과 유충에 직접 약물을 투입하였다. 그 방법으로 실험대상 유충들에게 손분무기를 이용하여 정밀한 양의 약물을 투입할 수 있는 방법과 투입 시 안전한 투여량을 제시하였다. 또한, 디지털카메라로 촬영하였을 때 소방 내의 알과 유충의 상태가 한 화면에 선명하게 볼 수 있는 최적 소방의 수는 30개라는 것을 제시하였다. 본 소방 단위의 연구 방법은 앞으로 꿀벌 질병에 대한 예방 및 치료방법 연구에 기여할 것이라 판단된다.

☒ 57 A table of larvae days of age

				
1st days : Egg straight standing form	2nd days : Egg inclining of 45°	3rd days : Hatched larvae lying crookedly and being buried to royal jelly	4th days : larvae the arc of two-third circle	5th days : larvae circle, comb-cell's diameter of two-fifth
				
6th days : larvae the half of comb-cell's diameter	7th days : larvae three-fifth of comb-cell's diameter	8th days : larvae four-fifth of comb-cell's diameter	9th days : larvae larvae filled the comb-cell	10th~21th days : pupa

☒ 58 The amount of spray one time by hand sprayer

The number of spraying	Mass of comb-cell(g)	Amount of spraying(mg)	The number of spraying	Mass of comb-cell(g)	Amount of spraying(mg)
0 (first mass)	1.81	-	9	2.21	40
1	1.83	20	10	2.25	40
2	1.91	80	11	2.30	50
3	1.93	20	12	2.34	40
4	1.98	50	13	2.39	50
5	2.02	40	14	2.44	50
6	2.09	70	15	2.49	50
7	2.14	40	16	2.56	70
8	2.17	30	Average amount of spraying one time per comb-cell		0.77mg (0.77μl)

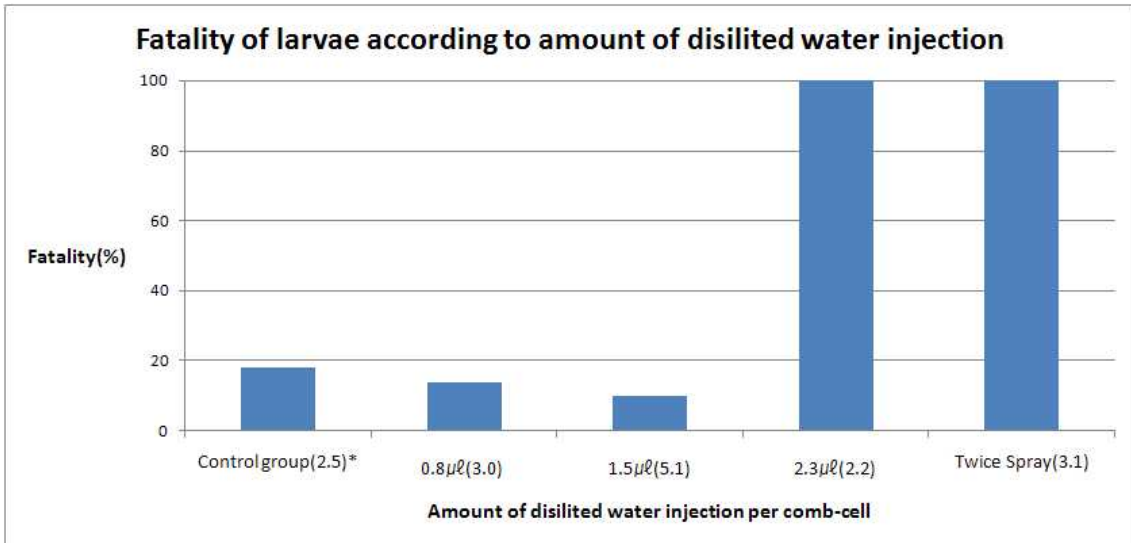


그림 222 Fatality of larvae according to amount of injection of distilled water * : Average age of experimental group

제 8절 생육상태에 따른 생육신호 분석

1. 정상생육환경에 대응한 실시간 signal 변화자료의 수집과 분석

가. 조사대상 인자 선정에 대한 고찰

본 과제를 통하여 꿀벌의 생육환경을 원격모니터링하기 위한 현실적으로 이용가능하며, 합리적인 가격의 센서 선정은 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아, 황화수소 및 음향의 항목으로 결정하였다. 각 인자의 꿀벌생육과 관련된 의의는 아래와 같다. 기타 진동(230-270Hz), 기류, 행동성변화 등의 물리적 인자와 게라니올향, 페로몬, 유충호르몬, isopentylacetate 등의 특수한 부분은 관련된 심화연구에 유용한 정보를 제공할 수는 있을 것이나, 본 과제의 목적인 양봉현장에서의 적용범위를 벗어나는 것으로 판단되었다. 또한, 이를 측정하기위한 센서가 제시되어 있지 않은 상황이므로 과제의 연구대상에서 제외하였다.

- (1) 온도 : 가장 작은 가축 꿀벌은 냉혈동물이며, 적외선 카메라로 관찰한 바에 의하면, 난방벌은 비행근육을 이용하여 발열시키며 가슴부분을 방 뚜껑에 밀착시켜 최대 30분간 가열한다. 이때 체온은 거의 43°C 이상으로 올라간다. 생육온도의 범위로 볼 때, 7°C에서 활동이 마비되며, 5°C에서는 12시간 이내에 동사한다. 13°C 이하에서는 활동에 의한 열보다 실열이 더 크므로 외부활동을 할 수 없으며 월동을 위한 봉구를 형성하며 발열하여 내부온도를 약 34°C로 유지한다. 한편, 산란 및 육아를 위해서는 우화까지 35°C를 유지하여야 한다. 사육상 내부가 고온이 될 경우 여왕벌은 산란을 중지하고 일벌은 모든 활동을 중지한다. 그러므로, 하절기에는 날개의 선풍을 이용하여 사육상 내부의 온도를 낮추는 작업을 한다. 여름철에 이동을 하다가 도중에서 식사를 하는 등 쉬게 되면 환기가 잘 되지 않아 발열을 하여 전멸하기도 한다. 또 도봉이 생겼을 때 벌통의 문을 막은 채 뜨거운 햇볕에 여러시간 방치하면 발열하여 질식한다. 꿀벌의 군 증식과 관련되어 분봉열이라는 양봉용어는 잘 알려져 있다. 분봉은 근본적으로 꿀벌의 종족번식의 본능에 의하여 일어난다. 먹이, 여왕벌의 능력, 벌 숫자, 기상 등 조건이 갖추어져야 그 본능이 발현된다. 벌의 식구가 늘어나 소상 내부가 좁아지면 봉군의 분봉은 필연적이다. 이때 수벌방이 많이 조성된다. 유밀기에 분봉열이 발생하면 양봉농가로서는 커다란 손실이 발생하므로, 이를 감지하고 조절하는 것이 매우 중요한 사항이다. 분봉열이 발생하면 평소보다 높은 열이 발생한다 하며, 손으로도 느껴진다고 하나 그 온도의 정도가 보고된 예는 찾아보기 힘들다 (Heinrich, 1981). 또한, 월동시에는 봉구를 이루어 온도를 유지한다. 온도의 등락에 따라 봉구는 확산되기도 밀집되기도 한다. 중심부에 위치한 벌 뿐 아니라 외부층의 벌들도 대사활성이 거의 없이 열발산이 정지된 상태를 유지한다. 온도가 내려가면 꿀을 먹고 근육운동으로 열을 발생시킨다. 한편, 외부기온

이 낮아지면 벌들이 매우 응축하며, 이로 인한 중심부의 CO₂ 상승은 벌들의 본능적인 발열 소동을 야기시킨다. 이러한 발열은 먹이의 소모와 꿀벌의 수명 단축의 결과를 초래한다. 월동군이 강하면 발열작업이 적고 꿀도 적게 소모하여 노화속도가 늦어지나, 봉세가 약하면 약할수록 꿀을 많이 소모하며 쉬 노화하여 수명이 단축된다. 대표적인 해충으로서, 장수말벌에 대한 방어책은, 봉구를 형성하여 장수말벌을 감싸아서 약 46 - 47°C 정도의 고열로 약 20분간 가두어 죽인다. 꿀벌의 치사온도는 47.5°C 이상이고 장수말벌의 치사온도가 44.5°C 인 차이가 그 원리이다.

(2) 습도 : 꿀벌은 습기를 싫어하며, 습기는 만병의 원인이 된다할 수 있다. 일반적으로 상대습도와 온도는 반비례하는 경향을 보이므로 온도와 더불어 습도의 모니터링은 봉군 내부환경의 검사에 중요한 요인이 된다. 병원성 미생물을 포함한 생물체에 수분활성도는 매우 중요한 발육인자이므로 질병의 발생과 연관하여 조절되어야 할 인자이다. 그러므로 이른 봄에 월동군을 내검할 때 습기가 많은 벌통은 통갈이를 해 주어야 한다. 또 여름철에도 통풍이 잘 안되어 습기가 많으면 진균성 감염병인 백목병을 비롯한 모든 병균의 온상이 된다. 또한, 습도는 유밀기에 수집한 넥타의 건조 선풍에 의해서도 그 농도가 반영될 것으로 판단된다.

(3) 이산화탄소 : CO₂는 대기 중에는 약 390ppm (약 0.04%)의 낮은 농도로 존재하고 있다. 또한, 유기물의 연소, 생물의 호흡, 미생물의 발효 등에 의하여 만들어지며, 봉군 내부에서는 주로 벌들의 호흡에 의하여 이산화탄소가 만들어진다. Nagy & Stallone(1976)에 의하면 외기의 낮은 온도가 봉구내부의 CO₂의 농도를 상승시켜주는 요인이라 하여, CO₂ 농도와 생육온도간의 밀접한 관계가 있음을 시사하였다. 그러므로 공기의 흐름이 비교적 정체되어 있는 꿀벌 사육통 내부의 이산화탄소 농도는 봉군의 밀도를 추정하는데 유효한 지표가 될 수 있을 것으로 사료되며, 따라서 이산화탄소의 농도는 봉세의 간접적인 판단에 유효한 인자가 될 것이다. 또한, 활동기에는 일벌들의 외부활동에 따른 일교차를 보일 것이며, 이러한 차이가 봉군의 세력 즉, 건강유무를 판단하는데 도움이 될 것으로 판단되어 그 변동을 조사하였다.

(4) 단백질의 부패에 관련되는 기체 : 암모니아 가스 (NH₃)는 미생물의 부패과정에서 탈아미노 반응에 의하여 생성된다. 또한, 황화수소 (H₂S)도 단백질 부패시 생성되는데, 꿀벌유충의 감염에 의한 부패나 화분의 부패에 의한 NH₃ 와 H₂S의 생성이 감지된다면, 질병의 징후로서 이용될 수 있을 것으로 판단하였으며, 이를 위한 센서를 적용하였다.

(5) 소음 : 꿀벌의 비행이나 유밀기의 넥타건조시에는 우리 귀로 들을 수 있을 정도의 날개짓 소리를 발생시킨다, 또한 분봉의 경우 혹은 외부 해충의 침입시에도 감지될 정도로 상당한

소음이 발생된다. 또한, 꿀벌의 의사소통에는 230 - 270 Hz의 진동을 이용한다고 알려져 있다. 특정과장의 음파가 아니더라도, 이상발생시의 강한 음파를 감지하게 된다면 그에 따른 신속한 조치가 가능할 것으로 판단되었다. 한편, 사육시설 자체에 발생한 외부요인에 의한 큰 소음 즉, 꿀벌 도난사고 과정의 큰 소음, 태풍 등의 큰 바람소리, 우뢰와 천둥, 대형 야생동물의 사육상 공격 등은 양봉가에게 즉시 보고되어야 할 비상상황이다. 본 과제에서는 이러한 수준에서의 음향의 강약 혹은 고저의 차이를 감별할 수 있는 합리적인 가격의 음향 센서의 적용이 가능한 범위에서 소음의 정보를 수집하고 분석하였다.

(6) **사육상의 중량** : 사육상의 중량은 채밀의 정도를 가늠하는데 유용한 지표가 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 이러한 생육활동의 왕성한 정도는 전체 봉군의 세력을 짐작하는데 중요한 참고자료가 될 수 있을 것이다. 특히 양봉농가의 입장에서는 채밀정도의 가늠, 그에 따른 채밀시기의 결정 혹은 채밀 후의 사료 투입결정 등, 생산성에 직접적인 영향을 미칠 것이 자명하다. 본 과제에서는, 사육상의 중량은 이러한 사항을 직접 내검을 하지 않고도 모니터링하며 계획을 세울 수 있는 유용한 정보가 될 것으로 판단하여, 육실 등에서 일반적으로 사용되는 체중계를 이용하여 자료를 수집하였으며, 만일 유용한 것으로 판단된다면 추후 후속연구를 통하여 이 용도의 전용 센서가 장착된 디바이스를 고안하여 적용할 필요가 있을 것으로 판단하여 제 2차년도 하절기에 1군을 선택하여 설치하였으며, 제 3차년도에 수 개군에 추가로 설치하여 그 유용성을 확인하였다.

나. 정상 생육상태의 신호변화 분석

(1) 월동기의 신호변화 및 봄철 생육개시의 신호변화

꿀벌은 혹서기에 생존하기 위하여 전형적인 월동의 생육특징을 보인다. 이 기간에는 봉구를 이루어 활동을 최소화하여 먹이소모를 줄이고 이듬해 활동기까지 생존하는 전략을 택한다. 이러한 생육행태는 기후에 따라 다르다. 즉, 열대지방에서는 그러한 필요가 존재하지 않는다. 우리나라의 기후조건이라면 지방마다 달리 나타나는 기후에 맞추어 월동의 기간과 특징이 달라질 것이며, 양봉가의 월동준비도 상당한 차이를 보일 수 있다.

또한, 우리나라의 경우라면 월동을 위하여 보온을 하고 철저한 외기유입 방지조치를 하기 때문에 사육상 내부의 환경은 주로 봉군의 생육활동에 영향받는다.

아래의 그림은 2014년 11월부터 2015년 3월 사이의 제주지역과 수원지역의 봉군의 예를 나타낸 것이다. 제주지역은 온대성 아열대 기후라 할 수 있으며, 수원지역은 전형적인 온대기후를 나타내는 지역이다.

제주지역의 외기(적색좌표)는 동절기인 11월에 평균 10℃ 정도였으며, 최저기온도 영상을 나타내었다. 12월에는 급격히 영상 5℃ 정도의 평균기온을 나타내며 일교차를 보였는데, 최저기온은 가끔 영하를 나타내기도 하였다. 이러한 양상은 3월 초까지도 유지되었다.

사육상 내부의 온도는 전형적인 강군인 3번군의 경우를 보면 (그림 221), 일 중 최저기온이 30℃ 이하로 내려가며 지속적인 감소를 하여, 외기가 급격히 하강한 12월에는 일간 최저온도가 약 20℃ 정도를 유지하였다. 2015년 1월 초의 영하의 외기에서는 보다 더 강하하여 13℃ 정도의 최저온도를 보이며 외기의 변화에 비례하여 등락을 나타내었다. 한편, 팔목할만한 외기 온도의 상승이 없음에도 불구하고 사육상내 센서의 온도정보는 1월 중순부터 상승하는 경향을 보였는데, 이는 3월 초까지 지속하였다. 결론적으로, 이 시기 (1월 10일)부터 이미 산란 및 육아활동이 개시되고 있다는 증거로 판단할 수 있다. 습도는 평균 약 70% 정도에서 일중 편차를 거의 보이지 않을 정도로 잘 조절되고 있었다. 한편, 이시기의 외부습도는 기온의 편차에 상관관계를 보이며 큰 편차를 나타내었다. CO₂의 농도는 1월 10일 이후 농도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 사육상내의 온도증가의 경향 및 시기와 일치하는 결과로 판단할 수 있었으며, 추운 외기에도 불구하고 이미 꿀벌들의 대사활동이 왕성해 지고 있다는 증거가 될 것이다. 한편 NH₃의 변화에서는 경향을 파악하기가 어려웠다. H₂S의 경우는 전기간 변화를 보이지 않았다. 음향의 신호는 dB로 나타내었을 때 약 50 dB 수준에서 큰 변화를 보이지 않았으며, 때때로 일시적으로 80dB 수준의 소음이 기록되었는데, 단위환산 전의 센서값인 mV의 값으로 나타냈을 때 보다 차이의 대조를 확인하기가 용이하였다. 한편, 음량의 강도를 표시하는 dB의 단위와 사람의 귀로 느끼는 감각이 단위는 log 값의 상관관계를 가지고 있으므로 실질적인 가청범위 내에서의 미세한 차이를 구별하기에는 금번 연구에서 적용한 적절한 가격의 소음센서 마이크 (단가 8천원)로는 가능하지 않은 것으로 판단되었다.

또 다른 강군의 예로서 7번군의 경우를 보면 (그림 222), 3번군의 경우와 동일한 경향을 보이고 있다. 다만, 생육개시의 신호로 볼 수 있는 사육상 내의 온도상승과 CO₂ 농도의 증가가 2월 15일 이후부터 시작하는 바, 3번군의 경우 보다. 한달 이상 지연되는 것으로 파악되었다. 한편, 이후의 기간 중, 1월 중순부터 일찍 생육활동을 시작한 것으로 판단된, 1, 2, 3, 및 5군의 경우 1, 2, 3번군은 월동 후 왕성한 생육활동을 보였으나, 춘계인 4월 15일에 내검한 결과 약군으로 전환되어 있었다. 3군의 경우는 3월 중에 분봉하여 소실된 것으로 의심되었으며 이후 극심한 곰팡이병 감염이 있었으며 결국 소멸하였다. 반면에, 늦은 생육활동을 개시한 7, 9, 12, 13, 14군의 경우는 유밀기 동안에 강한 세력을 유지하였다. 이러한 결과는 예상을 벗어난 결과로서, 유밀기를 대비한 사양관리의 문제점이나, 이른 생육활동으로 인한 해충구제의 효과가 미치는 영향 등에 대하여 추후, 보다 더 면밀한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

한편, 전형적인 약군의 예로서, 6군의 경우는, 월동기 중 10℃ 이하의 내부온도를 보인 날이 다수 있었으며, 생육개시 조짐은 3월 10일 이후에 나타났다. 이는 여타의 군에 비하여 1-2달 정도의 늦은 생육개시이며, 생존은 하였으나, 이후 곰팡이병의 감염으로 결국 2015년 7월 15일에 소멸하였다. 6군으로부터는 채밀이 불가능하였다.

또한, 특이한 경우로서, 11군은 동절기 10℃ 이하의 내부온도를 보인 날이 다수 있었으나 1월 10일 이후 생육개시의 신호가 왔었으며 곧이어 1월 20일 이후에 사육실 온도가 하강하여 3월 초까지 동절기의 양상을 보였다. 습도의 조정능력도 상실된 양상을 보여주었으며, CO₂의

농도도 상승후 다시 저하하였다. 이러한 까닭은 단정하기는 어려우나, 월동을 위한 사료의 고갈에 의한 것으로 의심된다.

수원지역의 경우는, 외부기온의 표기를 동시에 하지 않았으나, 상대적으로 동절기의 혹한이 있으며 이에 따라, 동절기의 양상은 제주지역과 다소의 차이가 나타났다. 강군의 경우는 그림에서와 같이 사육상 내부의 온도가 12월초에 급격히 떨어졌는데, 이러한 시기는 제주지역과 동시기인 것으로 미루어 볼 때, 동절기의 시작은 제주지역과 차이를 보이지 않는 우리나라의 계절적인 특징이 반영된 것으로 판단 할 수 있다. 동절기의 사육상 내부의 온도는 제주지역의 그것과 비교할 때 다소 낮게 나타났으나, 보다 낮은 외부의 온도에 의한 센서자체의 열손실과, 봉구의 직접적인 중심온도가 아닌 중심온도를 반영할 수 있는 위치의 센서를 감안한다면, 봉군이 사멸할 위험성이 있는 영상 7℃ 이상의 온도를 적어도 유지하고 있는 것으로 확인되었다. 한편, 습도의 경우는 약 50%를 중심으로 하향하는 날이 있는 것이 확인 되었는데, 이 또한 일정부분 외기의 영향이 있었을 것으로 판단되며, 이지역에서의 표준 데이터로 설정함이 바람직할 것으로 시료되었다. CO₂의 농도는 동절기 동안 최고점 5% 이상을 나타내었다. 이러한 원인의 가장 중요한 관점은 거의 밀봉하다싶이 감싸는 추운지방의 월동포장에 기인 한 것으로 판단되었다. 실제로 제주지역의 경우는 전면을 거의 개방한 정도의 가벼운 외부포장으로 월동을 하고 있다는 점이 큰 차이 점이다.

한편, 수원지역의 약군의 예는 그림 227에 나타내었다. 2015년 1월 20일경에 내부의 최저온도는 영상 5℃ 이하를 보이기도 했으며, 이후 지속적인 외기의 영향에 따라 내부온도의 조정력을 상실한 것이 보였다. 또한, 습도는 50% 수준에서 크게 하향되어 나타나고 있으며, CO₂ 농도는 1월 20일 이후로 지속적으로 감소하였다. 이러한 경향을 보이는 군은 2월부터 소멸의 단계로 경과하는 것으로 판단할 수 있다.

생육개시의 일정은 제주지역에 비하여 1달 정도 늦게 시작하는 것으로 나타났다. 제주지역과 마찬가지로 그 중에서도 2월 10일경 및 3월 10일경에 온도의 상승을 시작하는 차이를 보이고 있다.

결국, 겨울 월동기에서의 봉군상태를 평가하기 위한 결론은, 온도의 변화관찰이 가장 중요한 사항이며 부가적인 참고치는 CO₂ 농도의 변화라 할 수 있다. 일반 양봉가의 관점에서, 사육상 내부의 온도가 적어도 7℃ 이상을 유지하여야 하며, 동시에 습도의 범위가 50-60%에서 작은 일교차를 보일 때 건강한 강군으로 판단 할 수 있다.

부가적으로 CO₂의 농도는 생육개시와 시기를 같이하여 증가하여야 한다. 다만, CO₂ 센서의 경우는 고가일 뿐 아니라 절대값에 대한 표준화가 되어있지 않으며, 야외에서 양봉용으로 사용하기에는 센서의 수명도 안정적이지 않은 것으로 판단되므로 (연간 변동 그래프 참조), 양봉농가에의 일반적인 적용보다는, 그 변화의 경향을 살펴봐서 분석이 필요한 전문 연구용으로는 응용가치가 높을 것으로 사료된다. 또한, 센서 자체의 크기가 비교적으로 크기 때문에 센서 브라켓의 용적을 늘리는 요인이 되기도 한다.

소음신호는 월동기 상태의 생육환경에 의미를 줄 만한 근거를 찾지 못하였으며, 추후, 특수

한 환경 즉, 설치류의 사육상 침입 등의 경우가 발생한다면 변동상황에 대한 고찰이 이루어질 수 있을 것이다.

H₂S의 농도는 전 기간을 통하여 어떠한 의미있는 수치가 나타나지 않았다. 이는 꼴벌의 단백질원으로서 유용한 화분단백의 구성성분 중 황(S)의 부족이 이유가 될 수도 있을 것이다. 벌의 유충이나 성충이 질병에 의하여 폐사하였을 때 부패에 의하여 H₂S가 발생할 수 있다 하더라도, 질병의 예측 등을 위해서는 시기적으로 효용성이 없을 것으로 판단된다. 또한, 매우 고가의 (약 30만원) 센서가 소요된다는 점에서도 양봉현장에 적용할 필요성은 설득력을 잃는다.

NH₃의 농도는 각각 사육상(벌통)의 경우에 따라 불규칙한 값과 변동치를 보였다. 특히, 빈 사육상에 장치한 센서에서도 일교차를 보이기도 하였으며, 센서를 교차하여 측정하였을 때도 뚜렷한 차이를 나타내지 않은 점을 미루어 볼 때, 이 신호값은 사육상자의 목질성분에 의하여 영향을 받기도 하는 것으로 추측되었다. 뿐만 아니라 적용 센서의 NH₃에 대한 특이 반응성과 절대농도의 표출값이 제품에 따라 일정하게 품질관리가 이루어진 정밀한 제품으로 판단되지는 않았다.

양봉장-[별통3](7E7C)

기간: 2014-11-01 ~ 2015-03-01 [검색](#) [집기](#)

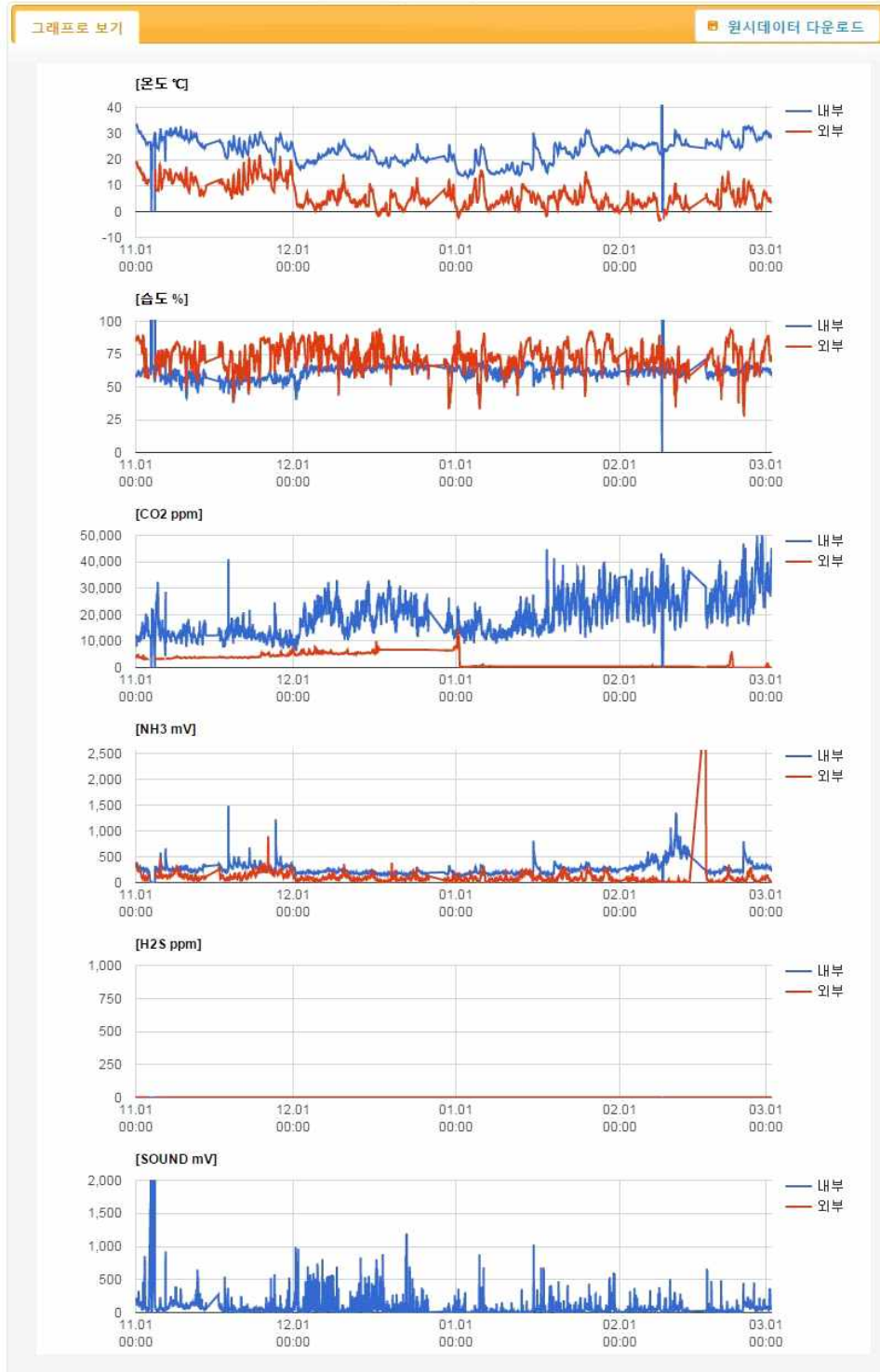


그림 223 제주지역 (아열대 기후) 월동기의 강군 3번군

양봉장-[별통기](7DDD)

기간: 2014-10-01 ~ 2015-04-01 [검색](#) [접기](#)

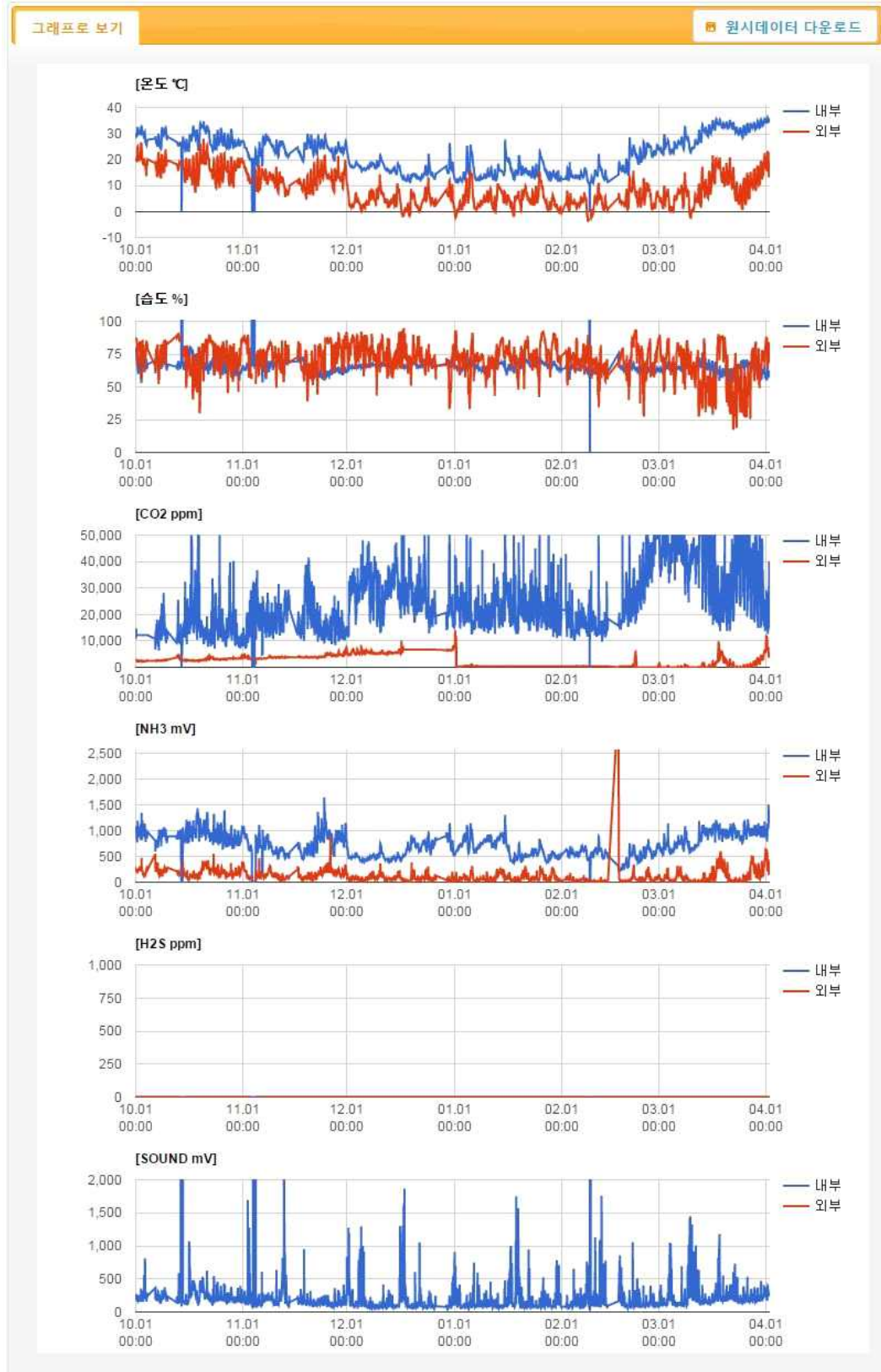


그림 224 제주지역 (아열대 기후) 월동기의 강군 7번

양봉장-[별통6](817F)

기간: 2014-11-01 ~ 2015-04-01 [검색](#) [접기](#)

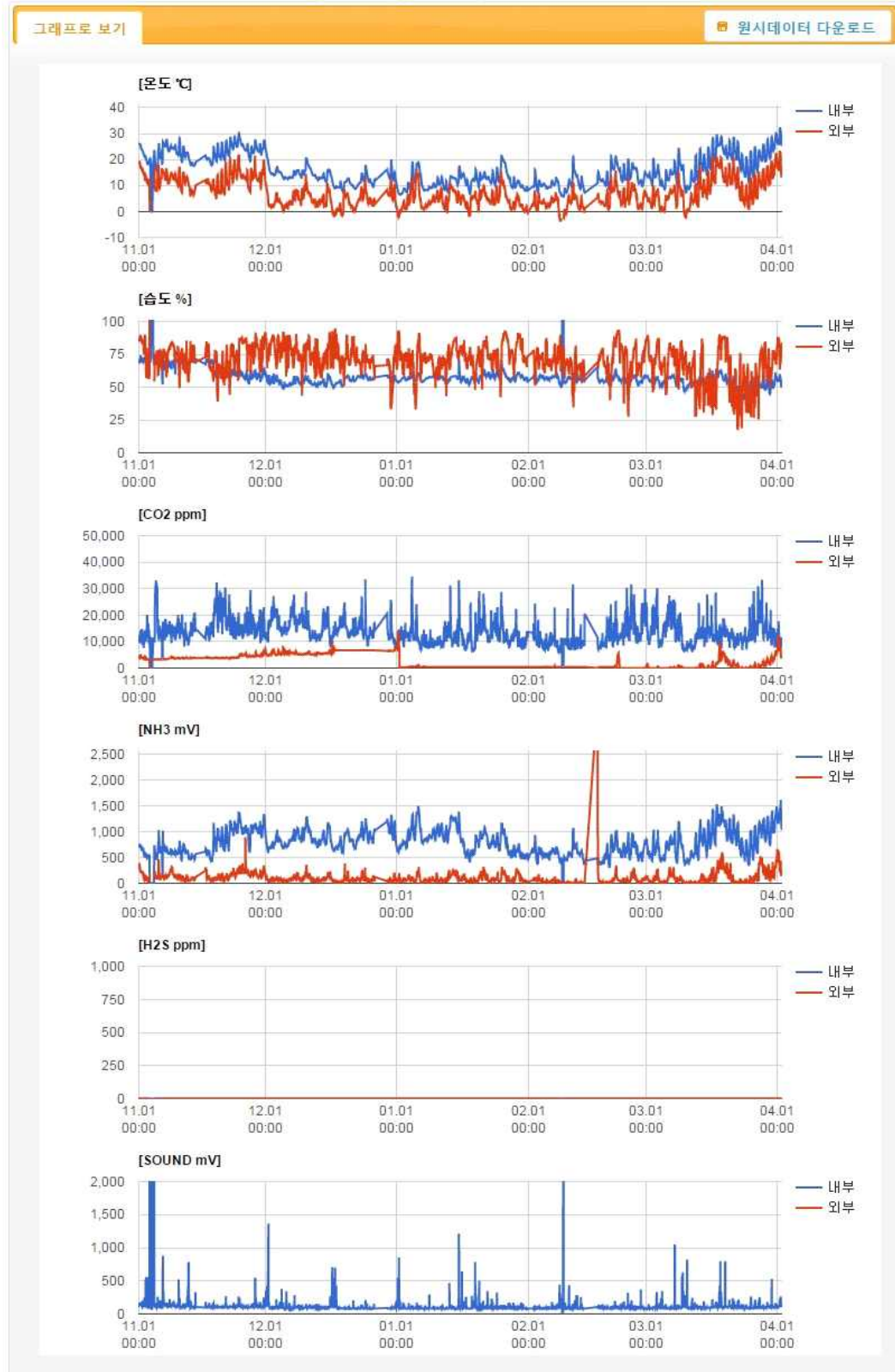


그림 225 제주지역 (아열대 기후) 월동기의 약군 6번군

양봉장-[별통11](8173)

기간: 2014-11-01 ~ 2015-03-01 [검색](#) [접기](#)

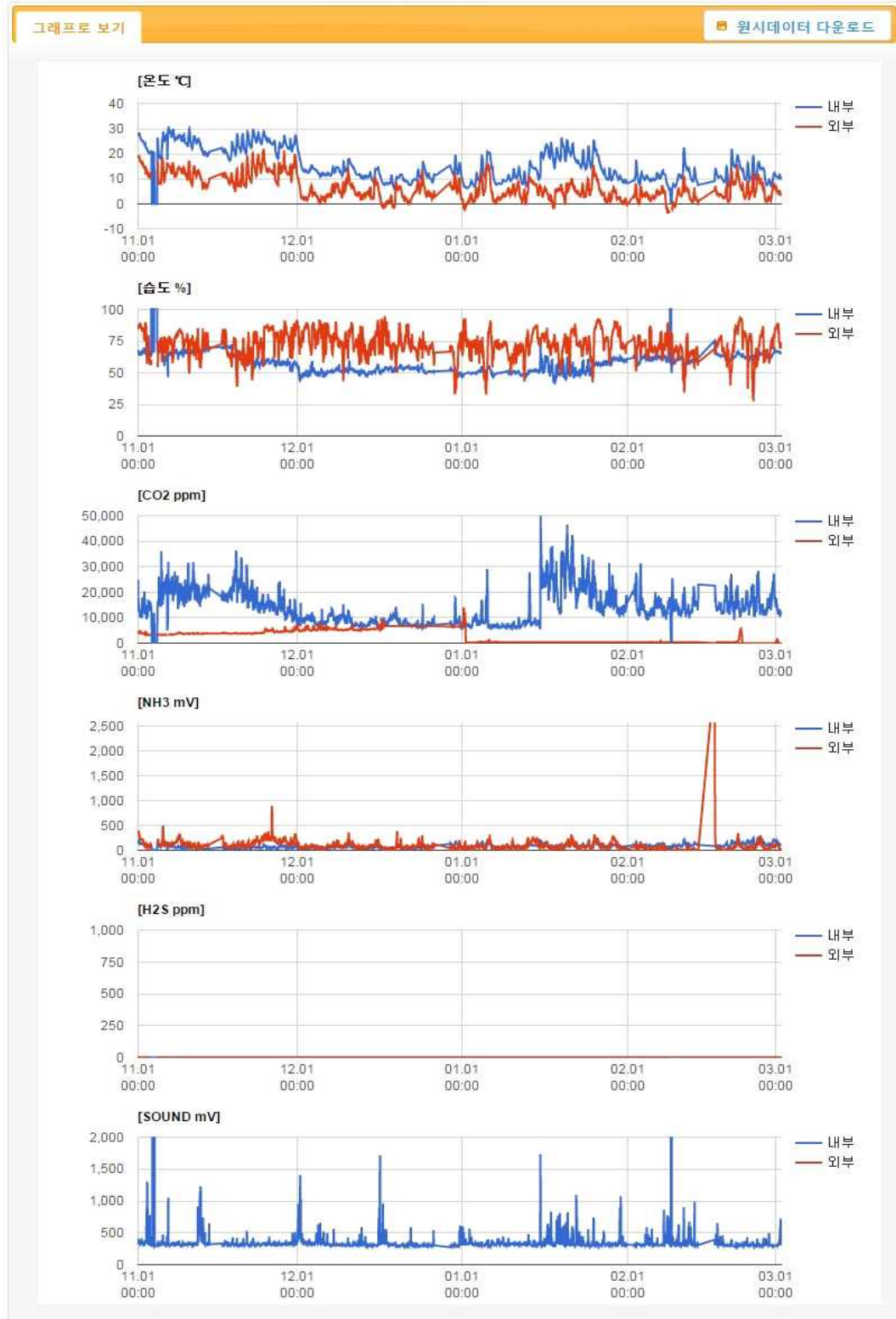


그림 226 제주지역 (아열대 기후) 월동기의 약군 11번군. 월동기 사료부족

C6(7F9E)

기간: 2014-11-01 ~ 2015-04-01

검색

접기

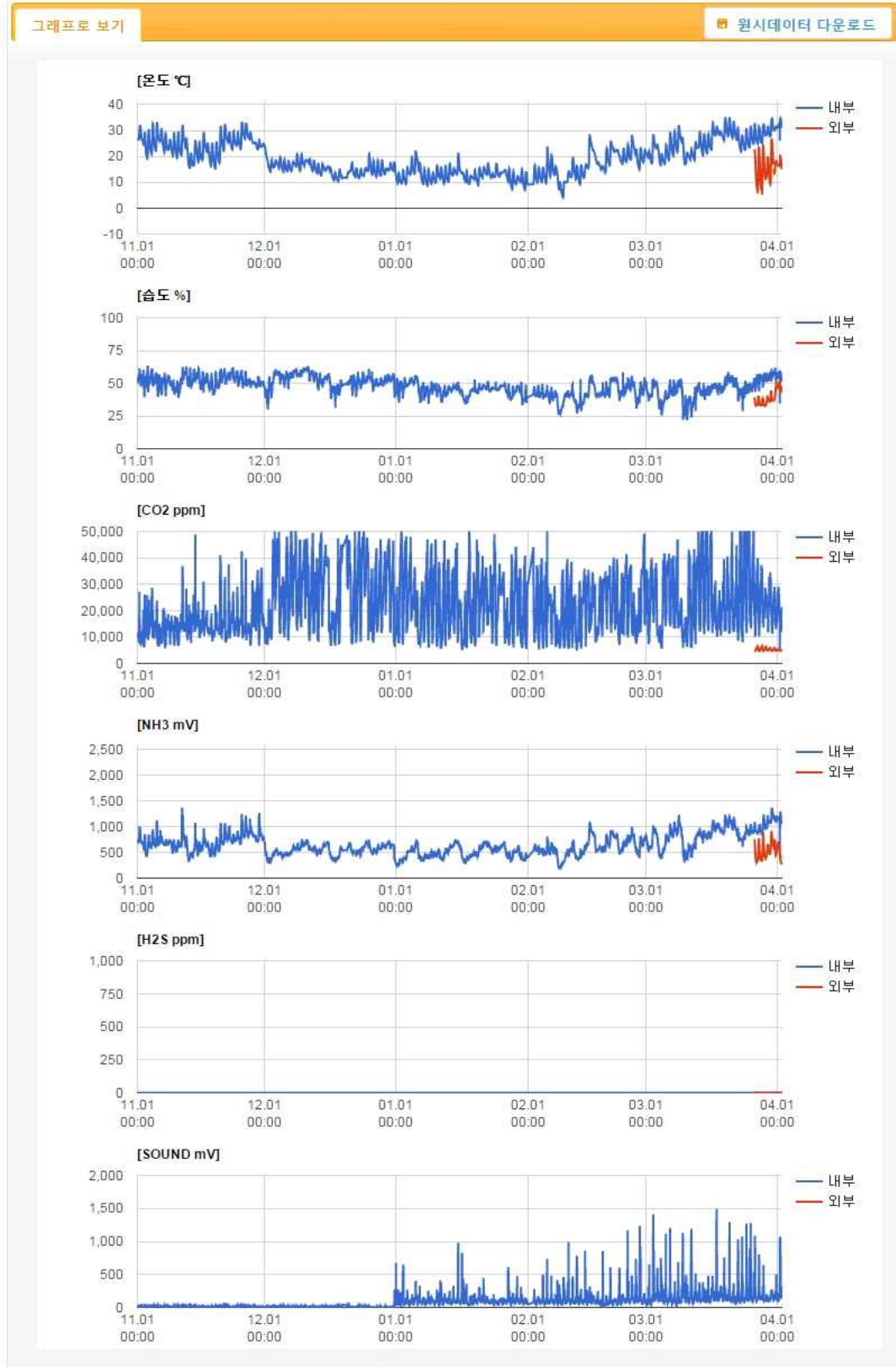


그림 227 수원지역 (온대기후) 월동기의 강균. C6군

C3(7E80)

기간: 2014-11-01 ~ 2015-04-01

검색

접기

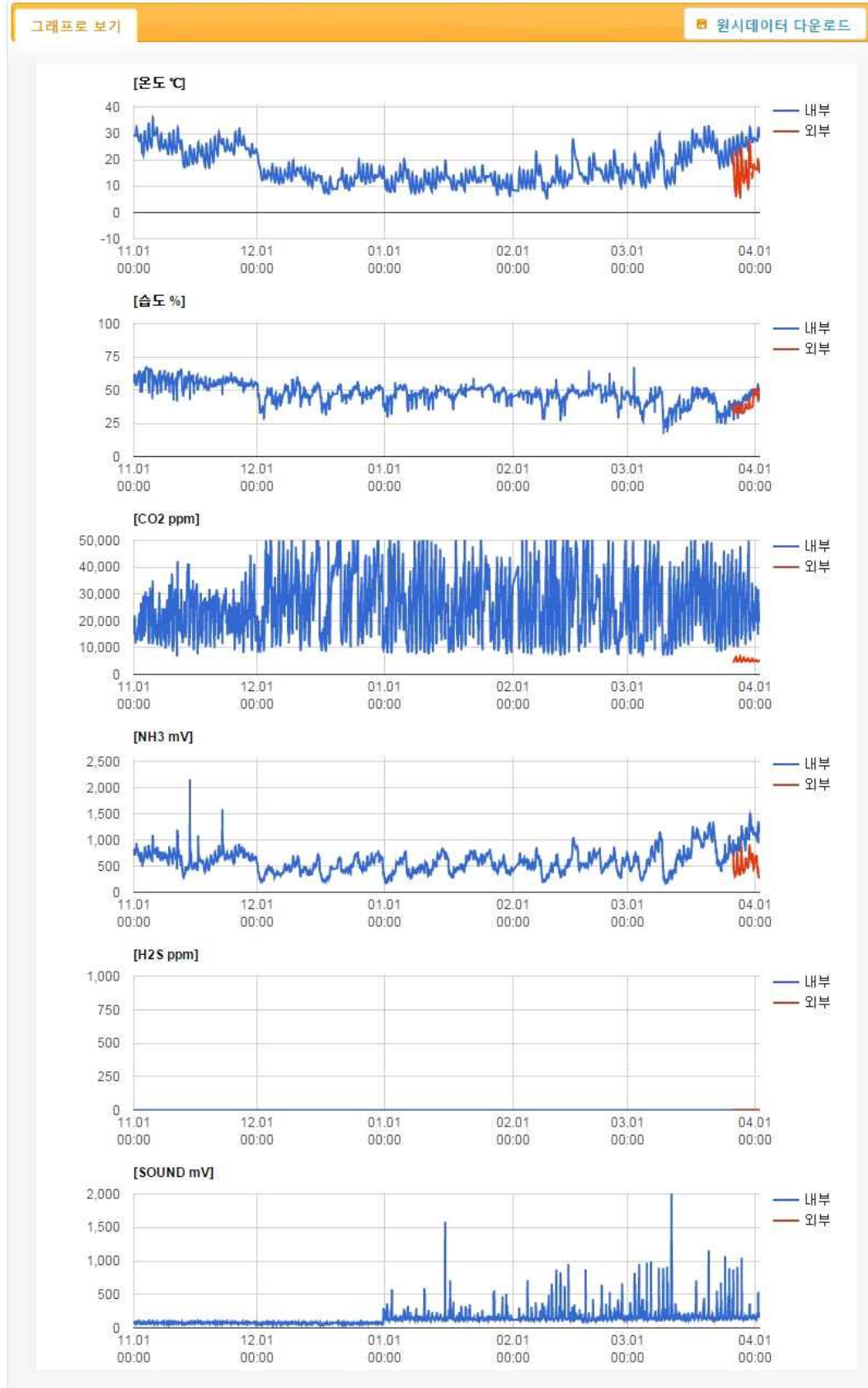


그림 228 수원지역 (온대기후) 월동기의 강군. C6군

B3(7DD5)

기간: 2014-10-01 ~ 2015-04-01 [검색](#) [접기](#)

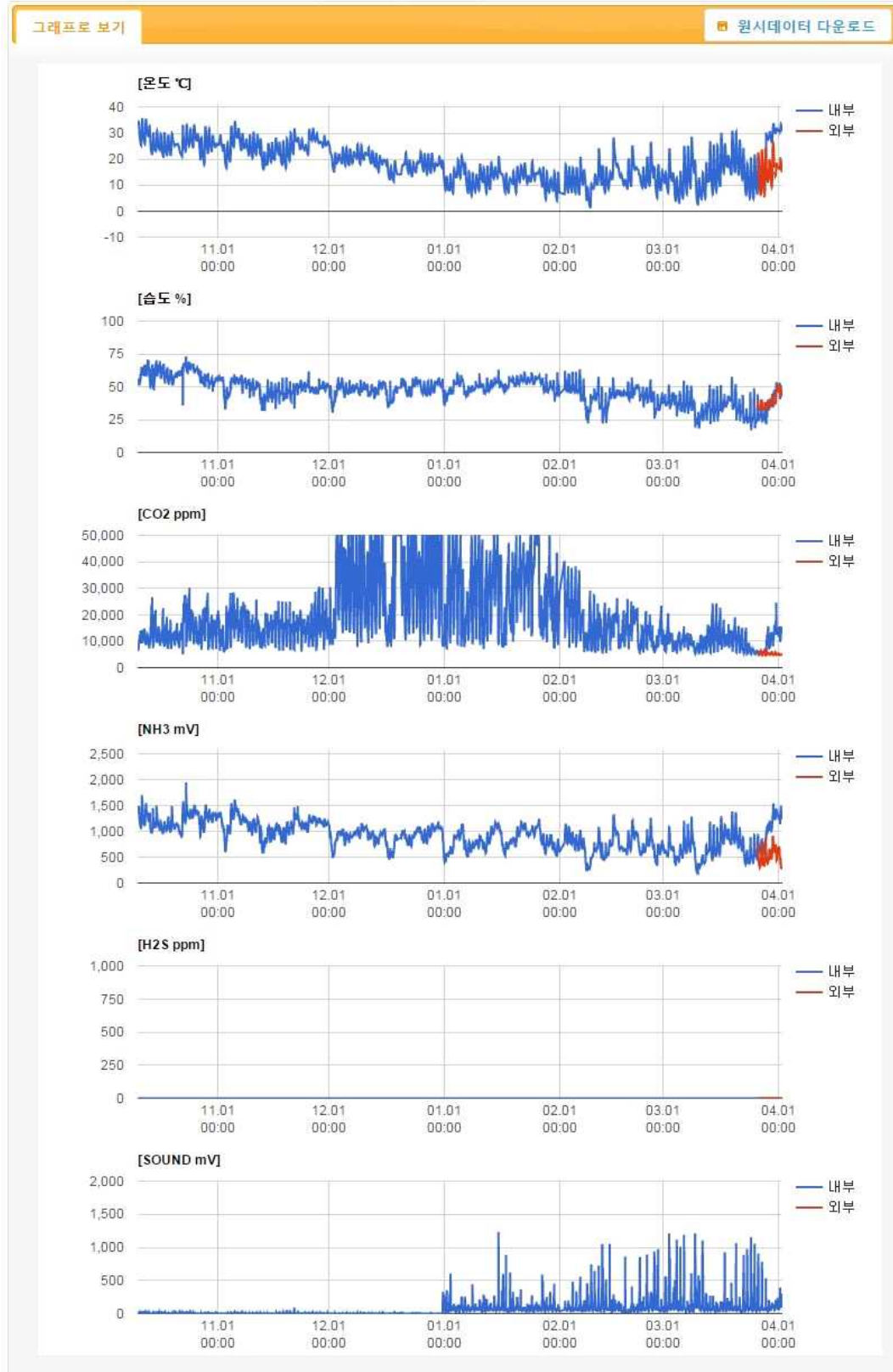


그림 229 수원지역 (온대기후) 월동기의 약균. B6군

(2) 봉세에 따른 신호변화

봉세에 따른 신호상황을 비교하기 위하여, 2013년 7월 11일부터 2014년 5월 31일까지의 센서 신호를 비교하였다. 경기대에 장치한 센서의 온도 및 습도의 값은 10월까지의 전형적인 온습도 패턴을 나타내며 환경인자의 변동을 보여주었다. 그러나, 11월 초부터 온습도의 자력 조절능이 상실된 것으로 표출되고 있다. 즉, 동절기에는 봉구를 형성하여 심부는 약 35°C 정도에 달한다 하였다. 제주대의 경우는 계절적인 변동이 인정되나 사육상 내의 온도는 적어도 영상 10°C 이상을 나타내는 것으로 확인되어, 활동이 마비되는 영상 7°C를 상회하고 있었다, 또한, 1월 말부터 사육상 내부의 온도는 점차 증가하는 양상을 보였다. 이는 외부의 가혹한 환경에도 불구하고 봉군의 생존에 필요한 온도와 습도를 유지시키기 위한 활동을 스스로하기 때문이며, 이듬해 봄의 생육을 위한 활동이 이미 개시되고 있다는 증거로 사료되었다. (그림 228)

그러나 경기대에 장치한 센서의 값은 외부환경과 유사한 정도의 변동을 보이고 있으며, 혹한기인 12월부터는 심지어 최저온도가 영하의 온도대를 지속하였다. 만일, 정상적인 봉구가 형성되어있었다면, 외부의 혹한에도 불구하고 사육상 내부의 온도가 꿀벌 활동을 마비시키는 영상 7°C보다 낮은 온도가 지속되지는 않았을 것이다. 외부 온도의 대조 그래프를 삽입하지는 않았으나, 이 후의 온도 및 습도는 외기의 것과 차이 없이 나타났다. 결국 2014년 춘계에 확인한 결과 봉군의 폐사가 확인되었다. 이와 같이, 내검을 수행하지 않아도 봉군의 생존 여부를 미리 확인 할 경우, 이듬해의 양봉개시 즈음에 미리 충분한 대응이 가능할 것이다.

제주대의 봉군과 같이 생존하여 봉구를 형성하고 있는 경우, 습도는 60% 수준에서 유지하며 생육환경을 조절하고 있었으나, 약세를 보인 경기대 봉군의 경우는 환경조절에 실패하였으며 습도의 변동은 외기의 그것에 연동하여 크게 등락을 반복하였는데, 결국 봉군이 폐사하는 결과가 초래되었으며 이 시점은 1월 20일경으로 나타났다. (그림 229). 단, 센서의 신호를 전송하여 표출시킬 때, 외부 인자값과 비교되도록 그래프에 동시에 나타내도록 조정한 것은 9월 중순부터이며, 이를 통하여 외부 인자값에 직접적인 동요를 나타냄을 확인할 수 있으며, 이런 경우 봉세가 약함을 짐작할 수 있다. 특히 습도의 경우는 외부환경에 비하여 적은 편차를 보이며, 극단적인 고, 저의 결과는 나타나지 않았다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 환경인자의 자가 조절이 우수할수록 봉세의 건전함을 판단할 수 있는 것으로 사료되었다. 비록, 단순한 인자이지만 온도의 정보는 꿀벌의 생육상황을 짐작하는데 가장 기본적이며 필수적인 인자인 것으로 파악되었다.

수집정보(제주대학교(양봉장)-신규)

양봉장-[벌통1](8172)

기간: 2013-07-11 ~ 2014-05-31

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드

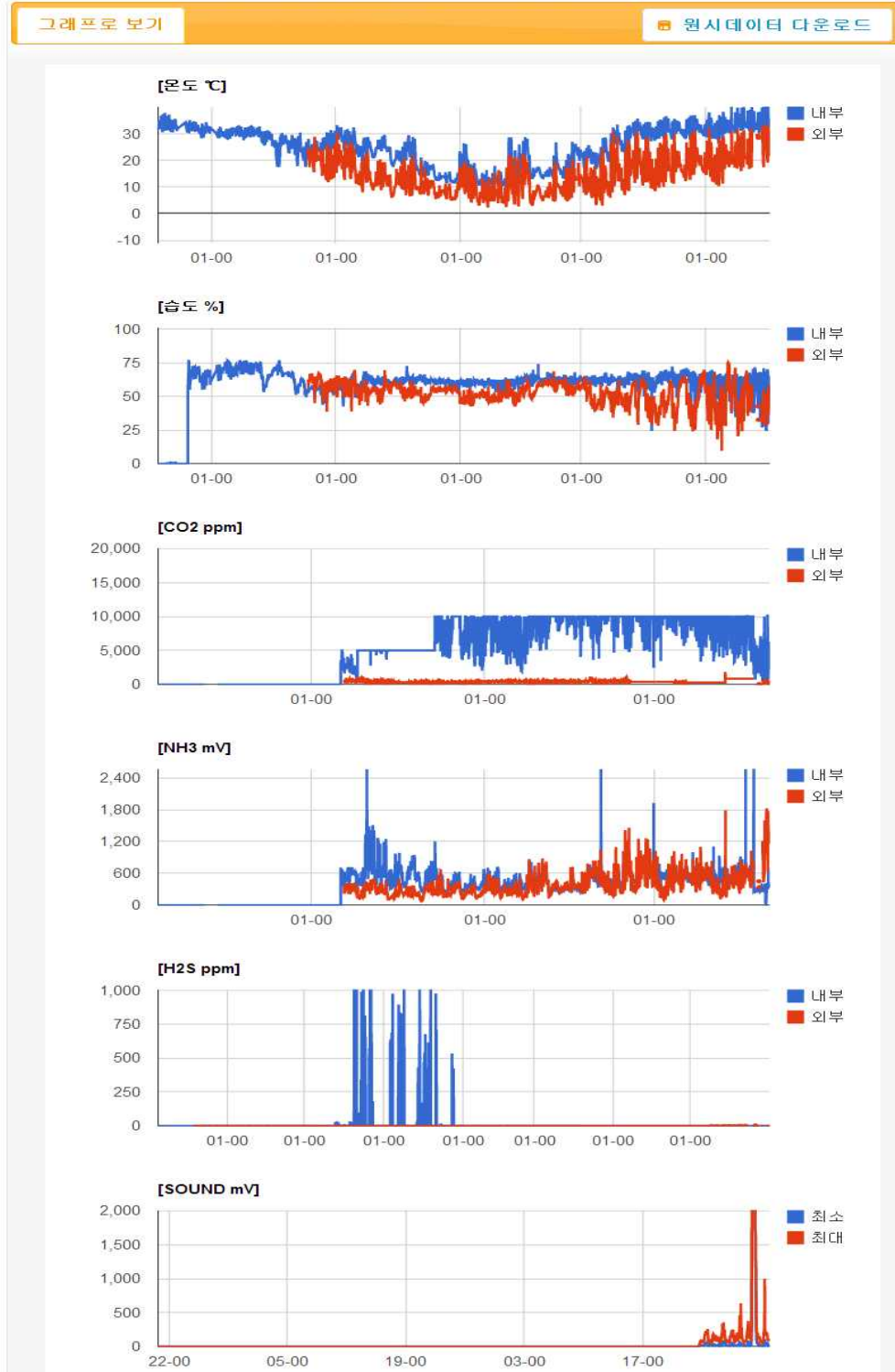


그림 230 정상적인 봉세를 보이는 봉군에서의 생육신호의 연간 패턴.

수집정보(경기대학교(양봉장)-기존)

양봉장-[별동12](7DEA)

기간: 2013-07-11 ~ 2014-05-31

검색

접기

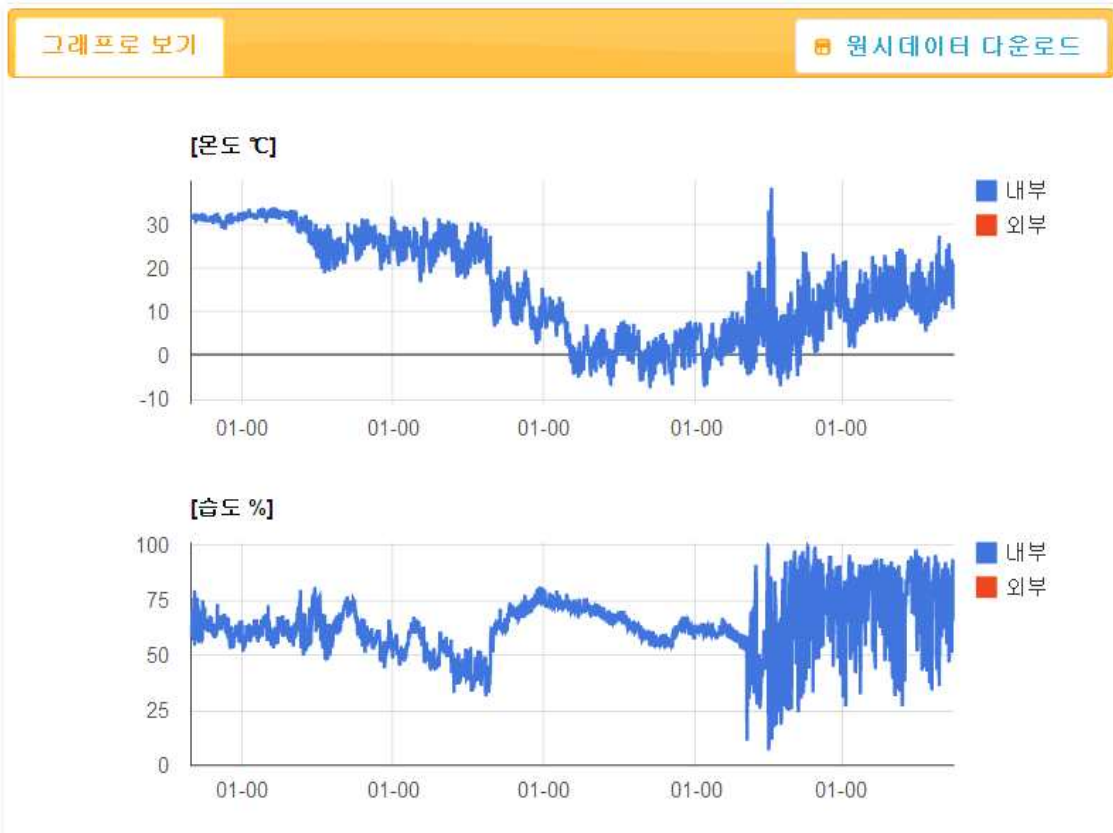


그림 231 월동기간 중 소멸한 봉군에서의 생육신호의 전형적인 변화패턴. 동적기의 일간 최저 온도가 영하를 나타내었으며 1월 20일 이후 온도 및 습도의 자가조절 기능이 소실되었다.

(3) 분봉유도 시의 신호변화

분봉은 봉군의 증식을 위하여 일어나는 자연적인 현상이나, 이때에 많은 외역봉이 저장 꿀을 가지고 떠나게 되므로 양봉가들에겐 심각한 경제적인 타격을 준다. 양봉용어로는 분봉열이라 일컬으며, 한정된 사육상에 과도한 개체수의 서식에 기인한 현상인데, 이러한 봉군은 분봉에 대비한 준비를 하여야 한다. (그림 230, 231)

그림 232는 제주 1군에서 5월 13일 10:00 전후 30분 정도 주간 최고온도가 40.3°C 까지 기록됨이 관찰되었으며 이에 따라 인공분봉조치를 해 주었다. 한편, 7번 봉군의 경우도 5월 9일 13:45 최고온도 36.5°C 까지 올라감에 따라 동일한 조치를 위하여 추가적인 분봉을 제어하였다. 이 경우, 궁극적으로 봉군집단의 증식을 시켜주는 것이 궁극적인 해결책이며, 미리 준비하여 봉군의 소실을 막아주어야 할 것이다. 이때, 내검시에는 분봉을 위한 준비가 되어 있는 것을 확인 할 수 있는 바, 외역봉들의 행동 감소, 여왕벌의 체중감소, 왕대의 조성이나 숫벌집의 다량 확인 등이 그 단서가 될 수 있다. (그림 231). 한편, 그림 234.에서와 같이 10번 봉군에서는 5월19일

낮시간 동안 최고 39℃의 분봉열을 나타내었으며, 방치한 결과 많은 수의 벌들이 분봉하여 날아가 버렸으며, 잔류한 봉군에서는 약세가 초래되었다. 다만, 이러한 봉세의 변화가 분봉 단일 원인이었는지, 분봉에 따른 약세로 질병에 노출되었을 때 취약점이 나타난 것인지는 단정할 수는 없었으나, 결국 분봉이후에 남은 잔류 봉군은 힘겨운 생존의 도전에 직면하게 된다.

참고사항으로서, CO₂의 농도는 5월 23일부터 급격히 감소하였는바 사육상의 꿀벌 숫자가 급격히 줄어들어 대사에 의한 CO₂ 생산도 같이 줄었던 것으로 판단된다. CO₂의 농도는 벌들의 외부 활동이 완성해 짐에 따라 주간에는 낮은 농도를 보이고 있으며 야간에도 비 활동기에 비하여 낮은 농도를 나타내고 있었다. 그러나 CO₂ 농도는 외부 기온의 상승에 따라 사육상 소문의 개방을 넓게 해주는 이유로 이에 따른 공기순환이 많아지는 까닭에 비 활동기의 그것과 정확히 비교하여 분석하기는 어려울 것으로 판단되었다.

한편, 이상고온을 보이는 분봉열의 현상은 1회의 징후가 나타난 후 2-3회의 추가적인 고온을 보인 후 분봉을 실행하는 것으로 보이며, 이러한 경우에는 반드시 합당한 조치가 필요하다. 또한, 노련한 양봉가들의 경험에 의하면, 강력한 세력이 형성되지 않은 경우에도 진드기나 응애의 감염이 심할 경우 집단적인 분봉이 일어난다 하므로, 전형적인 분봉의 징후가 없더라도 외부기생충의 감염정도를 확인할 필요가 있겠다.

결과적으로, 37℃ 이상 심지어는 40℃에 가까운 비정상적인 고온을 (센서의 신호값이 36℃ 이상일 경우) 나타내었다면 분봉열을 주의깊게 관찰하여 자염분봉에 의한 봉군을 망실하지 않도록 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.



그림 232 분봉열은 전형적으로 강한 세력의 형성으로 증식을 위한 조건이 충족되었을 때 발생하는 자연적인 현상이다.



그림 233 분봉조짐을 보인 봉군에서 적출한 솜털 집과 왕대

양봉장-[벌통1](8172)

기간 : 2014-05-10 ~ 2014-05-18 🔍 검색 📄 접기

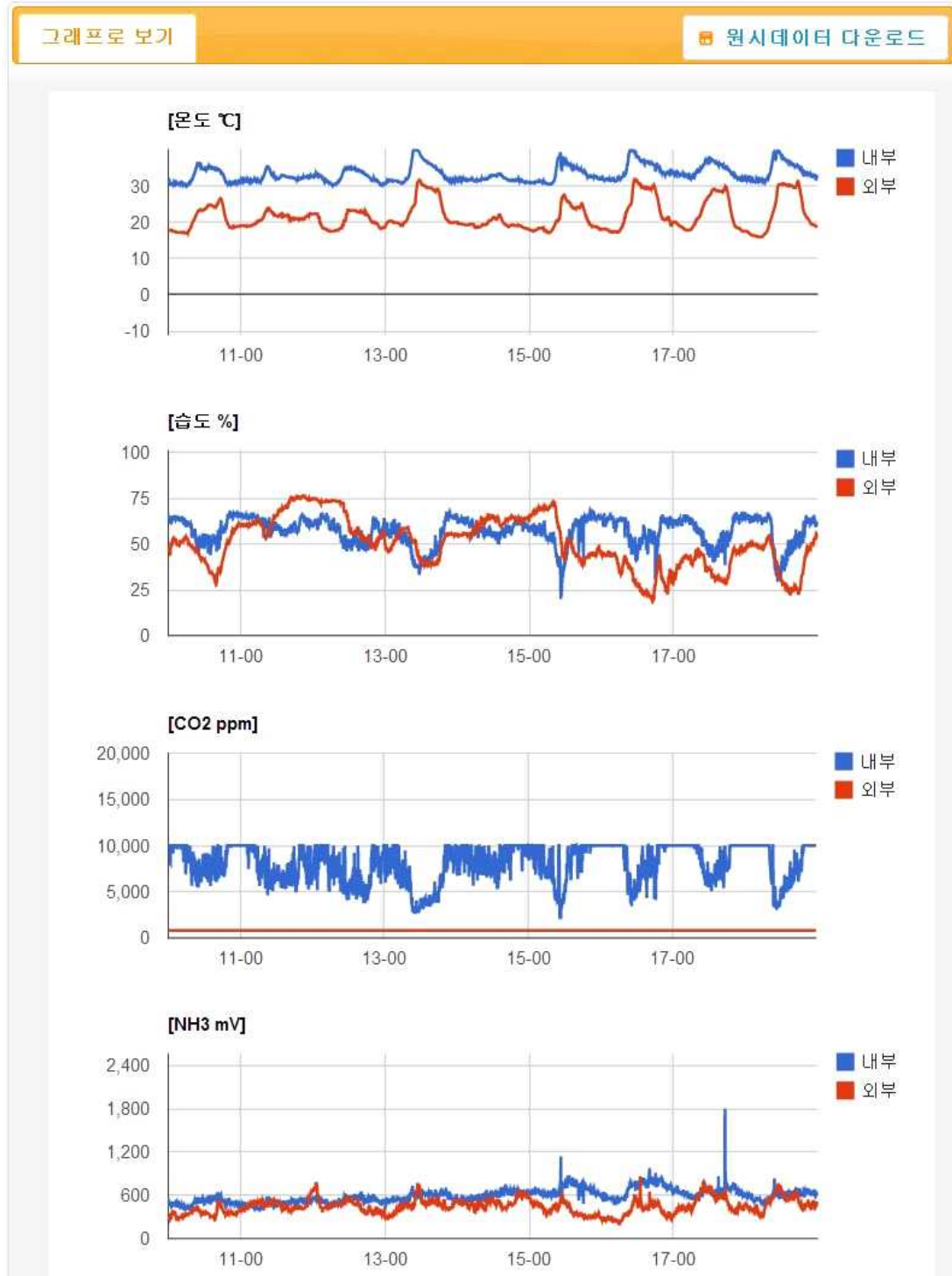


그림 234. 자연 분봉열. 1번 봉군, 5월 13일 10:00 전후 30분 정도 40.3℃까지 기록되었다.

양봉장-[별통기](7DDD)

기간: 2014-05-09 ~ 2014-05-17 [검색](#) [접기](#)

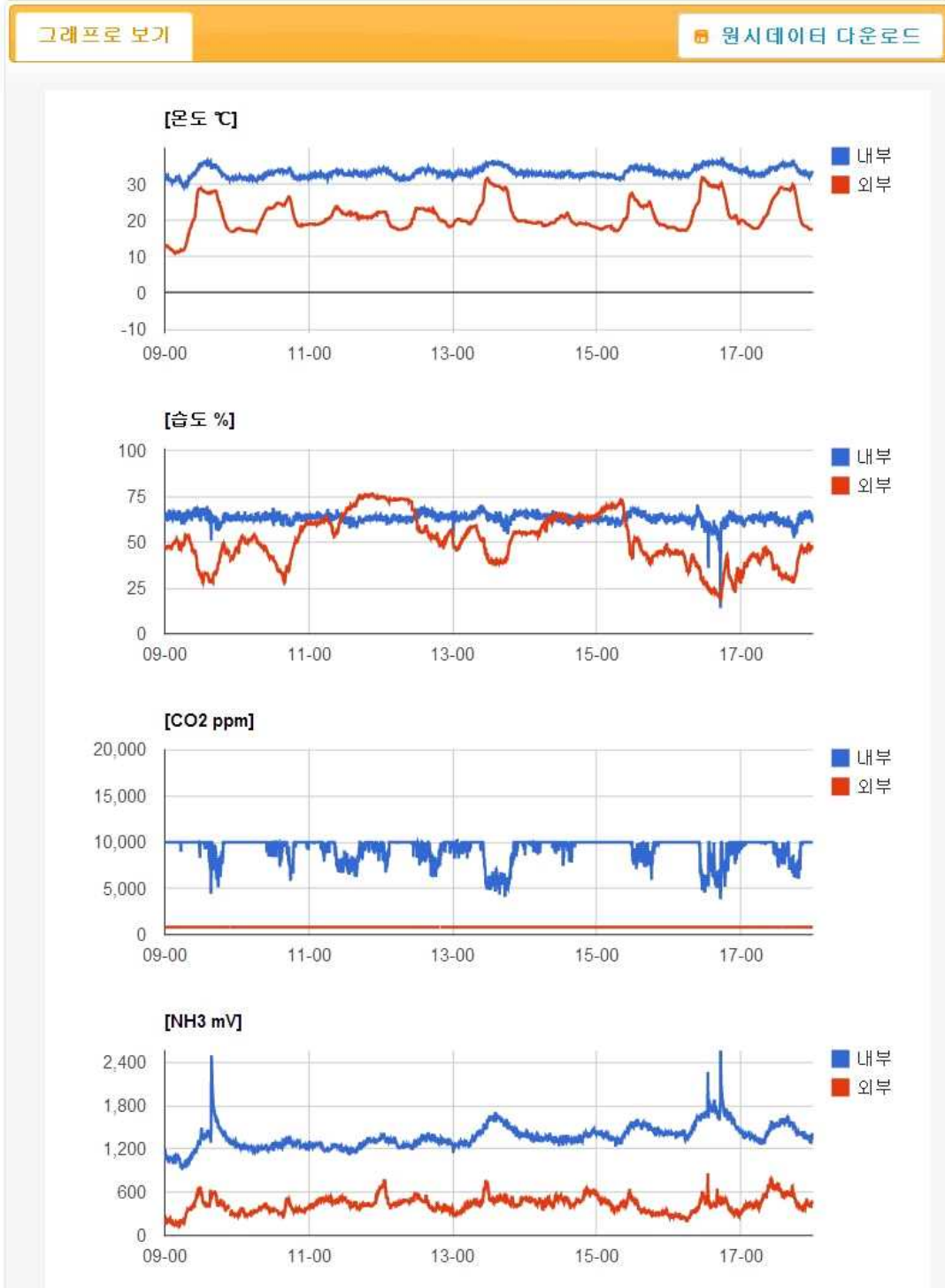


그림 235 7번 봉군은 자연분봉을 강제로 진압하였다. 5월 9일: 13:45 최고온도 36.5°C 까지 올라갔으며, 5월 15일 강제 진압 (?), 5월 17일 17:35, 36.8도 기록하였다.

양봉장-[벌통10](816F)

기간 : 2014-05-18

~ 2014-06-04

🔍 검색

📄 접기



그림 236. 분봉 후, 소실, 5/19 39도 기록, 이후 온습도 조절능이 약화되었다. 특히 23일 이후에 사육상 내부의 CO2 농도는 급격히 저하하였다. 즉, 꿀벌의 대사에 의하여 생성되는 CO2의 농도도 개체수 감소에 따라 급격히 저하되었다.

(4) 무왕군 및 여왕도입에 따른 신호변화

봉군에서 여왕벌의 치사는 여러 요인으로 발생되나, 결과적으로 대부분의 경우 봉군의 자연 소멸로 귀착된다. 여왕벌의 치사를 조기 발견한다면 신여왕벌의 도입 등의 방법으로 잔여 봉군을 효과적으로 생존시킬 수 있으며 양봉가의 손실을 최소화 할 수 있을 것이다. 또한, 여왕벌 교체의 경우도 이와 유사한 신호가 발생할 것으로 사료되었다. 본 실험은 여왕벌을 인공적으로 치사시키고 해당 봉군의 소멸 진행 상황을 본 과제의 센서들이 쉽게 감지할 수 있는지를 알아 보려 시도되었다. 여왕벌 치사는 5월 1일 시행되었으며, 대상 봉군은 당시 중/상군으로 분류될

수 있는 8매 소비의 봉군이며, 품종은 경기 수원의 양봉장에서 분양받은 것이었다.

5월 1일 당시 8매 단상의 대상 봉군은 봉세 1100%로 측정되었으며, 봉개는 중앙 3, 4, 5에 좌우 균등으로 분포하였고, 봉개율은 280%로, 저장율은 400%로 측정되었다.

표 59 여왕봉 인위치사 소멸 봉군(실험군 B5)의 봉세, 봉개율, 저장율 변화.

일시	봉세	봉개	저장먹이	비고
5/1	1100	280	400	단상(8) - 봉개는 중앙 3,4,5에 좌우 균등으로 분포
5/11	930	145	230	계상(4/6) - 봉개는 상2,4에 집중
5/18	965	0	360	계상(4/6)
5/20	1045	0	320	계상(6/5)
5/25	955	0	520	계상(6/6)

여왕벌 치사(5월 1일) 후 11일차의 내검에서 봉개율은 크게 저하된 것을 관찰할 수 있었으며, 18일자의 내검에서 더 이상 봉개 된 소방은 존재하지 아니하는 것으로 나타나, 봉군 내 여왕벌의 산란에 의한 성충의 탄생은 중지되었으나, 잔류 일벌들에 의한 헛왕대 설치 등은 계속 발견되었으며, 잔류 꿀벌들의 봉군유지 노력은 계속됨을 확인할 수 있었다. (그림 235).



그림 237 여왕망실에 따른 변성왕대 설치

특이 사항은 5월 11일 봉개율의 저하, 5월 18일 봉개 된 소방이 발견되지 않음에서 불구하고 5월 25일까지 봉세의 감소가 크게 보이지 않는다는 점이다. 역봉의 수명이 춘하기에 1-2개월임

점을 감안하면 봉세의 감소가 즉각적인 환경변화로 나타나지는 않는 것으로 사료된다.

한편, 다음의 그래프들은 본 과제에서 해당 별통에 설치한 센서들에 의한 정보를 종합한 것으로, 5월 16일부터 6월 6일까지 20일간의 기록한 것으로서, 센서에서 측정된 온도의 변화는 일교차에 의한 온도변화와 시간적으로 일치되는 것이나, 봉군의 자체 발열에 의한 보온 효과를 그대로 보여 주고 있었다. 5월 21일 전의 온도는 30°C - 35°C의 온도 범위를 정확히 유지하고 있으나, 5월 21일부터 5월 27일까지 온도는 일중 최저기온이 30°C 이하로 떨어지고 있으며, 이후 최저기온이 30°C이상으로 나타났다. 6월 2일 이후부터 일교차에 의한 변화가 미약한 것으로 나타나고 있는데, 이에 대한 해석은 보다 많은 자료의 수집으로 가능해 질 것이다. 이런 일교차에 의한 영향 감소는 봉군 내 어떤 이벤트가 발생된 것이라 추측된다. 또한 습도%의 변화도 5월 21일부터 5월 27일까지가 이를 전후한 시기와 분명한 차이를 보이고 있다. CO₂ ppm의 변화에서도 5월 21일부터 5월 27일까지가 이를 전후한 시기와 분명한 차이를 보이고 있으나, 이 역시 어떤 척도로 사용하기에는 아직 자료가 부족하며, 6월 2일 이후(감염 33일 차) 큰 일간 변화가 일어난 것은 아직 해석되지 못하고 있다. NH₃ mV와 H₂S ppm의 변화는 질병징후의 센서로써 기대되었던 것이나, 여왕벌 치사의 본 실험에서 분명한 여왕벌 망실의 척도로의 조기 감지기능은 보여주지 못한 것으로 판단된다. 이런 수준의 증가가 본 실험 특유의 여왕벌 망실에 대한 특이사항인지, 단순히 센서의 정량적 측정의 오류인지는 별도실험을 통하여 밝혀야 할 것이다. Sound mV의 변화는 본 실험에서 특이 사인을 보여주지 못하였다.

B5(7DD5)

기간 : 2014-05-16 ~ 2014-06-06 검색 접기

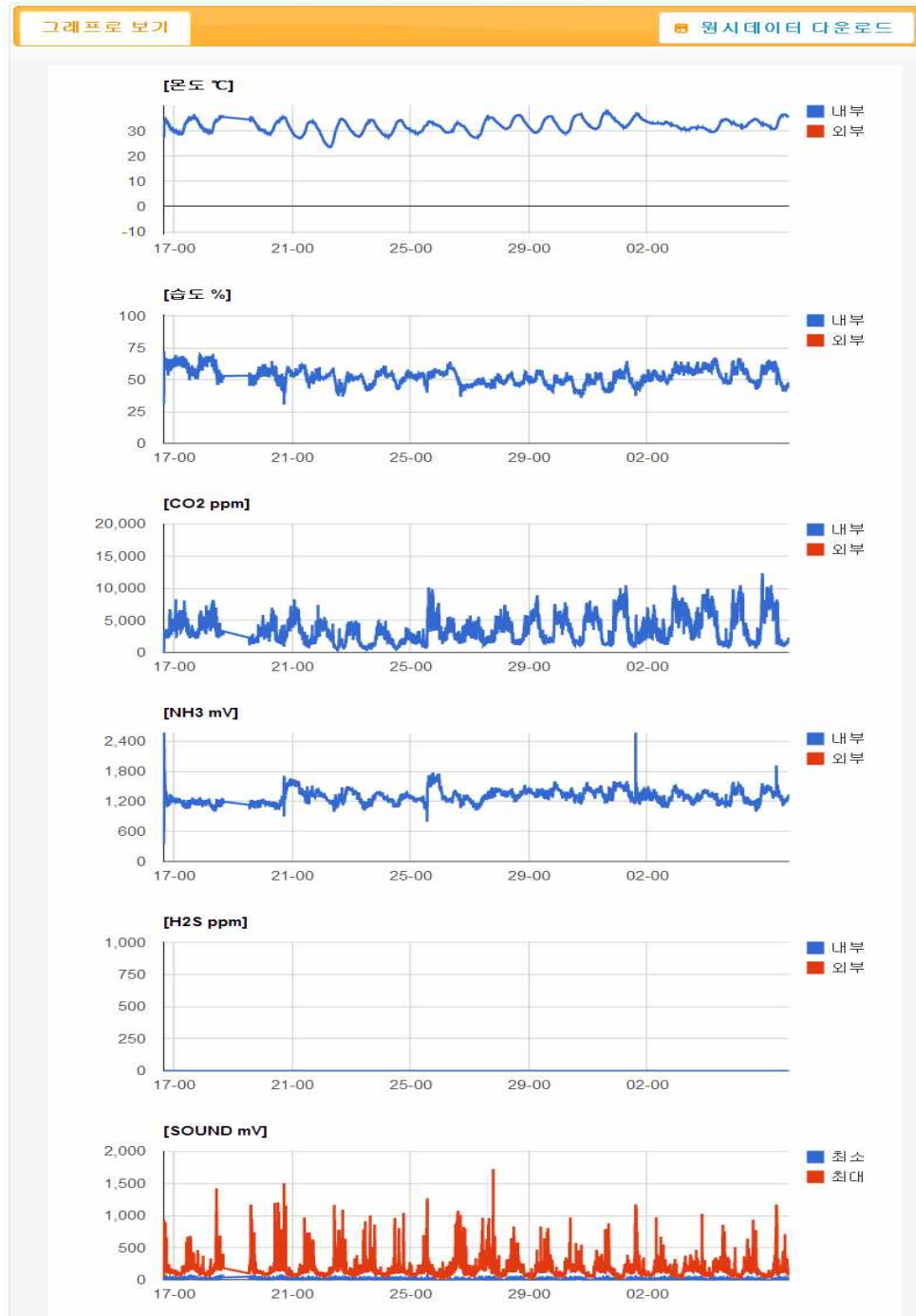


그림 238 무왕군의 경우에도 잔류역봉에 의하여 즉각적인 내부환경변화는 감지되지 않는다.

(5) 유밀기 저밀상태에 따른 신호변화

제주지역 양봉시험장의 경우는 일반적으로 4월 중순에 유채꽃과 벚꽃꿀 반입이 확인되었으며, 5월 20일경에 밀감꿀 반입이 시작되었다. (숙련된 양봉가의 자문 협조에 의한 판단) 이후 순차적으로 때죽나무꿀이 반입되었으나 밀원의 특성상 다양한 유래의 꿀이 혼합되어 반입되는

경향을 보였으며 밀원들의 꿀은 함량을 달리하며 섞이는 것으로 사료되었다. 그림 237은 7번군에서의 2015년 5월 1일부터 6월 1일 간의 센서 신호값을 나타내 것이다. 5월 4일부터 닥친 한파가 있었으며, 이의 영향은 사육상 내부의 온도저하에 반영되었다. 이 후의 신호들에서 유밀의 특별한 징후를 찾아보기 어려웠다. 다만, 본격 유밀이 시작되기 시작한 11일 이후 소음의 증가가 약 4일간 관찰되었는데, 이것이 유밀의 증거와 연관되는가의 여부는 단정하기 어려웠다. 그러나, 야간에 사육상 곁에서 발생하는 소음은 인간의 청력으로도 상당한 수준으로 들리는 점을 생각할 때, 양봉소음을 측정하기 위한 적절한 규격의 센서가 필요할 것으로 판단되며, 유용하면서도 합리적인 가격대의 집음센서의 조치가 필요할 것으로 사료되었다.

한편, 이시기에 저울에 나타난 사육상 중량의 변화를 그림 238에 나타내었다. 실험적으로 설치한 사우나용 체중계에 7번군 사육상을 올려놓은 후 신호전송 장치를 부착하여 무게의 변동을 조사해 보았다. 결과를 요약하자면, 월동기 이후 줄곳 감소하던 중량은 2015년 5월 5일 이후부터 감소경향을 멈추었고, 8일부터 증가하기 시작하여 14일 이후 23일까지 급격한 증가를 보였다. 이 후, 6월 6일까지 미약한 감소를 보이다 다시 증가하였으며, 주 유밀기 정도는 아닌 정도이나 지속적인 증가와 정체를 반복하였다. 만일, 증가가 확인 된 시점부터 정체의 시점까지의 유밀분을 수확하였다면 약 12kg 정도에 해당한다. 그러나, 경험과 내검에 의하여 실제로 정리채밀한 시점은 약 1주일 지체된 5월 16일이었으며, 본 채밀도 이미 소모분이 유입되는 양보다 많았던 5월 30일로서 전체 채밀량은 약 7.5 kg이었다. 결과적으로 4.5 kg 즉, 약 40%의 손실이 있었다. 이러한 내용은 양봉가의 생산성에서는 매우 중대한 손실이라고 판단된다.

한편, 국내의 밀원식물 분포와 개화시기는 지역에 따라 다르겠지만, 제주지역의 시험양봉장의 경우는 보고시점인 8월 15일까지의 유밀상황은 약 2주의 기간을 제외하면 지속적으로 넥타가 유입됨을 확인 할 수 있었다 (그림 239). 이는 일반적으로 제시된 기간과 (그림 240) 차이를 나타내고 있다. 따라서, 중량의 원격모니터링이 이루어진다면, 지역에 따라, 해당연도에 따라, 채밀의 시기를 정밀하게 조절할 수가 있을 것이며, 양봉농가의 생산성의 획기적인 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

양봉장-[별통기](7DDD)

기간 : 2015-05-01 ~ 2015-06-01 🔍 검색 📄 접기

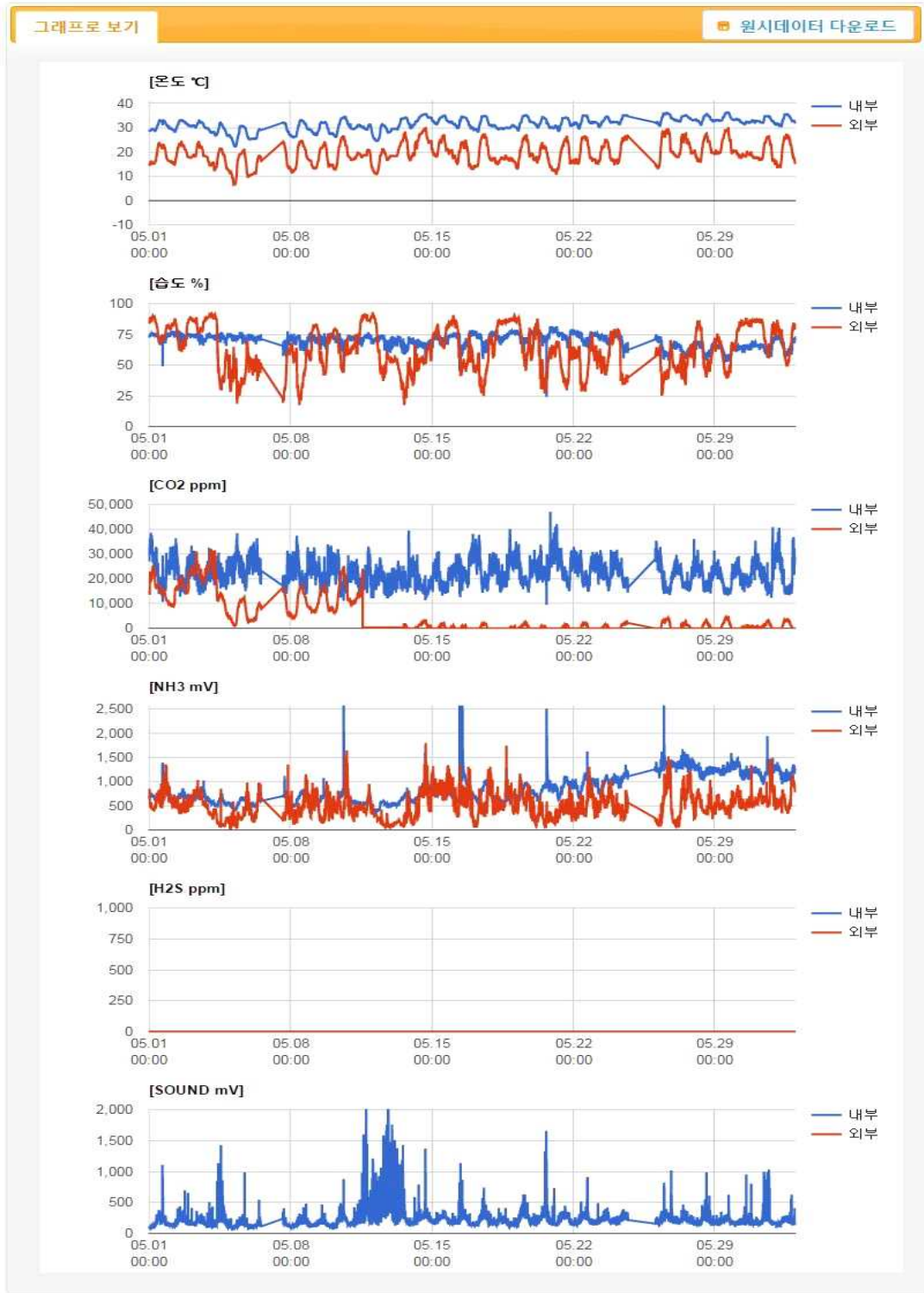


그림 239 유밀기의 제주지역 강군에서의 내부신호.



그림 240 주 유밀기에서의 사육상 무게변화. 초기 유밀의 개시를 감지할 수 있음.

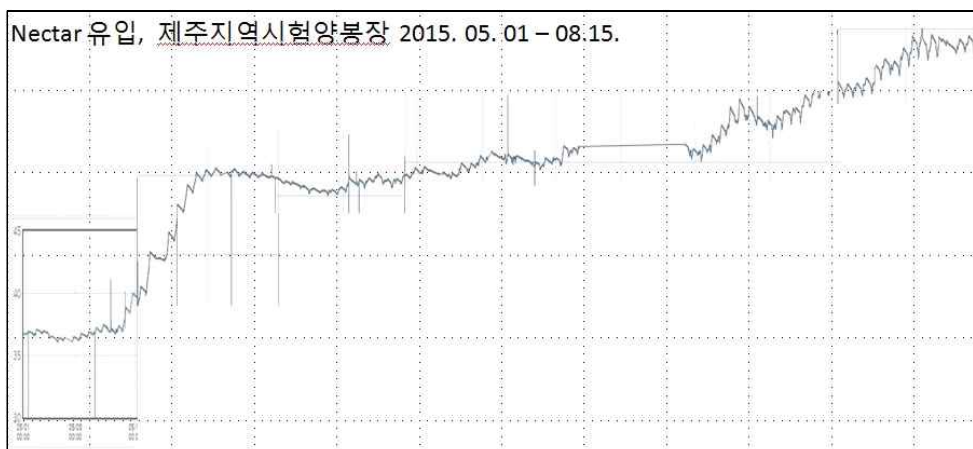


그림 241 유밀기의 사육상무게변화. 5월 이후 지속적인 유밀이 관찰됨

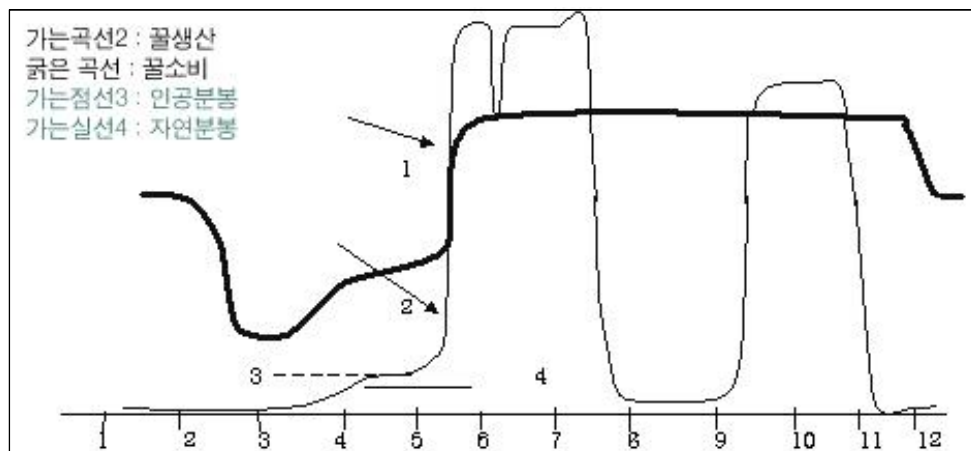


그림 242 일반적으로 제시된 우리나라에서의 유밀기 패턴

제주도를 제외한 국내의 경우, 아카시아꿀은 단일 밀원의 꿀로 국내 최대의 생산량을 보이고 있으며, 또한 가장 고가에 거래되고 있는 품목이다. 대다수 국내 양봉가는 아카시아꿀의 최대 생산을 위하여 봄벌 양성 등 년중 양봉관리를 맞추고 있으며 아카시아철 이전에 최강군을 만들어 이를 채밀용 봉군으로 사용하고자 노력하고 있다. 사실, 최강군 10군이 채취한 꿀의 생산량은 약소군 100군의 생산량을 넘어서는 것으로 알려져 있으며, 강군/약군의 구분은 과학적, 효율적 양봉관리를 위하여 매우 필요하다.

수원지역에서 행한 본 실험은, 이를 결과적으로 중군, 강군, 최강군으로 나뉘어진 3가지 봉군의 봉군 내 상황을 분석하여 중군, 강군, 최강군을 본 과제의 센서가 쉽게 감지하고 인지할 수 있는지를 알아보려 기획하였다. 본 실험을 위하여, 2014년 충청북도 괴산에서 입수된 봉군들을 사용하였으며, 모두 질병감염을 위한 유전자 검사를 시행하였고, 실험목적에 맞는 봉군들을 선발하였다.

(가) 봉세가 중군인 봉군들에 대한 봉세변화 및 센서의 기능 분석

중군인 봉군의 선발일시는 5월 1일이었으며, 대상 봉군은 당시 중군으로 분류될 수 있는 6매 소비의 단상 봉군이며, 품종은 충북 괴산의 양봉장에서 분양받았다. 5월 1일 당시 6매 단상의 대상 봉군은 봉세 450%로 측정되었으며, 봉개는 중앙 3, 4에 좌우 균등으로 분포하였고, 봉개율은 110 %로, 저장율은 100 %로 측정되었다.

표 60 중간 봉세의 봉군(실험군 C2)의 봉세, 봉개율, 저장율 변화.

일시	봉세	봉개	저장먹이	비고
5/1	450	110	100	단상(6) -봉개는 하3,4번째 약
5/11	570	25	200	단상(6) -봉개는 하2,3,4번째 미약
5/18	470	210	200	단상(6) -봉개는 하2,3,4번째 강
5/22	490	260	200	단상(6) -봉개는 하2,3,4번째 강
5/26	940	430	340	계상(4/6) -봉개는 하2,3,4번, 상하 1, 2번에서 강

선발 후 11일차의 내검에서 봉개율은 크게 저하된 것을 관찰할 수 있었으나, 18일자의 내검에서 봉개율은 크게 증가된 것으로, 이후 계속 증가되는 것으로 나타남났다. 5월 11일의 내검에서 봉개율이 크게 저하된 것으로 나타난 것은, 선발일시(5/1) 즈음에 여왕벌이 산란을 중단하지 않았으나 추측하게 되며, 이후 회복된 것으로 해석할 수도 있다. 봉세율과 봉개율의 시간차를 보여주는 예라 할 것이다. 한편, 다음의 그래프들은 본 과제에서 해당 벌통에 설치한 센서들에 의한 정보를 종합한 것으로, 5월 16일부터 6월 6일까지 20일간의 기록이다. 센서에서 측정된 온도의 변화는 일교차에 의한 온도변화와 시간적으로 일치되는 것이나, 봉군의 자체 발열

에 의한 보온 효과를 그대로 보여 주고 있다. 측정 구간의 온도는 30°C - 35°C의 온도 범위를 정확히 유지하고 있으나, 5월 22일, 5월 27일의 최저 온도는 30°C 이하로 떨어진 것이 관찰되었다. 또한 6월 2, 3, 4일의 온도변화는 일교차와 무관한 것으로 관찰되며, 이런 신호에 주목할 필요가 있을 것이다. 또한 습도의 변화는 일반적으로 50%-70%의 범위에서 일교차를 반영하고 있으며, 이 역시 6월 2, 3, 4일의 온도변화는 일교차와 무관한 것으로 관찰되며, 이런 신호에 주목할 필요가 있다. CO₂ ppm의 변화에서도 일반적으로 1,000ppm-10,000ppm의 범위에서 일교차를 반영하고 있으며, 이 역시 6월 2, 3, 4일의 CO₂변화는 일교차중 최하점이 3,000ppm으로 나타나 주목할 필요가 있을 것이다. NH₃ mV와 H₂S ppm의 변화는 질병징후의 센서로써 기대되었던 것이며, 중군의 특징을 보려한 본 실험에서는 분명한 특이성의 감지기능을 보여주지는 못하였다. 다만, NH₃ mV의 경우 600 mV의 수준을 지속적으로 유지하고 있었고, H₂S ppm의 감지에 있어 전혀 signal이 포착되지 않고 있다. Sound mV의 변화도 본 실험에서 특이 사인을 보여주지 못하였다.

C2(7DDE)

기간: 2014-05-16 ~ 2014-06-06

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드



그림 243 중세 봉군의 유밀기 신호패턴

(나) 봉세가 강군인 봉군들에 대한 봉세변화 및 센서의 기능 분석

강군인 봉군의 선발일시는 5월 1일이었으며, 대상 봉군은 당시 강군으로 분류될 수 있는 8매 소비의 단상 봉군이며, 품종은 충북 괴산의 양봉장에서 분양받았다. 5월 1일 당시 8매 단상의 대상 봉군은 봉세 1150%로 측정되었으며, 봉개는 중앙 2, 3, 4에 좌우 균등으로 분포하였고,

봉개율은 220 %로, 저장율은 310 %로 측정되었다.

표 61 강제 봉군(실험군 C1)의 봉세, 봉개율, 저장율 변화.

일시	봉세	봉개	저장덕이	비고
5/1	1150	220	310	단상(8) -봉개는 2, 3, 4번째 약
5/11	1215	5	270	계상(4/6) -봉개는 하3번째 미약
5/18	1200	15	230	계상(3/6) -봉개는 하3, 상 1, 2번째 미약
5/22	1200	15	230	계상(3/6) -봉개는 하3, 상 1, 2번째 미약
5/26	1400	445	490	계상(7/6) -봉개는 상하 6매에서 강

선발 후 11일차의 내검에서 봉개율은 크게 저하된 것을 관찰할 수 있었으며, 이는 18일, 22일차의 내검에서도 같은 경향을 보였다. 그러나 5월 26일의 내검에서 봉개율은 크게 급증된 것으로 나타났다. 5월 11일의 내검에서 봉개율이 크게 저하된 것으로 나타난 것은, 선발일시(5/1) 즈음에 여왕벌이 산란을 중단하지 않았으나 추측하게 되며, 이후 회복된 것으로 해석할 수도 있다. 이런 산란중단은 5/18과 5/22의 봉세(착봉율)에서 그대로 초기 봉세가 유지되는 것으로 측정되었으며, 봉세율과 봉개율의 시간차를 보여주는 예라 할 것이다. 한편, 다음의 그래프들은 본 과제에서 해당 벌통에 설치한 센서들에 의한 정보를 종합한 것으로, 5월 16일부터 6월 6일까지 20일간의 기록한 것이다. 센서에서 측정된 온도 $^{\circ}\text{C}$ 의 변화는 일교차에 의한 온도변화와 시간적으로 일치되는 것이나, 봉군의 자체 발열에 의한 보온 효과를 그대로 보여 주고 있다. 측정 구간의 온도는 30°C - 35°C 의 온도 범위를 정확히 유지하고 있으나, 중군(실험군C2)의 그것보다는 2°C 이상 최하온도 및 최고온도가 높은 것으로 관찰되었다. 이는 온도범위에 대한 정밀 분석이 요구되는 상황으로 판단되며, 정확한 봉세측정에 온도센서가 유용할 것으로 사료된다. 또한 중군(실험군C2)의 온도변화에서도 나타난 6월 2, 3, 4일의 온도변화는 강군에서도 같은 패턴으로 일교차와 무관한 것으로 관찰되며, 아카시아 유밀시점이 아닌가 추측하고 이 신호를 주목하고 있다. 또한 습도%의 변화는, 중군(실험군C2)의 경우처럼 50%-70%의 범위보다 낮은, 40%-60%의 범위를 보이며 일교차를 반영하고 있다. 이 역시 6월 2, 3, 4일의 온도변화는 일교차와 무관한 것으로 관찰되며, 이런 신호에 주목된다. 이런 신호는 어떤 척도로 사용하기에는 자료가 부족하며, 온도의 경우와 같이 빈 벌통에 같은 센서를 설치하여, 그 차이를 보정하는 등의 분석이 필요할 것이다. CO_2 ppm의 변화에서도 일반적으로 1,000ppm-10,000ppm의 범위에서 일교차를 반영하고 있으며, 이 역시 6월 2, 3, 4일의 CO_2 변화는 일교차중 최하점이 3,000ppm으로 나타나 주목할 필요가 있다.

NH_3 mV와 H_2S ppm의 변화는 질병징후의 센서로써 기대되었던 것이며, 중군의 특징을 보려 한 본 실험에서는 분명한 특이성의 감지기능을 보여주지는 못하였다. 다만, NH_3 mV의 경우 600 mV의 수준을 지속적으로 유지하고 있었고, H_2S ppm의 감지에 있어 전혀 signal이 포착되지 않고 있었다. 한편, Sound mV의 변화도 본 실험에서 특이 사인을 발견하지 못하였음

C1(7F9E)

기간: 2014-05-16 ~ 2014-06-06 검색 접기

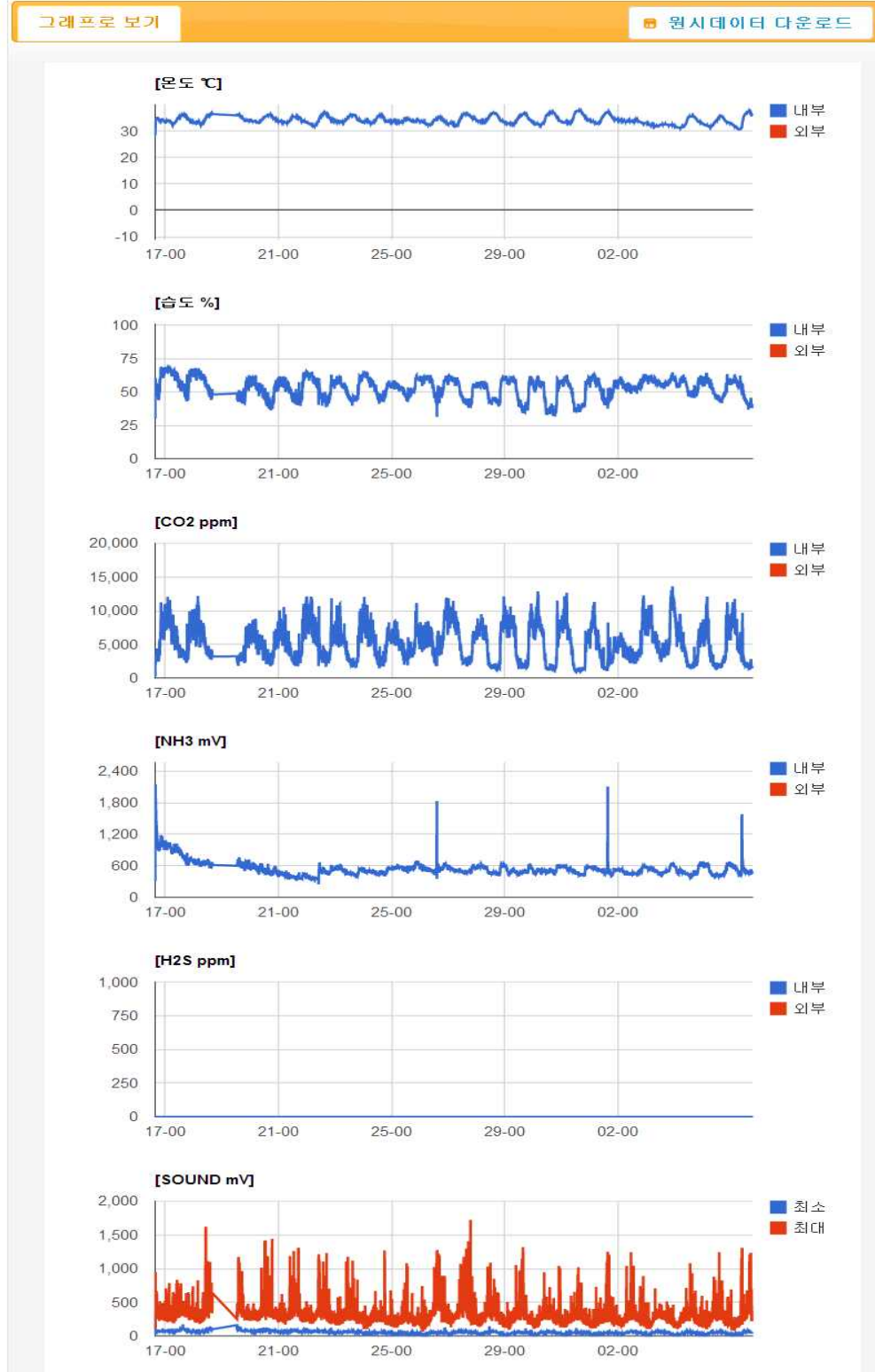


그림 244 강세봉군의 유밀기 신호패턴

(다) 봉세가 초강균인 봉군들에 대한 봉세변화 및 센서의 기능 분석

초강균인 봉군의 선발일시는 5월 1일이었으며, 대상 봉군은 당시 강군으로 분류될 수 있는

8매 소비의 단상 봉군이나 그 중 가장 우수한 봉세를 보인 것이었다. 품종은 타 봉군과 같이 충북 괴산의 양봉장에서 분양받았으며, 5월 1일 당시 8매 단상의 대상 봉군은 봉세 1310%로 측정되었으며, 봉개는 중앙 2, 3, 4에 좌우 균등으로 분포하였고, 봉개율은 360 %로, 저장율은 380 %로 측정되었다.

표 62 초강군(실험군 C3)의 봉세, 봉개율, 저장율 변화.

일시	봉세	봉개	저장먹이	비고
5/1	1310	360	380	단상(8) -봉개는 2, 3, 4번 모두 강. 좌우 균등
5/11	1560	570	220	계상(4/6) -봉개는 하6번 제외, 모두 강.
5/18	1860	810	400	계상(6/6) -봉개 하는 모두 강, 상의5,6번 강.
5/22	1960	680	680	계상(9/6) -봉개 하2는 0이며, 대부분 감소, 상5, 7번은 강.
5/26	2170	690	950	삼상(5/7/5) -봉개 하는 감소, 상의3, 4번 강. 3상의 3,4,5강

선발 후 11일차의 내검에서 봉개율은 크게 증가된 것을 관찰할 수 있었으며, 이는 18일자의 내검에서도 같은 경향을 보였다. 그러나 5월 22일, 26일의 내검에서 봉개율은 약간 감소된 것으로 나타났다. 그러나 봉세(착봉율)는 계속 지속적 증가를 보이는 것으로 나타났으며, 저밀율도 계속 증가되었음 한편, 다음의 그래프들은 본 과제에서 해당 벌통에 설치한 센서들에 의한 정보를 종합한 것으로, 5월 16일부터 6월 6일까지 20일간의 기록하였다. 센서에서 측정된 온도 °C의 변화는 일교차에 의한 온도변화와 시간적으로 일치되는 것이나, 봉군의 자체 발열에 의한 보온 효과를 그대로 보여 주고 있다. 측정 구간의 온도는 30°C - 35°C의 온도 범위를 정확히 유지하고 있으나, 중군(실험군C2)의 그것보다는 2°C이상 최하온도 및 최고온도가 높은 것으로 관찰되고, 강군(실험군 C1)보다도 약간 높은 경향을 보이고 있다. 이는 온도범위에 대한 정밀분석이 요구되는 상황으로 판단되며, 정확한 봉세측정에 온도센서가 유용한 척도가 될 것으로 기대된다. 또한 중군(실험군C2) 및 강군(실험군 C1)의 온도변화에서도 나타난 6월 2, 3, 4일의 온도변화도 본 초강군실험에서 같은 패턴으로 일교차와 무관한 것으로 관찰되며, 아카시아 유밀 시점이 아닌가 추측된다. 초강군에서 습도%의 변화는, 우선 일교차가 거의 나타나지 않는 패턴을 보이는 것이 주목됨. 이는 초강군의 온도변화에서도 미세하게 관찰되는 현상으로 일교차에 의한 영향이 초강군의 자체 온도 및 습도조절에 의해 차감되는 것으로 판단되었다.

습도의 범위는 거의 55%-65%에 포함되며, 이는 중군(실험군C2)의 50%-70% 범위, 강군(실험군 C1)의 40%-60%의 범위와 비교됨. 이 역시 6월 2, 3, 4일의 온도변화가 일교차와 무관한 것으로 관찰되는 것과 같이 습도에서도 초강군은 일교차의 영향이 무시되는 것으로 나타난다. 이런 신호는 최적의 봉군상태를 대변할 수 있는 바이탈사인으로 아직 자료가 부족하나 보다 지

속적이며 정밀한 분석으로 주목되어야 할 사인으로 판단된다. CO₂ ppm의 변화에서도 일반적으로 3,000ppm-10,000ppm의 범위에서 일교차를 반영하고 있으며, 이 역시 6월 2, 3, 4일의 CO₂변화는 일교차중 최하점이 5,000ppm으로 나타나 주목할 필요가 있음. NH₃ mV와 H₂S ppm의 변화는 질병징후의 센서로써 기대되었던 것이며, 강균의 특징을 보려한 본 실험에서는 분명한 특이성의 감지기능을 보여주지는 못하였다. 다만, NH₃ mV의 경우 400 mV의 수준을 지속적으로 유지하고 있었고, 일시적인 pick를 보이고 있으나 해석하기에는 매우 난해하다. H₂S ppm의 감지에 있어 전혀 signal이 포착되지 않고 있었다. 한편, Sound mV의 변화는, 일중 pick가 1,000 mV를 거의 매일 넘어서고 있었으나, 본 실험에서 6월 2, 3, 4일의 Sound변화는 일중 최고점이 500 mV 수준으로 나타나고 있다.

결론적으로, 유밀기 저밀상태의 유효신호는 사육상의 증량변화이며, 추후, 이를 위한 양봉용 전용증량측정기기의 개발이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

C3(7E80)

기간 : 2014-05-16 ~ 2014-06-06 검색 접기

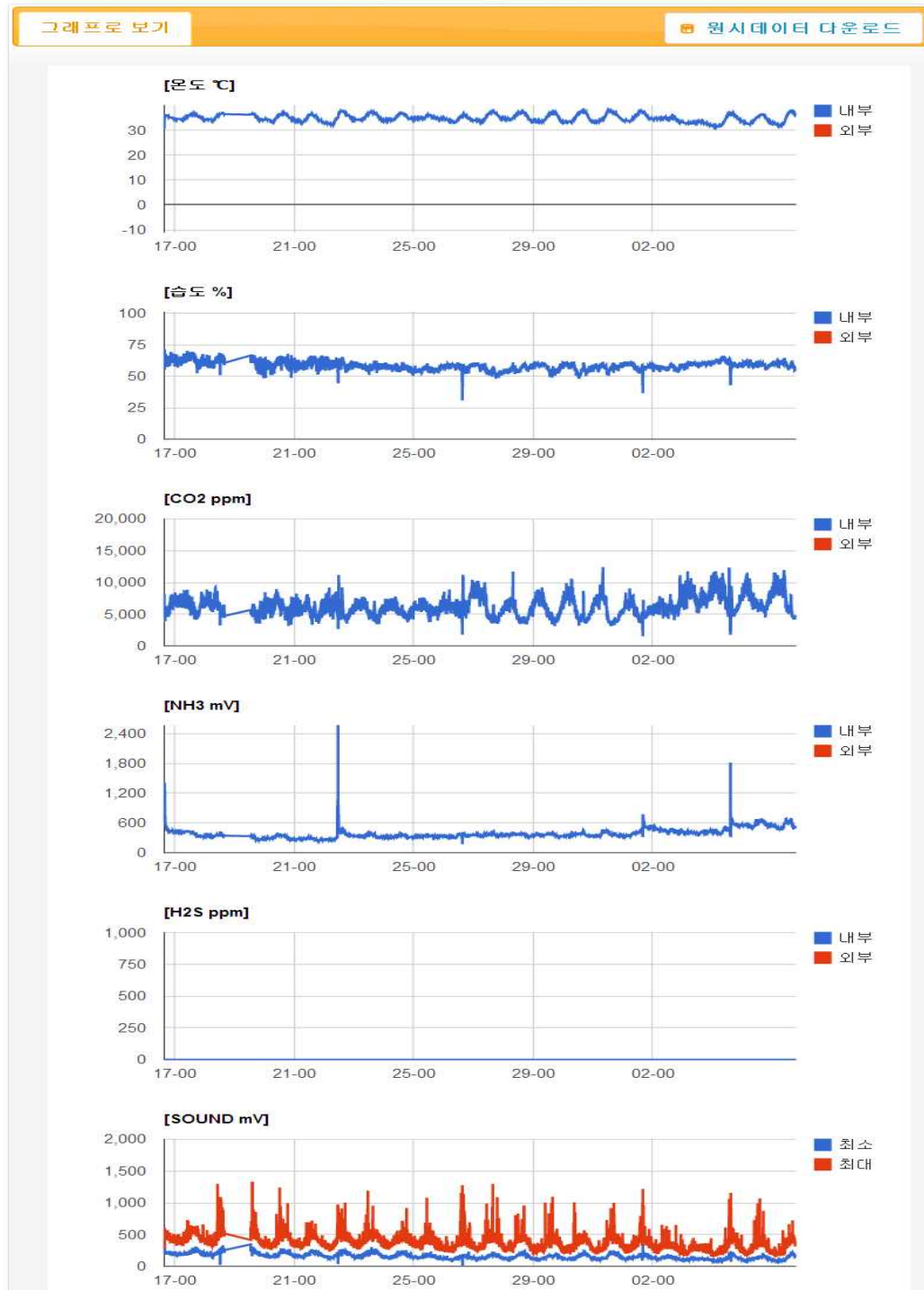


그림 245 초 강세 봉군에서의 유밀기 신호패턴

(6) 과잉노동 (인공 과사양시)에 대한 신호변화

아카시아 만개 시 등의 경우에는 매우 많은 량의 nectar가 유입된다. 이때에 벌들은 nectar의 운반, 수분건조 등의 작업을 야간에도 수행하는데, 이것은 벌의 입장에서는 과잉노동이 될 것이나 양봉가의 입장에서는 꿀의 유입에 관련하여 중요한 점검사항이다. 본 과제에서는 인위

적인 사양을 실시하여 비 활동시간인 야간에도 활동이 이루어지도록 조건을 조성하여 신호의 특이한 변화가 있을 것인가를 관찰하였다. 2014년 5월 2일 일몰시 약 2 L씩의 당액을 주입하여 신호의 변화와 당액의 잔류 정도 확인하였다. 1, 3번 봉군의 경우 2일 내에 당액을 모두 섭취하였으며, 2, 4번 봉군의 경우는 약 1/2정도가 잔류하였다. 그러나 결과적으로 주목할 만한 특이한 상황은 확인되지 않았다. 2번 봉군에서 일간 최저온도의 변화가 관찰되었으나, 이는 여왕벌의 망실에 따른 봉세의 약화에 의한 결과로 사료된다(그림 246, 247). 꿀 유입량의 중요성을 생각한다면, Load-cell 등을 응용한 사육상의 중량변화 실시간 점검 system의 개발이 필요할 것을 사료되며, 향후 이 용도의 양봉전용중량측정 기기의 개발을 고려하고 있다.

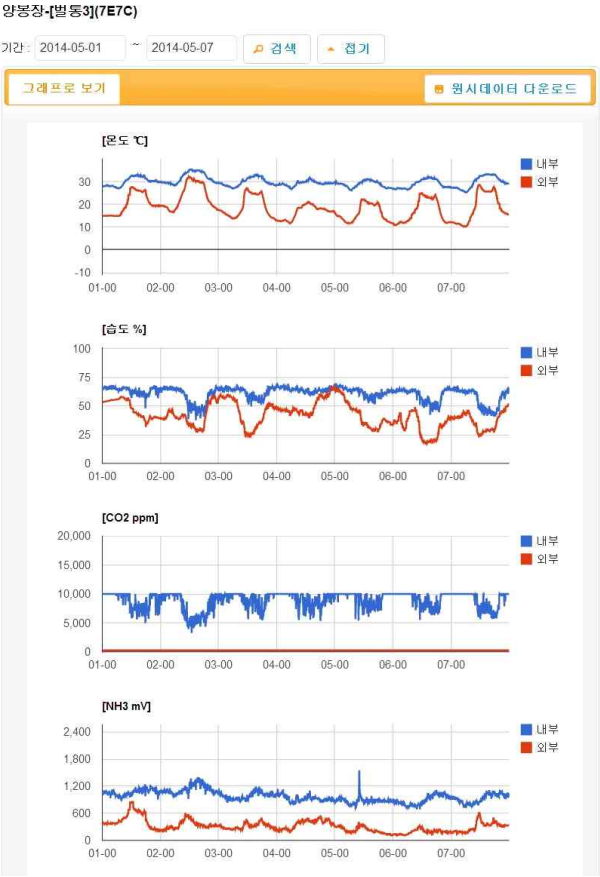
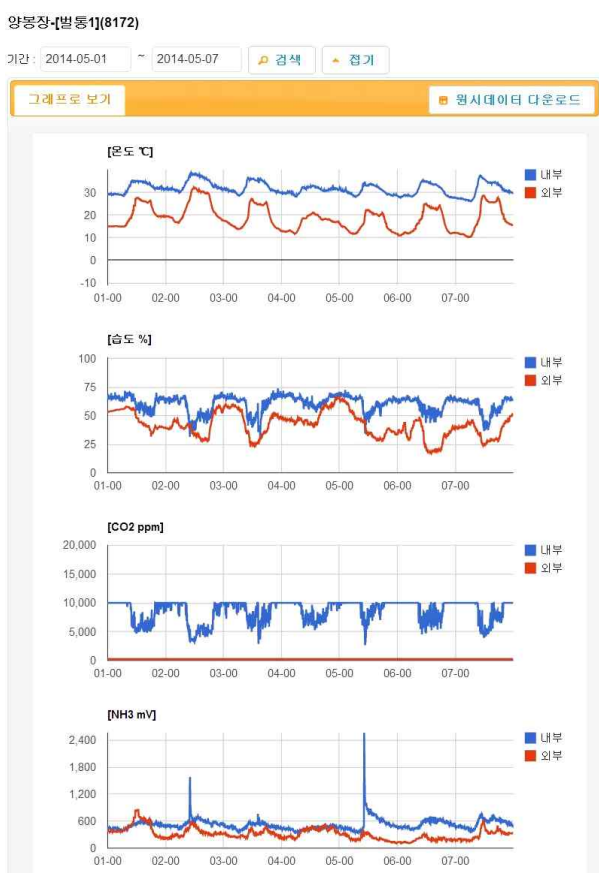


그림 246 정상적인 사양액 소비군의 신호패턴 그림 247 정상적인 사양액 소비군의 신호패턴

양봉장-[별동2](7E51)

기간: 2014-05-01 ~ 2014-05-07

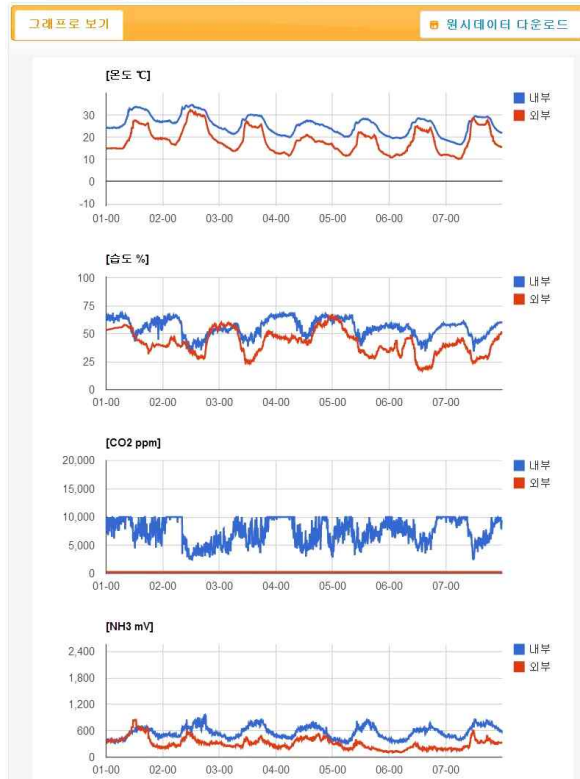


그림 248 사양액 소비 지연군의 신호패턴.

양봉장-[별동4](6CE6)

기간: 2014-05-01 ~ 2014-05-07

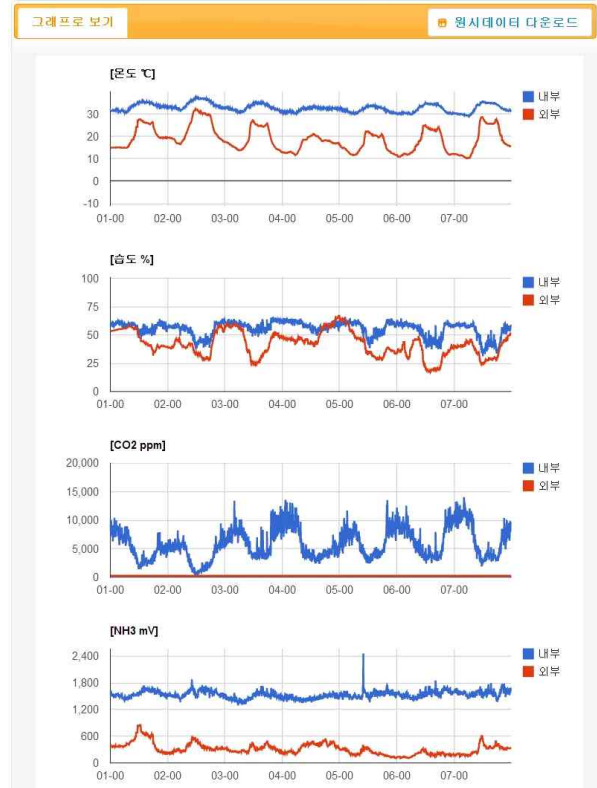


그림 249 사양액 소비 지연군의 신호패턴.

(7) 과채밀 및 무채밀에 따른 신호변화

2014년 6월 21일에 정리채밀을 하였으며, 31일에 전체 채밀 실시한 바, 정리채밀 및 전체 채밀에서 특이한 신호의 변화는 감지되지 않았다. 한편, 정리채밀은 2014.05.21. 15:00 - 19:00, 과채밀은 2014.05.31. 07:50분부터 시작하였으며, 이때 단상2번과 계상10번은 채밀하지 않은 채로 신호값의 변화를 비교하였다. 과채밀은 봉충소비까지 포함하여 실시하였으며, 과채밀을 실시한 1 및 3번 봉군과 실시하지 않은 2, 10 봉군을 비교할 때 특이한 차이점이 나타나지 않았음(그림 248-251)

그러나, 사육상 무게의 패턴을 보면, 정리채밀 (5월 16일), 소비의 주입 (5월 29일), 본채밀 (6월 15일)의 정보가 확연히 나타나고 있다. 특히, 일 중 넥타의 유입량 및 일일 아침까지의 농축량 (날개의 선풍에 의함)의 정보가 제시되어 유용한 판단기준이 되고 있다. (그림 252).

한편, 이러한 사육상 무게의 증가를 기준으로 분석한 제주 7번군의 신호는 넥타의 다량 유입이 시작된 2015년 5월 15일부터 23일까지 특히, 야간의 습도가 75%를 상회하는 것을 알 수 있었다. 이러한 까닭은 많은양의 넥타를 건조시키는 과정에서 습도의 상승이 이루어진 것으로 판단되었다. 다른 기간에도 다소의 넥타 유입에 따른 약 70%의 습도기록을 보였으나, 이는 선입견에 의한 판단일 수도 있다. 다만, 장마 기간임에도 불구하고 사육상 내부의 습도는 잘 조절이 되고 있음을 확인 할 수 있었다.

만일, 아카시아 개화기와 같은 폭밀기에는 습도의 상승이 매우 뚜렷할 것으로 판단되며, 이를 기준으로 채밀의 일정을 조정함에 유용한 정보가 될 것이다.

양봉장-[별동1](8172)

기간 : 2014-05-15 ~ 2014-06-04

검색

접기

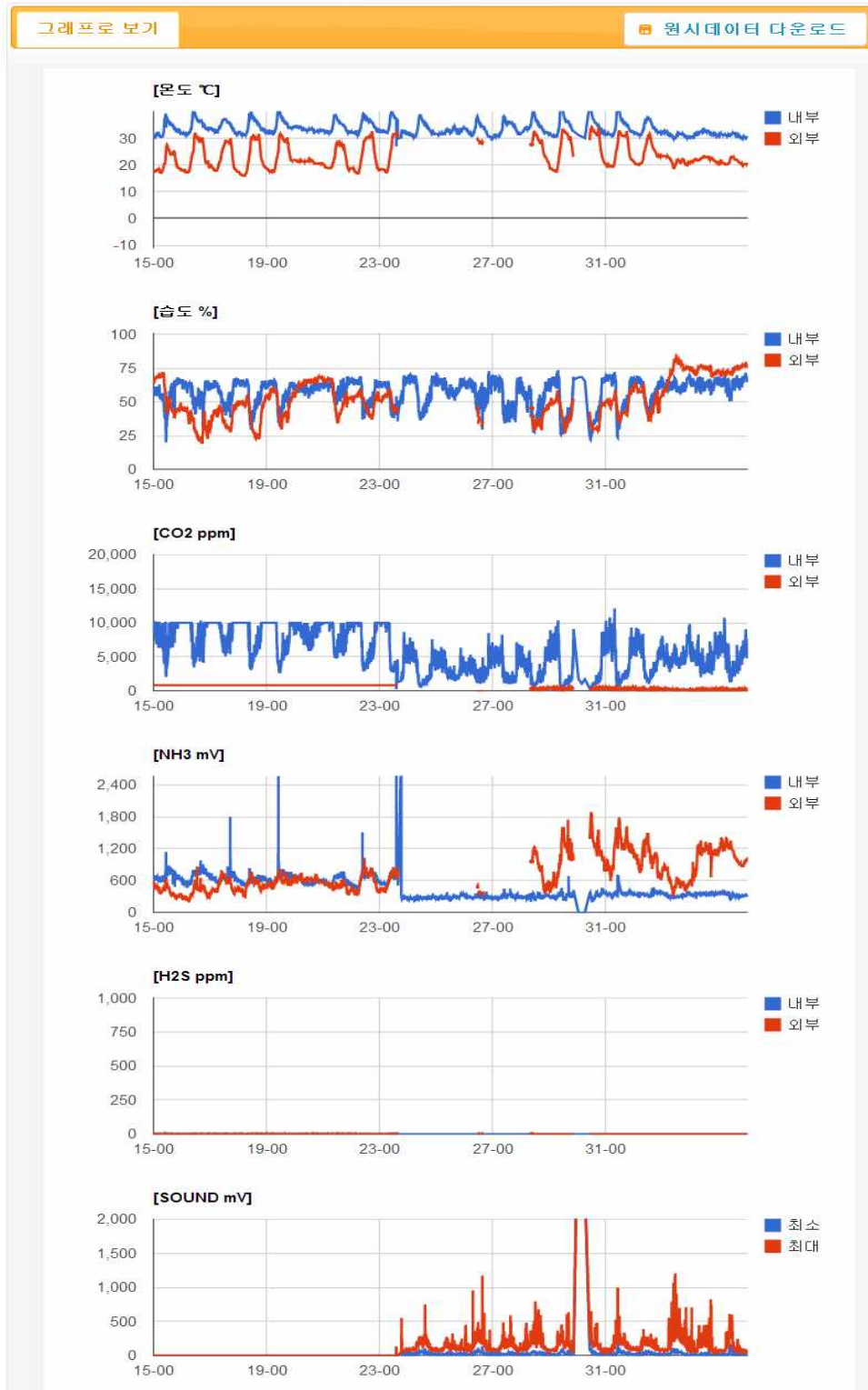


그림 250 과채밀을 실시한 봉군의 신호값. 신호값의 단절은 전원 연결의 단락에 의한 것이었다. 5월 24일에 센서의 교체를 실시하였으며, 이에 따른 일시적인 신호값의 큰 폭의 차이가 나타나고 있다.

양봉장-[별통3](7E7C)

기간: 2014-05-15 ~ 2014-06-04 검색 접기

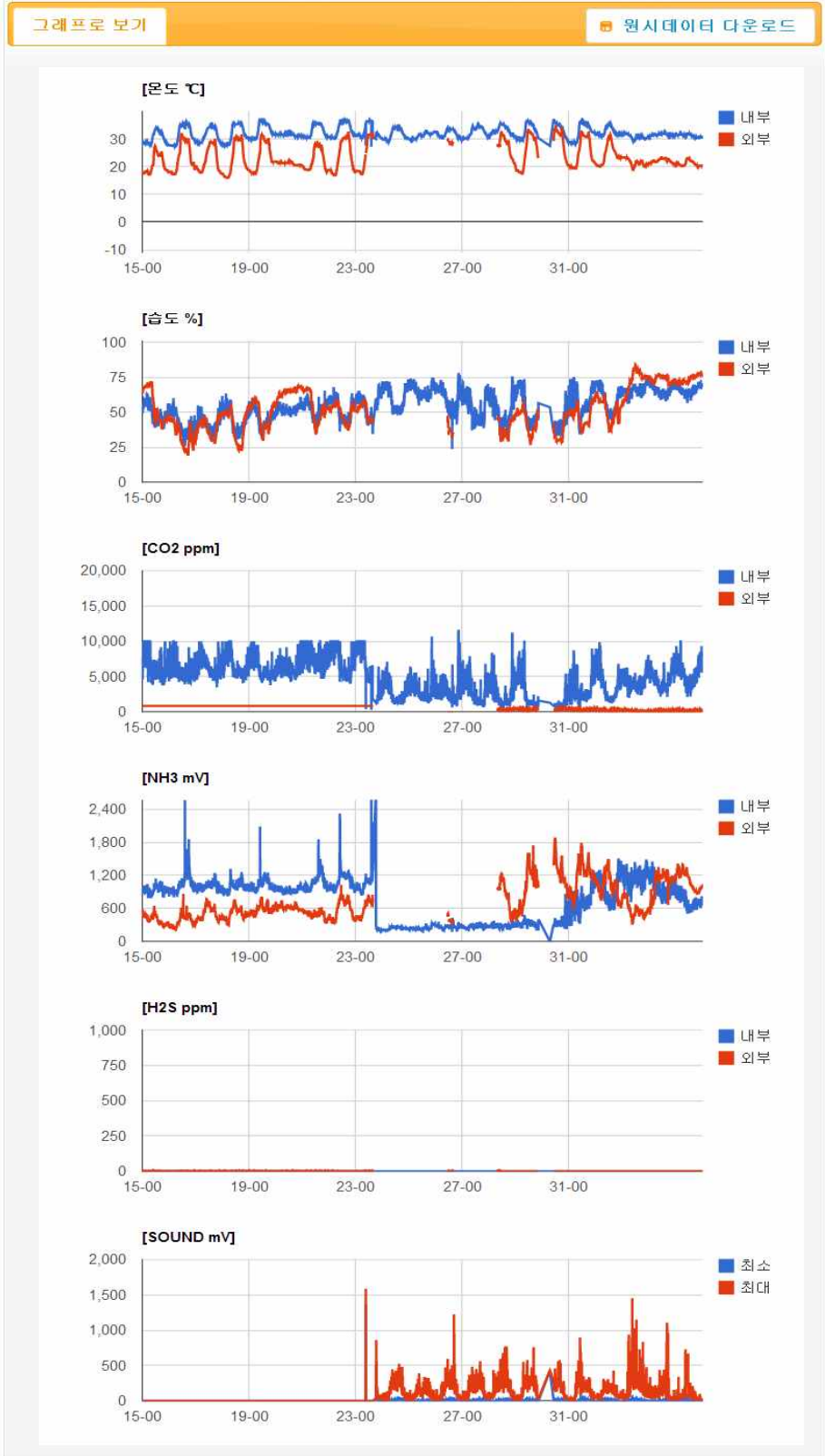


그림 251 과채밀을 실시한 봉군의 신호값. 신호값의 단절은 전원 연결의 단락에 의한 것이었다. 5월 24일에 센서의 교체를 실시하였으며, 이에 따른 일시적인 신호값의 큰 폭의 차이가 나타나고 있다.

양봉장-[별동2](7E51)

기간: 2014-05-15 ~ 2014-06-04

검색 | 접기

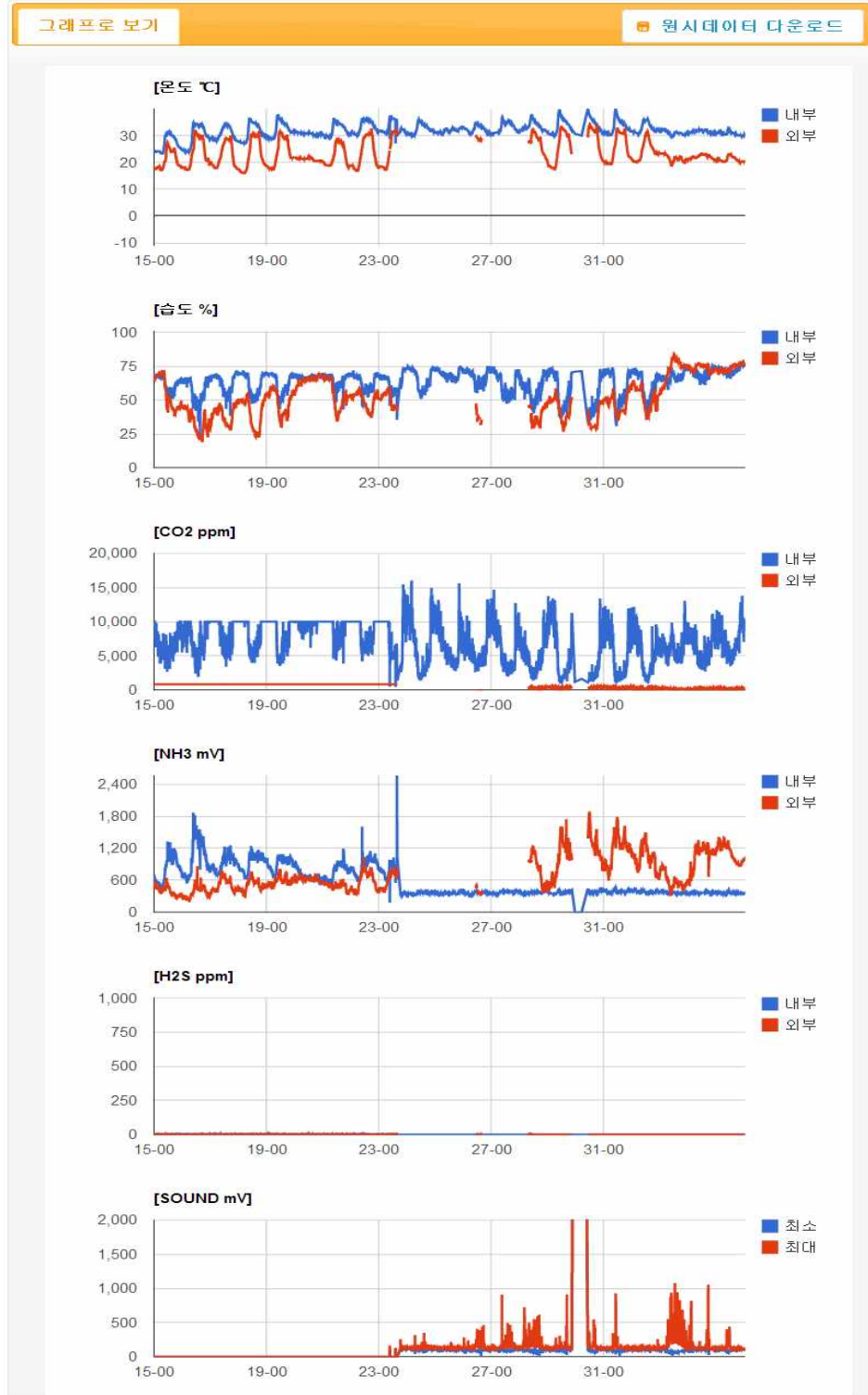


그림 252 과채밀을 실시하지 않은 봉군의 신호값. 신호값의 단절은 전원 연결의 단락에 의한 것이었다. 5월 24일에 센서의 교체를 실시하였으며, 이에 따른 일시적인 신호값의 큰 폭의 차이가 나타나고 있다

양봉장-[벌통10](816F)

기간 : 2014-05-15

~ 2014-06-04

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드

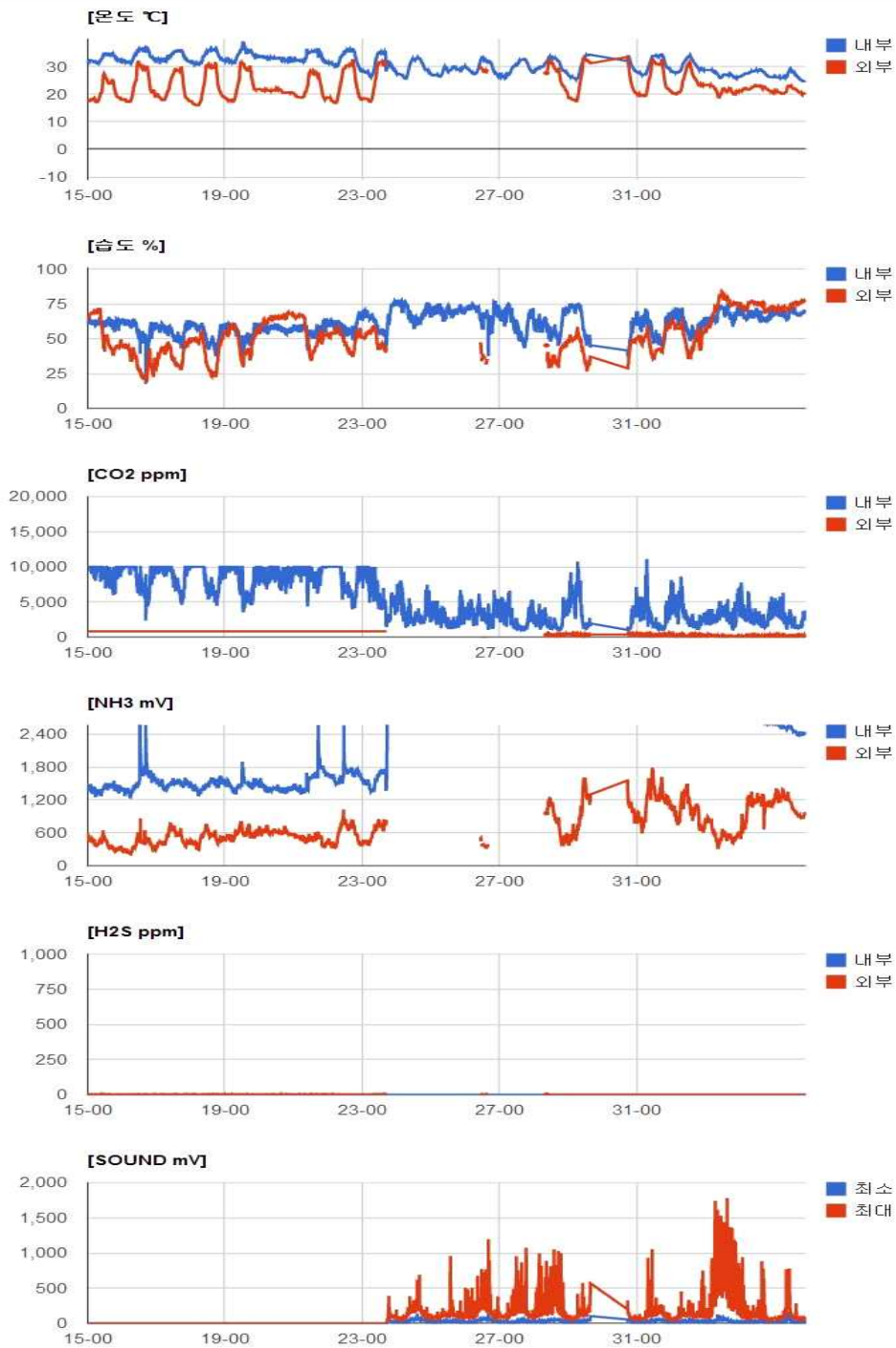


그림 253 10번 봉군의 경우는 봉군의 약화 현상이 관찰되고 있다.

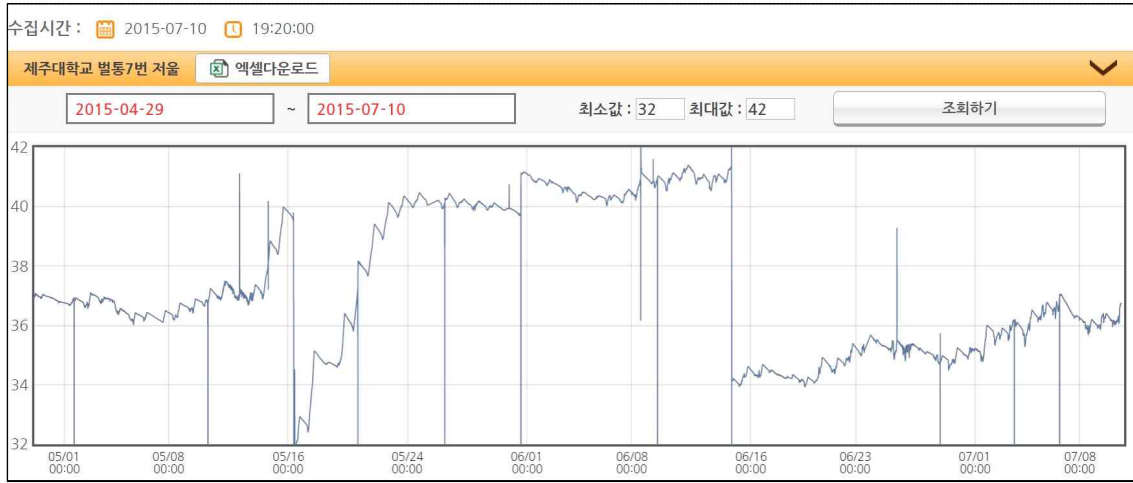


그림 254 제주지역 7번군에서의 사육상무게변화, 채밀, 정리채밀에 의한 일시적인 변화 포함.

양봉장-[벌통기](7DDD)

기간 : 2015-05-01 ~ 2015-08-26

검색 접기

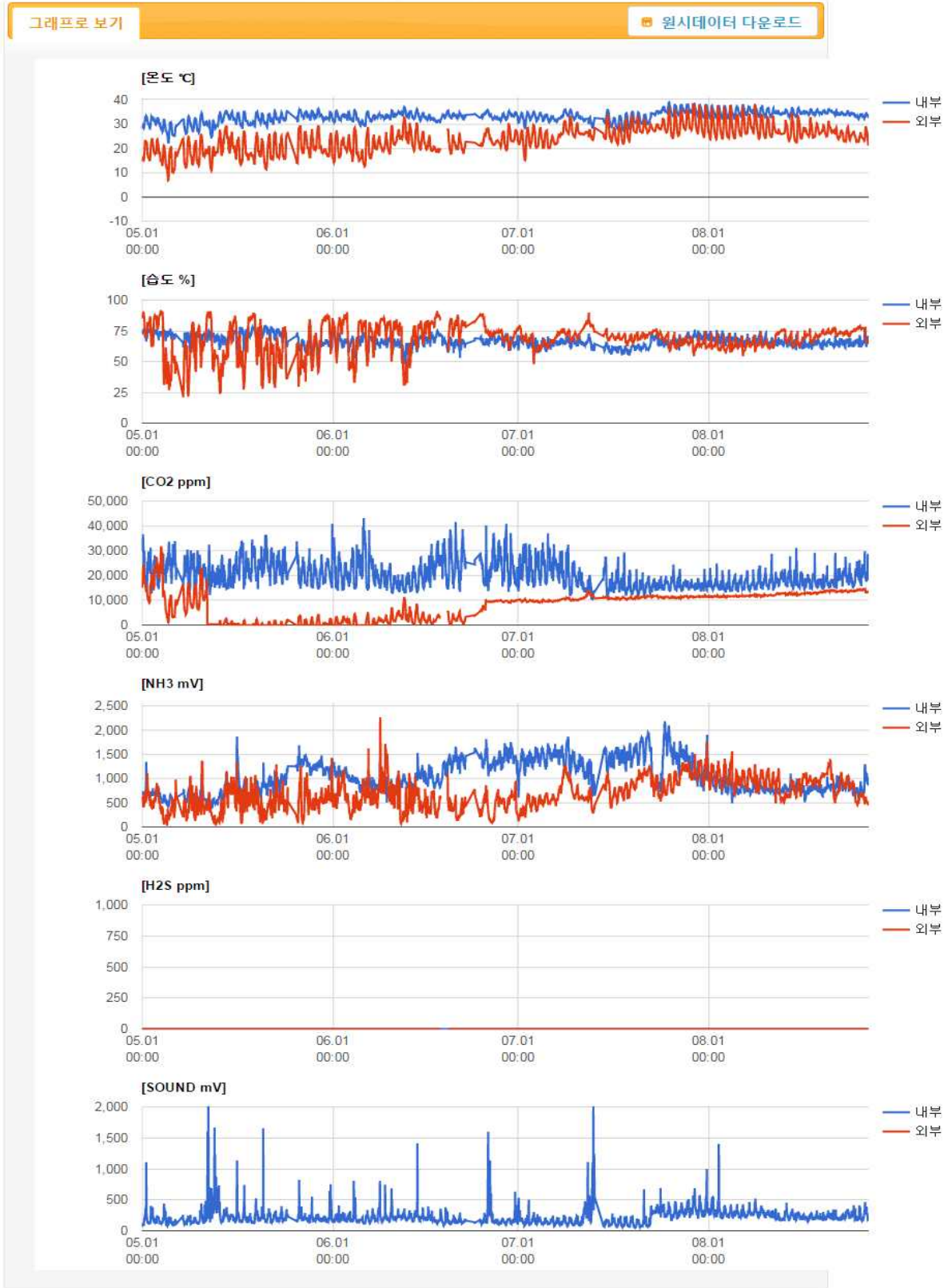


그림 255 다량 유밀기의 습도 상승, 75%를 상회, 소량의 유밀시에 의미있는 상승은 관찰되지 않음.

(8) 무밀기의 신호변화

생육활동기 중의 무밀기에, 생육에 필요한 정상 식량이 있을 경우에는 그림 x 에서와 같이 온도, 습도 및 기타 요소에서 특이한 신호를 활용하기 어렵다. 다만, 전체 사육상 무게의 정보는 양봉전용무게센서 기기의 적용이 요구된다. 한편, 실험적인 기아상태를 만들어 관찰 해 볼 수 있으나 이러한 조건은 일반적으로 운용되는 양봉에서는 얻어낼 가치가 없는 조치이며, 본 연구의 목적에도 벗어나는 사항이므로 무리한 수행을 시도하지 않았다.

(9) 월동식량 저장에 따른 신호변화

2013년 10월 15일부터 월동을 위한 자당급여를 시작하였다. 봉세로 판단하여 약군인 1 및 10 번 봉군과 강군인 2번 봉군을 비교하였을 때, 급여 초기의 온도 및 습도는 세력에 따른 전형적인 패턴으로 구분이 가능하였다. 그러나 약군의 경우 충분한 월동식량 급여에 따라 봉세가 호전된 것을 관찰할 수 있었으며, CO₂의 농도로 비교해 보았을 때도 사육상 내의 농도가 높아진 것은 별의 숫자가 증가하였다는 증거로 받아들일 수 있었다. 즉, 월동식량 급여에 따른 충분한 식량이 저장되어 생육조건이 호전된 것으로 사료된다. NH₃의 농도 관점에서는 의미를 찾을 수 없었음(그림 254-6). 결과적으로 월동식량 저장에 따른 단기간의 신호 변화는 나타나지 않았으나, 봉군의 세력이 호전되는 신호들이 약 10일 후부터 확인되었다.

양봉장-[별동1](8172)

기간 : 2013-10-15 ~ 2013-11-15

검색

접기

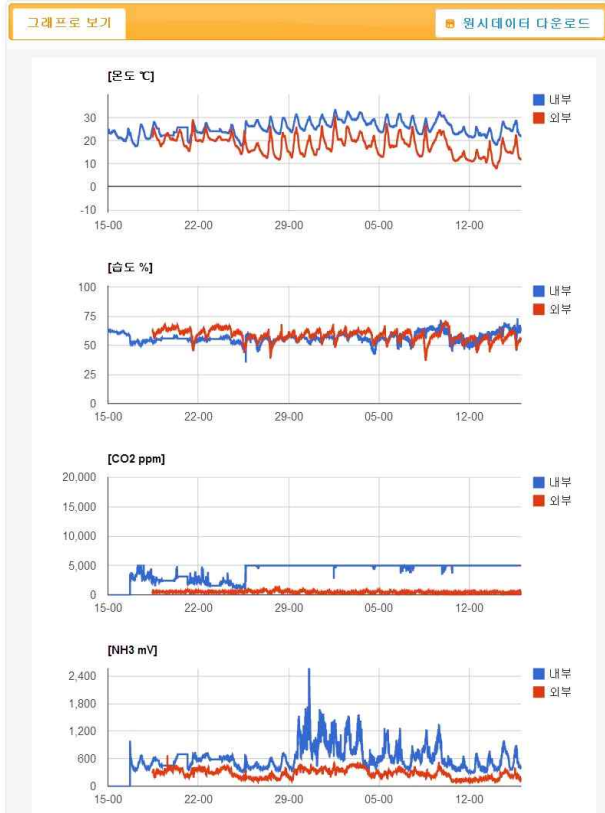


그림 256 월동사양 후의 약군의 신호.

양봉장-[별동10](816F)

기간 : 2013-10-15 ~ 2013-11-15

검색

접기



그림 257 월동사양 후의 약군의 신호

양봉장-[벌통2](7E51)

기간: 2013-10-15

~ 2013-11-15

🔍 검색

📄 접기

그래프로 보기

📄 원시대이터 다운로드

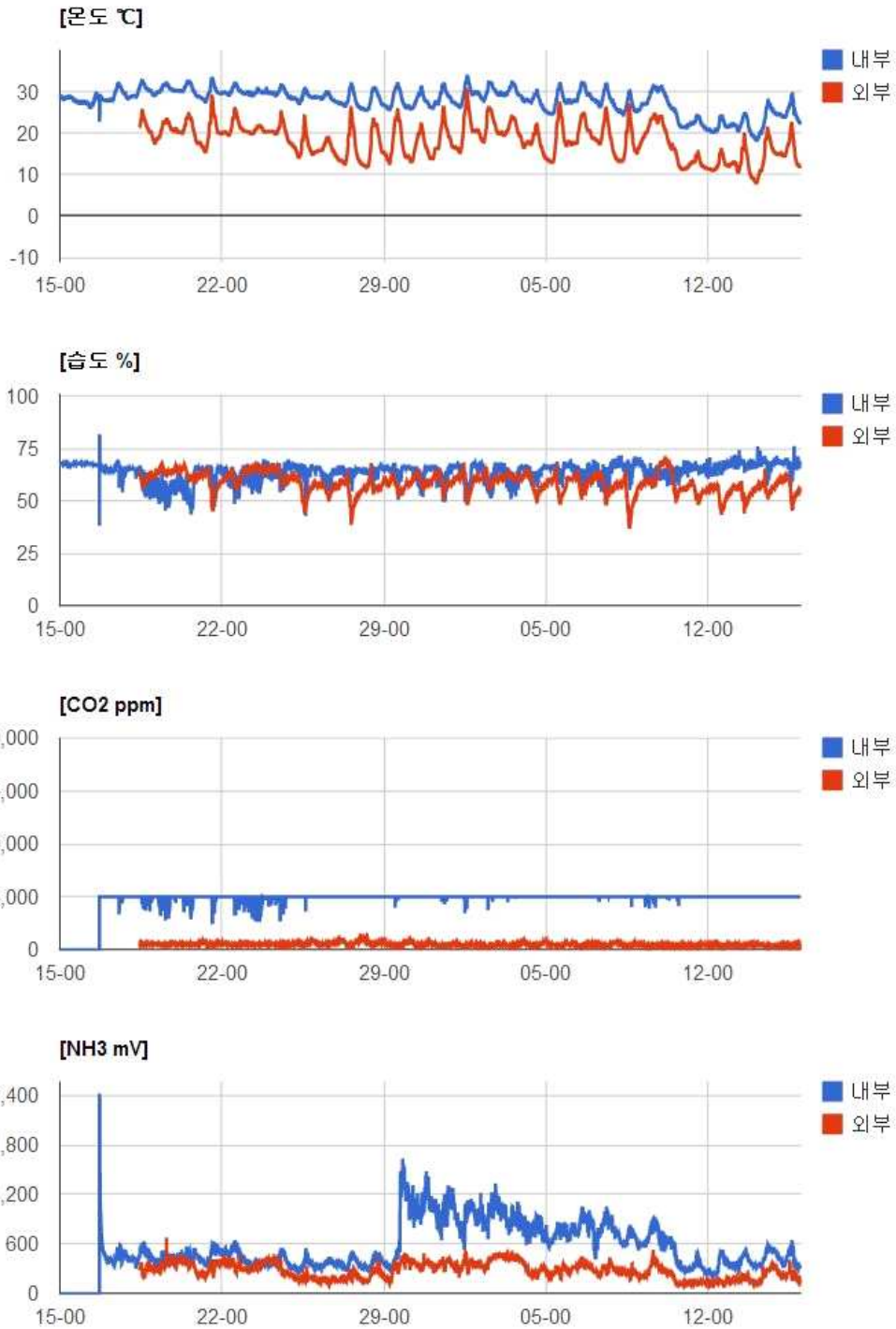


그림 258 월동사양 후의 정상군 2번 봉군의 신호패턴. NH3의 신호값 변동은 센서 교체에 따른 결과임

(10) 소비건설에 따른 신호변화

생육기에는 육아와 저밀을 위한 소비건설을 왕성하게 진행된다. 이러한 작업들에는 많은 에너지 소비가 수반되므로 사육상 내의 신호에도 변화가 있을 것으로 추측되었다. 또한 이를 위한 식량의 수집활동이 소비되어야 하므로 더욱 그러할 것이다. 그러나 그림 257-8에 나타난 것처럼 해당기간에 특이한 신호 변화는 구별되지 않았다. 결국 이는 육아, 저밀 등의 다양한 활동이 결국 봉군의 활동상황으로 종합적으로 표출되기 때문인 것으로 사료되었다.

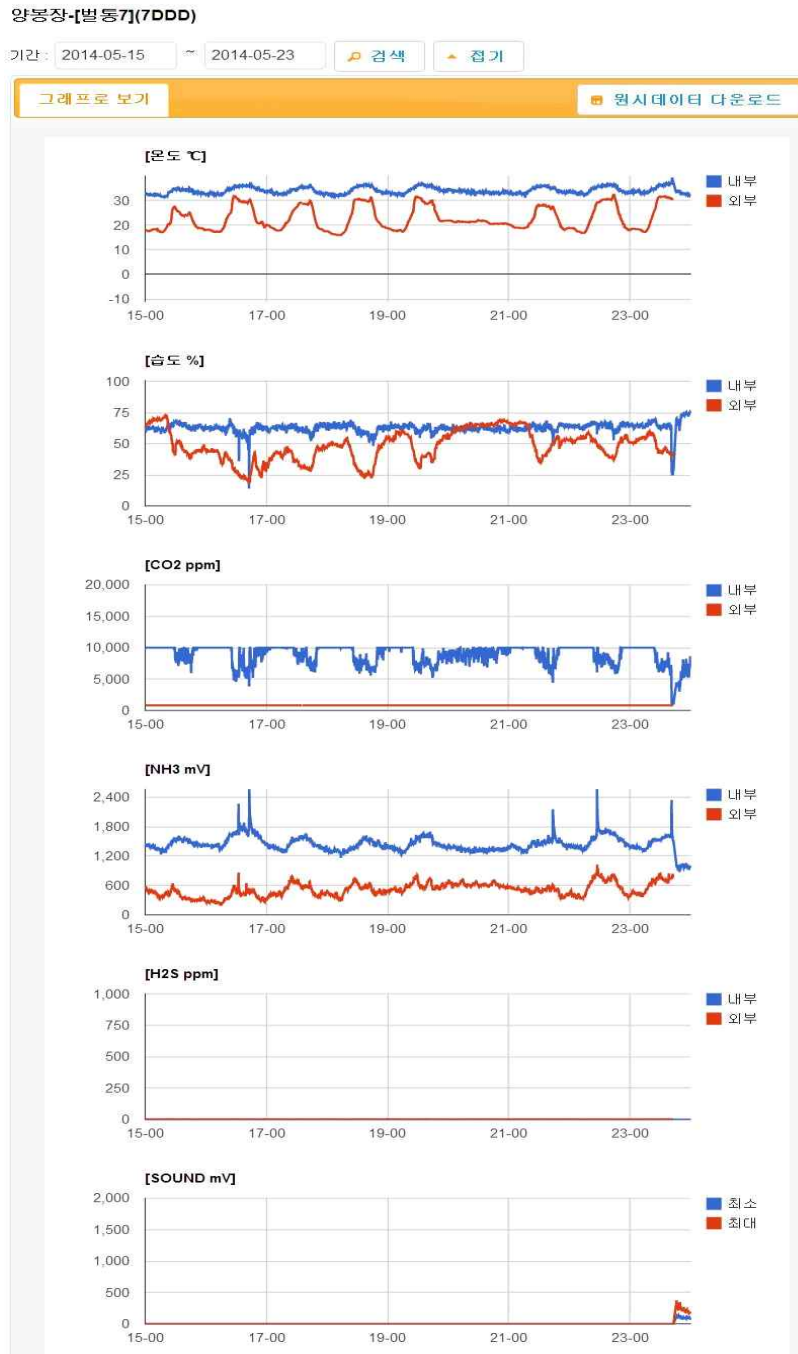


그림 259 내검에 의한 소비건설 확인. 5월 17일, 7, 10번 봉군. 특이적인 변화 관찰되지 않았다.

양봉장-[벌통10](816F)

기간: 2014-05-15 ~ 2014-05-23 [검색](#) [접기](#)

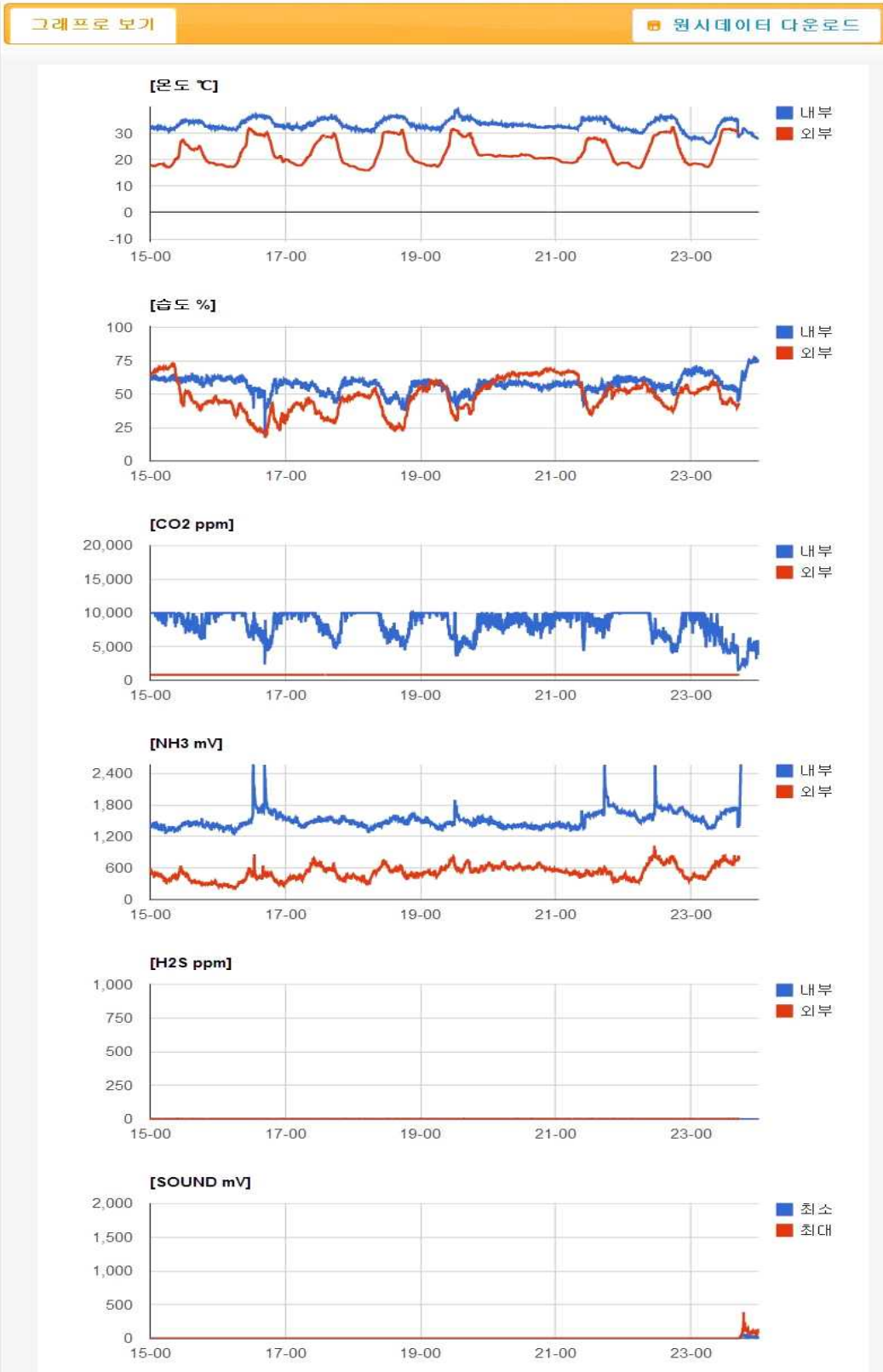


그림 260 내검에 의한 소비건설 확인. 5월 17일, 7, 10번 봉군. 특이적인 변화 관찰되지 않았다.

2. 이상 성장환경에 대한 경보성의 신호변화 분석

가. 도봉

도봉이란 벌이 다른 벌집에서 꿀을 훔쳐오는 현상을 일컫는다. 이런 현상은 어느 정도의 전염성을 보이는데, 방치할 경우 전체 양봉장의 봉군에 확산된다고 이 경우에는 아예 양봉장의 이동까지도 고려해야 한다. 밀원을 찾아 꿀을 생산해야 하는 벌들이 약탈행위를 일삼으므로 양봉농가의 생산성에 중대한 차질이 생기므로 주의할 필요가 있다. 도봉은 전형적으로 무밀기의 약군에서 피해가 발생한다.

그림 259는, 12번군에 2015년 6월 18일에 설치한 저울의 중량 데이터 값이다. 7월 1일 오전 8:00 이후 급작스런 중량감소가 있었으며, 외부에서 관찰하였을 때 많은 벌들이 소문측에서 난잡한 비행을 보이며 분주히 출입하였으며 화분이나 꿀의 유입은 되지 않고 있었다. 내검결과 도봉현상이 진행되고 있음을 확인하였다. 한편, 12번군은 전형적인 약군으로서, 유밀기가 시작되는 5월 1일부터 누적된 온도의 신호는 그림 260에서와 같이 일간 최저 온도는 30℃를 하회하였으며, 도봉이 발생한 7월 1일부터는 외기의 온도와 동일한 등락을 나타내며 결국 소멸하였다.

반면, 인접한 13군의 경우를 보면, 차가운 외기에도 불구하고 일간 최저기온의 정도는 30℃를 상회하고 있었으며 자체적으로 내부환경의 조절이 일어나고 있음을 짐작할 수 있었다. 결국, 사육상 내부의 온도는 양육을 비롯한 생육활동의 정도를 나타내는 중요한 정보가 되는 것이 명백함을 알 수 있었다.

특히, 사육상의 무게를 실시간으로 전달 받은 그림 259의 경우를 보면, 급격한 중량감소가 도봉이 일어나고 있다는 명백한 증거가 되고 있으며, 추후 양봉전용무게센서 기기의 개발이 절실히 요구된다.

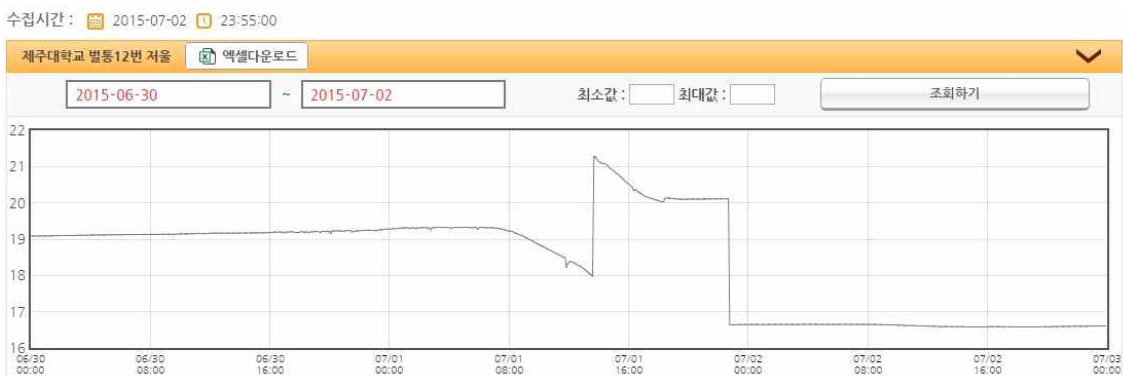


그림 261 도봉이 일어난 사육상의 중량 정보. 도봉을 쫓아내고 먹이 소비를 추가하여 주었으나 지속적인 도봉이 발생하여 결국 소멸.

양봉장-[별통12](74D9)

기간 : 2015-05-01 ~ 2015-07-02 [검색](#) [접기](#)

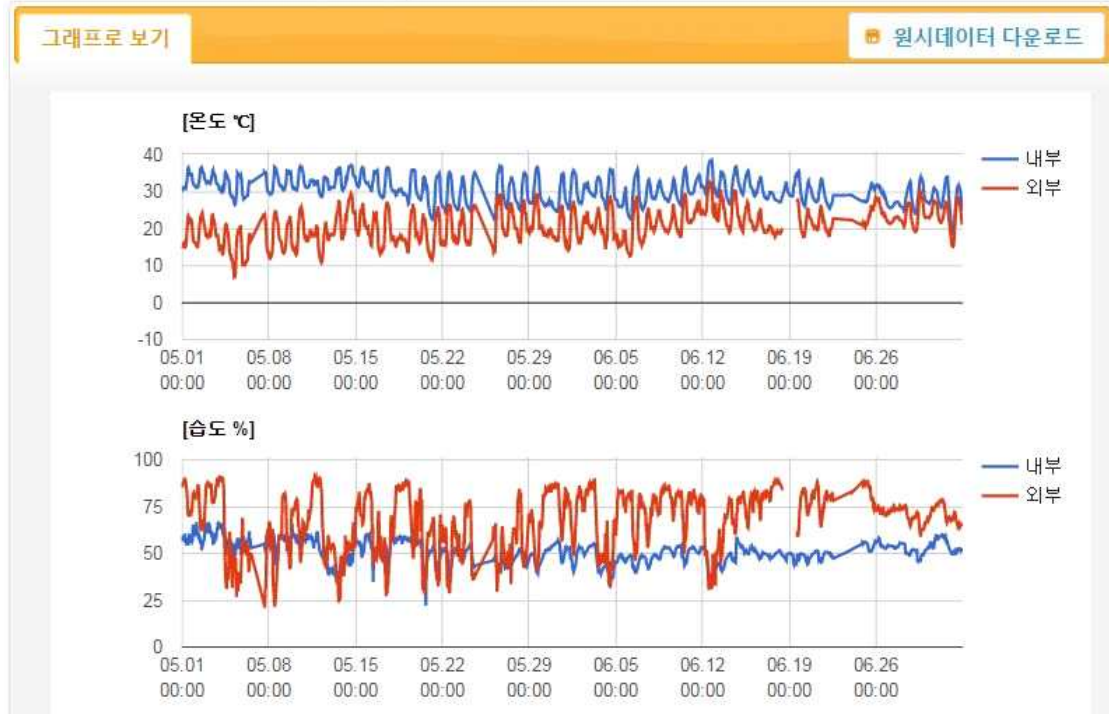


그림 262 도봉이 발생한 약군 12군. (7월 1일)

양봉장-[별통13](817A)

기간 : 2015-05-01 ~ 2015-07-02 [검색](#) [접기](#)

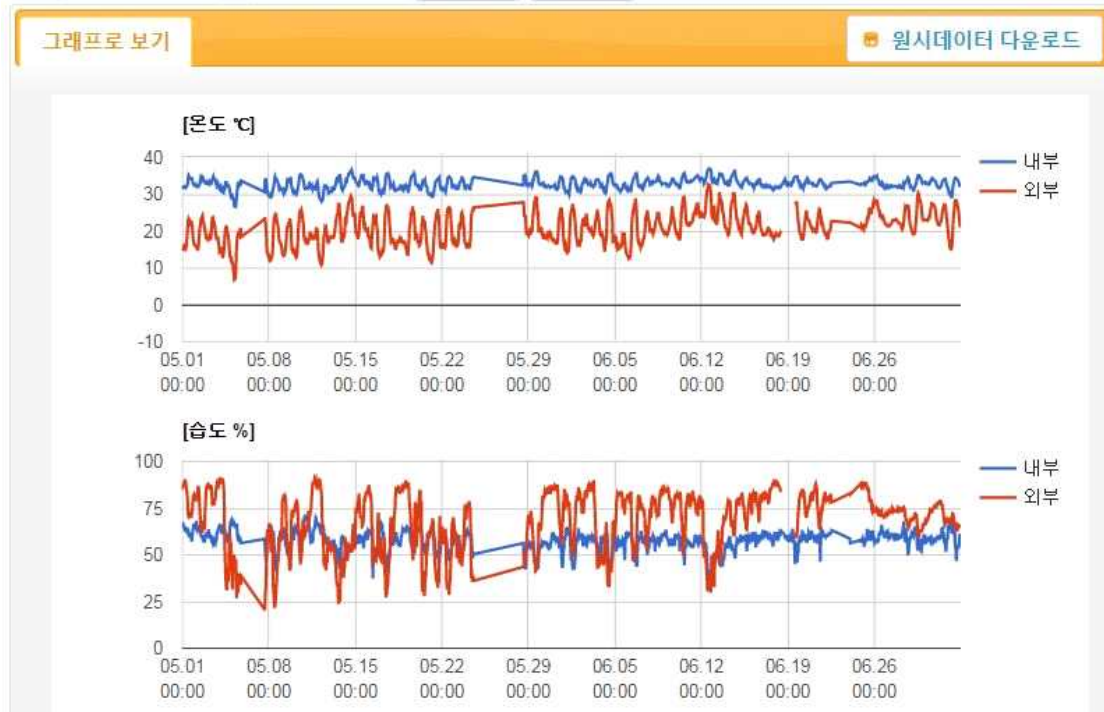


그림 263 도봉발생 인접 강군. 내부 온습도의 조절이 원만히 이루어지고 있다.

나. 강풍

2014년 6월 2일에는 순간 최대풍속으로 초속 40m의 강풍이 불었다. 강풍은 봉군의 동요를 초래하며, 사육상 내의 환기를 강제로 촉진시킬 것으로 예상되었다. 이 기간 중 사육상 내의 최저온도는 30℃ 이상을 유지하였으며, 외기의 일 편차가 적은 현상도 반영되고 있는 바, 정온 동물이 아닌 꿀벌에서는 생육에 적합한 온도의 범위 내에서라면 생육환경의 항상성을 위하여 가장 효율적인 에너지의 운용을 실행하는 것으로 사료된다. 이러한 범위를 벗어나는 상황이라면 해소를 위한 관리가 양봉의 요건이 될 수 있다. CO₂의 농도는 이 기간 중에 예상대로 다소 낮게 나타났다. 음향센서의 경우는 최대 2,000mV 이상을 나타내었으며, 이러한 상태는 강풍이 부는 동안 지속되었다. 만일 야생동물의 침입이나 해충의 침입이었다면 음향센서의 신호는 보다는 비교적 짧은 기간 동안 일시적으로만 나타났을 것으로 사료된다.

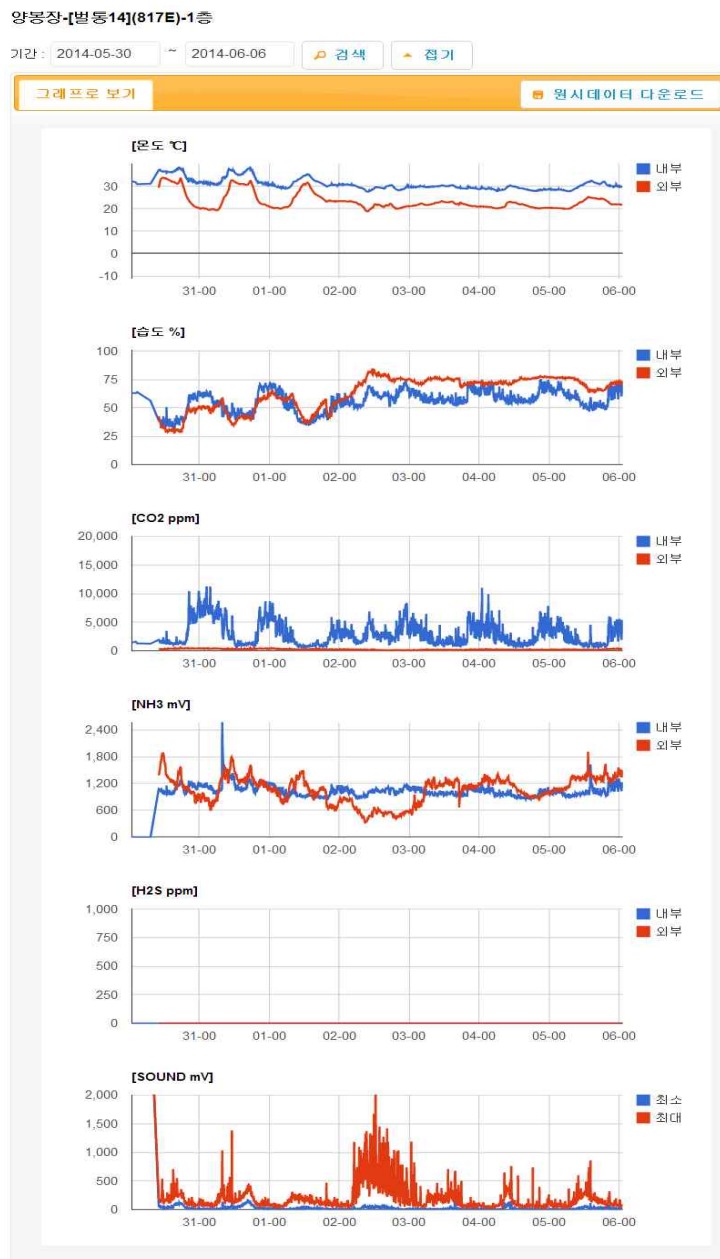


그림 264 강풍이 지속되는 이상환경에서의 신호. 2014년 6월 2일

양봉장-[벌통8](6CE5) - 빈통

기간 : 2014-05-30 ~ 2014-06-06

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드

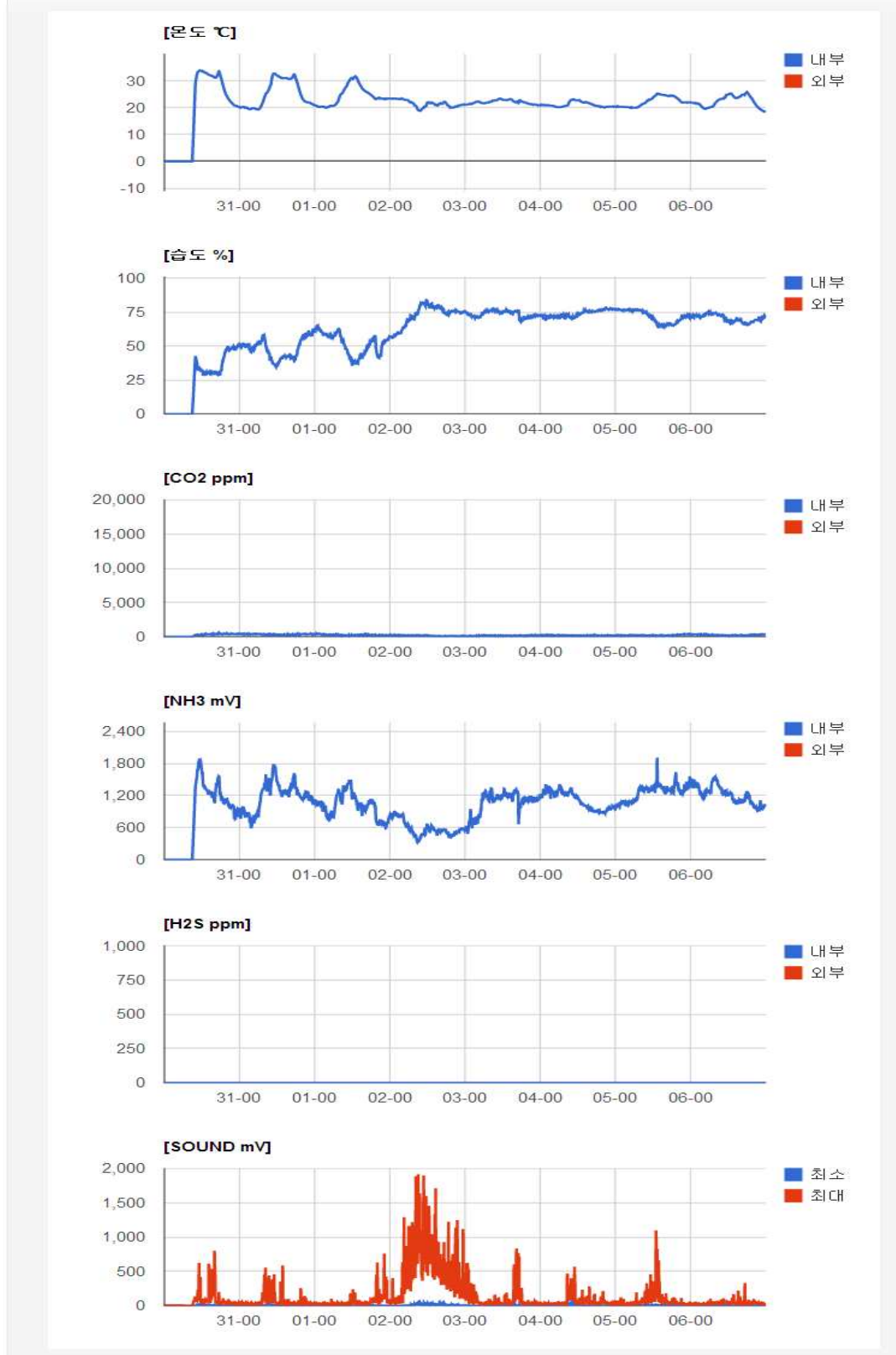


그림 265 빈 사육상에서의 강풍이 지속되는 이상환경에서의 신호. 2014년 6월 2일

다. 장마

장마철은 외역활동이 불가능한 전형적이 무밀기이며 고온과 고습을 보이기 때문에 양봉관리의 어려움이 따르는 계절이다. (그림 266-7) 제주지역의 경우는 2015년 7월 7일부터 12일까지 비가 내렸으며, 이 기간에 외기의 온도는 상대적으로 낮았으며 일교차가 적었다. 사육상의 온도는 이를 반영하여 낮은 일간 편차를 보였다. 즉, 최고온도는 전후에 비하여 낮았으며 최저온도는 높은 약 33℃ 정도를 유지하였다. 이는 다수의 벌들이 사육상에 잔류하였기 때문에 보였던 결과로 사료된다. 결국, 다수의 외역봉들이 사육상 내에 있는 시간동안에는 외출하여 비어있는 시간대의 경우보다 내부의 공기에 미치는 완충영향이 상대적으로 크다고 판단해도 무방할 것이다. 습도의 경우도 매우 습도가 높은 외기의 센서 신호를 보인 반면, 내부의 습도는 항상성을 유지하고 있음을 알 수 있었다.

라. 혹서

벌들은 하절기에는 주변의 물을 머금어서 사육상 내부를 식혀줌으로써 적정온도를 유지한다. 이는 생육에 필요하도록 적절한 온도와 습도를 유지시켜 주기위해서 반드시 필요한 활동이다. 2015년 7월 23일부터 8월 11일까지는 제주지역의 최고온도가 30℃ 이상의 고온이 연속 되었으며, 36.7℃ 까지 기록된 날도 있었다. (7월 29일, 제주기상청 자료). 이에 따라 그림 265.에서와 같이 빈 사육상내에서 수집된 신호도 주간기온이 37℃ 부터 22℃ 사이의 편차를 보였다. 사육상의 위치가 직사광선에 주간에 지속적으로 노출된 14번군과, 낮에는 그늘에 위치하게 되는 7번군의 경우를 비교해 보면, 공히 외부온도보다 상승하지는 않았으며 외부조건에 차이에도 불구하고 두 군간의 일간 최고온도의 의미있는 차이를 보이지 않았다. 경우도 주변 환경의 변화에도 불구하고 일정한 정도로 조절되는 것으로 나타났다.

CO₂의 농도는, 하절기에 소문을 최대로 열어 놓기 때문에 사육상내의 발생여부에도 불구하고 일정한 낮은 값을 보이고 있다. 한편, NH₃의 값은 일관성 없는 변화를 보였는데, 생육활동 이외의 변수이거나 센서 자체의 불안정성에 기인하여 나타난 값으로 판단되었다.

소음의 센서 신호값은 그늘에 위치한 7번군의 경우, 혹서기에 다소 증가한 현상을 보여, 온도를 낮추기 위한 벌들의 선풍에 기인한 것으로 생각할 수 있으나, 14번군의 경우에는 그러한 현상이 나타나지 않은 것으로 볼 때, 의미있는 증가로 판단되지는 않는다.

사육상 내의 환경조절은 봉세에 따라 차이가 나타나겠지만, 봉군의 습성에 따른 변화도 감안하여야 할 것으로 사료된다. 예를 들면 하절기의 야간에는 사육상 외부로 벌들이 나온 상태로 수면을 취하기도 한다. (아래 그림)

결론적으로, 혹서기의 경우에도 벌들은 사육실내 생육환경을 조절하여 실온과 습도의 항상성을 잘 유지 하고 있었다.



그림 266. 혹서기의 야간에 사육상 외부에서 수면을 취하는 꿀벌들.

양봉장-[벌통8](7DEC)-빈통

기간: 2015-07-01 ~ 2015-08-20

검색

접기

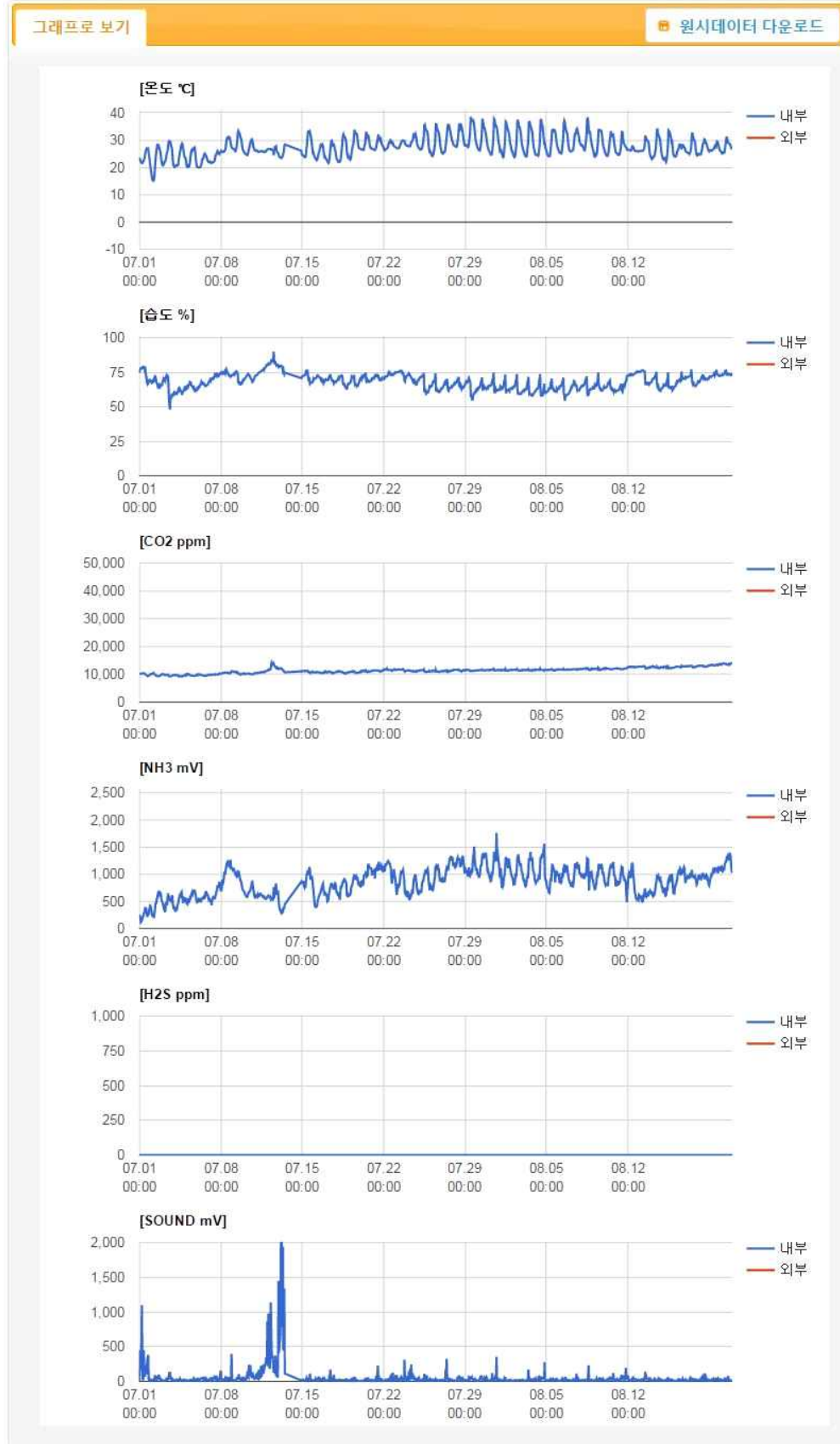


그림 267 흑서기 (7월 23일 - 8월 11일) 빈통의 센서 신호값

양봉장-[별통14](817E)

기간 : 2015-07-01 ~ 2015-08-20

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드



그림 268 흡서기 (7월 23일 - 8월 11일) 직사광선에 일 중 노출된 봉군의 센서 신호값

양봉장-[별통기](7DDD)

기간: 2015-07-01 ~ 2015-08-20

검색 접기

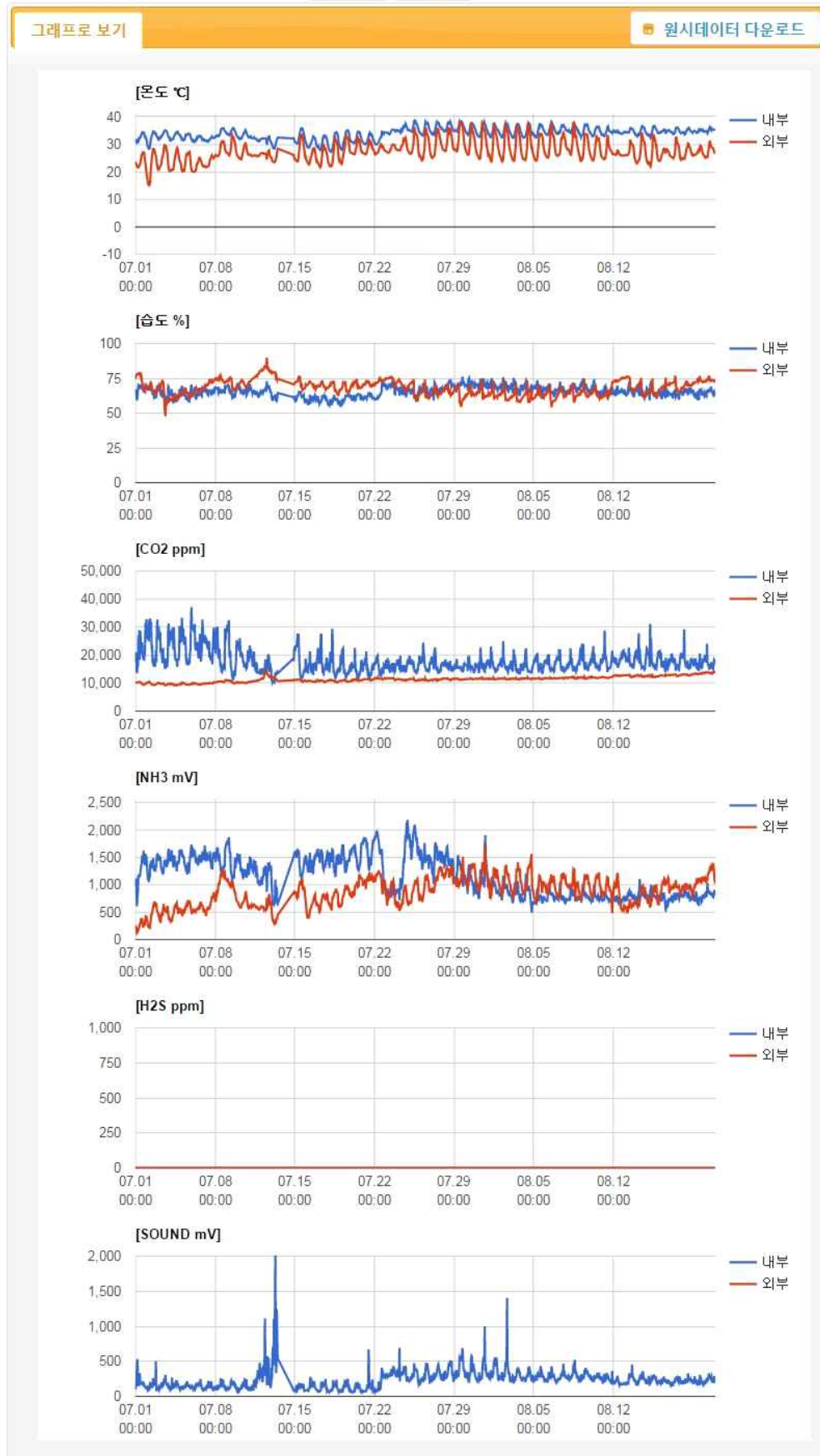


그림 269 후서기 (7월 23일 - 8월 11일), 그늘에 위치한 봉군의 센서 신호

마. 흑한

아열대 기후를 보이는 제주지역은 동절기의 흑한이라 할 정도의 기온하강은 발생하지 않는다. 그러나 이 기간 중, 빈 사육상 내의 최저온도는 영상 3℃ 정도까지 기록되기도 하였다 (그림 268). 외기의 정도에 따라 사육상 내의 온도도 변동하였으나, 봉구가 형성되어있는 동안에는 최저 10℃ 이상을 나타내고 있었다 (그림 269). 봉구와 센서와의 이격을 감안한다면, 낮은 온도의 외기에도 불구하고 사육상 내의 온도가 10℃ 이상을 유지하고 있다는 의미이다. 습도는 60% 정도를 유지하며 항상성을 보이고 있었다.

수원지역은 특히 12월-2월은 영하의 날씨를 보이는 전형적인 온대기후를 보이는 지역이다. 사육상의 일간 최저온도는 적어도 생존에 충분할 정도의 영상온도를 기간 내내 보이고 있다. 생존을 위한 내부환경을 충분히 조절하고 있음을 알 수 있으며, 이 경우 무난히 월동하여 봄에 다시 생육을 시작할 수 있다.

CO₂의 농도는 특히, 겨울의 봉세 추정에 중요한 요소가 되는 바, 소문을 최소한으로 개방하였기 때문에 사육상 내의 공기 순환은 매우 적게 되므로 CO₂의 농도로 봉구의 생존 및 세력의 정도를 추정할 수 있을 것으로 사료되었다. 동절기간 동안은 CO₂의 농도가 적어도 1% 이상으로 상승하는 것으로 나타났는데, 일 중 최고농도는 5%를 상회하기도 하였다. CO₂농도가 5%를 상회할 경우, 포유류에서는 다양한 중독증상이 나타나는데, 꿀벌의 동면기에 이 정도의 농도가 정상적으로 조성된 흥미로운 현상이다. CO₂의 농도가 봉구의 온도 상승에 영향을 미친다는 연구의 결과와 연관되어 저온에서의 생리활성이 억제된 상태에서 CO₂가 미치는 독성 영향의 정도에 관련한 추가적인 연구도 필요할 것으로 사료된다.

결론적으로, 동절기 봉군의 모니터링은 온도 및 CO₂ 농도의 측정으로 사육상 내의 봉군 세력을 가늠할 수 있을 것이며, 해당 데이터는 이듬해 봉군의 생존 및 활력 측정의 중요한 지표가 될 수 있을 것으로 판단된다.

양봉장-[별통7](7DDD)

기간: 2014-10-01 ~ 2015-04-01 [검색](#) [접기](#)

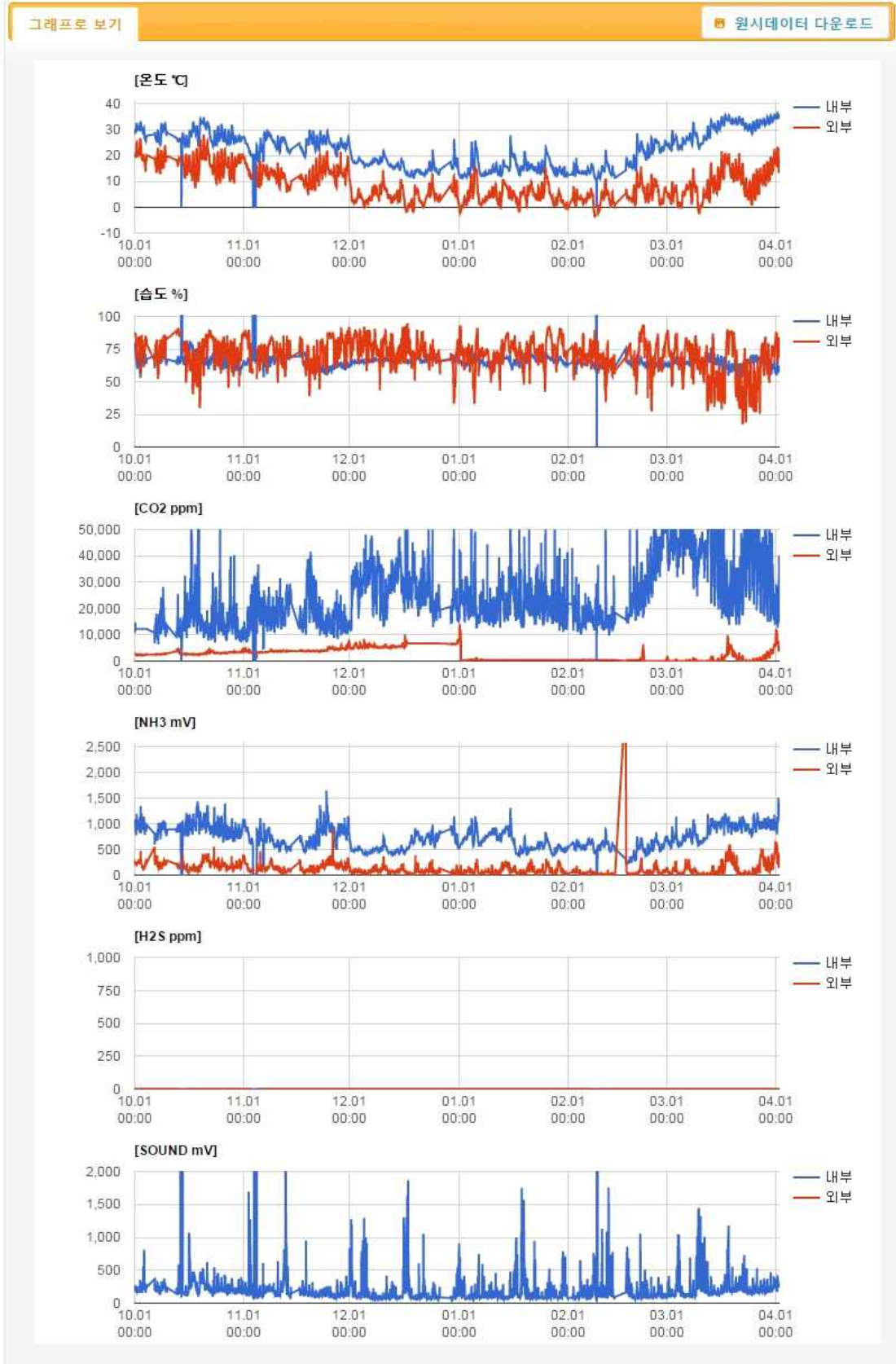


그림 270 혹한기 제주지역. 생존에 필요한 사육상내의 온도를 유지하고 있으며, 5%이상의 CO2 농도를 나타내기도 한다.

B3(7DD5)

기간: 2014-10-01 ~ 2015-04-01

검색

접기

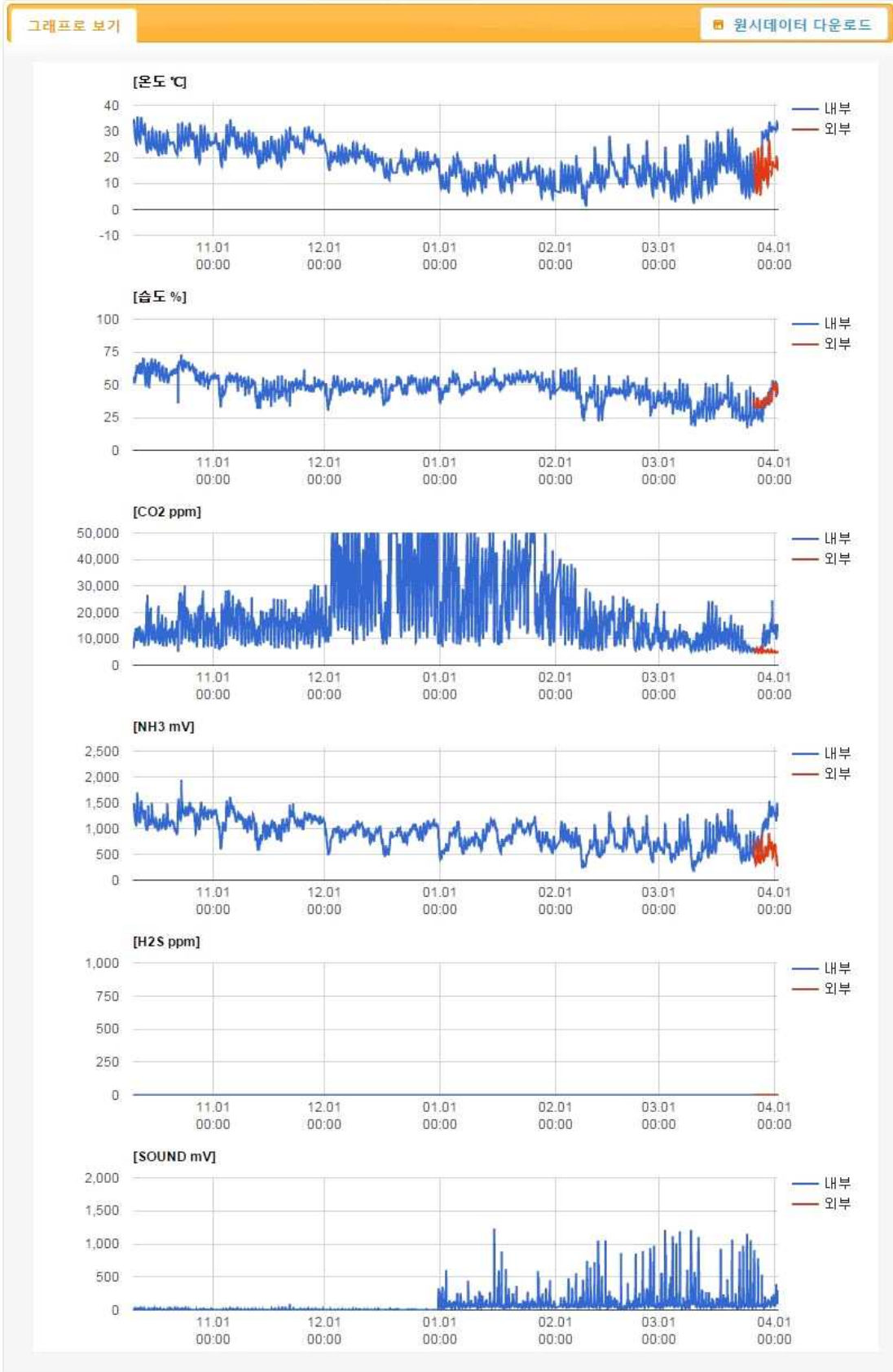


그림 271 흑한기 수원지역. 아열대의 경우보다는 낮지만 생존에 필요한 사육상내의 온도를 유지하고 있으며, 5%이상의 CO2 농도를 나타내기도 한다.

3. 감염성 질병 징후시의 신호변화

우리나라에서의 꿀벌 감염성 병인체는 응애, 가시응애, 부저병, 백목병 및 노제마 병이 만연하여 가장 문제가 되고 있는 질병들이다 (최 등, 2008). 특히 응애나 진드기는 꿀벌의 외부기생충으로서, 유충 및 성충의 체액을 착취하기 때문에 영양부족에 의한 전반적인 봉세의 약화를 초래한다. 또한, 이 과정 중 피봉 손상을 주므로 이차적인 미생물성 병원체의 감염에 취약해지게 함은 자명한 일이다.

본 과제 중에 나타난 질병의 양상을 종합하여 볼 때, 어느 특정 시점에서 특정 감염이 급격히 일어나고 이어서 병증이 뚜렷하게 구별되는 경우를 파악하기는 어려웠다. 즉, 외부기생충의 감염에 의하여 세력이 약해진 후, 습기 등의 환경인자와 상호작용하여 부저병이 발생하거나 진균에 의한 석고병이 발생하고 이어서 균의 소멸로 이어지는 일련의 과정을 거치는 것으로 관찰되었다. 또 다른 과정은, 분봉에 이은 잔류 봉군에서 급격한 세력 약화가 일어나고 이어서 다양한 병충해에 피해를 입게 되는 경우를 들 수가 있겠다. 분봉의 경우도, 봉군의 증식을 위하여 강한 세력의 봉군에서 일어나는 경우 외에, 외부기생충의 중감염에 의하여 집단이 모두 탈출하는 경우도 있으므로 주의를 기울여야 할 것이다.

결국 이러한 질병징후의 신호는, 이미, 월동 후 생육개시에 나타나는 꿀벌집단 세력의 양상에서부터 예측이 될 수 있으며, 이를 기반으로 정확한 진단에 예방 및 치료를 위한 후속조치가 이루어져야 할 것이다.

가. 진드기 및 미국부저병

2013년 9월경에 내검에 의하여 진드기의 피해를 확인하였으며 (그림 270-1), 응애의 감염도 동시에 있었음을 확인하였다. 이러한 현상은 개별적인 봉군마다 경중의 차이를 보였다. 그림 272.에서와 같이 진드기의 피해가 없었던 12번 봉군에서는 30℃ 이상의 주간 최저온도를 유지함이 확인되었다. 습도는 50 ~ 70%의 범위에서 조절되고 있었었다. 이 기간의 외부 환경은 최저 13℃, 최고 30℃의 일간편차를 보였으며 습도도 큰 편차를 보였다. 한편, 진드기 피해가 확인되었던 3, 5번 봉군의 경우는, 일간 최저기온이 30℃를 하회하는 결과를 보였으며 습도는 다소 높은 경향인 약 70 ~ 75%를 보였는데, 이 정도라면 꿀벌의 생육환경의 값으로는 비교적 높은 결과치에 해당하는 것이다 (그림 274).

한편, 같은 기간 중, 진드기 피해와 부저병의 임상증상에 해당하는 조짐을 보인 2번 봉군의 경우에는 진드기 단독의 피해를 보인 군에 비하여 일간 최저기온이 하강이 더욱 심화되었음이 관찰되었다 (그림 275). 같은 기간 중 진드기의 피해에 더불어 부저병의 발생을 보인 1번 봉군에서는 외부온도변화에 대응하는 완충작용이 매우 취약해져 있음이 확인되었다. 습도의 경우도 외부환경에 대한 완충작용을 적절히 수행하지 못한 것으로 나타났다 (그림 275).

한편, 2015년 7월 10일에 궁극적인 균 소멸이 있었던 제주지역 제 6군의 영우를 보면 (그림 276), 생육활동이 왕성하게 진행되어야 할 4월에도 일간 최저기온이 30℃에 이르지 못하였을 뿐 아니라, 이후의 기간 중에도 온도 수준을 회복하지 못 했다. 습도는 일정하게 조절되지 않았으며, 약 70% 및 그를 상회하는 수치를 나타냈다. CO₂, NH₃ 및 H₂S의 값은 특이한 사항을 제시하지 못하였다.

결론적으로, 사육상 내부의 온도와 습도는 봉군의 정상적인 건전성 여부를 나타내 주는 가장 중요한 지표가 될 수 있으며, 정상적인 범위를 벗어나는 결과가 나타난다면 그 상태를 살펴보고 신속한 조치를 취해야 할 것으로 판단되었다. 특히, 외부의 환경과 연계한 온습도의 계절적인 정상치의 범주를 규정하여 경고신호를 보내는 시스템의 개발이 필요할 것이며, 이는 양봉경영에 실질적인 도움이 될 것으로 사료되었다.

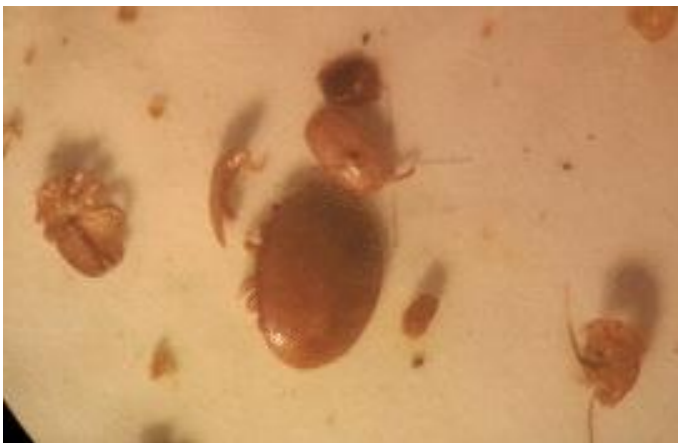


그림 272 응애 및 진드기의 동시감염



그림 273 진드기, 응애 피해로 인한 날개기형



그림 274 기생충 무감염 봉군에서의 온, 습도변화



그림 275 빈 사육상에서의 온습도 (대조환경)



그림 276 진드기 감염 시 신호패턴



그림 277 진드기와 부저병 복합감염시의 온, 습도 신호패턴

양봉장-[벌통6](817F)

기간: 2015-03-01 ~ 2015-06-01

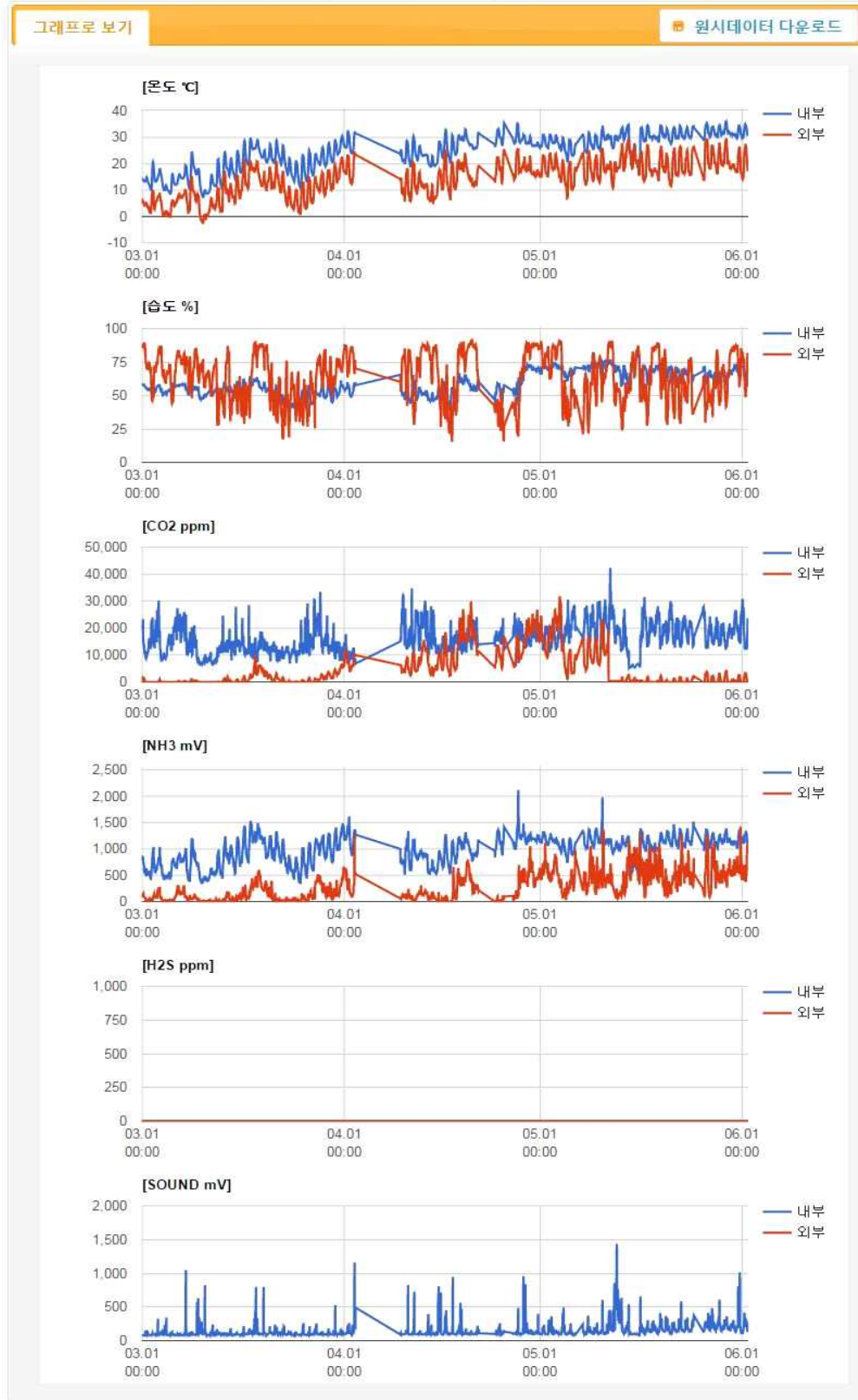


그림 278 부지에 의한 소멸균. 춘계에 석고병 증상도 심하게 나타났었다.

나. 진균성질병

진균에 의한 감염은 일반적으로 사육상내의 습도조절이 원활하지 않을 때가 가장 큰 원인인 것으로 알려져 있다. 소문앞으로 감염되어 마치 분필과 같이 변성된 유충의 사체를 확인하여 손쉽게 감염의 징후를 파악할 수 있다. 그림 278와 같이 월동기를 넘겨 최강의 봉세를 보였던 제주지역의 제 3군은 4월 1일에 급격한 내부온도의 저하와 습도상승을 보였으며, 현장관찰시 벌의 숫자가 급격히 줄었다. 내검결과 벌의 숫자는 초라하게 줄어들어 있었다. 이후, 지속적인 약세를 보였다. 소문 앞의 석고병 사체가 발생하기 시작하여 매우 중감염 증세를 보이며, 결국 7월 초에 사멸하였다. (그림 279)

최강군의 세력을 보였던 03군의 경우는 아직은 일기가 불안정한 4월에도 불구하고 강한봉세를 나타내어 결국 4월 2일 저녁에 자연 분봉이 이루어졌던 것으로 판단된다. 또한 분봉에 따른 세력의 약화로 인하여 사육상내의 환경조절 능력이 급격히 떨어졌을 것으로 판단된다. 진균성 질병의 청정지역이 아닌 한 진균의 포자는 주변에 상재할 것이라는 전제를 생각한다면 결국 진균감염의 악화는 봉군 세력의 약화에 따른 환경조절능의 저하와 직접적인 관련이 있을 것으로 사료된다.

이때의 일간 최대온도 및 해당 습도는 3월 28일 15:55분에 37.6℃, 습도 80.3%, 29일 15:00시에 38.1℃, 습도 82%, 30일 14:40에 36.9℃, 습도 76.8%, 31일 14:05에 38.4℃, 습도 70.9%, 4월 1일에 35.5℃, 습도54.6%, 2일 14:55에 35.9℃, 습도 52.9%를 보인다 이후 급격히 감소하였다. 분봉예측 당일인 4월 2일 18:00 이후에는 30 ℃ 미만으로 온도가 저하하였으며, 습도는 이에 반응하여 표시되었다. CO2는 급작스럽게 기저라인까지 저하하였으며, 이는 빈 사육상의 수준과 같았다. 한편, NH2의 농도도 0로 낮아졌다. 특이한 점은, 소음의 강도가 당일 오후에 높아지기 시작하여 18:00부터 자정까지 지속한 것을 볼 때, 분봉시의 소음이 반영된 것으로 사료되었다. 다만, 야간 시간대에 분봉이 일어났다는 사항은 흔하지 않은 case가 될 것이며, 이러한 이유에 대하여 추후 고찰이 필요할 것이다.

2015년 4월부터 6월 까지의 기간에 제주양봉시험장에서 석고병의 증세를 보였던 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14번 군 중 3, 4, 6, 10 군은 결국 소멸하였다. 7번군 및 9번군은 질병의 증상이 없었으며 채밀 성적도 양호하여 추후, 우수한 여왕벌 후보로 육성할 것을 고려할 만 하였다.

결론적으로, 질병으로 필연적으로 이어질 수 있는 봉세의 약화를 감지하기 위하여 고려하여야 할 가장 중요한 요소는 사육상내의 최고 및 최저 온도의 정도 및 그의 일간 변화가 될 것이다. 또한, 이러한 이상변화가 감지되었을 때에는 즉시 현장 검사가 필요할 것으로 판단된다.



그림 279 청소일벌들에 의하여 소문 앞에 버려진 곰팡이 감염 유충의 사체.

양봉장-[별통3](7E7C)

기간: 2015-03-01 ~ 2015-08-01 [검색](#) [접기](#)

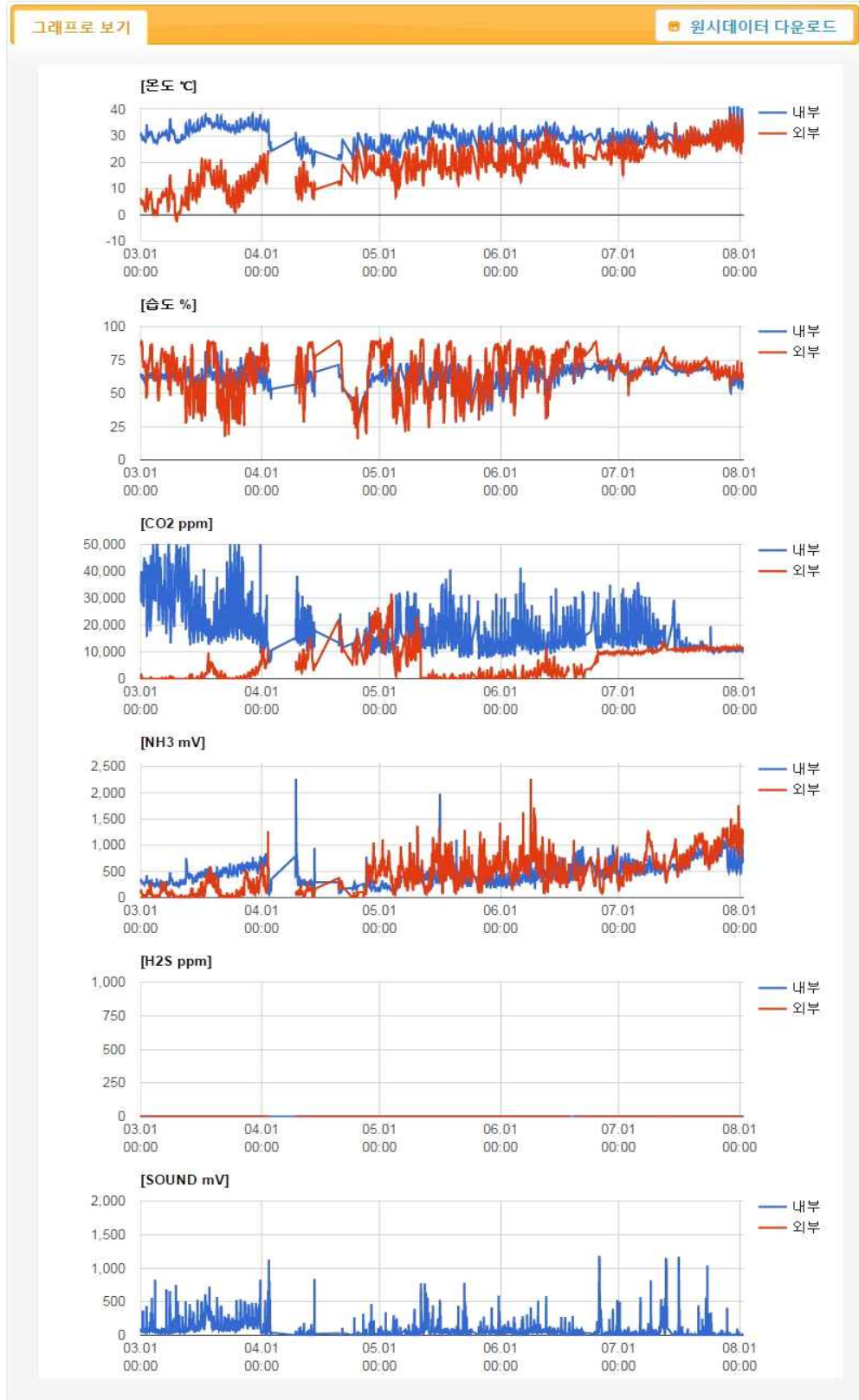


그림 280 분봉 후 약세화 03군. 극심한 석고병 증세를 보이며 7월 초에 사멸

양봉장-[별통3](7E7C)

기간: 2015-04-02 ~ 2015-04-06

검색 접기

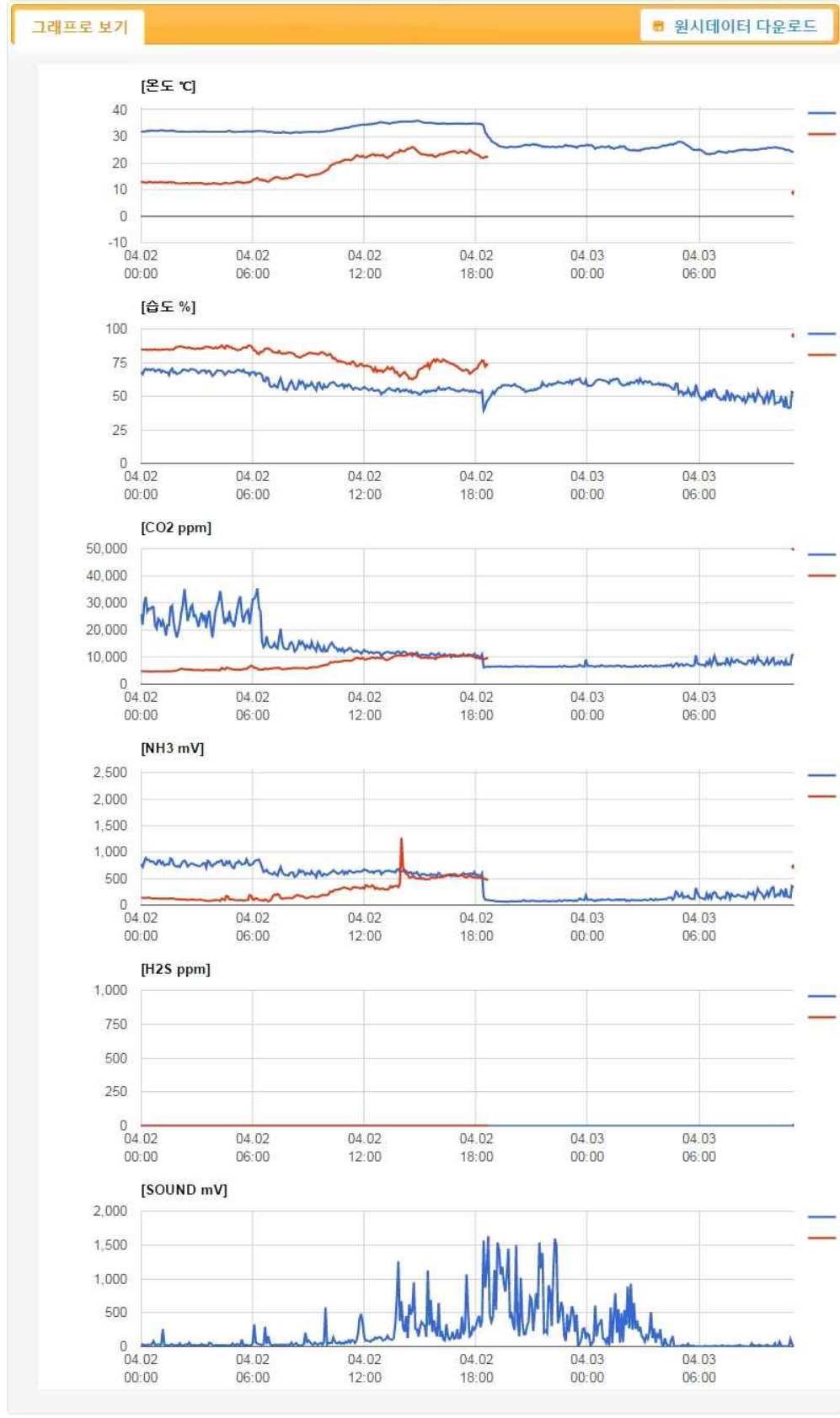


그림 281 분봉 후 약세화 03군. 4월 2일 당일의 신호 변화.

4. 음향특성분석을 통한 말벌침입 징후 모니터링

다양한 해충 중에서도 말벌은 가장 큰 피해를 주는 해충의 종류이며 벌의 성충이나 심지어 봉군에 직접 공격하여 도륙을 감행하므로, 말벌의 침입에 대응하는 신호는 소음을 보이는 음향의 정도로 파악될 수 있을 것으로 예상하였다. 또한, 음향의 특성이 파악된다면 꿀벌 고유의 소음과 말벌출현시의 소음을 구분할 수 있을 것이며 나아가 말벌이 싫어하는 특정 주파수의 음향을 응용할 수도 있을 것으로 사료된다. 이를 위한 기초연구 수행결과를 다음에 기술하였다.

가. 황말벌과 꿀벌의 음향특성 비교

말벌 침입시의 실시간 경보 시스템이 양봉산업에도 적용될 수 있다면, 말벌에 의한 피해에 신속히 대응할 수 있을 것이다. 또한, 봉군이 말벌과 접촉함으로써 입는 피해를 막기 위하여 일시적인 소문 자동폐쇄 등의 제어장치도 선택으로서 고려될 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 말벌이 발생시키는 특정 파장의 음향이나 꿀벌의 고유한 음향을 선별하여 변화를 감지한다면 말벌 피해를 막기 위한 신속한 조치의 설정이나 제어장치의 개발에도 적용이 가능할 것이며, 이러한 목적으로 말벌과 꿀벌의 음향특성을 분석하여 말벌 피해방지에 이용이 가능할 것인가 확인하기 위한 기초적인 정보를 얻기 위하여 음향의 특성을 분석하였다.

(1) 음향 신호의 측정

말벌 및 꿀벌의 음향특성을 비교 및 분석하기 위하여 2013년 10월 제주대학교 내 시험 양봉장에서 유인장치를 사용하여 포획한 말벌과, 학교 내 양봉장에서 기르는 군세가 안정된 이탈리아 계통의 서양종 꿀벌을 음향측정에 공시하였다. 말벌의 음향신호는 학교 내 실험실에서 측정하였으며, 꿀벌의 음향신호는 양봉장의 벌통 입구에서 측정하였다. 두 경우 모두 장비와 시스템을 동일하게 구성하였다. 즉, 마이크로폰(Microphone set)에서 측정된 벌의 음향 신호는 전치증폭기(Pre-amplifier)를 통해 증폭된 후, 아날로그-디지털 변환기(AD-Converter)로 입력되고, 디지털 신호로 변환된 음향 신호는 컴퓨터로 입력되며, 랩뷰(LabVIEW) 프로그램을 통해 분석 및 저장 된다. 전치증폭기는 1kHz 고주파 필터링과 20dB의 증폭을 수행하도록 설정하였으며, 아날로그-디지털 변환 시 샘플링 주파수는 100kHz로 설정하였다. 15 ~ 30초 동안 음향신호를 측정 및 저장하여 벌의 움직임에 따라 연속적으로 소리가 측정될 수 있도록 하였다. 말벌의 경우 채집망 안에 말벌을 넣어 둔 후, 날개짓을 유도하여 음향신호를 발생시켰으며, 한번 날개짓을 유도시킬 때 마다 10회 내외의 간헐적인 날개짓을 하였으며 이를 통해 발생된 음향신호는 채집망 가까이 설치된 마이크로폰을 통해 녹음하였다. 짧은 말벌의 음향신호를 포함하여 15초 동안 5회 측정하였다.

꿀벌 음향신호 측정을 위해서 양봉장 내에 음향 측정 실험 장비를 설치하였으며, 마이크로폰을 벌통 입구에 위치시켰다. 여러 마리의 꿀벌이 벌통 입구에서 수시로 출입하였으며, 출입 시

에 마이크로폰 주위를 날아다니는 꿀벌의 음향신호가 측정되었다. 음향신호 측정은 30초 동안 5회 측정하였다.

(2) 음향 신호의 분석

채집된 말벌 및 양봉장 꿀벌의 음향신호 특성을 파악하기 위하여 실험을 통해 측정된 15 ~ 30초의 음향 신호 중 벌의 음향신호가 포함된 약 1초의 지속시간을 갖는 벌의 음향신호만을 추출하여 분석하였다. 음향신호 추출과 분석은 매트랩(MATLAB) 프로그램을 사용하였으며 푸리에 변환(Fast-Fourier Transform, FFT)과 스펙트로그램(Short-Time Fourier Transform, STFT)을 이용해 시간-주파수의 특징을 분석하였다. 스펙트로그램의 경우 FFT 길이는 32768, 윈도우(window)는 2048 샘플 그리고 오버랩(overlap)은 1024 샘플로 설정하였다. 이를 토대로 말벌과 꿀벌신호를 각각 분석하여 시간 및 주파수 특징을 비교하였다.

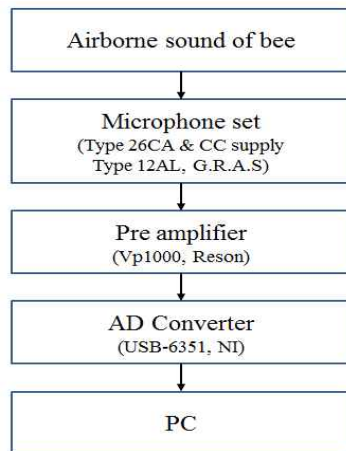


그림 282 벌의 음향신호 측정과정에 대한 블록다이어그램.

(3) 제주지역에 서식하는 말벌의 종

전 시험기간 중 제주대학교 시험양봉장에서 포획된 말벌과(Vespidae)에 속하는 곤충은 황말벌 단 1 종뿐이었다. 제주지역의 말벌서식에 관한 자료는 아직까지 보고되어있지 않았으나, 본 연구자들의 보고로 황말벌이 제주지역의 유일종인 것을 밝혔다 (정 등, 2014).



그림 283 포획된 황말벌

(4) 황말벌의 음향신호 분석

추출된 말벌의 음향신호 중 대표적인 신호를 선정하여 그림 282에 나타내었다. 그림 282(a)의 음향신호는 약 1초 이내의 지속시간을 가지며 0.3초 정도에 뚜렷한 신호가 발생하며 약 0.1초까지 진폭이 0.1V 정도까지 커지다가 그 이후 시간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 추출된 다른 음향신호를 분석해본 결과 신호의 지속시간과 진폭에 시간변화가 있었으며 이는 날개짓을 통한 말벌의 움직임이 일정하지 않고 경우에 따라 달랐기 때문으로 사료되었다.

신호의 파형을 확대해 보면 펄스 형태의 신호가 반복적으로 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 펄스의 반복주기는 약 10ms 이었다. 한편, 말벌 음향신호의 주파수 스펙트럼은 파형에 비해 신호의 특성을 잘 나타내고 있었다. 그림 28(b)에 나타난 신호의 주파수 스펙트럼을 살펴보면 약 100Hz에 기본 주파수가 나타나고 있으며 이후 약 200Hz부터 약 1kHz까지 약 100Hz 간격으로 하모닉 성분이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 2차 하모닉 성분인 200Hz 성분에 가장 많은 에너지가 집중되어 있으며 3차 하모닉인 300Hz 성분은 기본주파수와 비슷한 진폭을 보이고 있는 것이 특징이었다. 4차 하모닉 성분인 400Hz는 다소 감소하였다가, 500Hz부터 다시 증가 약 800Hz 이후부터 서서히 감소하는 추세를 보였다. 추출된 다른 말벌 음향신호의 경우 3차 하모닉 이상의 주파수 성분들은 진폭변화 양상이 경우에 따라 달랐으나, 대부분의 신호에서 기본주파수에 비해 2차 하모닉 성분이 크게 나타났다. 그림 282(c)는 그림 282(a)신호의 스펙트로그램을 나타낸 것이다. 파형의 진폭 증가에 따라 약 0.3-0.5초 사이에 진폭이 큰 주파수 성분이 집중적으로 나타나고 있는 것을 확인할 수 있으며 그 때에 약 2kHz 이상까지 고차 하모닉 성분이 관찰되고 있었다. 0.3초 이하, 0.5초 이상의 신호의 경우, 그림 2(a)에서 보듯이 시간 축에서는 신호가 뚜렷하지 않아도 스펙트로그램에서는 200Hz 성분의 신호가 관측되며 하모닉 성분도 약하게 관측이 되었다.

(5) 꿀벌의 음향신호 분석

말벌의 음향신호와 마찬가지로, 추출된 꿀벌 음향신호 중 음향특성을 잘 드러내는 신호를 선정하여 그림 3에 나타내었다. 그림 283(a)는 시간 축에 나타낸 꿀벌 음향신호의 파형을 나타내며 1초 이내의 음향신호가 발생 한 것을 볼 수 있었다. 신호 발생 초기 지점인 0.3초부터 약 0.38초까지 약 0.08초 동안 진폭이 0.2V 정도까지 증가하였으며 이 후 다소 감소하여 최대 진폭의 약 1/3 진폭을 갖는 음향 신호가 약 0.6초간 지속 된 후 사라졌다. 추출된 다른 음향신호를 조사한 결과, 신호의 지속시간과 신호의 진폭 이 서로 달랐으며 특징적인 면을 발견하기 어려웠다. 이는 마이크로폰 주변을 날아다니는 꿀벌의 개체 수, 비행경로(마이크로폰과의 거리) 및 속도가 경우마다 달랐기 때문으로 판단되었다. 말벌 음향신호와 마찬가지로, 꿀벌의 음향신호도 펄스 형태의 파형이 반복적으로 나타나는 것을 볼 수 있으며 펄스의 반복 주기는 약 4ms 이었다.

한편, 꿀벌 신호의 주파수 스펙트럼은 파형에 비해 신호의 특성을 잘 나타내고 있다. 그림

29(b)의 주파수 스펙트럼을 살펴보면 약 250Hz 정도에 기본주파수 성분이 나타나며 약 500, 800, 1050Hz에 하모닉 성분이 나타나는 것을 볼 수 있다. 말벌의 신호에 비해 약 2배 ~ 2.5배 높은 주파수를 나타내는 것을 알 수 있다. 추출된 다른 꿀벌 음향신호를 분석해 보면 기본주파수의 경우 약 200 ~ 250Hz 사이에 나타나고 있으며 2차 하모닉 성분의 경우 약 400 ~ 500Hz로 나타났다. 그림 283(c)는 그림 283(a) 신호의 스펙트로그램을 나타내며, 주파수의 시간변동을 확인할 수 있다. 주파수 축을 따라서 기본주파수와 그 하모닉 성분들이 나타나며 시간에 따라서 각 주파수 성분의 증감을 관찰할 수 있다. 신호의 진폭이 증가되는 약 0.4초 부근에서는 주파수 변조가 발생하여 주파수와 그 하모닉 성분들이 다소 증가하였다가 감소하는 것을 알 수 있다. 약 0.32초의 경우 기본주파수가 약 250Hz 이었고, 1차 하모닉 주파수는 약 520Hz 이었던 반면, 약 0.38초에서는 기본주파수가 280Hz, 1차 하모닉 주파수가 약 570Hz로 각각 30Hz, 50Hz가 증가하였다. 그러나 약 0.05초 이후 원래의 주파수로 돌아왔다. 추출된 다른 꿀벌 음향신호의 경우에도 약 50Hz 이내의 시간에 따른 주파수 변화가 관측되나 주파수 변화가 발생하는 시점과 그 형태가 파형에 따라 다양한 양상을 나타냈다. 그러나 50Hz 이상으로 큰 폭의 주파수 변화가 나타나지 않으며 짧은 시간 발생하므로 평균적인 주파수 변화에는 큰 영향을 미치지 않았다.

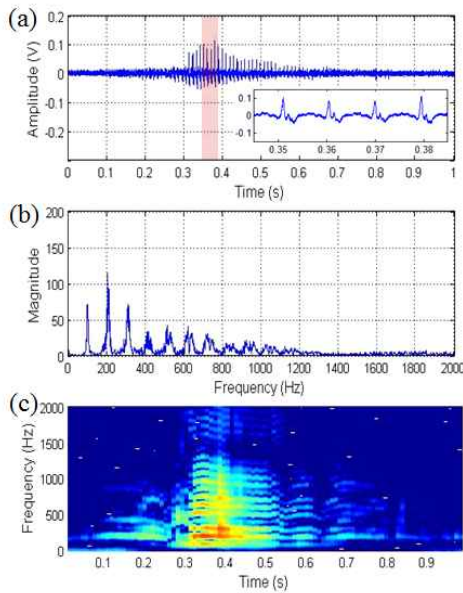


그림 284 황말벌의 음향 신호. (a) 추출된 신호의 파형 (음영부분 확대), (b) 주파수 스펙트럼, (c) 스펙트로그램

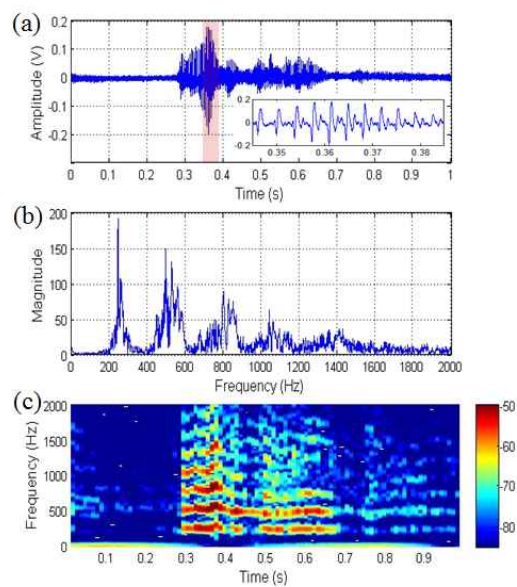


그림 285 꿀벌의 음향 신호. (a) 추출된 신호의 파형 (음영부분 확대), (b) 주파수 스펙트럼, (c) 스펙트로그램

나. 말벌 음향 신호와 꿀벌 음향 신호의 구분

음향측정 시스템은 같았으나 말벌 음향신호는 실험실 내에서 1개체로부터 발생하는 소리를 측정하여 분석한 반면, 꿀벌 음향신호는 양봉장 내의 꿀벌 통 입구에서 다수의 꿀벌로부터 발

생하는 음향신호가 측정되었으므로 정량적인 비교에 있어서 한계가 있는 것으로 판단되었다. 그러므로 시간 축 신호의 진폭과 지속시간 및 파형 변화의 차이를 단일 개체간의 차이로 해석하기에는 무리가 있으나, 주파수 축에서의 신호를 분석한 결과 말벌의 기본 주파수는 약 100Hz이며 꿀벌의 기본 주파수는 약 250Hz로 분명하게 구분이 됨을 확인할 수 있었다. 말벌의 기본 주파수가 낮은 이유는 말벌 날개의 크기가 꿀벌에 비해서 크기 때문일 것으로 판단되며 말벌과 꿀벌의 음향신호를 구분하는 것은 패턴인식 관점으로 볼 때 두 가지 클래스를 구분하는 문제에 해당한다. 이를 위해서는 먼저 각 클래스의 신호적 특징을 추출하는 일이 선행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 신호의 시간적 특징과 주파수적 특징을 살펴보았으며, 파형의 경우 대부분 불규칙적으로 발생하고 있으므로 시간적인 특징을 파악하기는 어려웠다. 이는 마이크로폰 앞에서 이동하는 벌의 움직임이 규칙적이고 지속적이지 않기 때문이다. 현장에서 벌이 내는 음향신호를 정밀하게 측정하기 위해서는 벌이 움직이지 않는 상태일 때이거나 벌을 따라 마이크로폰의 방향과 거리를 유지하며 측정해야 하나 이는 현실적으로 어려우며 본 연구의 방향과도 맞지 않는다. 꿀벌통의 입구부근에 마이크로폰을 설치하는 말벌 침입 경보 시스템을 가정 할 경우, 본 실험을 통해 측정된 것과 유사한 형태의 신호가 측정된다고 가정한다면 시간적인 파형으로부터 특징을 추출하기보다 주파수 특징을 선정하는 것이 두 종을 구분하는데 적합할 것으로 판단된다. 때 사용 가능한 주파수적 특징으로는 기본주파수, 1, 2차 하모닉 주파수 등이 있다. 다른 문헌들(Michelsen, A., 1987; Spangler, H. G. 1991; Nieh J. C. and Tautz, J., 2000; Hrnčir et al., 2005)과 본 연구의 실험을 통해 확인된 결과 꿀벌의 경우 200Hz 이상에서 기본주파수가 나타나므로, 기본주파수가 약 100Hz 인 말벌과 충분히 구분 가능할 것으로 판단된다. 이 경우 두 종의 기본주파수 사이인 150Hz 정도로 문턱치를 설정하면 구분이 가능할 것이다. 그러나 보다 신뢰성 있는 구분을 위해서는, 보다 많은 데이터를 취득하여 기본주파수와 2, 3차 하모닉 주파수의 발생 분포를 관측하고 확률밀도함수를 추정하여 그에 맞는 문턱치 값을 설정해야한다. 가우시안 분포(Gaussian distribution)를 가정 할 경우, 이차 분류기(Quadratic classifier)를 통해서도 구분이 가능하다 (Duda, et al., 2012).

결론적으로, 말벌과 꿀벌 음향신호의 보다 정량적인 측정과 분석 및 비교를 위해서는 단일 개체와 군집의 행동양식 등을 관찰하며 그에 따른 음향신호를 측정하고 분석하는 일이 필요하다. 또한, 형태학적으로 다양한 여러 종류의 말벌에 대한 음향 특성 파악이 필요할 것으로 사료된다.

제 9절 인위적 감염 처치에 따른 세력변화 및 센서의 기능 분석

1. 세균성감염증 및 진균성감염증 경과에 대응하는 signal 변동 조사

가. 부저병

미국부저병은 병원균 *Paenibacillus larvae subsp. larvae*에 의해 발병되는 꿀벌의 법정 전염병으로, 전 세계적으로 봉군에 최대의 피해를 입히고 있는 세균성 질병이다. 이를 인공적으로 감염시켜 그 발병 진행 상황을 본 과제의 센서가 쉽게 감지할 수 있는지를 알아보려 하였다. 인공감염을 위하여, 2012년 경상북도 상주에서 발병된 미국부저병의 봉군으로부터 회수한 감염소비를 사용하였다. 이 소비는 유전자 검사에서 해당 병원체가 검출되었고, 감염의 방법은 해당 소비를 계상 하단의 중앙부에 삽입시켜 주는 것으로 하였다. 감염일시는 5월 1일이었으며, 감염대상 봉군은 당시 중/상군으로 분류될 수 있는 8매 소비의 봉군이며, 품종은 경기 수원의 양봉장에서 분양받은 것이었다.

5월 1일 당시 8매 단상의 감염대상 봉군은 봉세 1200%로 측정되었으며, 봉개는 중앙 2, 3, 4, 5에 좌우 균등으로 분포하였고, 봉개율은 250%로, 저장율은 320%로 측정되었다. 연구실에서 봉세는, 내검시 소비면에 꿀벌들이 붙어 있는 면적, 즉 착봉면적을 소비면적의 100분율로 측정하며, 이는 사진 촬영에 의하여 또는 목측으로 어렵하여 합산하였다. 즉, 3매 소비의 단상을 가정하여, 1번 소비의 우면에 착봉면적이 소비면적의 50%일 경우, 50%로 기록하고, 이어 1번 좌면이 80%, 2번 우면 90%, 2번 좌면 90%, 3번 우면 30%, 3번 좌면 0%로 기록되었을 경우, 각 %point를 합산하여 봉세를 측정하였다. 이 예의 봉세는 $50\% + 80\% + 90\% + 90\% + 30\% + 0\% = 340\%(\text{point})$ 로 계산되었다.

한편, 봉개율 및 저장율은, 착봉된 소비를 인위적으로 탈봉시켜, 각기 소비면적 당 봉개면적 또는 소비면적 당 저장먹이의 면적을 앞과 같은 방법으로 측정하며 각 % point를 합산한 것이다.

표 63 미국부저병 인공 감염봉군(실험군 B4)의 봉세, 봉개율, 저장율 변화.

일시	봉세	봉개	저장율	비고
5/1	1200	250	320	단상(8) - 봉개는 중앙 2,3,4,5에 좌우 균등
5/11	900	80	205	계상(4/6) - 봉개는 하3,4,5번째 좌우균등
5/18	850	0	220	계상(3/6)
5/20	890	0	340	계상(4/6)
5/25	630	0	430	계상(5/5)

인공감염 후 11일차의 내검에서 봉개율은 크게 저하된 것을 관찰할 수 있었으며, 18일차의 내검에서 더 이상 봉개 된 소방은 존재하지 아니하는 것으로 나타났다. 이로써 미국부저병의 감염은 성공적임이 입증되었으나, 왕성한 청소활동의 결과이었는지 미국부저병의 사체는 예상 외로 발견되지 아니하였다. 봉개율의 저하에서 예상되었듯이 봉세(착봉율)의 감소가 감염 25일 차에 분명히 관찰되었다.

한편, 다음의 그래프는 본 과제에서 해당 벌통에 설치한 센서들에 의한 정보를 종합한 것으로, 5월 16일부터 6월 6일까지 20일간의 기록한 것이다. 센서에서 측정된 온도 $^{\circ}\text{C}$ 의 변화는 일교차에 의한 온도변화와 시간적으로 일치되는 것이나, 봉군의 자체 발열에 의한 보온 효과를 그대로 보여 주고 있다. 5월 25일 전의 온도는 30°C - 35°C 의 온도 범위를 정확히 유지하고 있으나, 5월 25일 이후의 온도는 일중 최저기온이 30°C 이하로 떨어지고 있으며, 이 후 최저기온이 25°C 에 이르는 것으로 고정되고 있었다. 이는 위의 표 58. 봉세감소와 일치되어 해석할 수 있는 것으로 봉세감소에 따른 자체 발열의 약화 육아에 필요한 온도유지의 어려움 등의 영향을 해석할 수 있을 것이다.

또한 습도%의 변화도 5월 25일의 전후로 분명한 차이를 보이고 있으나, 봉군 내 질병의 전파, 봉세 감소 등의 척도로 사용하기에는 아직 자료가 부족하다. CO_2 ppm의 변화에서도 5월 25일의 전후로 분명한 차이를 보이고 있으나, 이 역시 봉군 내 질병의 전파, 봉세 감소 등의 척도로 사용하기에는 아직 자료가 부족하며, 6월 2일 이후 (감염 33일 차) 큰 일간 변화가 일어난 것은 아직 해석되지 못하였다. NH_3 mV와 H_2S ppm의 변화는 질병징후의 센서로써 기대되었던 것이나, 본 실험에서는 분명한 질병척도로의 감지기능을 보여주지 못하는 것으로 판단되었다. 이는 실험자가 미국부저병 특유의 시큼한 냄새를 감지할 수 없었다는 사실로 현 실험의 해석이 불가능한 것인지 여부를 분명히 하기 위하여 계속적인 실험법의 개발이 필요하다. 특히 H_2S ppm의 감지에 있어 전혀 signal이 포착되지 않고 있어, 부저병의 감지에 H_2S 의 농도는 의미가 없는 것으로 사료되었다. Sound mV의 변화는 본 실험에서 특이 사인을 보여주지 못하였다.

B4(7F9D)

기간 : 2014-05-16

~ 2014-06-06

검색

접기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드

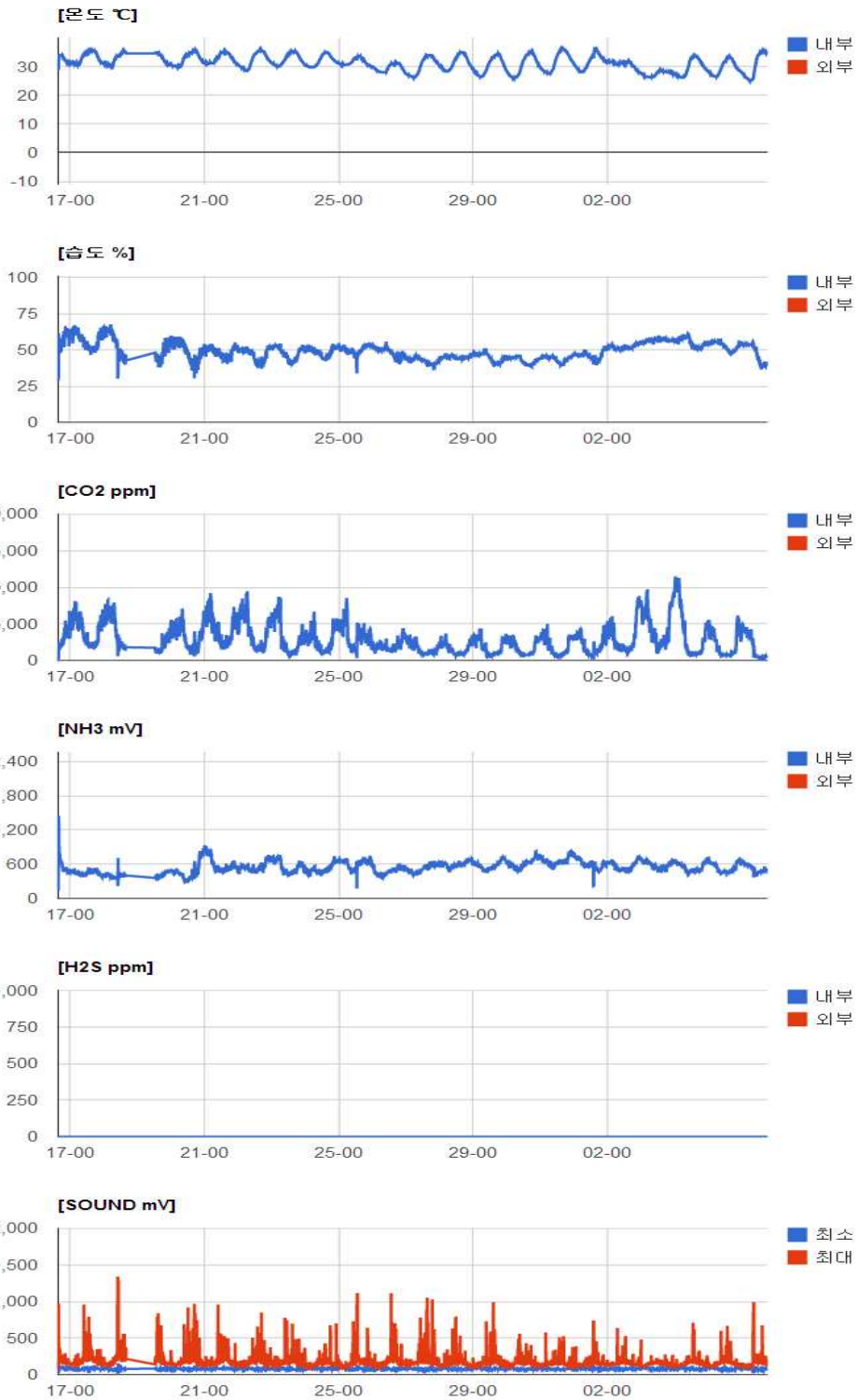


그림 286 부저병 인공감염에서 나타나는 신호패턴

제 10절 정상 및 질병 구분을 위한 시기별, 환경별 특이점 요약

꿀벌은 정온동물이 아니지만 마치 정온동물처럼 산란부터 부하과정에 이르기까지 약 35℃의 온도를 유지해 주어야 한다. 이에 필요한 열은 가슴의 날개근육을 수축하여 발생시킨다. 혹서기의 무더운 날씨에는 물을 머금어 뿌린 후 날개를 이용한 선풍으로 과도한 온도상승을 제어한다. 한편, 겨울을 나기 위해서도 최소한의 생존을 위한 온도가 유지되어야 한다. 이온도의 최저점은 7℃로 알려져 있다. 한편, 꿀벌에서의 발열자극은 CO₂의 농도와도 연관된다고 보고되어 있다(Heinrich, 1981).

습도는 온도에 연계되어 변동하지만 일반적으로 벌들이 서식하는 사육상 내에서는 적절한 수준이 유지되도록 스스로 조절하고 있다.

본과제의 주된 목적은 질병발생 징후의 조기 예측이며, 이를 위하여 CO₂, NH₃, H₂S 등 세균 활동에 의하여 발생하는 기체들의 농도변화도 주목하였다. 그러나 꿀벌들은 청소활동이라는 독특한 행동을 통하여 서식환경의 위생수준을 스스로 유지한다. 그러므로 결과적으로 사육상 내의 오염물이나 초기감염의 유충들은 청소활동에 의하여 신속히 제거되기 때문에 감지될 만한 농도의 감염신호가 나타났다면 이미 그 봉군은 환경을 통제할 기능을 잃고 소멸할 정도의 약한 수준에 달하여 생존이 불가능한 상태까지 이른 경우이므로 조기 모니터링을 위한 도구로서는 기대에 미치지 못하는 것으로 판단되었다.

결국, 건전한 세력을 유지하는 봉군에서의 생육단계별의 정상 신호를 확인하고, 이 범위를 이탈하는 경우를 감지하여 조기에 원인을 파악하고 조치하는 것이 환경모니터링에 있어서 핵심이 되는 사항이라는 결론을 얻게 되었다. 그 중에서도 가장 먼저 나타나며 유용한 신호는 사육상 내의 온도조절기능의 정상적인 작동 여부로 판단된다.

한편, 꿀벌의 생육을 위해서는 산란, 유충, 번데기, 내역봉, 외역봉의 순으로 순환하는 각각 생육단계별의 충분한 개체증식과 이에 필요한 단백질(화분) 및 탄수화물(넥타) 식량의 조달이라 할 수 있다. 봉군 내에서의 이러한 상황을 감지하는 효과적인 방법은 전체 사육상의 무게변화를 파악하는 것이 매우 유용한 방법이 될 것이다. 무게변화의 관측은, 양봉가의 입장에서 특히 중요한 사항이다. 유밀의 개시와 종료시점을 정확히 파악하여 채밀일정을 조절할 수 있을 뿐 아니라, 사료가 필요한 시점에 달하여 적기에 공급을 할 수도 있을 것이다. 또한, 봉군의 채밀 능력을 파악하여 우수한 여왕벌 선별을 통하여 후대양성에 참고함도 양봉의 중요한 소득이 될 것이다.

최종적으로 얻은 결론은, 생육단계별의 사육상 내 온도변화 및 사육상의 중량변동을 연계한 정보는 생육단계별의 건전성예측과 질병예측을 가능하게 해 줄 것이며, 일반 양봉가의 경영에 큰 도움이 될 것으로 사료된다. 이를 위하여 양봉가에게 스마트기기를 통하여 실시간으로 고지할 정보메시지 발송의 내용은 아래와 같이 정리할 수 있다.

1. 각종 감염성 질병의 침입에 대한 신호변화의 탐색 및 각 특이 신호의 분석

봉군의 신규감염: 전형적인 경과를 생육활동의 위축에 의한 정상적인 생육신호의 불량으로 나타난다. 즉, 국내에서 가장 문제가 되는 부저병과 진균감염 그리고 봉아낭충바이러스감염증의 경우 부화 후 초기의 유충에 감염되어 나타난다. 감염된 유충은 일차적으로 청소벌에 의하여 제거되는데, 해당 일령유충의 폐사와 후속세대들에 전파됨으로써 이론적으로는, 다음 세대를 지속적으로 순환연결하는 순차적인 고리와 해당기능이 차단되어 봉세의 약화가 일어나고 궁극적으로 봉군의 소멸이 초래된다.

감염 초기에는 양육벌들의 보온대상이 줄어들므로 발열활동이 줄어들게 되어, 결과적으로 사육상내의 전반적인 온도는 차츰 감소하며 최종적으로는 외부기온의 변화에 대응한 내부기온의 조절능력이 제거된다. 일간 송출 신호의 패턴을 보면 이웃의 건강한 봉군과 대조적인 편차를 보이게 된다. 그림 x 에는 전형적인 예로서, 13군은 매우 세력이 건전한 강군으로서 내검시 왕성한 유충을 양육하고 있었으며 외기의 변화에도 불구하고 일중 최저기온은 30℃ 이상을 나타내고 있으며 일교차는 극히 작게 나타나고 있다. 한편, 12군은 소멸직전의 약군으로서 사육상 내부의 일 최저온도는 30℃ 이하이며 외기의 변화에 대응하는 내부환경 조절기능은 거의 보이지 않고 있다. 14군은 가시용애의 감염이 심한 군으로서 내검결과 유충의 양육은 이루어지고 있으나 불량한 상태를 보이고 있었다. 비록 12군에 비하여 일간 최저온도가 다소 높은 약 29℃ 정도를 유지하고 있으나, 강군인 13군에 비하여 일교차가 외부기온에 연동되어 큰 등락을 보이고 있다. 이러한 비교는 스마트 기기의 화면만으로도 일견하여 추정이 가능한 사항으로 판단되며 전문 연구자가 아닌 일반 양봉인들에게도 확연히 인지될 수 있다.

2. 감염 초/중/말기에 따른 봉군 쇠약 신호변화의 탐색

아래에 기술한 내용은 감염을 포함하여 사양부주의에 의한 신호변화를 포괄하여 정리한 것이며 본 시스템의 사용자를 위한 정보메시지 발송의 경우를 요약한 것이다.

가. 하루 중 최고 온도가 37℃를 넘을 때 정보메시지 발송 (연간)

(1) 온도저하 조치 : 사육상내의 온도가 37℃를 넘으면 정상적인 유충의 발육이 곤란한 상태가 된다. 혹서기에 일벌들이 사육상 내부의 온도를 낮춰주기 위하여 노동을 하지만, 과도한 체력 소모를 초래한다. 또한, 이 경우에 야간에 사육상 외부로 나가 수면을 취하기 때문에 충실한 육아활동이 이루어지지 못하기도 한다. 양봉인으로서 이러한 경우 사육상 외부에 물을 분무하는 등의 온도저감조치를 취하여 주어야 한다.

(2) 분봉대비 : 강건한 봉군은 추가적인 생육을 위하여 소비를 축조한다. 또한, 많은 개체가 서식하기에 좁은 공간이라면 자연스럽게 분봉이 일어난다. 이를 위한 소비공급, 계상처리, 인공분봉유도 등의 조치가 필요하다.

나. 일간 최저온도가 7℃ 이하를 나타낼 때 정보메시지 발송 (연간)

(1) **보온처치 강화** : 환경온도가 7℃ 이하로 되면 벌들의 행동이 마비된다. 즉, 지척에 먹이가 있어도 도달하지 못하고 아사하는 사태가 일어나기도 한다. 벌들이 발열하기 위해서는 저장꿀을 먹고 근육운동을 해야 하므로 최소한의 활동은 가능한 온도가 보장되어야 한다. 극단적으로, 5℃ 이하로 내려가면 12시간 내에 동사한다고도 한다. 동절기에 이러한 상황이 발생한다면 온도저하를 막아주는 조치를 시급히 취해주어야 한다.

다. 10분간의 온도변화가 2℃를 초과하는 경우 정보메시지 발송

(1) **외부의 자극** : 아래의 그림은 2015년 1월 15일 제주대학의 제 7봉군에서의 일간 신호변화의 예를 나타낸 것이다. 정상적인 강군의 정상적인 상황에서는 10분간 온도변화가 2℃를 넘지 않는다. 이 그림의 예는 오후 2시경 차가운 외기에도 불구하고 사육상을 개방하여 내검한 결과 발생한 것이며, 해당 시점에서 온도, CO₂, 소음의 증가가 나타났다. 흥미로운 점은 CO₂의 증가가 사육상 내의 온도증가에 선행하여 나타났다는 점이다. 이 후 신호수치가 저하하는 경향은 비슷하였는 바 자극에 의한 흥분에 따른 꿀벌 대사의 활성화, 그리고 발열 반응이 순차적으로 나타난 것으로 추측된다. NH₃의 농도는 일시적인 감소를 보인다 서서히 원래의 농도로 회복하였는데, 내검 중 환기에 의한 희석에 기인 한 것으로 사료된다. 그러나, 여전히 NH₃의 농도가 꿀벌의 대사나 감염의 결과를 반영한다는 증거는 확인되지 않았다.

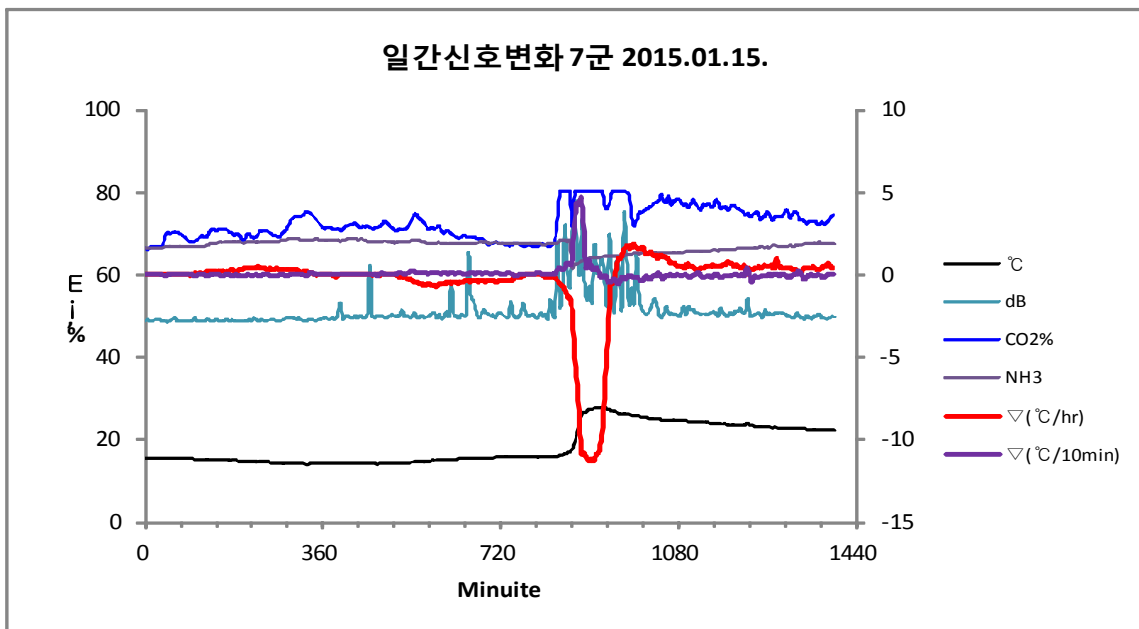


그림 287 생육개시 시점에 실시한 내검에 의한 단기적인 환경신호 변동. 내검을 위하여 사육상을 개방한 조치에 따른 충격을 반영함. 2015년 1월 15일 제주대학의 제 7봉군

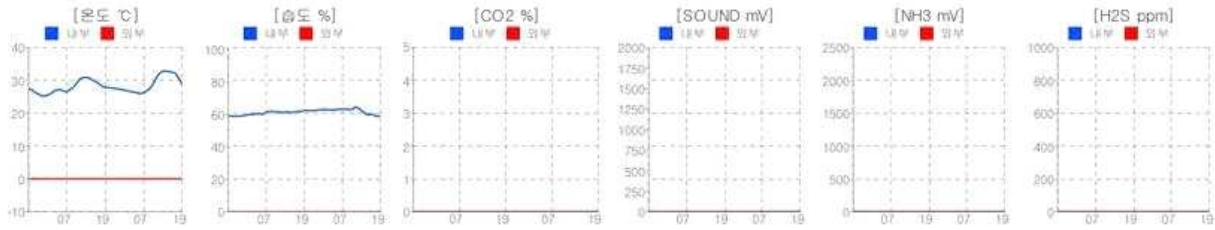
라. 동절기 (1월부터 4월 까지의 기간) 중 일 최저온도의 7일간 평균이 20℃를 넘는 경우 자극사양을 위한 정보메시지 발송 (생육개시기간)

(1) 월동기 후반 생육개시의 신호 : 사육상내의 온도는 외부의 기온에 당연히 일정부분 영향을 받지만 활동이 최대한 억제 되어있는 상태에서는 20℃를 넘지 않는다. 만일 일정기간 일간 최저온도의 상승이 확인된다면 봉구부분서부터 이미 생육활동을 개시하고 있다는 증거가 된다. 이 시점에서 양봉가들은 봄벌을 키우기 위한 자극사양 준비를 시작하여야 한다. 지방에 따라 외기의 온도의 차이를 보이며, 각 봉군의 세력에 따라서도 이러한 시점은 분명한 차이를 보이므로 개별적인 조치가 필요하다.

마. 5월부터 8월 말일까지 (왕성한 생육기간) 일 최저기온이 30℃ 이하를 나타내며 동시에 일교차 (당일 및 전일의 최고치와 비교하여) 5℃ 이상이 차이날 때 정보메시지 발송

(1) 세의 변화 : 활동이 왕성한 이 기간에 건전한 세력을 갖는 봉군에서는 급작스러운 외기의 영향으로 일시적인 내부온도의 저하가 나타나지만 그 최고치에 비하여 5℃ 이상의 일편차를 보이지 않을 정도로 내부환경의 인자를 스스로 조절하기 때문이다. 이러한 현상이 나타난다면 군세가 서서히 약해지는 증거이며, 반드시 내검을 통하여 원인을 파악하여야 하며 해당되는 예방조치를 취하여야 할 것으로 사료된다. 봉군의 세력 감소의 가장 일반적인 시작은 외부기생충인 가시응애 및 진드기의 감염에 의하여 일어난다. 또한 여왕벌의 소실에 의해서도 시작되는데, 이 경우, 양육할 유충과 번데기가 아직도 남아있는 경우라면 해당 기간동안 여전히 부화를 위한 발열활동이 지속되므로 주의를 요한다.

양봉장-[벌통12](74D9)



양봉장-[벌통13](817A)



양봉장-[벌통14](817E)



그림 288 군세에 따른 신호 송출 패턴의 차이. 관찰점은 일간 최저온도와 온도변동 폭이 주요관점.

바. 4일간의 사육상 무게 일간최저치의 추세가 (+)의 값으로 전환될 때 정리채밀 고려 이후, 다시 (-)로 전환될 시기에 본채밀 실시권고 메시지 발송

그림 x에서와 같이 사육상의 무게는 꿀벌들의 섭식에 의하여 지속적으로 감소한다. 유밀기가 시작되면 넥타의 도입이 저장식량의 소비를 상회하게 되는데, 경험이 많은 전문양봉가들도 정확한 시점을 감지하기 어렵다. 중량 센서를 도입한 경우에는 2015년 7군의 경우 5월 8일에 이미 그 변곡점에 도달하였음을 확인 할 수 있었다. 이때에 신속히 정리채밀을 한다면 사양꿀이 혼입되지 않은 화밀을 최대한 수집할 수 있다. 이 후, 5월 24일 이후에 4일간 무게증가가 정제 되었으며 이후 감소하였는데, 이는 유입되는 양이 소모되는 꿀의 양보다 적어짐을 뜻하며 이때가 채밀의 적기이다. 다음 밀원의 개화에 맞추어 채밀을 반복할 수 있는 바, 이의 추가적인 잇 점은 주된 밀원의 화밀이 서로 섞이지 않는다는 점이다. 특정 밀원의 순수한 꿀은 소위 잡꿀이라 불리는 다른 화밀과 서로 섞인 꿀에 비하여 고가에 판매할 수 있기 때문에 양봉의 부가가치를 높일 수 있을 것으로도 기대된다.

사. 급격한 무게 저하시 (시간당 -50g) 도난 및 도봉발생 경보발송

무게센서의 급격한 변동은 외부에서 가해진 충격의 증거이다. 그러므로, 야생동물의 습격이나 도난의 경우에 급격한 무게 변동의 신호가 실시간으로 발송되어 적절한 조치를 취할 수 있다. 또한, 도봉의 경우 비정상적인 무게 감소가 나타난다. (12시간에 약 2,670g 감소 = 222.5g/h). 정상상태의 봉군에서 무밀기에 12시간동안 275g 감소 (= 22.9g/h)를 비교한다면, 시간당 50g 이상 무게가 급격히 감소한다면 도봉 가능성 경보를 발령하여 현장 조치를 취하도록 해야 할 것이다.



그림 289 도봉시의 사육상 무게 변화. 14:00 경부터 도봉이 발생하여 급격한 무게의 감소가 나타난.

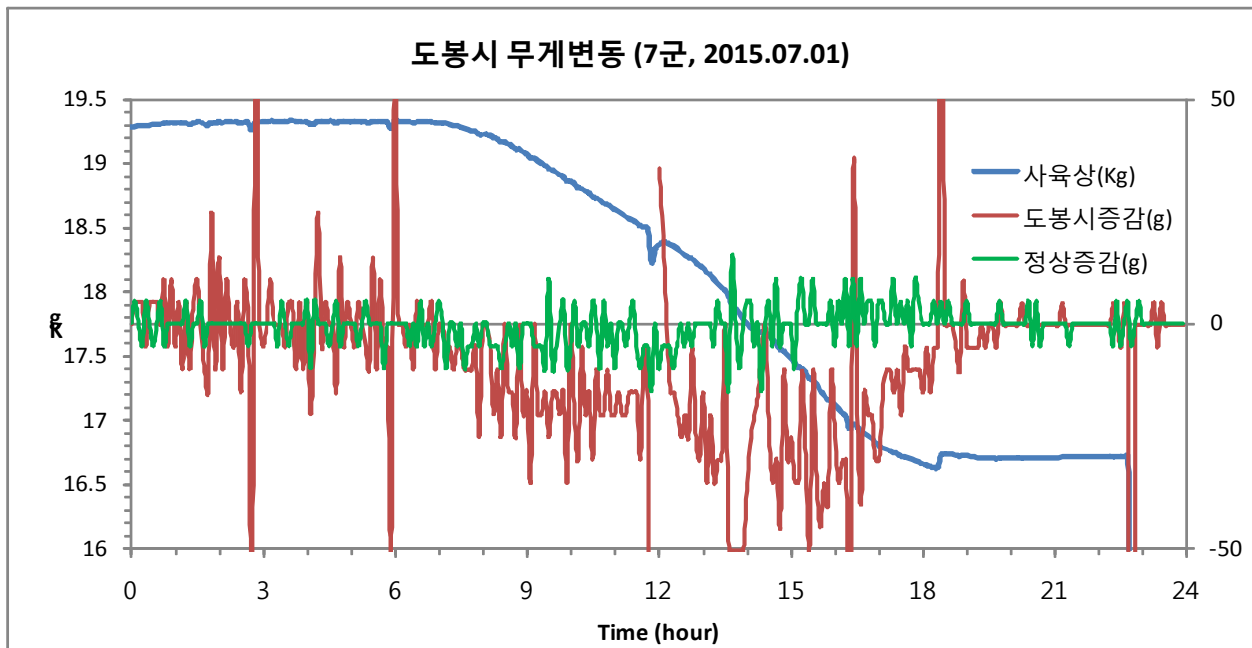


그림 290 도봉시 및 정상상태의 일간 사육상무게 변화 비교.

제 11절 생육 환경 정보 DB 설계 및 구축, 센서 데이터 수집

1. 3차년도 최적화된 생육 데이터 추출을 위하여 수집 가능한 모든 데이터를 수집함

가. 생육 환경 정보 DB 설계 및 구축

본 연구에서는 생육환경정보 DB화를 위하여 별통내부 상태에 대한 정보의 모니터링이 이루어 질 수 있도록 하였다. 별통내부의 온도값(°C), 습도값(%), 이산화탄소(CO2), 암모니아(NH3), 황화수소(H2S), 소리센서 데이터수집을 위하여 DB를 설계하였으며, 여러 양봉장 및 여러 별통내부의 데이터 수집이 가능하도록 DB를 설계하였다. 또한 데이터의 수집주기 및 데이터 전송 주기의 변경을 위하여 양봉장별 설정이 가능 하도록 설계하였다.

생육 환경 정보 DB 설계 및 구축 내용은 다음과 같다.

(1) 테이블 명세서

tb_sensing_data 테이블은 별통내부의 각종 센서에 대하여 센싱된 값을 누적한다. tb_sensing_hive 테이블은 별통아이디코드 및 별통명칭을 등록 관리한다. tb_sensing_site 테이블은 양봉장아이디코드 및 양봉장명칭을 등록 관리한다. tb_sensing_sensor 테이블은 센서의 종류를 등록 관리한다. 테이블별 상세 설계부분은 아래 상세 기술부분 확인한다.

표 64 테이블 명세서

순번	테이블명	설명
1	tb_sensing_data	별통내부의 각종 센서의 모니터링값 누적
2	tb_sensing_hive	별통아이디 코드관리
3	tb_sensing_site	양봉장아이디 코드관리
4	tb_sensing_sensor	센서아이디 코드관리

(2) 테이블 상세 기술서

표 65 tb_sensing_data 테이블

테이블명 : tb_sensing_data			
순번	컬럼명	컬럼설명	데이터유형
1	id	데이터누적 순번	bigint(20)
2	sensor_date	데이터누적 일시	datetime
3	site_id	양봉장 아이디코드	char(4)
4	hive_id	벌통 아이디코드	char(4)
5	sensor_id	센서 아이디코드	int(11)
6	sensor_data	데이터값	double
7	probee_id	무선통신 장비아이디	char(4)

표 66 tb_sensing_hive 테이블

테이블명 : tb_sensing_hive			
순번	컬럼명	컬럼설명	데이터유형
1	hive_id	벌통 아이디코드	char(4)
2	site_id	양봉장 아이디코드	char(4)
3	probee_id	무선통신 장비아이디	char(4)
4	hive_name	벌통별칭	varchar(50)
5	hive_used	벌통사용여부	char(1)
6	hive_order	벌통정렬순번	int(11)

표 67 tb_sensing_site 테이블

테이블명 : tb_sensing_site			
순번	컬럼명	컬럼설명	데이터유형
1	site_id	양봉장 아이디코드	char(4)
2	site_name	양봉장별칭	char(4)
3	site_period	데이터 전송주기	int(11)
4	site_plustm	데이터 누적주기	int(11)
5	site_used	양봉장 사용여부	char(1)
6	site_order	양봉장 정렬순번	int(11)

표 68 tb_sensing_sensor 테이블

테이블명 : tb_sensing_sensor			
순번	컬럼명	컬럼설명	데이터유형
1	sensor_id	센서아이디	char(4)
2	sensor_name	센서명칭	varchar(50)

(3) 테이블별 누적데이터

표 69 tb_sensing_data 테이블

테이블명 : tb_sensing_data						
id *	sensor_date *	site_id *	hive_id *	sensor_id *	sensor_data	probee_id
▶ 95915	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	0	27.6	7F9E
95916	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	1	38.9	7F9E
95917	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	2	370	7F9E
95918	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	3	213.4	7F9E
95919	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	4	0	7F9E
95920	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	5	0	7F9E
95921	2014-05-15 오후 1:04:00	0008	0004	6	312.8	7F9E

양봉장ID, 벌통ID, 센서ID가 구분되어 센싱일자 별 데이터를 누적한다. probee_id 는 데이터 누적 시 데이터를 전송한 Zigbee의 아이디를 저장한다.

표 70 tb_sensing_site 테이블

테이블명 : tb_sensing_site						
site_id *	site_name	site_period	site_plustm	site_used	site_order	
▶ 0008	(주)씨에스_1번	30	2	T	0	
0009	경기대학교	30	5	T	1	
0010	제주대학교	30	5	T	2	

여러 개의 양봉장을 등록하여 관리하는 기능이다. 양봉장별 데이터전송주기(분) 와 데이터수집주기(분)을 설정하여 데이터전송 시 데이터수집기와 동기화하여 작동 하도록 한다.

표 71 tb_sensing_hive 테이블

테이블명 : tb_sensing_hive					
hive_id *	site_id *	probee_id *	hive_name	hive_used	hive_order
▶ 0001	0008	7DDE	별동1 번	T	0
0001	0009	7DDE	C2(7DDE)	T	0
0001	0010	8172	별동1 번	T	0
0002	0010	7E51	별동2 번	T	1
0002	0008	7E80	별동2 번	T	1
0002	0009	7E80	C3(7E80)	T	1
0003	0008	7DD5	별동3 번	T	2
0003	0009	7DD5	B5(7DD5)	T	2
0003	0010	7E7C	별동3 번	T	2
0004	0010	6CE6	별동4 번	T	3
0004	0008	7F9E	별동4 번	T	3

여러 개의 양봉장 ID별 여러개의 별동을 등록하여 관리한다. 해당하는 별동데이터를 조회하는 화면에서 보이지 않을 경우 hive_used를 'F' 로 변경하여 조회되지 않도록 한다. 조회화면에서 별동의 순서 설정이 가능하도록 hive_order 필드를 제공한다.

표 72 tb_sensing_sensor 테이블

테이블명 : tb_sensing_sensor	
sensor_id *	sensor_name
▶ 0	온도
1	습도
2	이산화탄소
3	암모니아
4	암모니아NEW
5	황화수소
6	소리최고
7	소리최저

센서별ID를 부여하여 관리하고 신규센서가 추가되는 경우 새로 ID를 부여하여 센서를 추가 관리한다.

나. 센서 데이터 수집

(1) 별동 생육환경 정보 센싱 장치 개발

본 연구의 1차년도에는 꿀벌 사육장 내부 상태 원격 모니터링 시스템 구성 및 적용을 통해 온도/습도/이산화탄소/암모니아에 대한 데이터를 수집하는 센싱 장치를 개발 하였으며, 2차년도에는 양봉산업 적용에 적절한 센서 선정을 위해 여러 종류의 센서에 대한 테스트 수행 및 별동 내부 설치를 위한 최적화 연구를 진행하였다. 본 연구에서의 별동 생육환경 정보 센싱 장치

개발 수행은 센서 테스트 및 센서보드 개발, 설치 브라켓 개발 등의 세부 연구 수행으로 이루어졌으며, 센서종류 및 센서테스트에 대한 내용은 앞 절 []에 언급되어 있어 이 절에서는 생략하고 센서보드 개발 및 설치 브라켓에 대한 연구 수행 내용은 다음과 같다.

(가) 센서보드 개발

본 연구의 2차년도에서는 1차년도 개발된 센서보드를 보완하여 양봉산업 적용에 대한 최적화 연구를 수행하였다. 초기에는 PCB에 회로 구성 및 부품 배치를 위한 납땀 작업을 직접 실시하여 센서보드를 수작업으로 만들어 현장 테스트를 수행하였으며, 이후에는 데이터의 보다 높은 정확도를 위해 센서보드를 설계하고 제작하는 연구를 수행하였다. 센서보드의 개발을 위해 우선 센서보드에 탑재될 센서를 선정해야 했으며, 이는 앞서 언급한 바와 같이 여러 종류의 센서 테스트를 통해서 양봉산업에 적용 가능한 센서 종류를 선정하여 센서보드 개발에 적용하였다. 센서보드의 개발은 회로설계(부품선정포함)--->Artworks-->보드제작의 순으로 진행되었으며, 센서보드의 개발 내용은 다음과 같다.

① 센서보드 회로 설계

센서에 대한 전원공급 및 무선통신모듈 등에 대한 전원공급은 태양광발전 전원을 사용해야 하는 것을 고려하여 12V 단일전원을 사용하기 위한 전원 회로 설계하였다. 꿀벌 생활환경에 영향을 최소화하기 위하여 발열이 심한 리니어 전원부품을 사용하지 않고 LM2576 스위칭 회로로 구성하였다. 또한 전원부 발열에 의하여 온도센서의 측정값이 영향을 없도록 하고 발열이 있는 부품과 온도센서와의 공간적 이격을 두었다. 검토 및 선정이 완료된 센서는 온습도센서(SHT11), 이산화탄소센서(COZIR-WX5), 암모니아센서(MiCS-5914), 음량소리센서(TE02281PSEN)를 기본 구성으로 하며, 추가로 더욱 정확한 가스 농도를 측정하기 위한 암모니아센서(1198), 황화수소센서(11N8) 연결할 수 있는 포트를 구성하였다. 데이터 수집 장치로의 센싱 데이터 전송을 위해 무선통신을 위한 Zigbee 모듈이 탑재되도록 회로 구성하였다. 아날로그 센서의 ADC, Zigbee모듈 및 시리얼통신 타입 센서 호환을 위한 UART, 온습도 센서의 2-wire Serial Interface 통신을 위한 GPIO 등의 구성을 연결할 수 있는 MCU로는 ATmega128 MCU를 구성하였다. 센서보드는 소형화 보다는 센서 간 간섭이 최소화 하도록 넓은 면적에 분산 배치하였으며, 향후 센서가 추가될 수 있도록 여유 공간을 두었다.

본 연구에서 도출된 센서보드 회로도에는 아래의 그림과 같다.

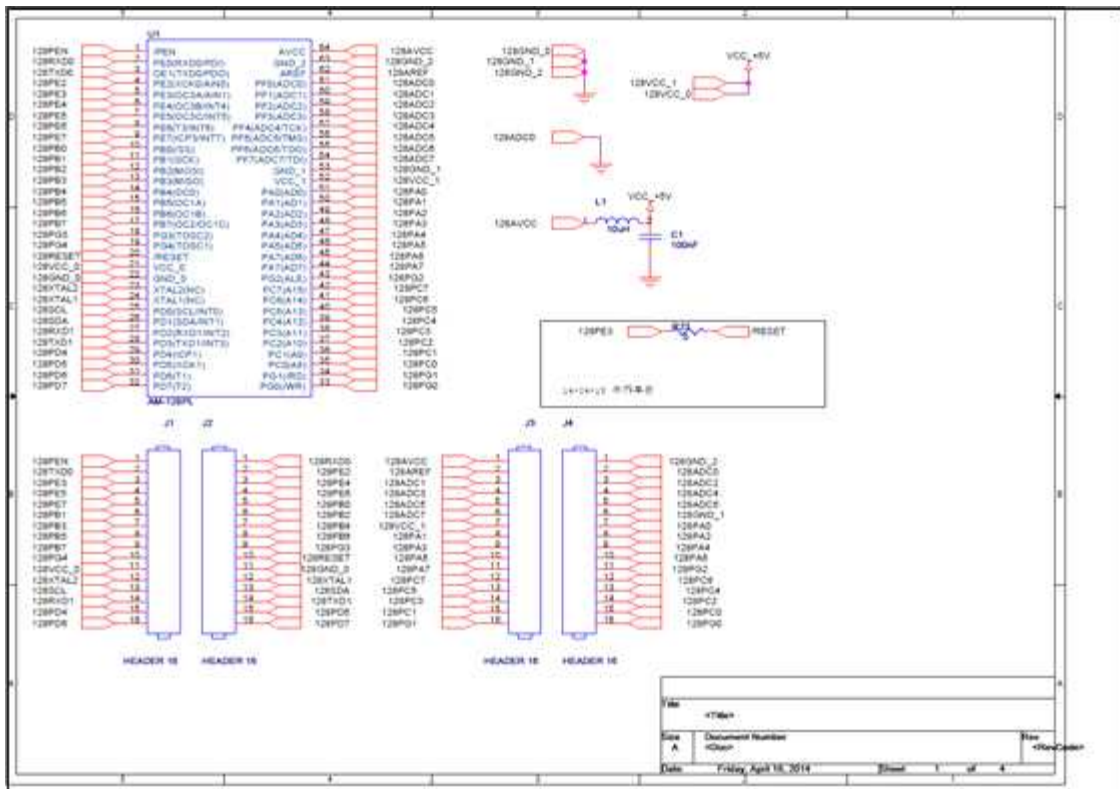


그림 291 MCU 회로

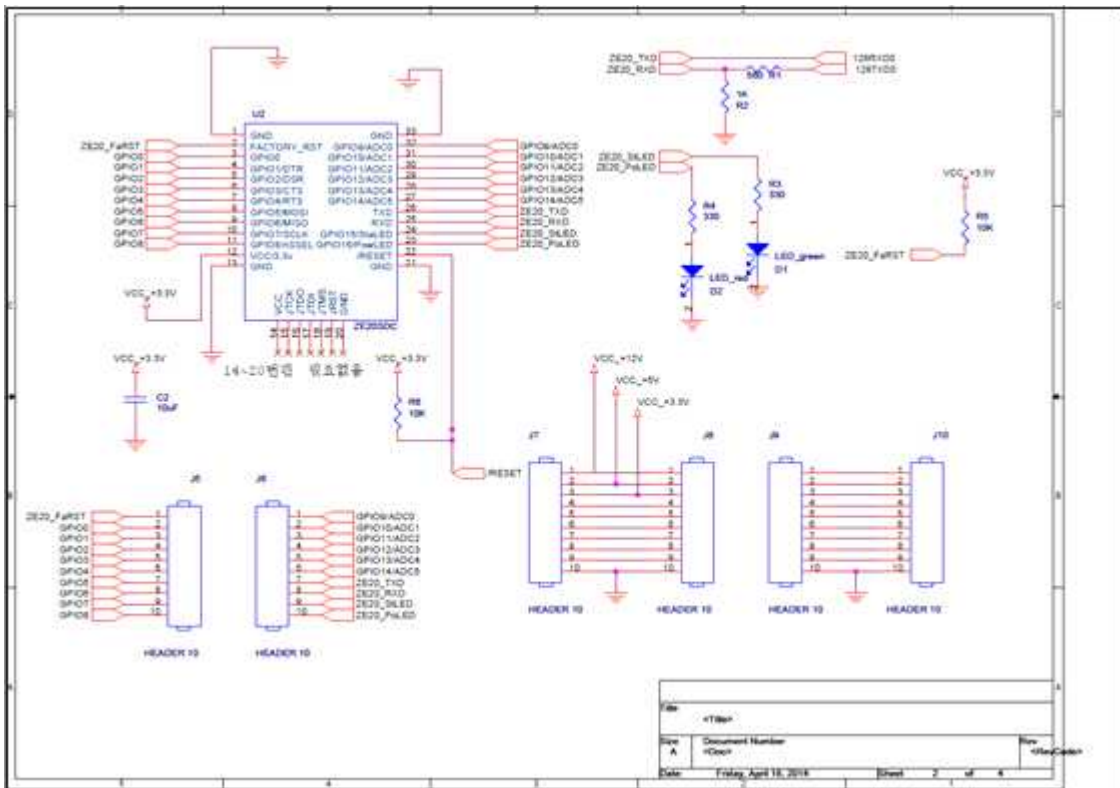


그림 292 데이터 송수신 모듈 및 주변회로

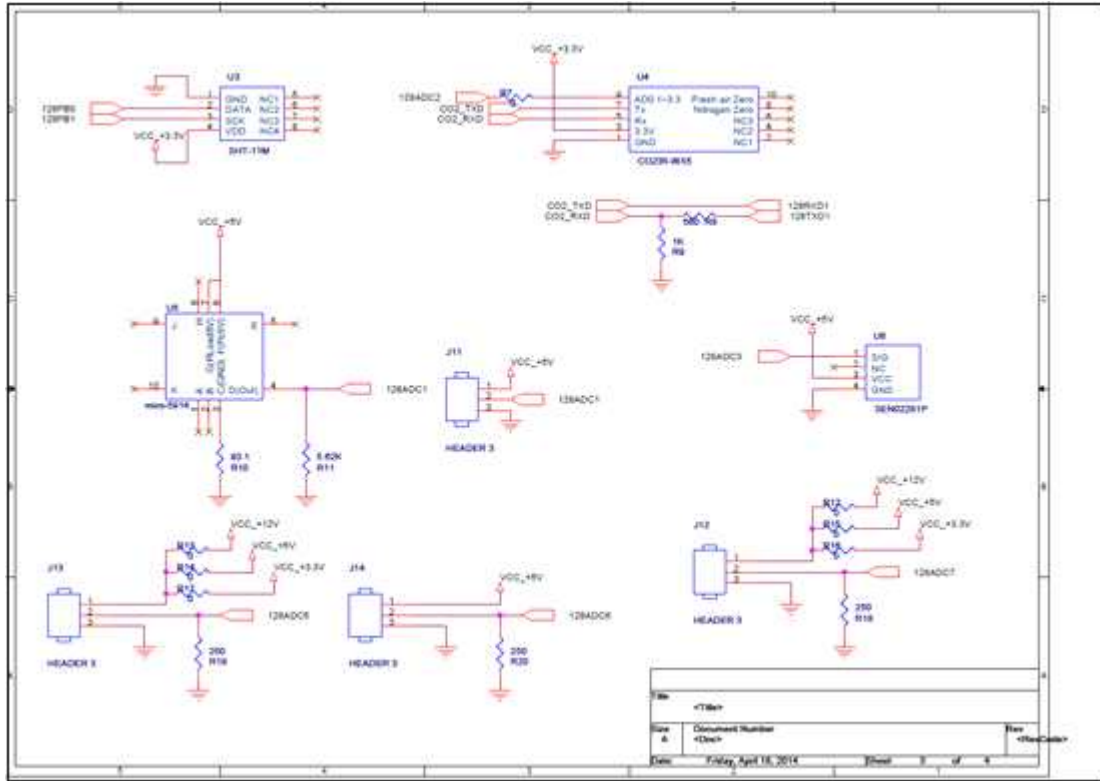


그림 293 센서 인터페이스 회로

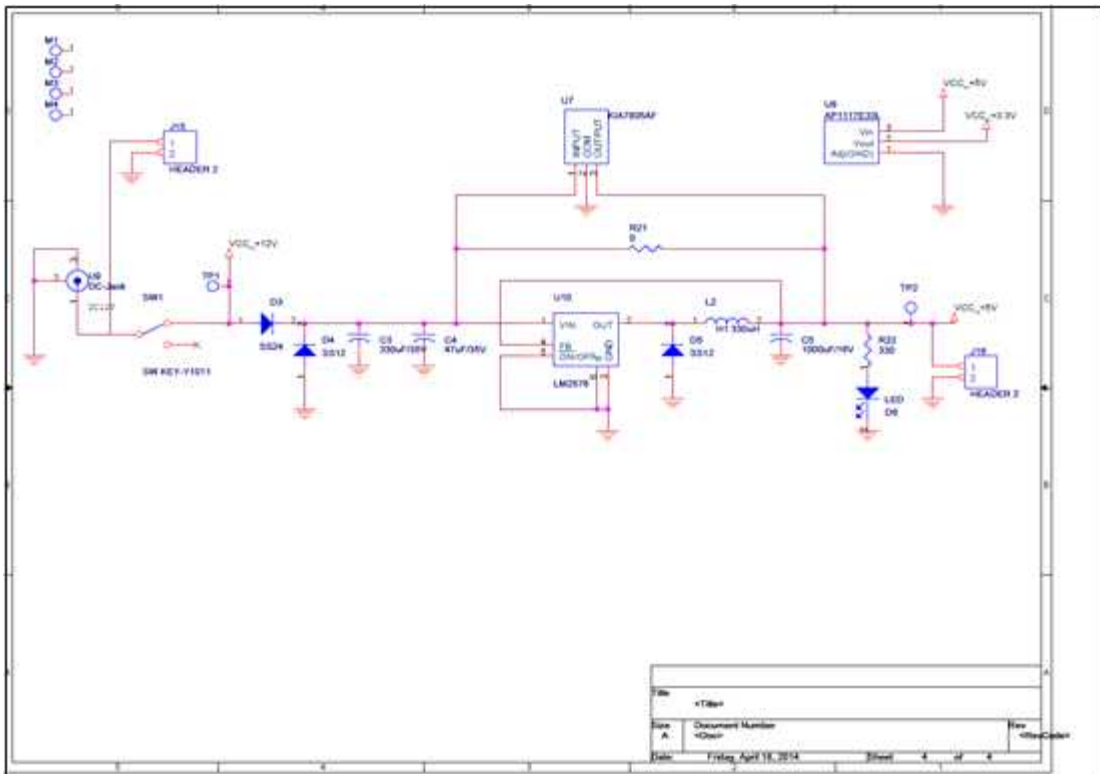


그림 294 센서보드 전원 회로

② 센서보드 Artworks

회로 설계 내용을 바탕으로 PCB 제작을 위한 부품 배치 및 회로 패턴 등 Artworks를 수행하였으며 수행된 결과물은 아래 그림과 같다.

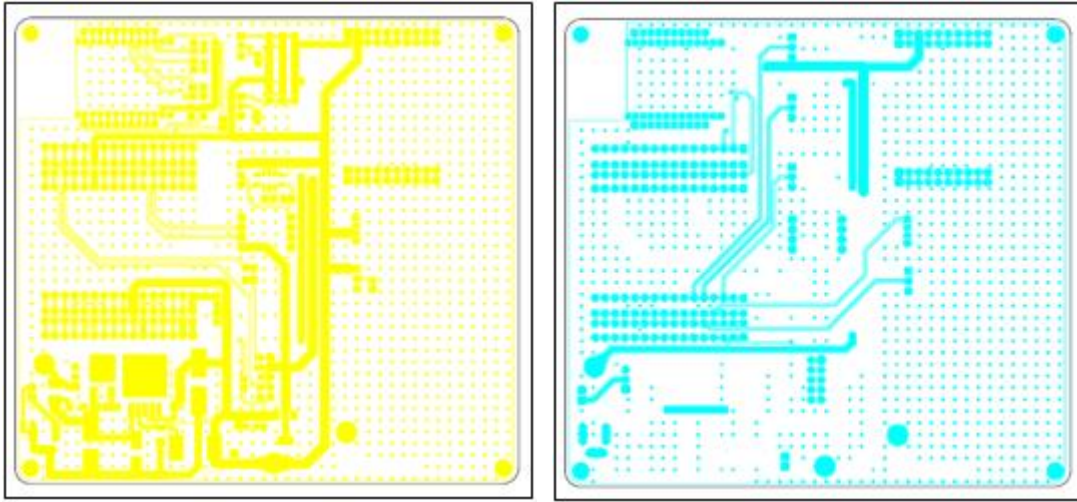


그림 295 Top View, Bottom View

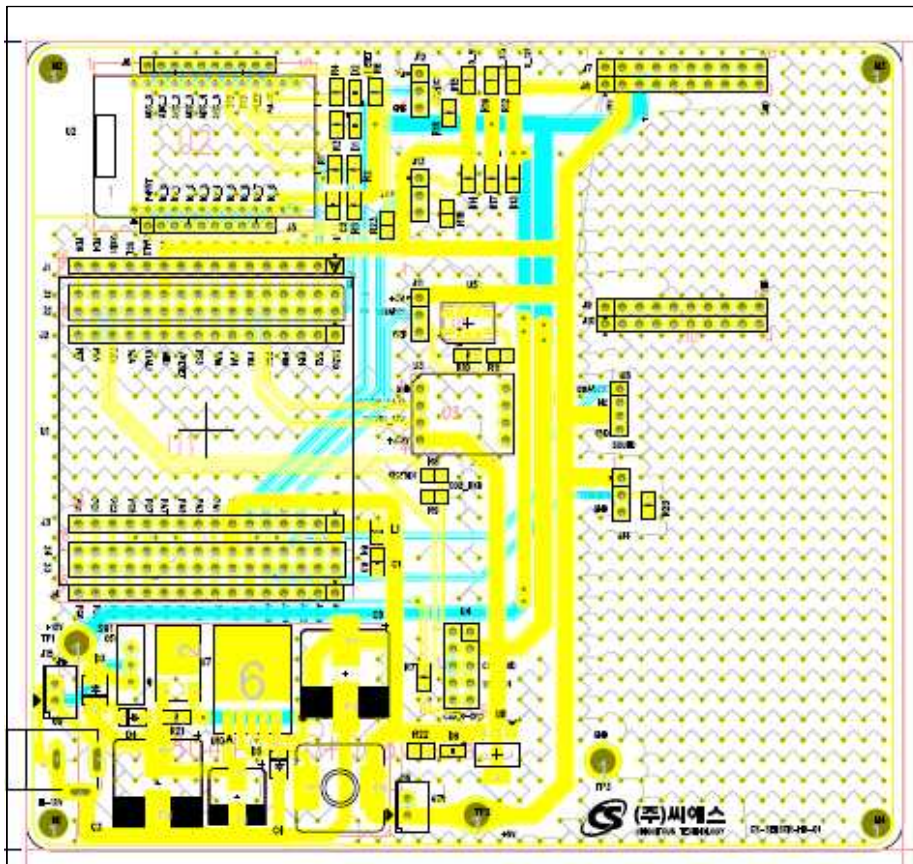


그림 296 Assembly View

③ 센서보드 제작

본 연구에서는 꿀벌 사육장(벌통) 내 환경 모니터링을 위한 센서보드에 대해 회로설계와 아트워크를 통해 PCB 보드를 제작하였으며 제작된 내용을 아래 그림과 같다.

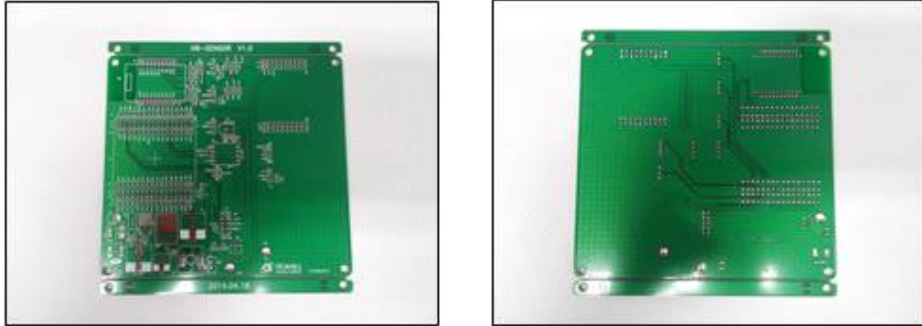


그림 297 PCB Top view, PCB Bottom view

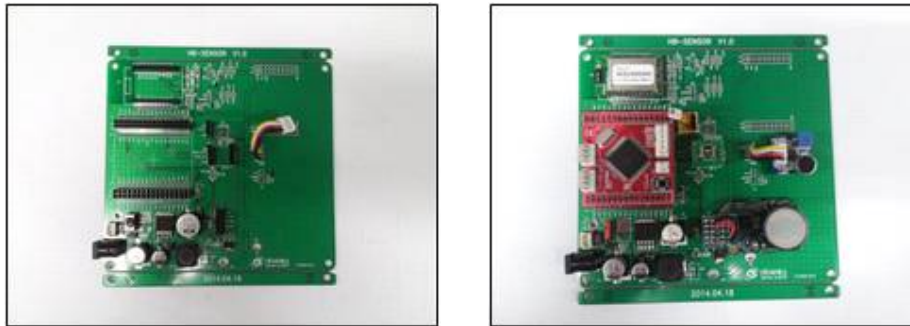


그림 298 PCB 부품 실장, PCB 모듈 조립



그림 299 PCB 센서 조립

(나) 센서보드 설치 브라켓

벌통 내부 생육환경 정보 수집을 위해서는 센서보드가 벌통 내부에 설치되어야 함에 따라 본 연구에서는 센서보드의 벌통 내부 설치를 위한 설치 브라켓에 대한 개발도 수행하였다. 또한, 양봉인이 쉽게 설치, 운영 할 수 있는 구조여야 하므로 최종적인 센서노드는 소비 형태를 취한다. 센서 보호 및 꿀벌통 내부에 손쉽게 설치 되도록 기구 설계를 하였으며 다음과 같다.

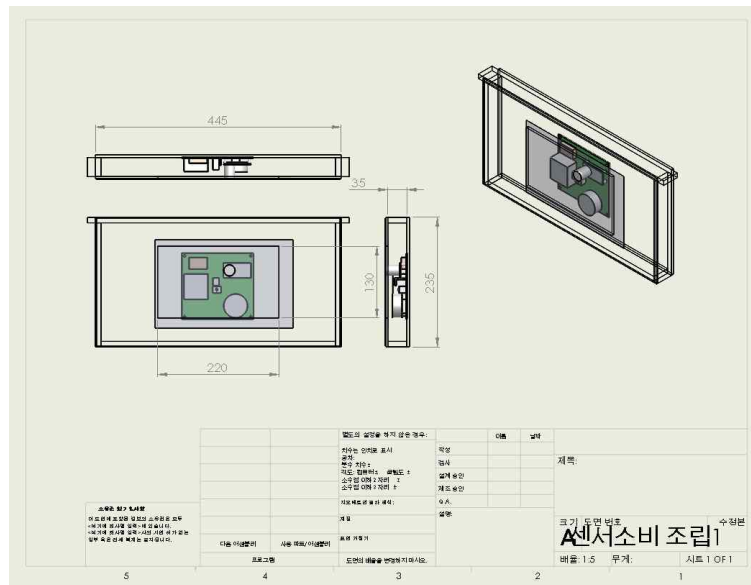


그림 300 센서소비 기구 설계

센서보드 설치 브라켓은 센서보드에 탑재된 센서를 보호해 줌은 물론, 벌통 내부 설치가 용이하도록 설계하였다. 본 연구에서의 센서보드 설치 브라켓은 벌통 내부 설치의 편의성을 위해 벌통 내부 소비와 같은 형태로 외형을 설계하였으며, 센서보드 전면에는 망을 설치하여 꿀벌의 접근을 방지. 센서보드 설치 브라켓의 모습을 아래의 그림에 나타내었다.

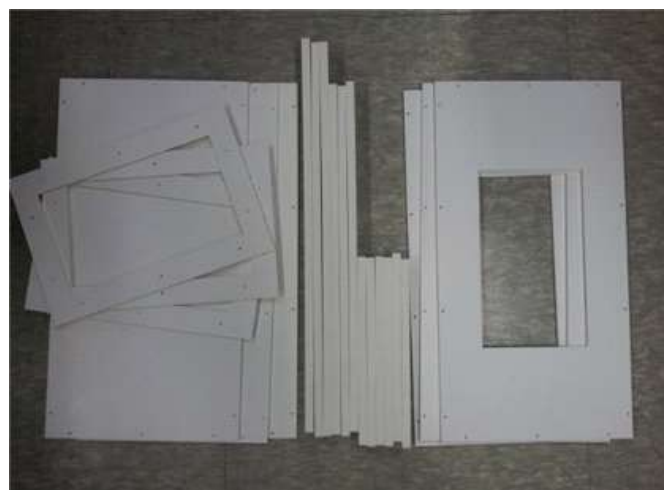


그림 301 브라켓 재료 가공



그림 302 브라켓 완료 모습

모든 설계를 구체화 하여 제작된 센서노드(센서소비)는 다음과 같다.



그림 303 센서노드(센서소비) 제작

아래는 센서노드(센서소비)의 실제 적용 사진이다.



그림 304 센서노드 실환경 적용(설치)

(2) 벌통 생육환경 정보 센싱 장치 양봉장 설치

벌통 생육환경 정보 센싱 장치는 앞서 언급한 센서보드 설치 브라켓과 센서가 조립되어 있는 센서보드로 구성되어 있으며, 센서보드는 센서보드 설치 브라켓 내부에 장착되어 꿀벌로부터의 접근을 방지하고 있다. 꿀벌 사육장(벌통)의 덮개를 연다음 벌통 내부의 가장 외측에 설치하였으며, 일부는 격리판 위치에 설치하기도 하였다.

본 연구에서는 개발된 벌통 생육환경 정보 센싱 장치를 제주대학교 양봉장 및 경기대학교 양봉장에 설치하여 데이터 수집을 진행하고 있다. 제주대학교 양봉장 및 경기대학교 양봉장 적용 모습을 다음의 그림으로 나타낸다.



그림 305 제주대학교 양봉장 샘플 설치 모습

1차 선정 센서를 적용한 센서 장치 다수 설치(제주대학교 양봉장)



그림 306 1차 선정 센서 적용 센싱 장비



그림 307 1차 선정 센서 적용 센싱 장비 현장 적용

2차 선정 센서 적용 센싱 장비 설치(제주대학교 양봉장)



그림 308 1차 선정 센서 적용 센싱 장비 철거 중



그림 309 1차 선정 센서 적용 센싱 장비 철거 완료



그림 310 2차 선정 센서 적용 센싱 장비



그림 311 2차 선정 센서 적용 센싱 장비 설치 완료

2차 선정 센서 의 하우징 조립시 센서보호 철장을 잡아주기 위한 가이드 부분이 두께만큼

외부로 돌출되도록 되어 있었으나, 소비들이 밀집한 경우 꿀벌 이동에 장애를 줄 수 있어서, 아래의 사진과 같이 철망 가이드가 내부로 조립하는 방식으로 변경하였다.

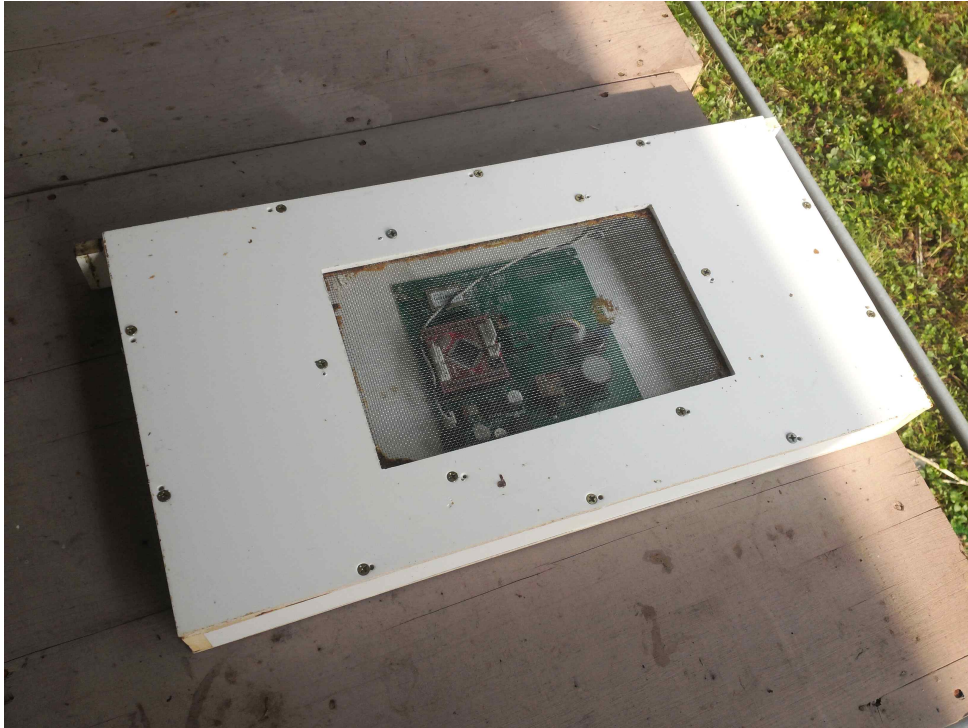


그림 312 최종 센서노드(센서소비) 모습

(3) 데이터 수집 전송장치 설치 및 센서 데이터 수집

기존 데이터 수집 전송장치의 단점인 Character LCD 는 한정된 데이터만을 표시 가능하여 현장에서 센싱 데이터를 확인하기 불편하였다. 8bit 저사양의 CPU 모듈을 사용하여 센서노드에서 수집되는 데이터를 실시간으로 모두 처리하지 못하고 간혹 데이터 누락이 발생하였다. 버튼 등의 입력장치가 없어서 기기 설정 등은 전문가만이 가능하였다. OS가 없이 펌웨어 수준으로 개발되어 프로그램 오류 발생 시 문제점 파악 및 해결에 많은 시간이 필요하였다. Zigbee 무선 통신모듈과 일체형 되지 않아 미관상 좋지 않고, 설치 및 결선이 복잡하다. 앞서 언급한 바와 같이 1차 년도에 적용된 데이터 수집 전송장치는 2차 년도에 추가된 센서의 데이터를 처리하기에는 무리가 있는 등 단점보완을 위해 2차 년도에는 데이터 수집 전송장치를 추가 개발하였다.

(가) 데이터 수집 전송장치 개발

신규 데이터 수집 전송장치는 4인치 TFT 터치 LCD를 지원하는 HSN社의 IEC266 제품을 사용하였으며 IEC266의 상세 사양과 회로설계 내용을 아래의 그림과 표로 나타내었다.

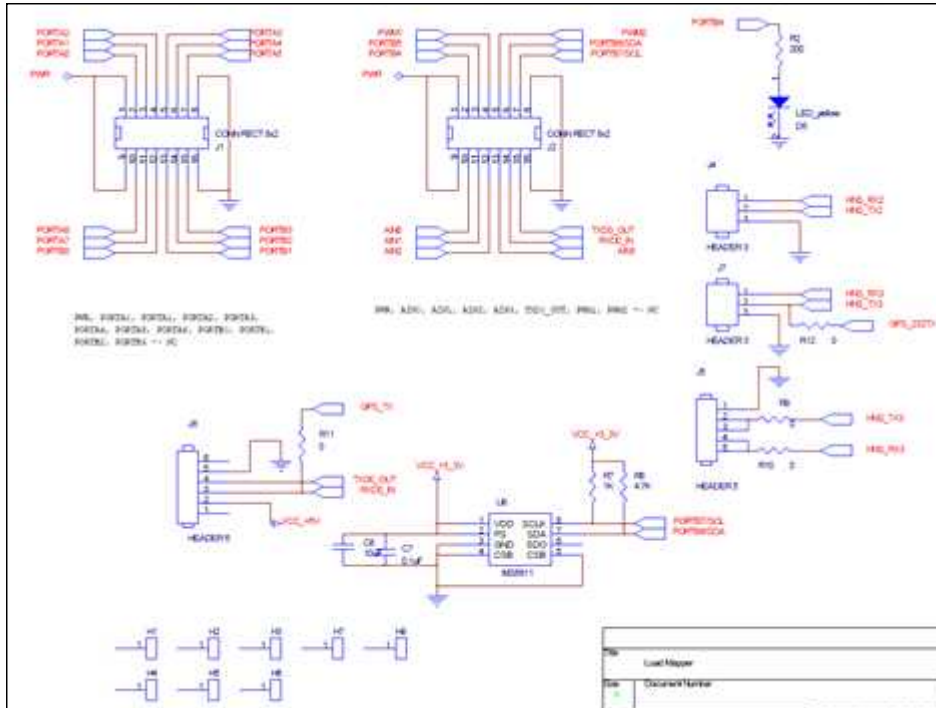


그림 313 IEC266 인터페이스 회로

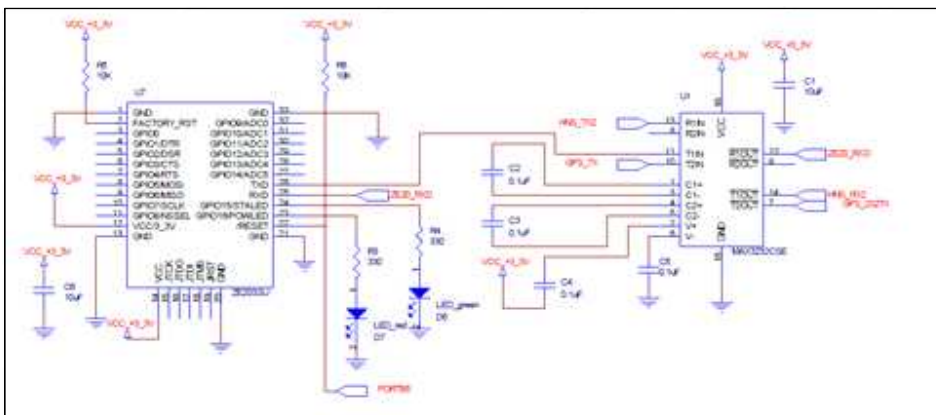


그림 314 무선통신 인터페이스 회로

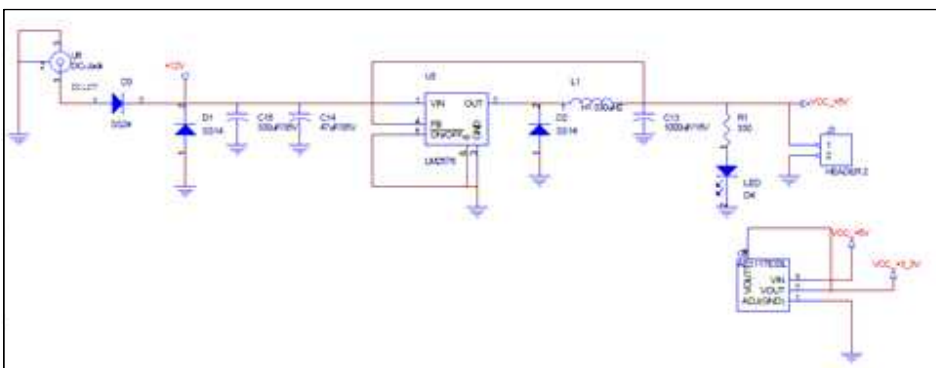


그림 315 전원 및 전원상태 LED 회로

표 73 IEC 266 세부사양

구 분	내 용	
System	CPU	32Bit RISC ARM920T-266MHz
	CACHE	32KB
	RAM	RAM 64MB(OS : 32MB / APP : 32MB)
	FLASH	NAND Flash : 64MB(OS : 30MB / APP : 34MB)
	SD MEMORY	SD지원 4GB
	TOUCH	감압식(저항막) - 4선식
	RTC	RT 기능 내장(교체형 코인 타입 전지)
	AUDIO	Stereo Sound 출력(내장 Monno Speaker)
	동작온도	-10 ~ 55℃
	보관온도	-30 ~ 70℃
Communication	전원	DC 5V
	RS232	2ch
	USB 1.1	Host 1ch / Device 1ch
	I2C	1ch
Extension Port I	RS485	TTL 선택
	GPIO	16EA(3.3V)
	PWM	2ch
LCD	AD CONVERTER	10Bit / 4ch
	LCD	4.3 inch TFT Wide [480 X 272]
	COLOR	65,536
	BACKLIGHT	LED Backlight Life Time Min 20000H
	LUMINANCE	300[cd/m2]
Software	BACKLIGHT ON/OFF	절전기능 지원
	OS	Windows CE 5.0
	Framework	SmartX Framework

① Artworks

본 연구에서는 데이터 수집전송장치의 회로 설계 내용을 바탕으로 PCB 제작을 위한 부품 배치 및 회로 패턴 등 Artworks를 수행하였으며 수행된 결과물은 아래의 그림에 나타내었다.

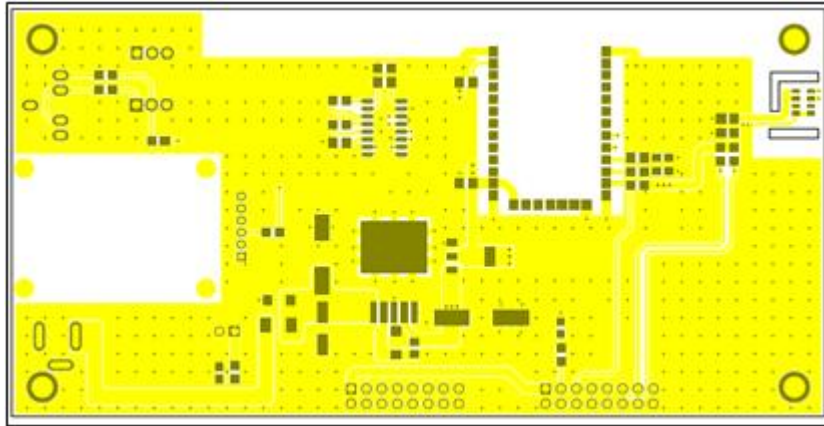


그림 316 Top View

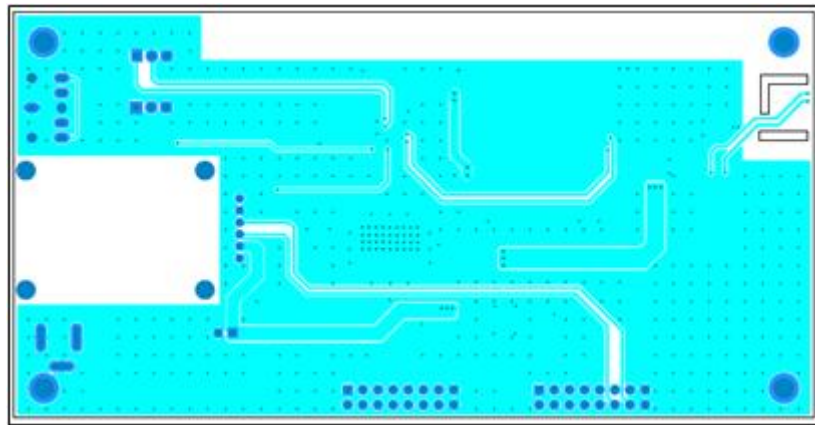


그림 317 Bottom View

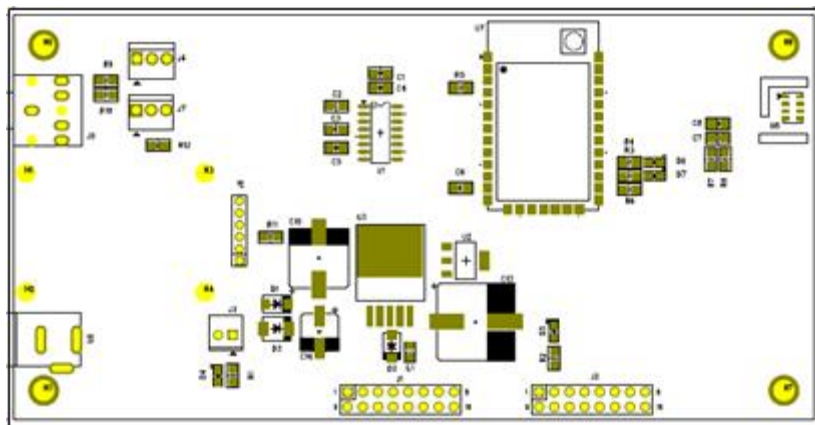


그림 318 부품 배치

② 데이터 수집전송장치 제작

본 연구에서는 센서노드에서 전송되는 센싱 데이터를 수신, 저장, 서버로 전 하기 위한 데이터 수집전송장치 제작에 필요한 회로설계와 아트웍을 통해 PCB 보드를 제작하였으며 개발된 내용은 아래의 그림으로 나타내었다.

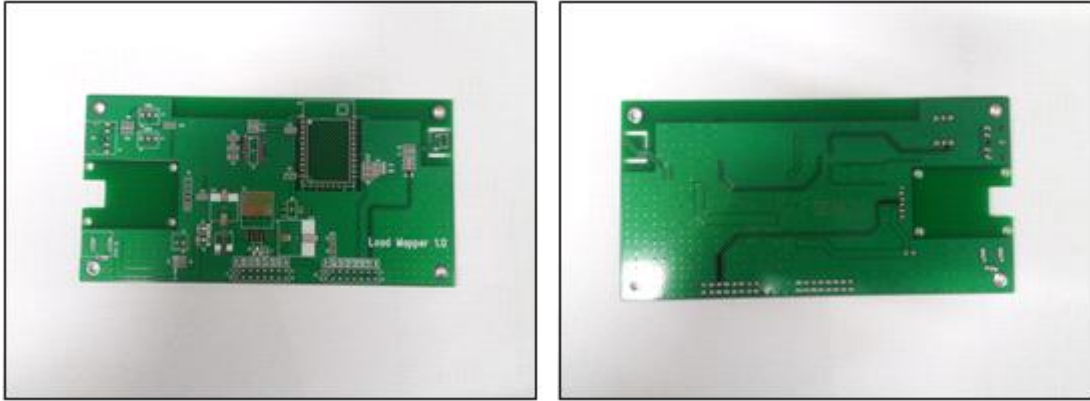


그림 319 Top view, Bottom view



그림 320 LCD 모듈 조립, 부품 조립

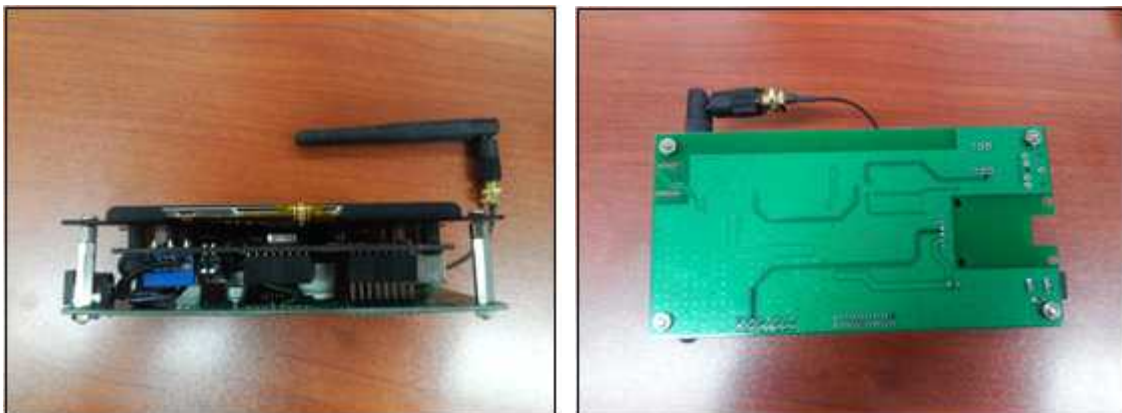


그림 321 조립 완료 Side view, 조립완료 Bottom view

그리고, 태양광 전원 공급인 경우를 감안하여, 저전력 게이트웨이 개발도 병행하였다. 저전력 게이트웨이는 LCD가 작고 한정된 정보만 제공하게 되며, 일반적으로는 이마저도 Off 하여 아무 표시를 하지 않게 펌웨어를 개발하였다. 개발된 저전력 게이트웨이는 아래와 같다.

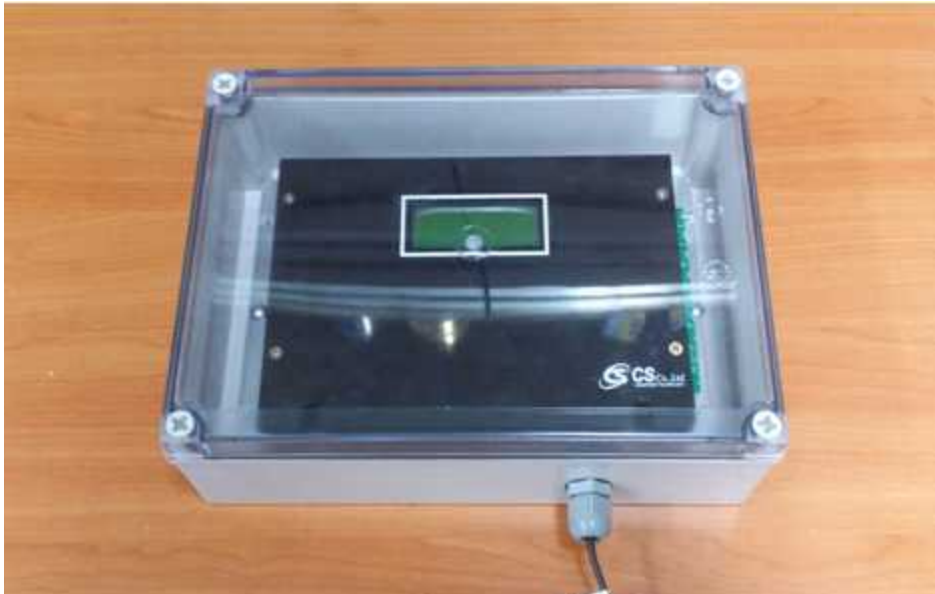


그림 322 저전력 게이트웨이

(나) 데이터 수집 전송장치 설치

본 연구에서는 벌통 생육환경 정보 센싱 장치에서 센싱 된 벌통 내부의 생육환경 정보를 원격에서 데이터 수집 및 모니터링을 위해 양봉장에 데이터 수집 전송장치를 설치하였으며, 현장 설치 모습을 아래의 그림에 나타내었다.



그림 323 외부보호함 내 데이터 수집 전송장치 설치_제주대 양봉장

별통 생장환경 모니터링 시스템

마지막녹색시간: 2014-05-30 09:55:00 3054

순번	아이디	온도	습도	이산화탄소	암모니아	N암모니아	황화수소	소음측정	소음지수
01(3)	817E	0.0	4500.0	3.0	2.9	0.0	0.0	-1	65536
02(7)	817E	31.1	56.3	1250.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
03(3)	817F	30.3	61.8	1670.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
04(2)	7E7C	0.0	1220.0	3.0	0.7	0.0	0.0	-1	65536
05(5)	7F05	33.2	55.0	1720.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
06(0)	7E00	35.0	47.7	2550.0	2693.1	0.0	0.0	-1	65536
07(0)	8173	0.0	3260.0	7.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
08(1)	7E51	0.0	6440.0	3.0	7.7	0.0	0.0	-1	65536
09(6)	817A	30.8	42.3	1630.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
10(0)	816F	34.3	45.4	1950.0	3566.3	0.0	0.0	-1	65536
11(5)	6CE6	40.1	29.5	1370.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
12(1)	708C	28.8	35.9	1220.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536
13(3)	6CE5	0.0	0.0	10.0	1.4	0.0	0.0	-1	65536
14(3)	70CD	30.1	70.5	1220.0	0.0	0.0	0.0	-1	65536

그림 324 설치된 데이터 수집 전송장치 확대 모습

(다) 센서 데이터 수집

본 연구에서는 별통 생육환경 정보 센싱 장치 및 데이터 수집 전송장치를 개발하였고 제주대학교 및 경기대학교 양봉장에 설치하여 지속적으로 센서 데이터를 수집하고 있다. 별통 생육환경 정보 DB 구축으로 제주대학교 및 경기대학교 양봉장에서 센싱된 데이터는 지속적으로 데이터베이스에 저장되어 별통 생육환경 정보에 대한 DB가 구축되고 있다.

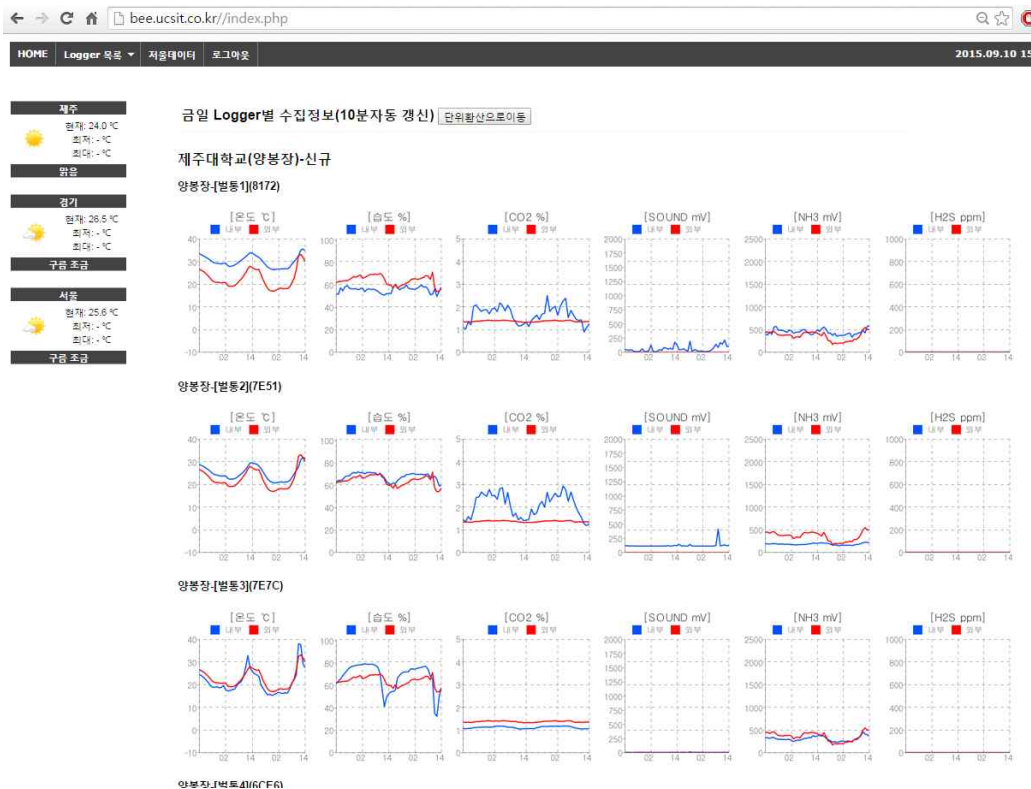


그림 325 센서 모니터링 확인 웹페이지(온도, 습도, 이산화탄소, 소음, 암모니아, 황화수소)

수집정보(제주대학교(양봉장)-신규)

양봉장-[별동1](8172)

기간: 2015-09-09

~ 2015-09-10

검색

접기

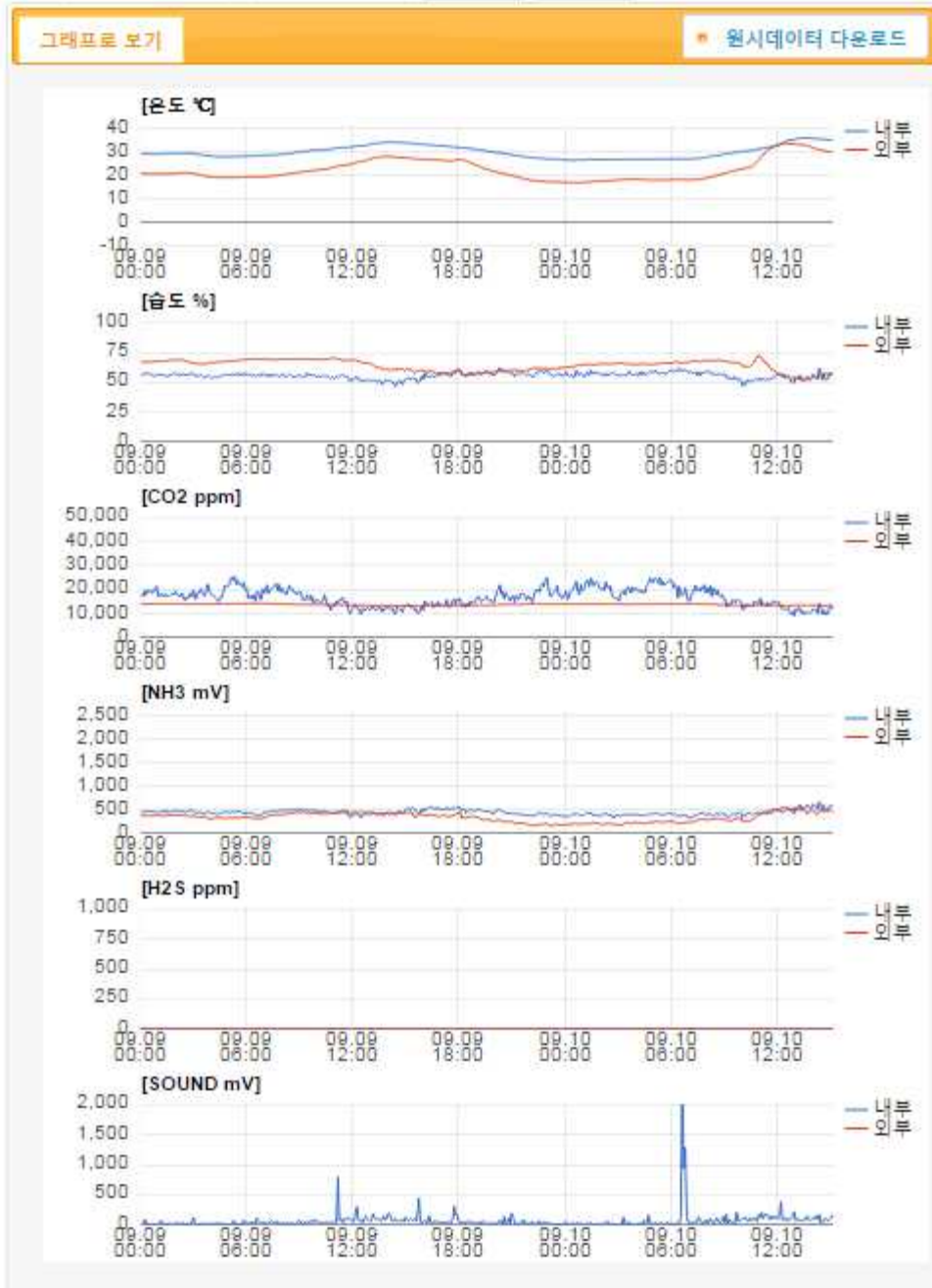


그림 326 기간별 센서 데이터 조회 상세 페이지

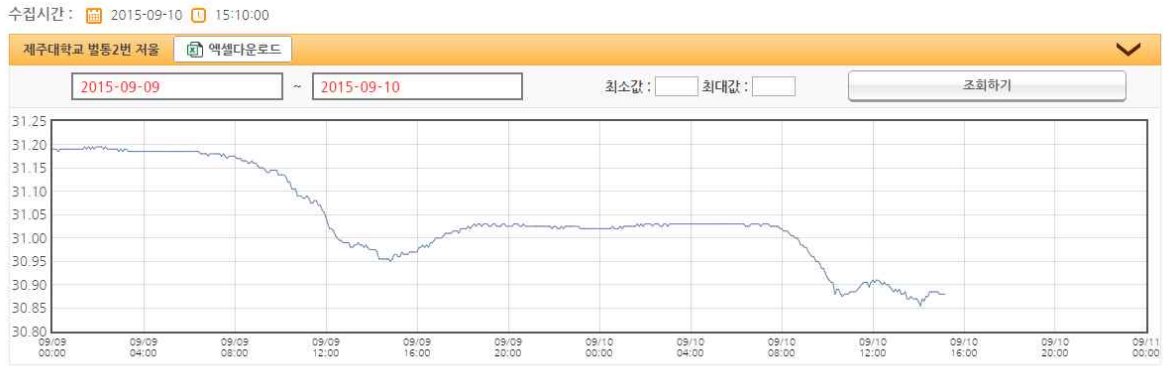


그림 327 기간별 꿀벌통 무게센서 데이터 조회 상세 페이지

bee-portal.ucsit.co.kr/Bee/Monitor.do

꿀벌 박사 사이트소개 알림마당 병해충 사이버진단 자료실 양봉관리시스템

· 병해충정보 공유하기

가장 작은 가족 꿀벌의 세계!!

꿀벌은 인공의 먹이가 부족할 때 환경으로부터 안전의 위협을 받아온 매력적인 곤충입니다. 꿀벌은 농사를 돕는 무척추동물의 실용이자 귀중한 동물과 지표이며, 인간과 자연의 조화로운 공생의 상징이기도 합니다. <같이 보면 꿀벌의 세계 중에서...>

생육정보모니터링

최신 데이터 온도변화 통계 습도변화 통계 CO2변화 통계 NH3변화 통계

H2S ppm변화 통계 SOUND V변화 통계 벌통 별 통계 연도별 통계

온도 습도 소리 이산화탄소 암모니아 무게

벌통1번	벌통2번	벌통3번
34.8°C	31.3°C	26.6°C
54.6%	60.9%	58.5%
171.1dB	122.2dB	17.9dB
CO ₂ 11740.0ppm	CO ₂ 13060.0ppm	CO ₂ 10490.0ppm
NH ₃ 570.2 ppm	30.88Kg	NH ₃ 218.3 ppm
2015-09-10 03:10	2015-09-10 03:10	2015-09-10 03:10

그림 328 포털 사이트의 생육정보 모니터링 조회 페이지

2. 초기 데이터 활용을 위하여 농장정보 및 기존 재배 기준, 병해충 정보 등 DB구축

농장정보 및 꿀벌 사양 방법에 따른 자료, 병해충 정보 등을 포털사이트에 탑재하였다.

가장 작은 가축 꿀벌의 세계!!

꿀벌은 인류의 역사와 더불어 함께 살아온 소중한 생명입니다. 꿀벌은 농사를 돕는 귀중한 동물이자 아름다운 생명입니다. 꿀벌의 자연의 조화로운 공생의 신동이기도 합니다. (경이로운 꿀벌의 세계 중에서...)

HOME | 로그인 | 회원변경 | 사이트맵

사이트소개 | 알림마당 | 병·해충 사이버진단 | 자료실 | 양봉관리시스템

기타자료실

총 7건의 게시물이 있습니다.

전체 [검색]

번호	제목	등록자	등록일	조회수
7	월동준비 및 봉군 사양관리	씨에스_1번	2015-09-21	0
6	가을철 봉군 사양관리	씨에스_1번	2015-09-21	0
5	여름철 봉군 사양관리	씨에스_1번	2015-09-21	2
4	봄철의 꿀벌 사양관리	관리자	2015-09-21	5
3	모니터링 데이터 기반 사양 매뉴얼 v1.0	씨에스_1번	2015-09-15	1
2	꿀 수집 능력 우수 '장원벌' 전국 시범 보급	씨에스_1번	2015-05-11	62
1	꿀벌 질병 '주의보'...양봉농가 방역 강화	씨에스_1번	2015-05-11	8

1

그림 329 꿀벌 사양 방법 자료 등록

3. 센서별 데이터 정형화 및 분석 기술 개발

가. 수집된 센서 데이터를 기반으로 양봉 생육 데이터 추출 기술

센서 측정 불안정 및 무의미한 데이터를 필터링하기 위하여 센서노드의 MCU는 각 주변 센서의 값을 7회 이상 측정하고 최고값 최하값을 제외한 중간간의 평균값을 유효값으로 산정하였다. 게이트웨이는 센서노드에서 수집된 데이터의 추이를 메모리에 누적하여 기존 누적되어 있는 데이터의 평균값과 새로 수집된 데이터를 비교하여 일정 값 이상인 경우 이상측정으로 저장해 두었다가 1일 5회 이상이 이상측정이 발견되면 센서 이상으로 판단하여 상위 시스템에

보고한다. 무게 센서의 경우 일정 기간 동안 센싱값이 변동이 없을 경우 무게 센서 오작동으로 판단하고 상위 시스템에 보고한다. 또한, 무게 센싱값이 단시간 내의 급격한 변화의 경우에는 양봉 작업자의 작업으로 간주하여 알람 기능이 작동하지 않도록 한다.

나. 수집된 센서 데이터를 기반으로 침입 방지 및 조기대응 정보 추출 및 알람 기술

본 연구에서는 측정센서를 통한 조기대응 정보 추출 및 알람 서비스를 위해 꿀벌 사육장 내에 설치 가능한 센서노드를 개발 적용하였으며, 센서노드에서 취득된 꿀벌 사육장 내 생육정보는 Zigbee 무선통신 기술을 적용하여 게이트웨이로 전송하도록 하였다. 게이트웨이에서는 수신된 데이터 누적 및 분석을 통해 중앙서버로 데이터를 전송하게 되고, 이때 통신 방식은 CDMA to TCP/IP 방식을 적용하여 구현하였다.

또한, 중앙 서버의 데이터수신 미들웨어는 정해진 트리거 조건이 만족할 경우 알람을 발송하도록 설계 구현하였다.

- 일간 최고온도가 37°C를 넘을 경우 개체수의 과포화의 시작일 수 있으므로 주의 관찰 알람 생성
- 일간 최저온도가 7°C 이하일 경우 동절기 등 활동 불능 및 사료섭식 불가능으로 판단할 수 있으므로 알람 생성
- 시간당 온도변화가 2°C 이상일 경우 알람 생성
- 동절기 2주간, 일간 최저온도의 추이선이 plus 값이 나타날 경우 자극사양 시작을 권고하기 위한 알람 생성
- 시간당 2% 이상의 CO2 상승이 나타날 경우 현장 검증 알람 생성
- 시간당 2°C 이상의 온도상승이 나타날 경우 현장 검증 알람 생성
- 절대치 60dB 이상의 소음일 나타날 경우 현장 검증 알람 생성
- 습도 75% 이상이 나타날 경우 현장 검증 알람 생성
- 중량값 변화가 일 최저점의 상승이 4일 이상 지속된 이후 중량변화가 정체할 경우 정리채밀 권고 알람 생성



그림 330 중량 센서의 양봉 관리자 관리 시 발생하는 급격한 무게변화 그래프. 내검을 위하여 사육상을 움직인 결과이다.

측정센서를 통해 군봉의 위험을 알려 줄 수 있는 핵심기술은 무엇보다 꿀벌 사육장 내 환경 정보를 수집하는 기술이 매우 중요하다. 본 연구에서는 온도, 습도, CO₂, 음향 및 중량에 대한 정보를 취득할 수 있는 센서를 적용하여 사육장 내 환경 정보를 취득하고 센서에서 취득된 데이터는 Zigbee 무선 통신을 통해 실시간 게이트웨이로 전송되게 된다. 게이트웨이는 센서노드에서 수집되는 센싱 데이터를 누적함과 동시에 알람 발생 조건 값과 비교하여 알람 발생 여부를 판단하게 된다. 이 때 임계값 초과, 변화패턴, 특정조건 등이 알람발생 조건에 만족하는 경우 즉시 서버에게 이상내용(알람발생 조건을 만족하는 정보)을 CDMA to TCP/IP 방식으로 전달하게 된다. 꿀벌 사육장 내 이상내용을 수신한 서버에서는 푸시서버를 통하여 안드로이드 스마트 기기에 사용하는 양봉 운영자에게 이상 정보 푸시(push)알람을 발송하여 양봉 운영자가 이상상황을 인지 할 수 있도록 한다.

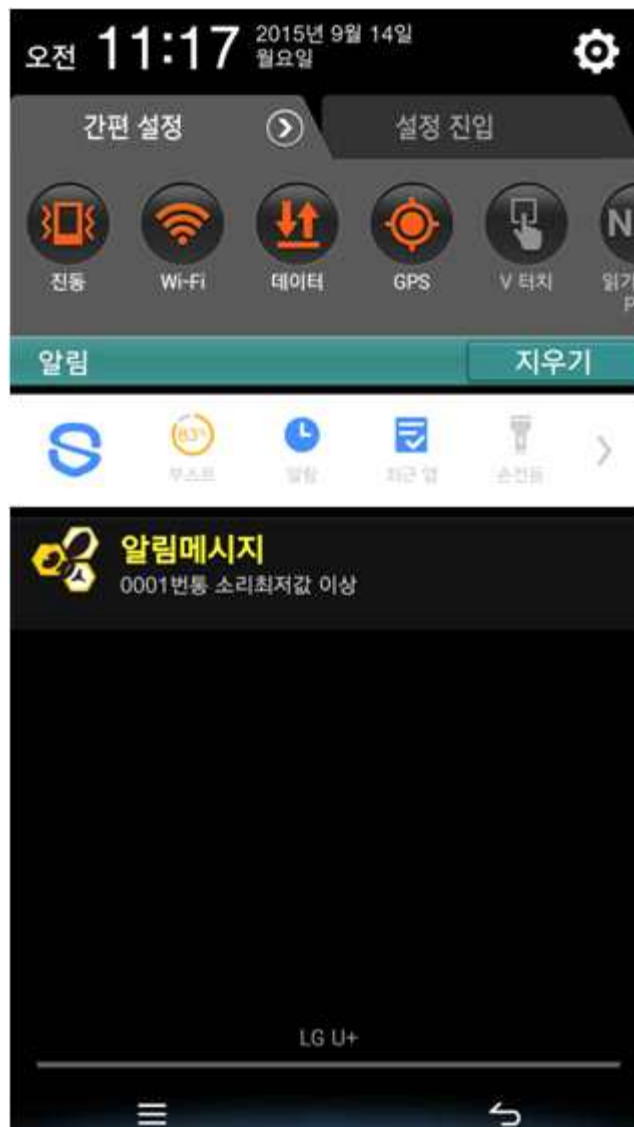


그림 331 스마트 기기의 알람 메시지 수신

제 12절 영농일지 입력 및 관리를 위한 정보 제공 서비스, 농가별 생육 데이터 관리, 센서 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 기술 개발

1. 농가별 영농일지 작성 기능 개발

가. 별통정보관리 기능 구현

(1) 별통정보관리 등록

양봉일지 입력 및 관리를 위해서는 우선 관리하고자 하는 별통에 대한 기초정보 입력 필요하다. 본 연구에서는 별통정보관리 등록 기능을 구현하여 관리하고자 하는 별통을 등록하고 기초정보를 입력하여 각각의 별통에 대한 정보를 관리할 수 있도록 하였다.

별통정보관리 등록 화면은 아래와 같다.

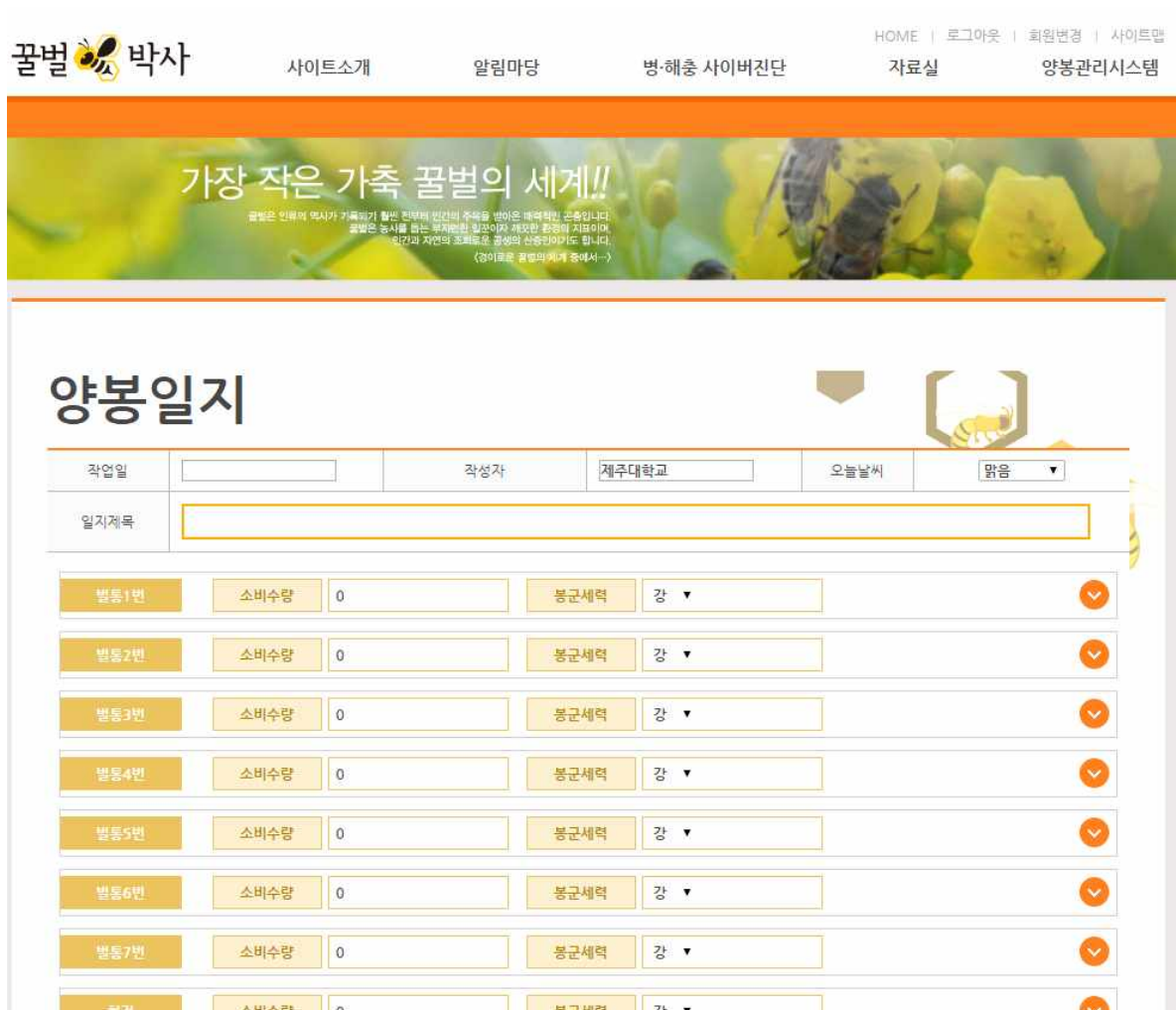


그림 332 별통정보관리 등록 화면

별통정보관리 등록 화면은 『등록별통수입력박스』, 『확인실행박스』, 『등록자자동입력박스』, 『등록일자동입력박스』로 구성된 별통등록을 위한 초기정보입력 레이아웃과 『별통번호』, 『소비수량』, 『봉군세력』, 『설치일』, 『비고』, 『추가/삭제』로 구성된 별통에 대한 기초정보입력 레이아웃으로 구성되어 있으며, 화면 하단에는 『등록완료실행박스』와 『취소실행박스』로 구성되어 있다.



그림 333 별통정보관리 등록 화면 레이아웃 구성

초기정보입력 레이아웃의 『등록별통수입력박스』는 등록하고자 하는 별통의 개수를 숫자로 입력하는 항목으로 다수의 별통을 등록하고자 할 때 원하는 별통의 개수 만큼의 숫자를 입력하여 기초정보입력 레이아웃의 정보입력 행을 한 번에 생성할 수 있게 하였다. 초기정보입력 레이아웃의 『등록자자동입력박스』 로그인ID로 가입된 사용자가 자동으로 입력되도록 하였으며, 『등록일자동입력박스』 역시 자동으로 현재 등록일이 입력되도록 하였다. 초기정보입력 레이아웃의 『등록별통수입력박스』에 등록하고자 하는 별통의 수를 입력한 후 『확인실행박스』에 대한 클릭이벤트를 발생시키면, 『등록별통수입력박스』에 입력된 별통의 수 만큼 기초정보입력 레이아웃의 각 항목에 대한 정보입력박스가 생성되도록 구현하였다. 기초정보입력 레이아웃에 표출된 『추가/삭제』 항목의 “-삭제”, “+추가”는 출력된 정보입력박스에 대한 해당 행을 삭제 또는 추가 할 수 있도록 구현하였다. 등록 별통수 입력박스의 사용은 다수의 별통을 등록하고자 할 때 사용하기에 적합한 기능이며, “+추가” 기능은 소량의 별통을 등록하고자 할 때 용이하게 사용할 수 있는 기능이다. 생성된 별통정보 입력박스 중 『별통번호』, 『소비수량』, 『설치일』, 『비고』 입력은 사용자가 직접 입력하도록 하였으며, 『봉군세력』은 강/중/약 중에 선택입력 되도록 하였다.



그림 334 봉군세력 선택 화면

등록하고자하는 별통에 대한 별통번호, 소비수량, 봉군세력, 설치일 등 기초정보 입력이 완료된 후 『등록완료실행박스』에 대한 클릭이벤트가 발생하면 입력된 정보는 각각의 해당 별통에 대한 기초정보로 데이터베이스에 저장되게 되며, 『취소실행박스』에 대한 클릭이벤트가 발생하면 입력된 정보를 저장하지 않고 별통정보관리 등록 기능을 종료하도록 하였다.

(2) 별통정보관리 조회

체계적이고 지속적인 별통정보관리를 위해서는 필요에 따라 수시로 등록된 별통에 대한 정보를 조회 할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 별통정보관리 조회 기능을 구현하여 조회하고자 하는 별통에 대한 등록된 기초정보를 조회 할 수 있게 하여 각각의 별통에 대한 기초정보 관리를 지속적으로 할 수 있도록 하였다. 별통정보관리에 대한 조회 기능은 별통정보관리 메뉴 사용 시 초기 디폴트 값으로 출력되게 되며 사용자가 등록한 별통에 대한 기초정보가 출력되도록 하였다.

별통정보관리의 별통에 대한 기초정보 출력은 별통번호, 소비수량(최초, 현재), 봉군세력(최초, 현재), 등록자, 등록일, 설치일, 비고 항목으로 구분하여 표를 작성하고 해당 별통에 대한 정보를 데이터 값으로 표 내부에 표출되도록 하였다.

또한, 수정하고자 하는 별통이 확인되었을 경우에 해당 별통을 선택하여 수정 기능으로 전환할 수 있도록 출력된 각각의 별통에 대해 선택체크박스를 표출하여 원하는 별통을 선택할 수 있도록 하였다. 별통정보관리 조회 화면 중 기초정보 표 하단의 『등록이동박스』 및 『수정이동박스』는 각각 별통정보관리 등록 메뉴 및 별통정보관리 수정 메뉴로 이동하기 위한 실행버튼이며, 앞서 언급한 선택체크박스에 대한 선택이 이루어지고 『수정이동박스』에 대한 클릭이벤트가 발생하며, 별통정보관리 수정 메뉴로 이동함과 동시에 선택된 별통에 대한 기초정보가 디폴트값으로 표출되도록 하였다.



그림 335 벌통정보관리 조회 화면

(3) 벌통정보관리 수정

사용자가 등록한 벌통에 대한 기초정보는 시간이 흐를수록 실제 정보가 변화가 생길 수 있음(벌통 내부 환경 최적화를 위한 소비수량의 증감 또는 봉군세력의 변화 등)에 따라 수정작업을 실시하여야 한다. 본 연구에서는 앞서 언급한 벌통기초정보에 대한 수정작업이 있어야 할

경우에 체계적이고 효율적으로 별통기초정보의 수정작업을 지원하기 위해 별통정보관리 수정 기능을 구현하였다.



그림 336 별통정보관리 수정 화면

별통정보관리 수정 기능으로의 진입은 별통정보관리 메인 메뉴에서 바로 진입하는 경로와 별통정보관리 조회 창에서 수정하고자 하는 별통을 선택한 후 진입하는 경로를 통해 할 수 있도록 하였다. 별통정보관리 수정 기능에서는 수정하고자 하는 별통의 선택 없이 바로 수정모드 진입 또는 별통정보관리 메인 메뉴에서 바로 진입한 경우에는 수정하고자 하는 별통의 개수를 입력하여 수정 행을 생성한 후 수정하고자 하는 별통번호 입력 후 출력된 기존정보를 수정하도록 하였다. 별통정보관리 조회 화면에서 수정하고자 하는 별통을 선택(체크박스) 후 수정 모드로 진입하였을 경우에는 선택된 별통에 대한 기초정보가 초기 디폴트 화면으로 출력되어 수

정하기 전 기존 정보를 다시 한 번 확인할 수 있으며 각각의 수정항목에서 바로 수정작업을 실시할 수 있도록 하였다. 별통정보관리의 수정 기능은 주로 소비수량의 변화와 봉군세력의 변화 이력관리를 위해 구현되었으며, 본 연구에서의 별통정보관리의 수정항목 소비수량, 봉군세력, 설치일, 비고로 구성된다. 별통정보관리 수정 절차는 별통정보관리 등록 절차와 유사하며, 수정하고자 하는 정보 수정 후 수정완료 버튼을 클릭하면 수정된 내용이 데이터베이스에 저장되도록 하였다.

나. 양봉일지 기능 구현

(1) 양봉일지 등록

본 연구에서는 양봉일지 작성 기능 개발을 통해 양봉장에서의 일일 작업 내용에 대한 기록 및 별통상태 등에 대한 정보를 일지 형태로 기록 관리함으로써 양봉작업에 대한 체계적인 관리가 이루어 질 수 있도록 하였다. 양봉일지의 등록은 양봉일지 모드에서 수행되며 양봉일지의 구성은 일지번호, 작성일, 작성자, 작업일, 날씨, 일지제목, 각 별통별 소비수량, 각 별통 별 봉군세력, 각 별통별 상태, 각 별통별 작업내용, 특이사항을 작성할 수 있도록 구성하였다.

양봉일지 등록 화면은 [그림 337] 과 같다.

(2) 양봉일지 조회

양봉일지 조회는 과거의 양봉작업에 대한 작업 내용 및 특이사항 등을 조회할 수 있는 기능으로 과거에 수행했던 양봉작업에 대해 키워드 등으로 손쉽게 조회 할 수 있어 과거의 데이터를 기반으로 현재의 봉군상태 별 작업 방향을 결정할 수 있도록 하였다.

양봉일지에 대한 조회는 년도별/ 월별 조회가 가능하도록 년도 선택 및 해당월 선택이 가능하도록 구성하였으며, 키워드에 의한 검색 기능을 추가 하여 원하는 과거의 데이터를 보다 쉽게 찾을 수 있도록 하였다.

양봉일지 조회 화면은 [그림 338] 과 같다.

다. 양봉일지에 대한 개발결과 고찰

현재 양봉산업에서의 양봉작업에 대한 기록 및 보관은 대부분 체계적이지 못하여 특정한 상황이 발생하였을 경우이나 간혹 수기로 작성되고 있으나, 이조차도 제대로 보관/관리가 되고 있지 않아 이후 유사한 상황이 발생하였을 경우에 과거의 처리 내용 및 처리 내용에 대한 상태 변화 결과 등의 정보를 확인하기가 어려운 상황이다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 양봉일지에 대한 전산화 연구를 수행하였으며, 그 결과 양봉일지를 등록/보관/조회 업무를 모두 전산에서 처리가 가능하도록 기능을 구현하였다. 개발된 양봉일지는 양봉일지의 전산화를 통해 양봉작업에 대한 이력 관리를 할 수 있는 기반을 도출하였다는 점에서 큰 의미를 둘 수 있으며 향후 발전방향으로는 본 연구에서 개발된

양봉일지를 실제 양봉현장에 적용하여 사용자의 만족도 및 요구사항 등을 추가적으로 도출하고 실제 양봉장에서 양봉일지 기능을 사용함에 있어 불편함 없는 시스템으로 고도화하면 많은 양봉장에서 양봉일지에 대한 활용도가 높을 것으로 판단된다.

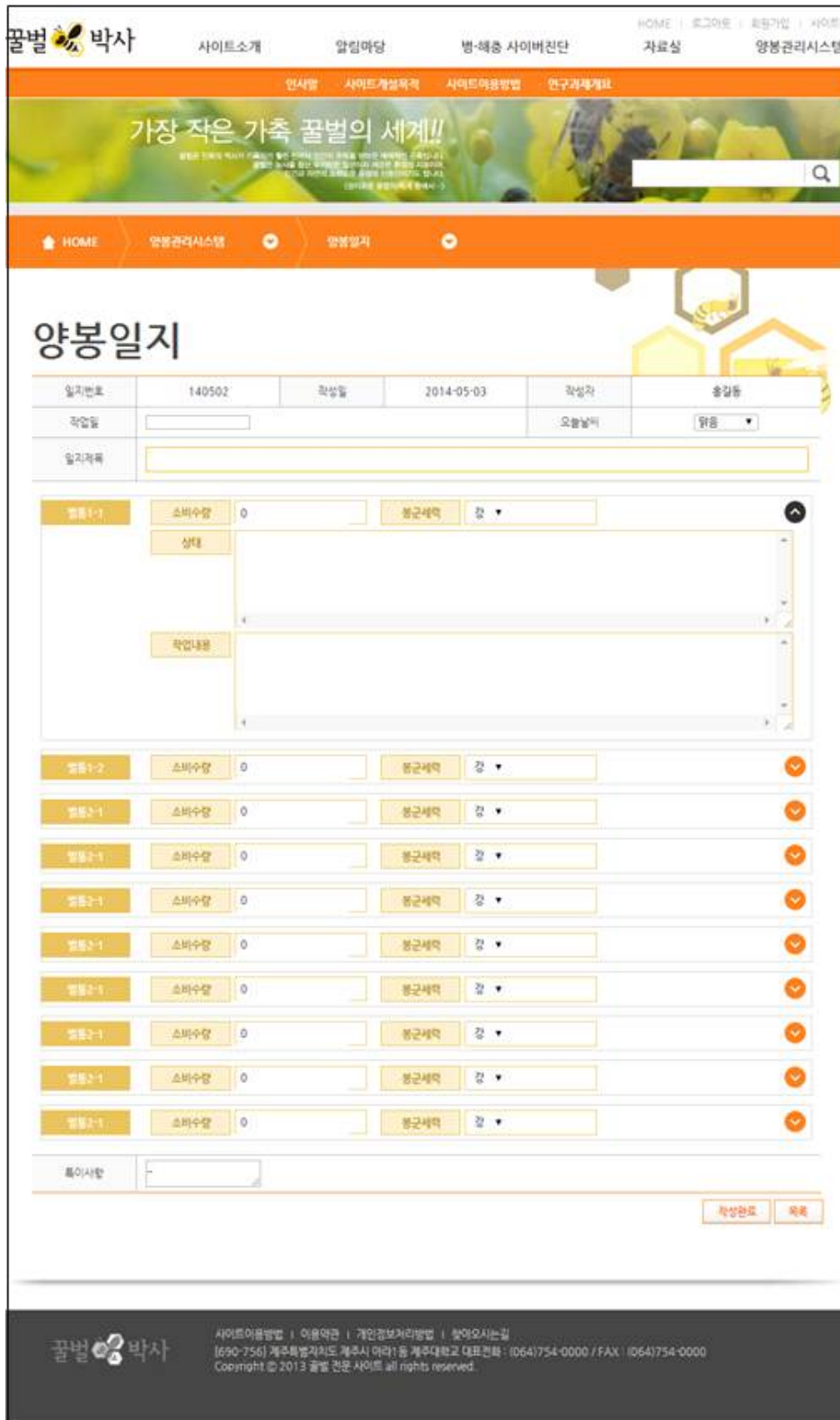


그림 337 양봉일지 등록 화면

2. 농가별 생육 데이터 관리 및 표준화, 분석 기술 개발

가. 꿀벌 성장 단계별 최적화된 생육 데이터 추출 및 정형화

개발된 시스템을 적용한 농가를 위한 성장단계별의 센서값과 표준치 및 이에 따른 조치사항을 포털 사이트에 제시하고, 지속적으로 자료를 업로드 하고 있다.

나. 데이터 표준화를 위한 기본 방침 및 규정 설정

앞장에서도 기술 하였듯이 데이터 전송의 유연성을 유지하되 저전력 센서노드 기반의 시스템 구축을 위해서 전송 규격, 전송주기, 전송 방법을 규정하였다. 센서노드의 데이터 전송은 저전력 근거리 무선 통신인 Zigbee 통신을 사용하였으며, 게이트웨이는 주변 센서노드의 데이터를 수집하고 저장 관리하고 있다가, 일정시간 또는 이벤트 발생 시 CDMA 이동통신 모뎀을 사용하여 서버로 데이터를 전송한다. 게이트웨이 장비 역시 현장의 열악한 전원 공급상태를 고려하여 최대한 전력 소모를 줄이는 방법을 택하였으며, 서버와 상시 통신 할 경우 전력 낭비가 심함으로, 서버와 통신 하지 않을 때에는 CDMA 모뎀 전원을 차단하고 센서노드와의 로컬 네트워크만 구성하게 된다.

그러므로 불필요한 데이터 전송은 최소화 하며, 서버와의 전송 주기 1시간 이상으로 설정이 필요하나 실제 농가의 사용 용도보다는 본 연구 목적에 맞도록 통신 주기를 30분 으로 짧게 설정하여 연구실험 하였다. 단, 전송주기는 게이트웨이 마다 다르게 설정 가능하며, 서버시스템의 설정 및 서버 미들웨어 - 게이트웨이 통신시마다 설정값을 동기화 하므로, 언제든지 변경하고 싶을 경우 변경이 가능하다.

다. 생육 데이터 관리를 위한 공통 데이터 요소의 도출 및 등록, 관리 방안 마련

생육 데이터의 관리를 위하여 벌통 정보의 번호(명칭), 최소 소비수량, 현재 소비수량, 최소 봉군세력, 현재 봉군세력, 등록자, 등록일, 설치일, 비고 항목을 도출하였고, 각 항목을 입력할 포털 사이트의 벌통정보관리 페이지를 제작하였다.



벌통정보관리

* 총 7벌통 정보가 있습니다.

전체	벌통번호	소비수량		봉군세력		등록자	등록일	설치일	비고
		최초	현재	최초	현재				
7	1-1	1	7	약	약	관리자	2014-06-03	2014-06-01	소비수량많음
6	1-2	2	10	강	중	관리자	2014-06-03	2014-05-31	봉군세력중
5	1-3	10	8	강	중	관리자	2014-06-03	2014-05-27	소비수량많음
4	1-4	20	2	중	중	관리자	2014-06-03	2014-06-03	
3	1-5	2	2	약	약	관리자	2014-06-03	2014-06-03	소비수량많음
2	1-6	3	9	중	중	관리자	2014-06-03	2014-06-03	봉군세력중
1	1-77	6	6	강	강	관리자	2014-06-03	2014-07-01	

수정

그림 339 생육 데이터관리 페이지

3. 현장 센서 네트워크 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 기술 개발

가. 모니터링 기능은 웹, 모바일 웹 등으로 활용 가능하도록 개발

본 연구에서는 데스크탑 및 노트북 PC에서 뿐만 아니라 스마트 폰 및 태블릿 PC에서도 꿀벌 생육환경정보를 용이하게 모니터링하기 위해 현장 센서 네트워크 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 개발을 수행하였다. 모니터링 기능은 웹, 모바일 웹 등으로 활용 가능하도록 개발하였고, 각 사용자별로 선택적 모니터링이 가능하도록 개발하였다. 현장 센서 네트워크 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 기술 개발에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 1차 모바일 웹

각 사용자별로 로그인 후 센서 시스템이 설치되어 있는 벌통에 대해 검색하고자 하는 기간

을 날짜별로 선택 입력하여 데이터를 검색한다. 기간별 데이터 변화량 식별이 용이하도록 그래프를 사용하여 데이터 표출한다. 기간 입력의 용이성 및 정확성을 위해 날짜 입력 박스에 현재 날짜를 기준으로 하여 달력을 표시하여 선택 입력이 가능하도록 구현하였다. “접기” 기능을 구현하여 데이터 확인이 다 된 별통의 데이터에 대해서는 그래프를 사라지게 하여 화면 구성의 단순화를 제고하였다. 아이패드 II 에서의 모니터링 주요 화면은 아래와 같다.

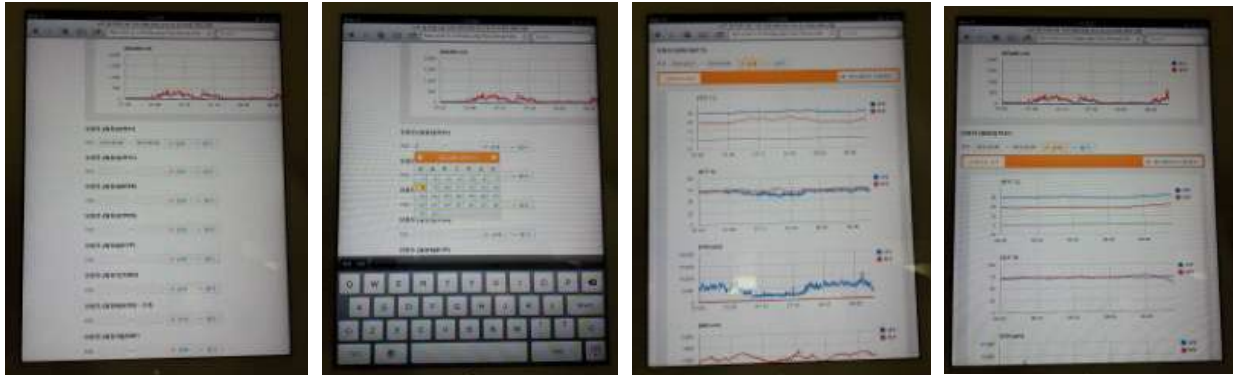


그림 340 아이패드 화면

(2) 2차 모바일 웹

2차 모바일 웹에서는 데이터 확인의 편리성과 데이터 콘텐츠의 레이아웃 구성의 최적화를 진행하였으며 주요 결과를 아래의 그림으로 나타내었다.

갤럭시 노트 2 에서의 모니터링 화면은 아래와 같다.



그림 341 갤럭시 노트 2 화면

아이패드 II 에서의 모니터링 화면은 아래와 같다.



그림 342 아이패드에서의 모니터링 화면

나. 각 사용자별로 선택적 모니터링이 가능하도록 개발

모니터링 페이지는 접속 초기 로그인을 통하여 자신에게 등록된 꿀벌통에 대한 생육정보만을 표출하도록 사용자별 선택적 정보를 제공하도록 개발되었다.

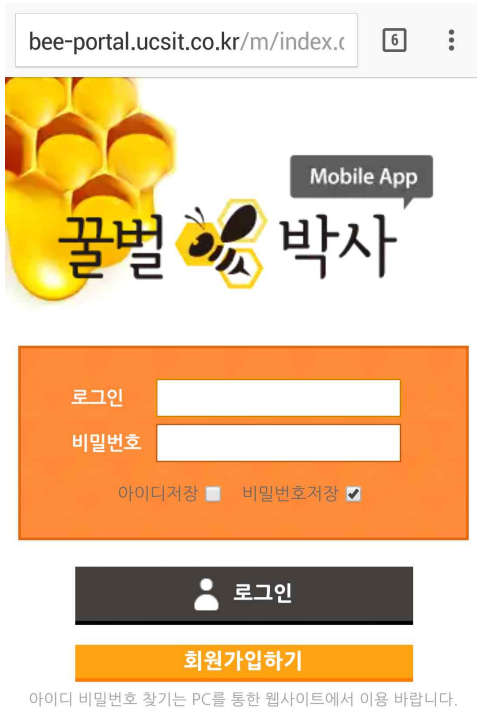


그림 343 접속시 로그인 화면



그림 344 모니터링 화면

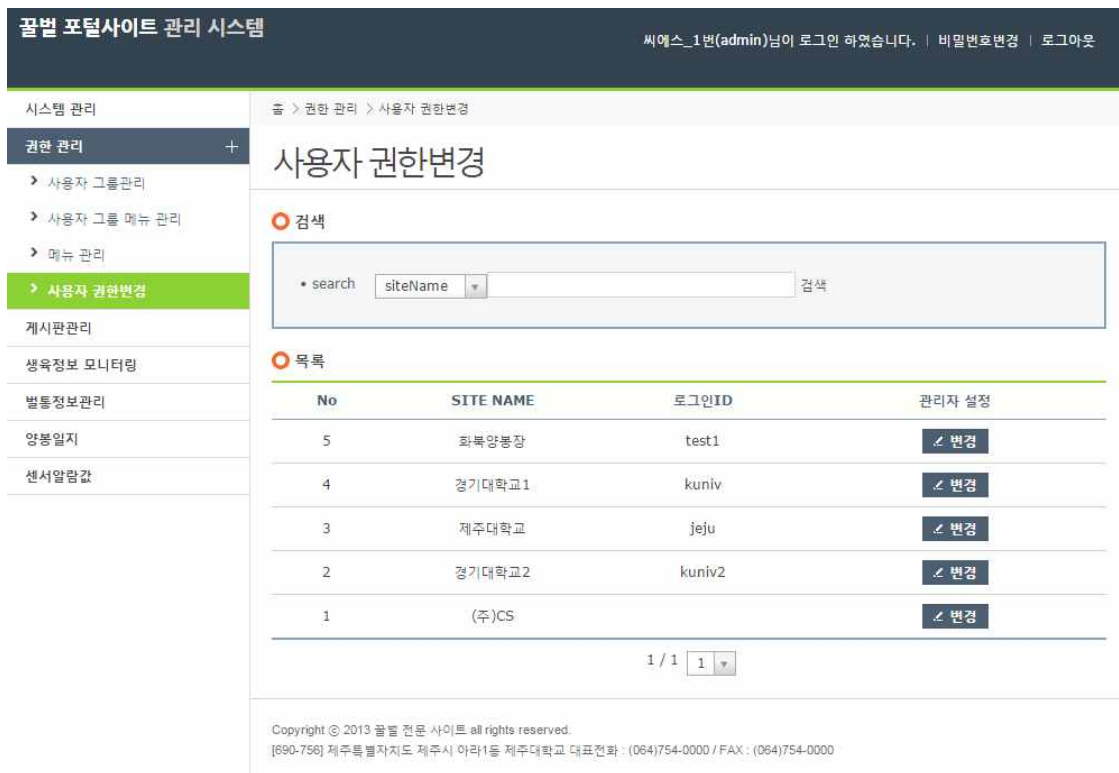


그림 345 로그인 사용자와 양봉장 사이트 매칭 설정 페이지

신규 사용자는 누구라도 신규가입이 가능하지만, 사용자별 계정 권한관리를 통하여 등록된

사용자와 모니터링하는 양봉자의 별통정보를 매칭 하도록 설계되었다.

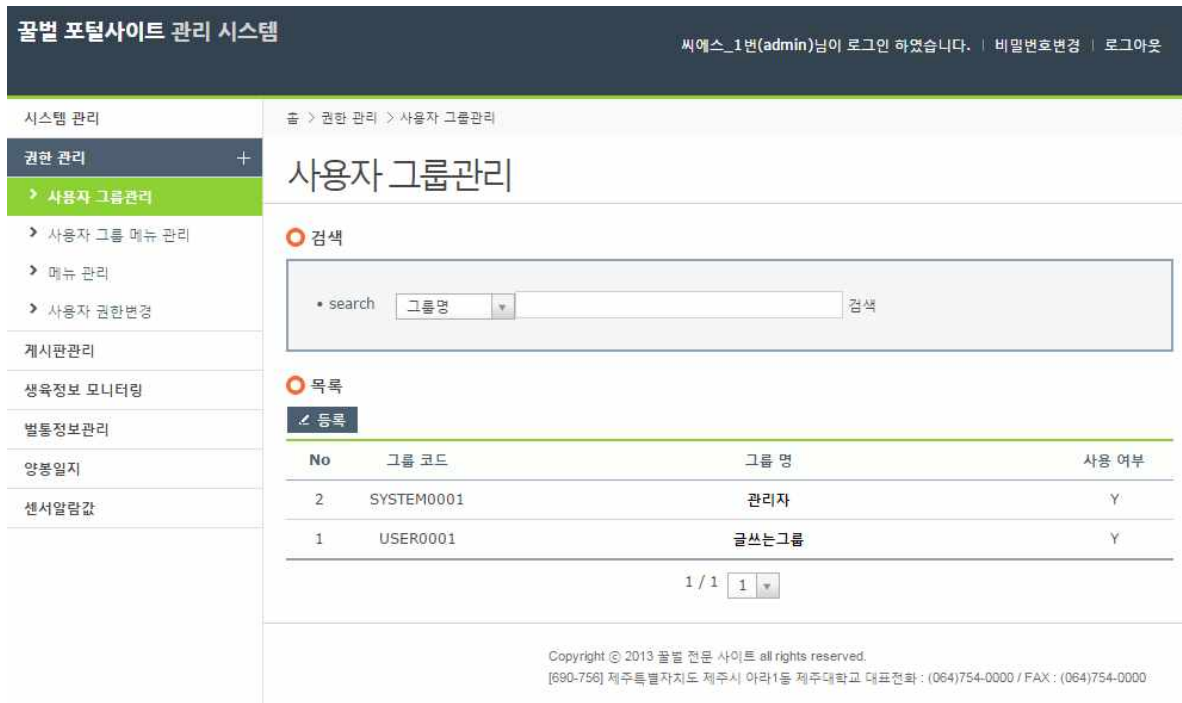


그림 346 관리자 시스템의 사용자 그룹관리

포털 사이트의 메뉴는 사용자 그룹별 권한에 의해 표시 또는 숨길 수 있도록 사용자 그룹 메뉴 표시 관리를 설정할 수 있다.



그림 347 사용자 그룹의 권한별 메뉴 표시

제 13절 꿀벌 전문 포털 사이트 구축

1. 주관기관의 연구 결과, 농가의 경험 기록, 시스템 활용방법 등 자료를 공유할 수 있도록 사이트 구축

가. 꿀벌 전문 포털 사이트 구축

(1) 메인메뉴구성

꿀벌 전문 포털 사이트의 메뉴는 사이트소개, 알림마당, 병해충사이버진단, 자료실, 양봉관리 시스템으로 구성하였다. 사이트소개 메뉴는 소메뉴로 연구총괄책임자의 인사말, 사이트이용방법, 연구과제개요로 구성하여 연구총괄책임자의 인사말과 사이트를 이용하는 방법을 소개하고, 연구과제에 대한 개요에 대해서도 소개 페이지를 구성하였다. 알림마당 메뉴는 소메뉴로 공지사항, 제주대학교양봉주요일정, 제주대학교 양봉포토갤러리로 구성하여 꿀벌 전문 포털 사이트를 운영하는 운영자의 공지사항 등을 알리고, 또한 제주대학교의 양봉 주요일정과 양봉을 하면서 촬영된 병해충, 채밀, 기타 양봉관련 사진을 서비스한다. 병해충사이버진단은 병해충정보를 공유하여 양봉산업에 종사하고 있는 각 분야의 전문가 또는 관련경험보유자의 의견을 서비스한다. 자료실에서는 제주대양봉자료실과 기타자료실로 구분하여 본 연구에서의 결과물이나 기타 양봉 연구에서 도출되는 결과물에 대한 자료를 제주대양봉자료실에서 서비스하고 기타자료실에서는 양봉산업의 일반적인 자료를 서비스하도록 구성하였다. 양봉관리시스템은 별통정보관리, 양봉일지, 생육정보모니터링으로 구성되어 본 연구에서 개발된 시스템이 서비스 될 수 있도록 하였다.

(2) 홈 화면 구성

꿀벌 전문 포털 사이트의 명칭을 ‘꿀벌박사’ 로 정하여 화면 좌측 상단에 디자인된 형태로 화면을 구성하였다. 홈 화면의 전체적인 구성은 화면 상단은 메인메뉴로 구성하고 하단은 소 메뉴에 대한 이미지를 디자인하여 소메뉴 바로가기 기능을 포함하여 화면을 디자인하였다. 홈 화면 하단의 구성은 현재 날씨, 제주대양봉주요일정, 양봉관리시스템소개, 양봉일지, 생육정보모니터링, 별통정보관리, 양봉 포토갤러리, 병해충 사이버진단, 공지사항, 자료실 등으로 구성하였다. 본 연구를 통해 도출된 꿀벌 전문 포털 사이트 ‘꿀벌박사’ 의 홈 화면은 아래의 그림과 같다.

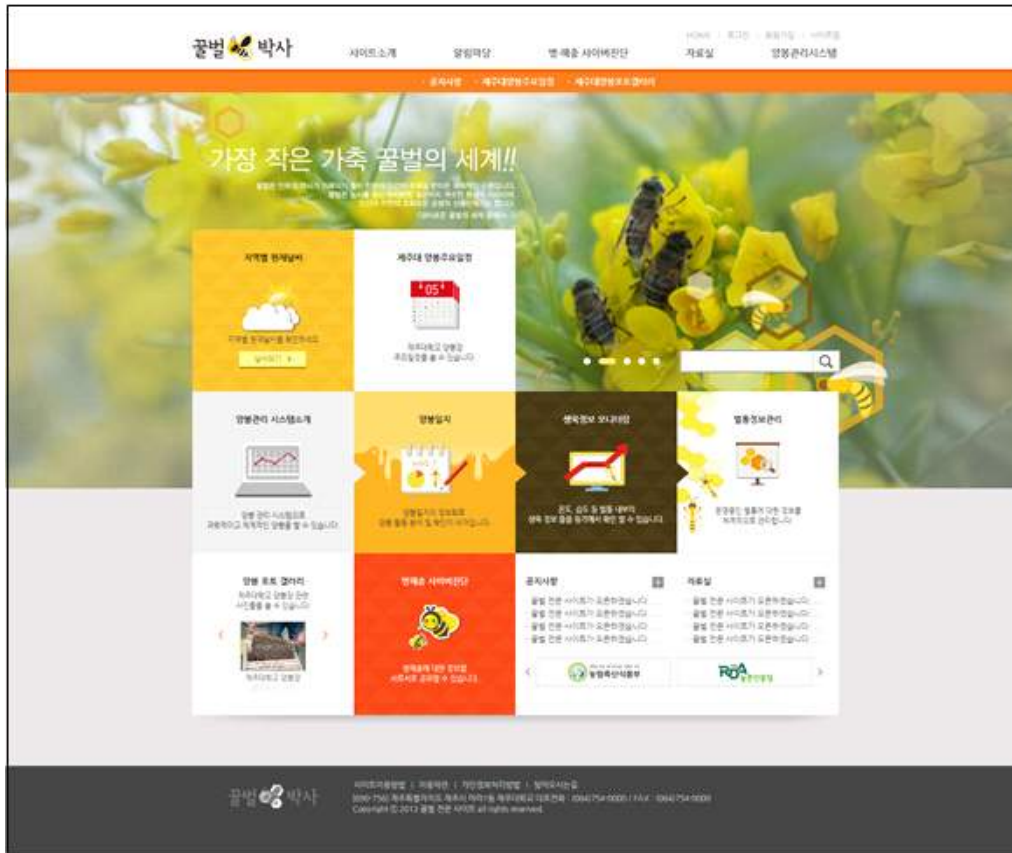


그림 348 꿀벌 전문 포털 사이트 홈 화면

(3) 꿀벌 전문 포털 사이트 주요 화면

본 연구에서 구축된 꿀벌 전문 포털 사이트의 주요 화면을 아래의 그림과 같다.



그림 349 인사말 화면 구성



그림 350 연구과제 개요 화면 구성



그림 351 공지사항 화면 구성



그림 352 제주대 양봉주요일정 화면 구성

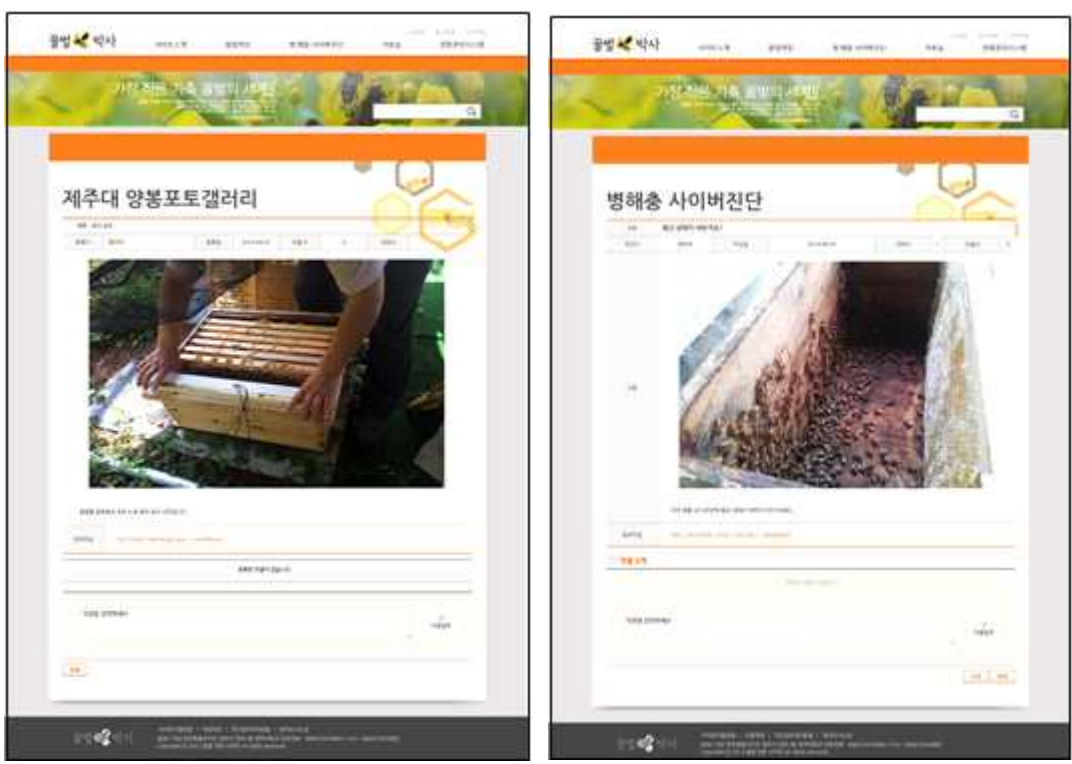


그림 353 제주대양봉포토갤러리 및 병해충 사이버진단 화면 구성

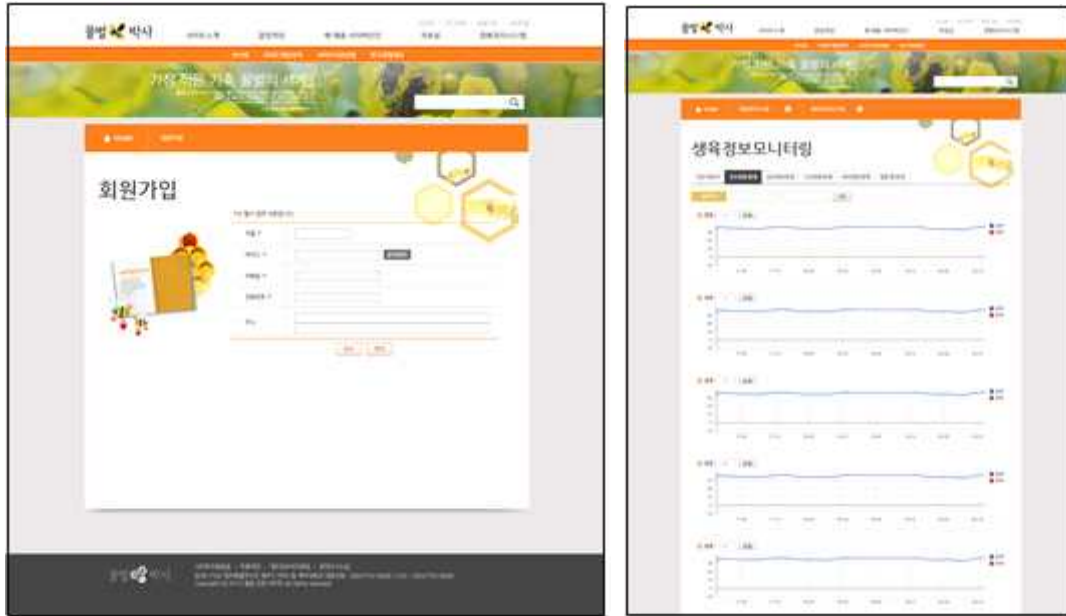


그림 354 회원가입 및 생육정보모니터링 화면 구성

2. 지식베이스 구축 및 서비스

꿀벌 사양과 관련된, 또는 질병과 관련된 많은 내용을 포털 사이트에 업로드 하였다. 저작권의 문제가 있는 사항은 출처공개와 함께 링크하였다.

3. 꿀벌과 관련된 모든 업무(질병진단, 치료방법 등)가 가능하도록 관제센터에서 운영하는 포털 사이트 구축

병해충 사이버 진단이 가능하도록 포털 사이트 내에 병·해충 사이버진단 페이지를 구성하였으며, 병해충 사이버진단 페이지에 진단 의뢰 게시물을 등록하면 관리자 및 전문가가 해당 사이버진단 의뢰 게시물을 스마트기기의 앱을 통해 작성하였다면 사이버 진단 댓글이 달리게 되면 앱의 푸시 알람을 통해 진단내용을 알려준다. 게시물에 댓글 형태로 진단 내용을 작성이 가능하도록 구성하였다.



병해충 사이버진단

제목	진단						
작성자	씨에스_1번	작성일	2015-05-20	조회수	109	댓글수	1

내용



진단해주세요.

첨부파일
[20140526_1724014.jpg \(size : 3,206KByte\)](#)
[20140526_1723497.jpg \(size : 3,611KByte\)](#)

댓글 1 개

씨에스_1번 2015-09-10 10:27:10
 정상 생육상태로 판단됩니다.

그림 355 포털사이트의 병해충 사이버진단 페이지

4. 영상전송, 사이버 진단 의뢰 등의 앱/웹 기술 개발

가. 영상전송 및 사이버 진단 의뢰 모바일 앱/웹 기획

본 연구에서는 꿀벌 상태에 대한 영상(주로 정지 영상_사진) 전송 및 병해충 문의 등의 사이버 진단 의뢰 등의 기능을 수행할 수 있는 영상전송 및 사이버 진단 의뢰 모바일 앱 기획을 수행하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 앱 실행시 로그인 화면

1 --> On/Off로 표현, On 체크시 다음부터 로그인 없이 메인으로 이동한다.

2 --> 회원가입 화면으로 이동한다.

회원가입을 누르면 가입 창으로 이동하고 PC웹사이트 입력사항에 맞춰 입력양식 기입한다.



그림 356 로그인 화면 구성 기획

(2) 병해충사이버진단 리스트 화면

1 --> 게시물 제목을 표시한다.

2 --> 게시물 내용이 2~3 줄 정도로 미리보기로 보여진다.

3 --> 댓글 개수가 나타난다.

4 --> 입력날짜가 표시된다.

5 --> 첨부사진이나 동영상이 있을 시 썸네일 이미지로 사진이 있음을 보여준다.

6 --> 클릭 시 게시물 관련 검색으로 이동한다.

7 --> 글쓰기 화면으로 이동한다.

8 --> 상단 하단 메뉴 바를 고정하였다.

9 --> 콘텐츠 영역이다.

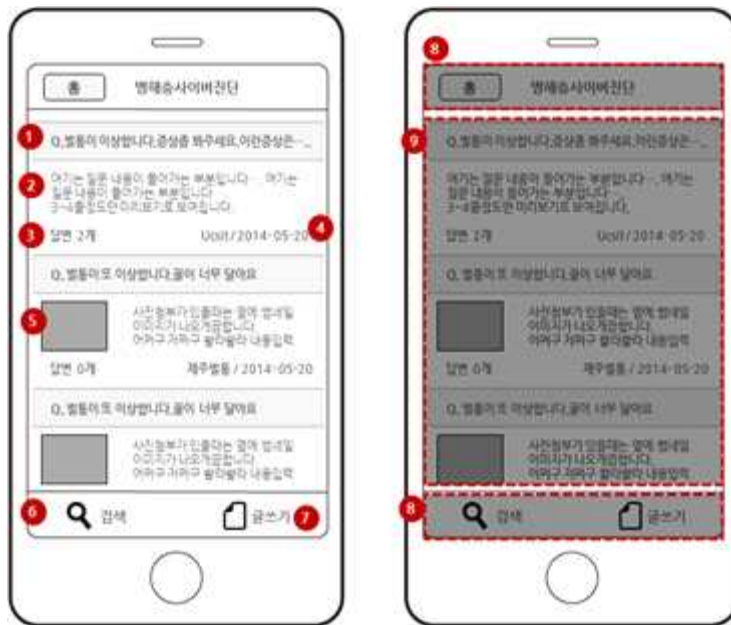


그림 357 리스트 화면 구성 기획

(3) 병해충사이버진단 내용보기(타인의 글) 화면



그림 358 타인의 글 내용 보기 화면 구성 기획

1 --> 질문영역, 2 --> 답변영역, 3 --> 답변이 달린 개수, 4 --> 글쓴이와 작성날짜를 표시한다.

(4) 병해충사이버진단 내용보기(내가 쓴 글) 화면

- 1 --> 아이콘을 누르면 작성 글에 대한 편집 메뉴 표시한다.
- 2 --> 작성글에 대한 수정 및 삭제가 가능하다.



그림 359 내가 쓴 글 보기 화면 구성 기획

(5) 병해충사이버진단 답변하기 화면

- 1 --> 하단의 답변하기를 누르면 답변하기 창으로 이동한다.

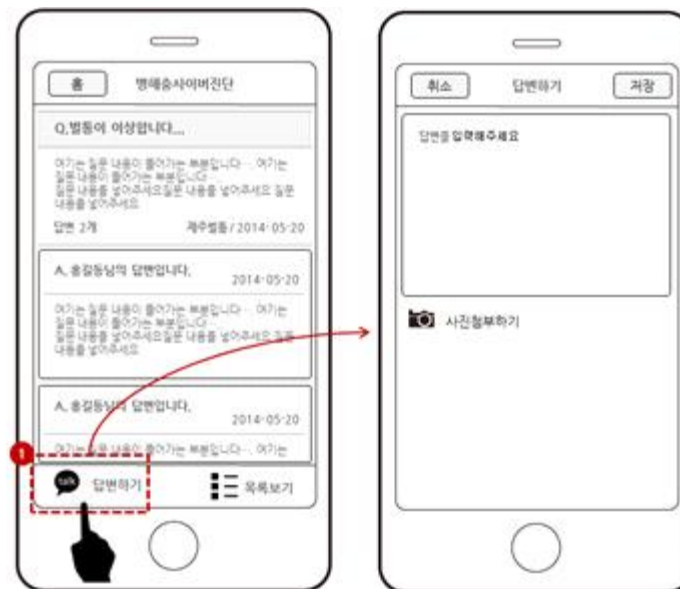


그림 360 답변하기 화면 구성 기획

(6) 병해충사이버진단 글쓰기 화면

1 --> 글쓰기를 누르면 입력창이 보여지며, 입력창에서 사진첨부하기를 누르면 갤러리 선택과 카메라촬영 중에 선택 가능 메뉴가 나타난다.



그림 362 글쓰기 화면 구성 기획

나. 스마트기기를 활용한 현장 영상 전송 기술 개발

본 연구에서는 꿀벌 상태에 대한 영상전송 및 병해충 문의 등의 사이버 진단 의뢰 등의 기능을 수행할 수 있는 영상전송 및 사이버 진단 의뢰 모바일 앱 기획을 바탕으로 모바일 앱을 구현하였으며 주요 내용을 아래의 그림으로 나타내었다.



그림 363 꿀벌박사 앱 실행



그림 364 로그인 화면

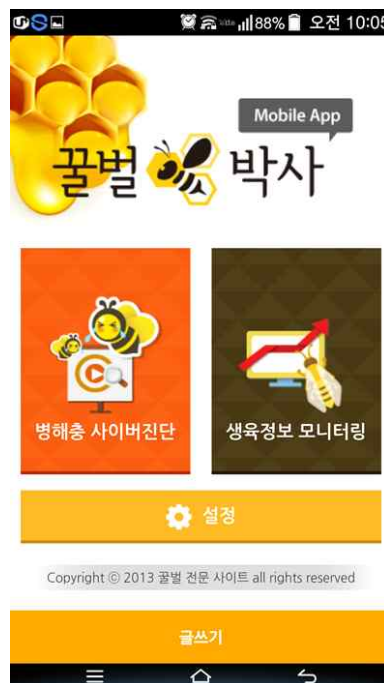


그림 365 로그인 후 초기 화면

병해충 사이버진단 버튼을 누르면 병해충 사이버진단 메뉴로 진입하며, 등록 버튼을 누르면 간단한 텍스트 입력기와 스마트 모바일 기기의 앨범에서 미리 촬영한 사진을 첨부할 수 있도록 구현되어 있다. 병해충 사진을 선택하고 등록 완료 버튼을 누르면 해당 영상을 포털 사이트로 전송한다.



그림 366 사이버진단 글쓰기



그림 367 기기 영상파일 선택

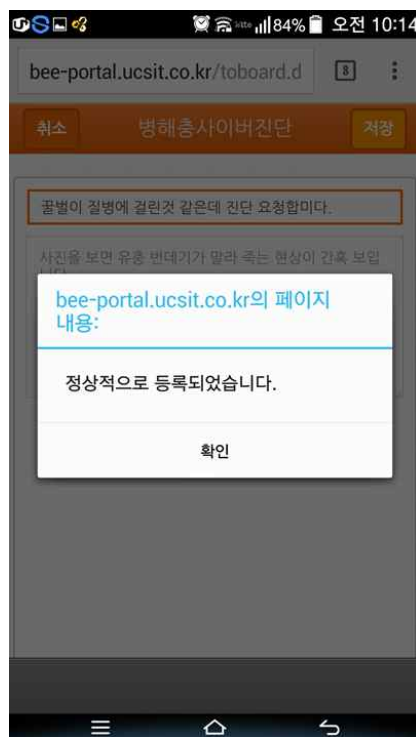


그림 368 사이버진단 요청 완료

다. 전송된 영상을 분석하여 병해충 정보 또는 기타 정보를 농가로 피드백

스마트 기기에서 전송한 영상정보는 꿀벌박사 포털 사이트의 병해충사이버진단 게시판에 업로드 되며, 해당 게시물을 확인한 관리자 및 전문가는 게시물 댓글을 통해 농가로 피드백이 가능하도록 기능을 구현하였다.

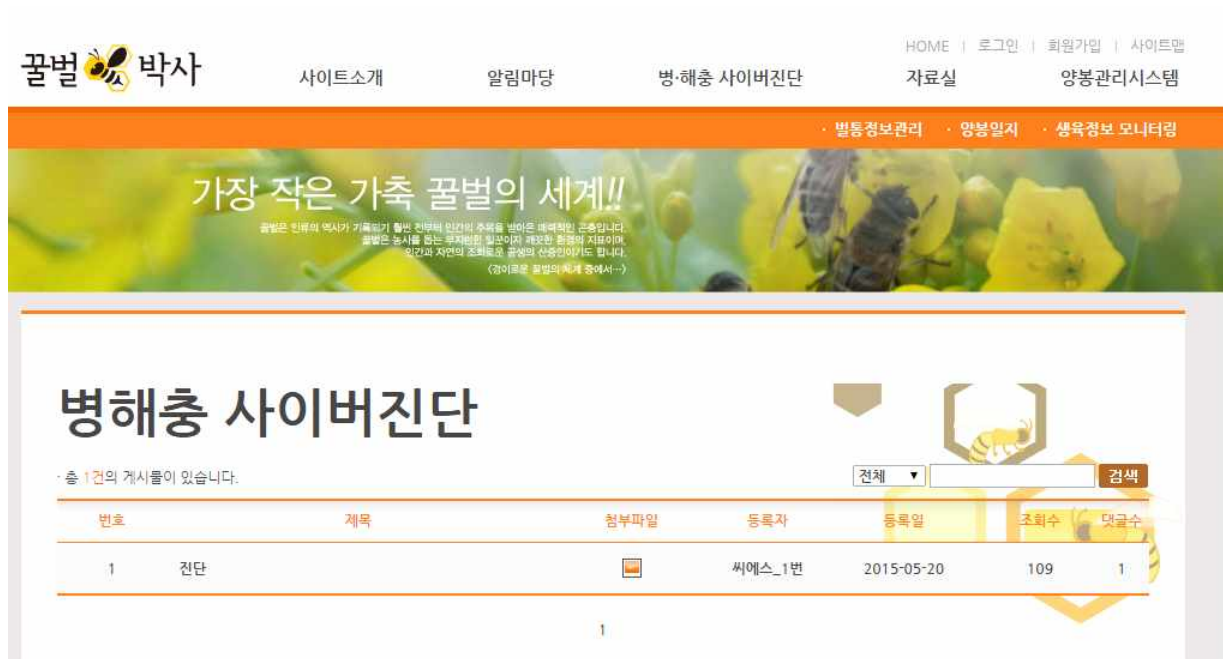


그림 369 포털사이트에 업데이트된 병해충 영상 게시물

라. 관제센터에서 사이버 진단 결과를 현장 스마트기기로 전송

관제센터의 관리자 및 전문가가 업로드 된 병해충 진단 의뢰 정보를 확인하여 그에 맞는 사이버 진단을 댓글을 통해 작성하면 해당 작성자의 스마트 기기로 푸시 알람을 보내도록 기능을 구현하였다. 푸시 알람을 받은 작성자는 해당 푸시 알람을 클릭하여 사이버 진단 내용을 확인할 수 있다.

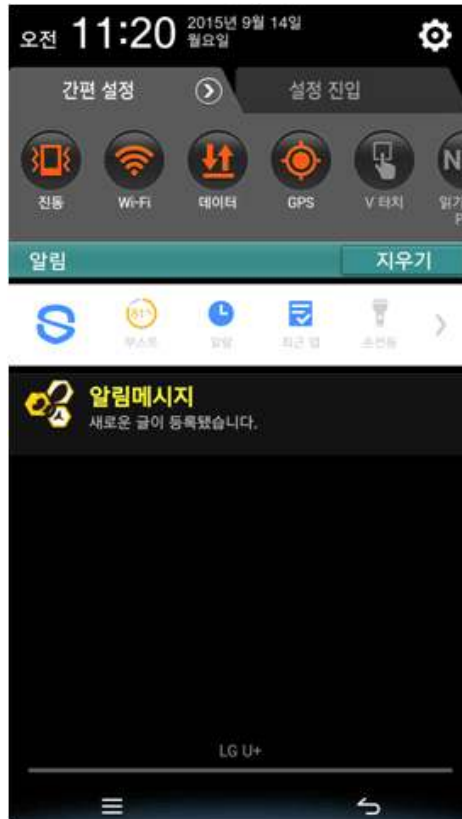


그림 370 푸시 알람 메시지 수신



그림 371 사이버 진단 답변 확인

5. 전문가 시스템을 활용한 농가별 피드백 생육 정보 제공 기술 개발

가. 농가별로 수집된 센싱정보 및 입력 정보를 기반으로 향후 생육상황 예측을 위한 알고리즘 구현

제 10절의 이상생육상황 발생 시 정보메시지 발송을 위한 의한 알고리즘을 구현함.

나. 구현 알고리즘을 기반으로 각 분야 전문가 들이 활용 가능한 한 전문가 컨설팅시스템 구현 및 관련정보를 농가로 Feedback

위의 구현 알고리즘을 기반으로 하여 포털 사이트의 병해충 사이버진단 기능과 알고리즘에 의한 푸시 알람 기능 등의 활용해 전문가 컨설팅 시스템을 구현하였다. 포털 사이트의 양봉 & SNS 페이지는 페이스북 또는 트위터 SNS 시스템의 ‘#양봉’ 태그를 통해 전문가와 손쉽게 대화하듯이 관련정보 공유 및 Feedback 받을 수 있다.

가장 작은 가축 꿀벌의 세계!!

회원가입

*는 필수 입력 사항입니다.

이름 *	<input type="text" value="계주대학교"/>
원래 비밀번호 *	<input type="password"/>
비밀번호 *	<input type="password"/>
비밀번호 확인 *	<input type="password"/>
휴대폰 *	<input type="text" value="0000"/>
이메일 *	<input type="text" value="jeju@jeju.co.kr"/>
FaceBook	<input type="checkbox"/> 인증하기가기
Twitter	<input type="checkbox"/> 인증하기가기

그림 372 포털 사이트의 SNS 연계 인증



그림 373 Twitter에서 태그를 포함하여 포스팅



그림 374 FaceBook에서 작성한 글의 태그를 통한 연동 화면

나. 응급상황 알림을 할 수 있는 데이터 MIN, MAX 값 설정

제 10절에 언급한 상황 발생시 경보메시지를 발송한다.

다. IT 장비별 응급상황 시 복구 방법

양봉 성장환경 모니터링 시스템의 포털사이트 접속불가, 수집데이터 표시불량 등 사고 유형별 IT장비의 응급상황 복구방법은 아래와 같다.

(1) 포털사이트 접속 불가한 경우

- 포털사이트 접속불가 시는 네트워크 불량, 트래픽 집중 등으로 순간적으로 접속이 안 되는 경우가 있으므로 잠시 후 재접속 시도
- Server의 네트워크 연결 상태(ex) >ping bee.ucsit.co.kr)
- Server의 부팅상태(원격 데스크톱 접속으로 확인)
- Server의 web-server 구동상태
- Server의 DB-server 구동상태
- Server의 방화벽 설정 상태
- 정전 등에 의하여 Server 전원이 Off 되어 있을 경우 Server를 재가동시킴
- 모든 구동상태가 이상이 없거나 재구동 하여도 문제가 해결되지 않을 경우 개발사에 문의

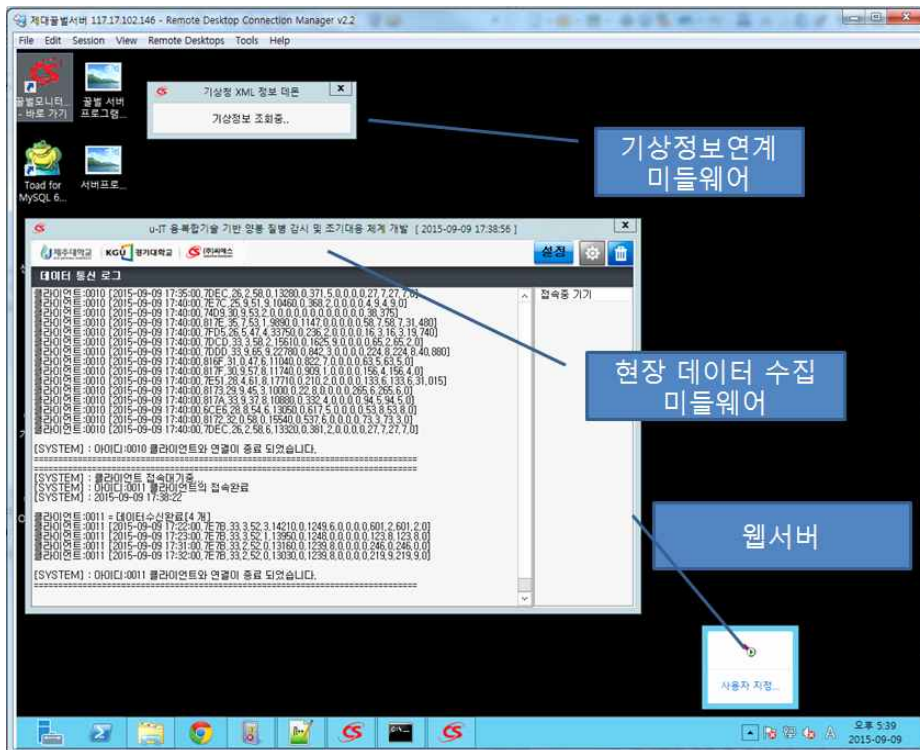


그림 377 Server 원격접속 화면

(2) 모든 수집데이터 누적되지 않는 경우

- Server의 게이트웨이 데이터 수신 미들웨어 프로그램 구동상태 및 접속로그 확인
- 미들웨어 구동상태가 이상이 없거나 재구동 하여도 문제가 해결되지 않을 경우 개발사에 문의

(3) 특정 양봉장의 모든 센서노드 수집 데이터가 누적되지 않는 경우

- 사고 현장 게이트웨이 장비의 동작상태 확인, 전원확인 및 기기 리셋
- 게이트웨이 장비와 연결된 CDMA 모뎀 동작상태 확인, 전원확인 및 기기 리셋
- 사고 현장 센서노드의 메인 전원 케이블 상태 점검 및 배터리 전압 측정
- 전원용 UPS의 On/Off 상태 확인 및 전원차단기 상태 확인



그림 378 게이트웨이 점검사항

(4) 특정 센서노드의 데이터가 누적되지 않는 경우

- 특정 센서노드 장비의 동작상태 확인, 전원확인 및 기기 리셋(센서노드는 리셋 시 보드 LED가 수초간 깜빡임)
- 센서노드 배터리 전압 확인
- 게이트웨이 장비의 리셋
- 센서노드 전원 및 동작상태 이상이 없을 경우 개발사에 문의

(5) 특정 센서노드의 특정 센서 데이터만 누적되지 않는 경우

- 해당 센서노드 전원 재인가 및 리셋

- 해당 센서의 측정부 오염 해결 및 수명이 다할 수 있음
- 복구가 안 될 경우 센서노드 AS 필요

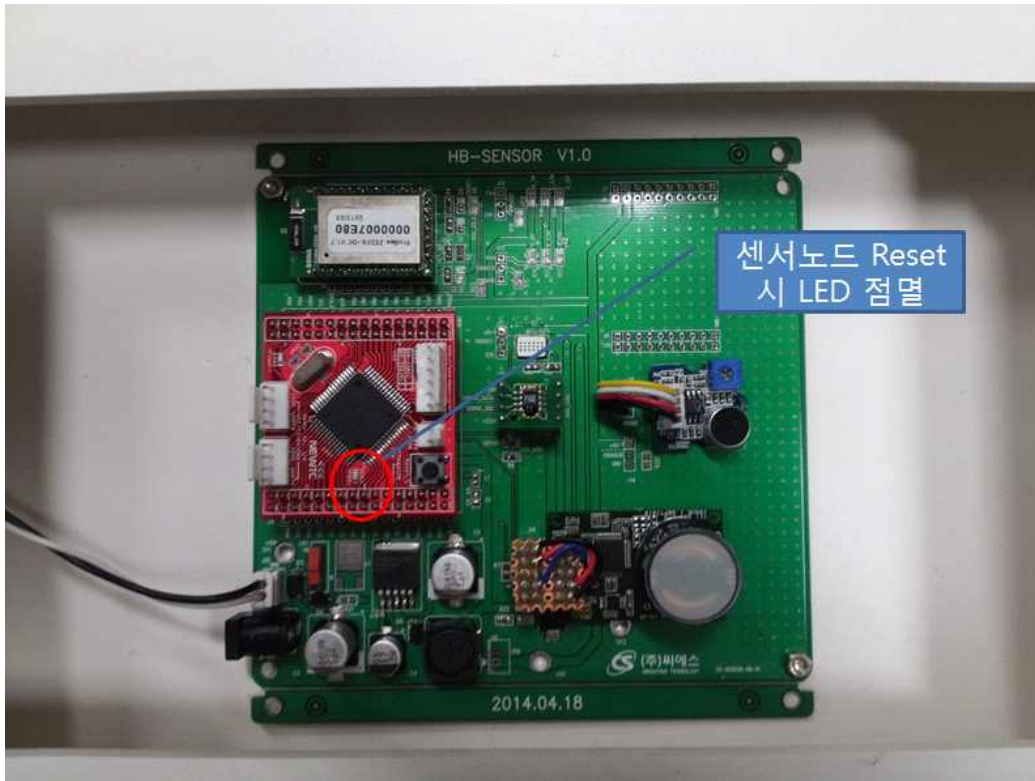


그림 379 센서노드 작동 상태 확인 LED

(6) 앱 알람 기능이 오동작 할 경우

- PC 또는 스마트 기기를 통하여 포털사이트의 생육정보 모니터링값을 확인하여 센서값이 이상 없는지 확인
- 스마트 기기의 앱 알람이 비정상 적으로 발행할 경우 관리자 페이지에 접속하여 센서 임계값 확인

그림 380 센서알람값 설정 관리자 페이지

제 14절 통합관제시스템 운영관리 및 표준모델 확산방안수립

1. 통합관제시스템 운영관리

가. 데이터 수집서버, DB서버, 관리자 운영서버, 사용자 서비스 제공서버 구축 등 통합 관제센터 구축

데이터 수집서버는 공인IP를 활용할 수 있는 제주대학교 컴퓨터공학과에 설치하여 운영 중이며, 서버의 운영 안정성을 위하여 HP의 Gen8 서버로 구축 되었다.

* HP ProLiant ML350p Gen8

- Intel Xeon E5 2609 Quad-Core 2.40Ghz
- 8GB Memory
- Memory Slots 16ea
- HP 1GB Ethernet 4-Port 331i Adapter
- Smart Array P420i Controller
- 18 * Hot Plug disk Drives
- SATA DVD-ROM
- 1TB(500GB * 2) SATA 7.2K 3.5" HDD Disk
- 460W Hot-Plug Power Supply
- Tower Type

그림 381 서버 제원

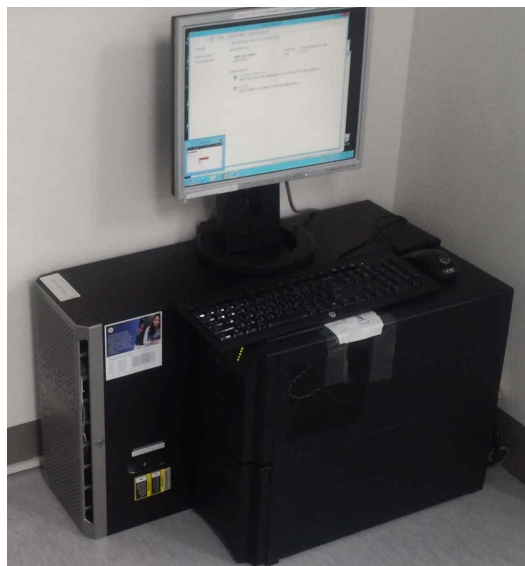


그림 382 데이터 수집서버

DB서버는 My-SQL DBMS를 사용하여 구축하였다.

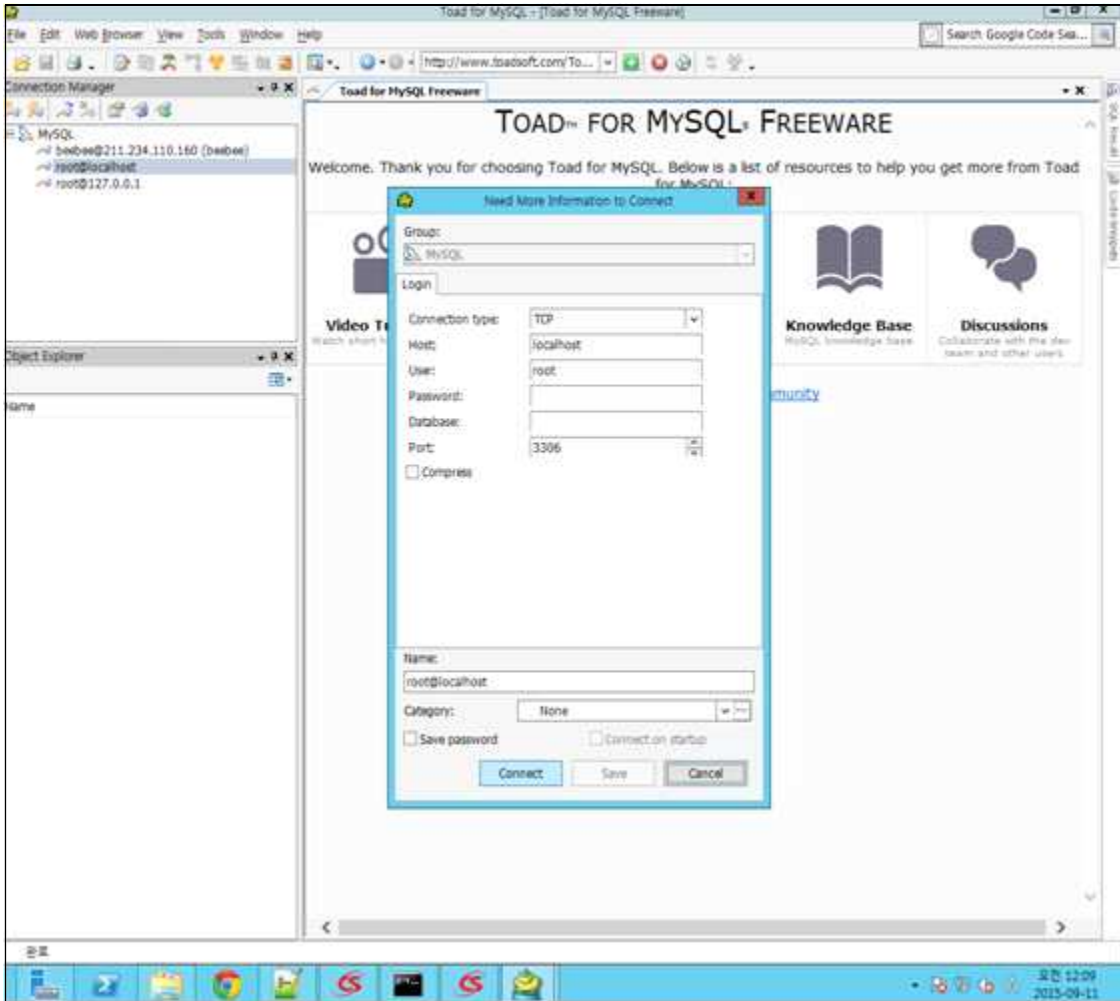


그림 383 DB서버(My-SQL)

관리자 운영 서버는 위에 열거한 물리적인 서버 머신에 위의 동일한 My-SQL DBMS를 사용하며, 웹서비스를 통해 관리자 페이지로 접속한다.

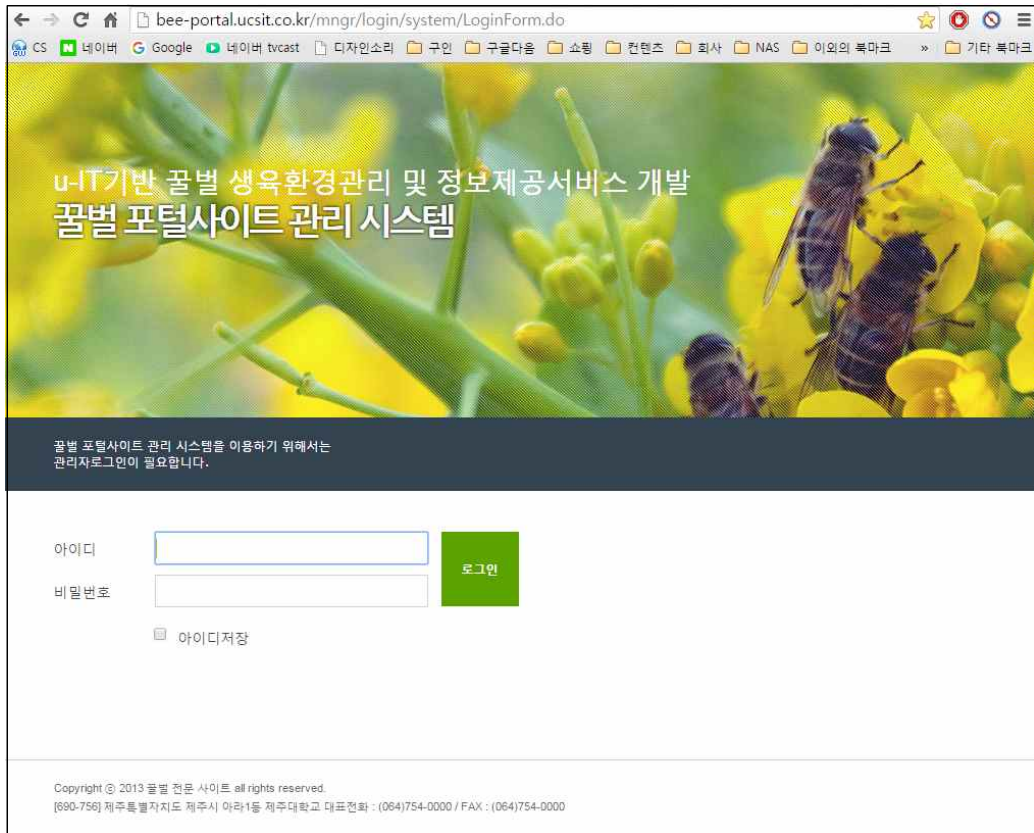


그림 384 관리시스템 로그인 화면

관리자 운영 서버 시스템관리, 권한관리, 게시판관리, 생육정보 모니터링, 별통정보관리, 양봉일지, 센서 알람 값의 메뉴로 구성된다.



그림 385 시스템 관리 기능

곶곶 포털사이트 관리 시스템 씨엑스_1번(admin)님이 로그인 하였습니다. | 비밀번호변경 | 로그아웃

시스템 관리

권한 관리 +

> 사용자 그룹관리

> 사용자 그룹 메뉴 관리

> 메뉴 관리

> 사용자 권한변경

게시판관리

생육정보 모니터링

별동정보관리

양봉일지

센서알람값

홈 > 권한 관리 > 사용자 그룹관리

사용자 그룹관리

○ 검색

• search 검색

○ 목록

< 등록

No	그룹 코드	그룹 명	사용 여부
2	SYSTEM0001	관리자	Y
1	USER0001	글쓰는그룹	Y

1 / 1

Copyright © 2013 곶곶 전문 사이트 all rights reserved.
[690-756] 제주특별자치도 제주시 아라1동 제주대학교 대표전화 : (064)754-0000 / FAX : (064)754-0000

그림 386 권한 관리 기능

곶곶 포털사이트 관리 시스템 씨엑스_1번(admin)님이 로그인 하였습니다. | 비밀번호변경 | 로그아웃

시스템 관리

권한 관리

게시판관리 +

> 공지사항관리

> 기타자료실

> 제주대양봉자료실

> 제주대양봉프로갤러리

> 병해충사이버진단

> 제주대양봉주요일정

생육정보 모니터링

별동정보관리

양봉일지

센서알람값

홈 > 게시판관리 > 공지사항관리

공지사항관리

○ 검색

검색 검색

○ 목록

<input type="checkbox"/>	Num	Title	Writer	Date	Hit
<input type="checkbox"/>	2	2015 대전 세계양봉대회 Apimondia 개최	씨엑스_1번	2015.05.08	488
<input type="checkbox"/>	1	db 이전	관리자	2014.06.09	25

1 / 1

✖ 선택삭제
↶ 쓰기

Copyright © 2013 곶곶 전문 사이트 all rights reserved.
[690-756] 제주특별자치도 제주시 아라1동 제주대학교 대표전화 : (064)754-0000 / FAX : (064)754-0000

그림 387 게시판관리 기능

시스템 관리
권한 관리
계시판관리
생육정보 모니터링 +
> 최신데이터
> 최신데이터 그래프보기
> 날짜검색
별통정보관리
양봉일지
센서알람값

홈 > 생육정보 모니터링 > 최신데이터

최신데이터

(주)CS

수집시간 :

수집시간 :

경기-C2	경기-C3
온도	온도
0.0	0.0
습도	습도
0.0	0.0
이산화탄소	이산화탄소
0.0	0.0
암모니아	암모니아
0.0	0.0
암모니아NEW	암모니아NEW
0.0	0.0
활화수소	활화수소
0.0	0.0
사운드	사운드
0.0	0.0
저울	저울
0.0	0.0

그림 388 생육정보 모니터링 관리 기능

꿀벌 포털사이트 관리 시스템 씨엑스_1번(admin)님이 로그인 하였습니다. | 비밀번호변경 | 로그아웃

시스템 관리 | [홈 > 별통정보관리](#)

권한 관리

게시판관리

생육정보 모니터링

별통정보관리

양봉일지

센서알람값

· 총 7 별통 정보가 있습니다.

전제	별통번호	소비수량		봉군세력		등록자	등록일	설치일	비고
		최초	현재	최초	현재				
7	1-1	1	7	약	약	관리자	2014-06-03	2014-06-01	소비수량많음
6	1-2	2	10	강	중	관리자	2014-06-03	2014-05-31	봉군세력중
5	1-3	10	8	강	중	관리자	2014-06-03	2014-05-27	소비수량많음
4	1-4	20	2	중	중	관리자	2014-06-03	2014-06-03	
3	1-5	2	2	약	약	관리자	2014-06-03	2014-06-03	소비수량많음
2	1-6	3	9	중	중	관리자	2014-06-03	2014-06-03	봉군세력중
1	1-77	6	6	강	강	관리자	2014-06-03	2014-07-01	

1 / 1

Copyright © 2013 꿀벌 전문 사이트 all rights reserved.
[690-756] 제주특별자치도 제주시 아라1동 제주대학교 대표전화 : (064)754-0000 / FAX : (064)754-0000

그림 389 별통정보관리 기능

꿀벌 포털사이트 관리 시스템 씨엑스_1번(admin)님이 로그인 하였습니다. | 비밀번호변경 | 로그아웃

시스템 관리 | [홈 > 양봉일지](#)

권한 관리

게시판관리

생육정보 모니터링

별통정보관리

양봉일지

센서알람값

2015년

1월 2월 3월 4월 5월 6월 7월 8월 9월 10월 11월 12월

· 총 0건의 게시물이 있습니다.

일지번호	작업일자	제목	작성자	최종작성일
등록된 양봉일지가 없습니다.				

1 / 1

Copyright © 2013 꿀벌 전문 사이트 all rights reserved.
[690-756] 제주특별자치도 제주시 아라1동 제주대학교 대표전화 : (064)754-0000 / FAX : (064)754-0000

그림 390 양봉일지 등록 기능



그림 391 센서알람값 설정 기능

사용자에게 웹서비스를 제공하기 위한 웹서버는 Apache 서버를 이용하여 시스템을 구축하였다.

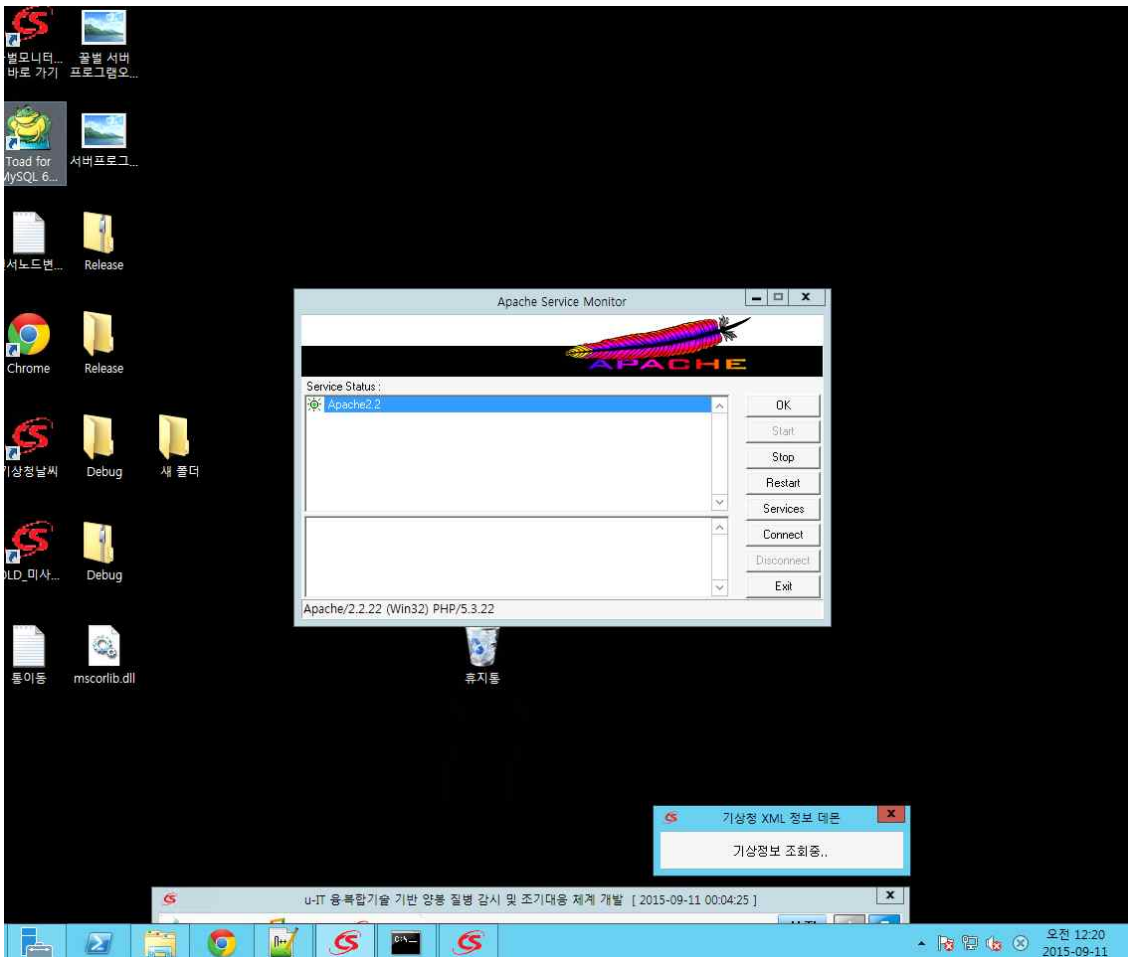


그림 392 Apache 서버 구동 화면

또한 현장 게이트웨이에서 전송되는 생육정보 센싱 데이터를 수신하기 위한 데이터수집 미들웨어가 서버에 실행된다.

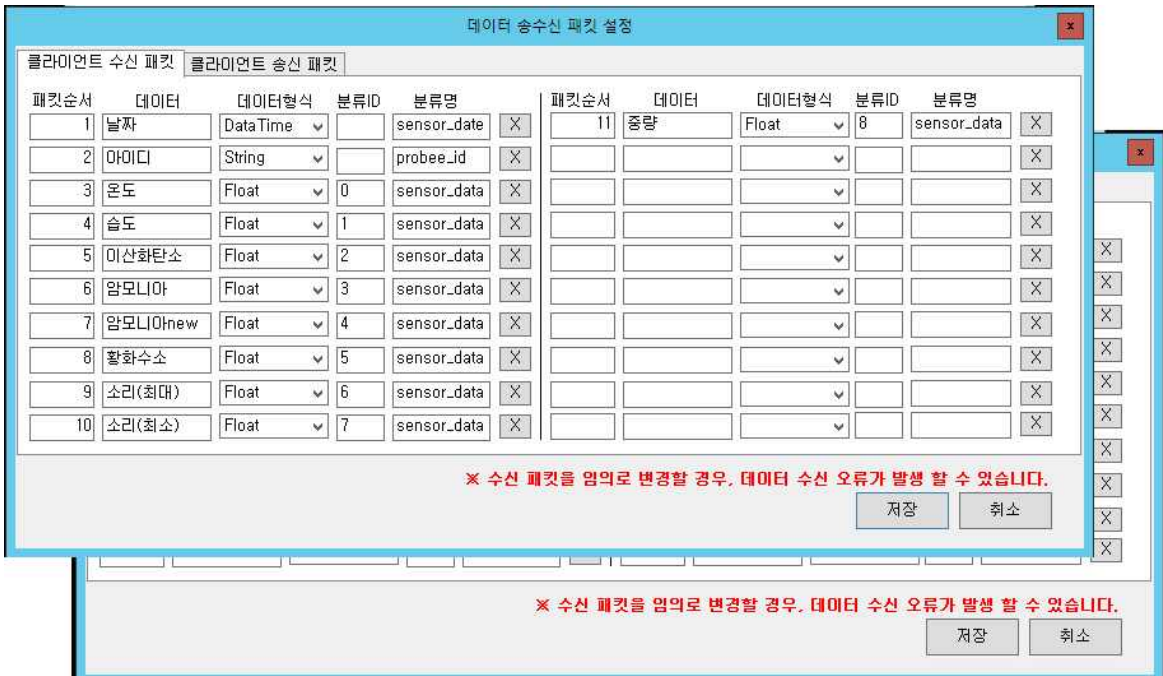
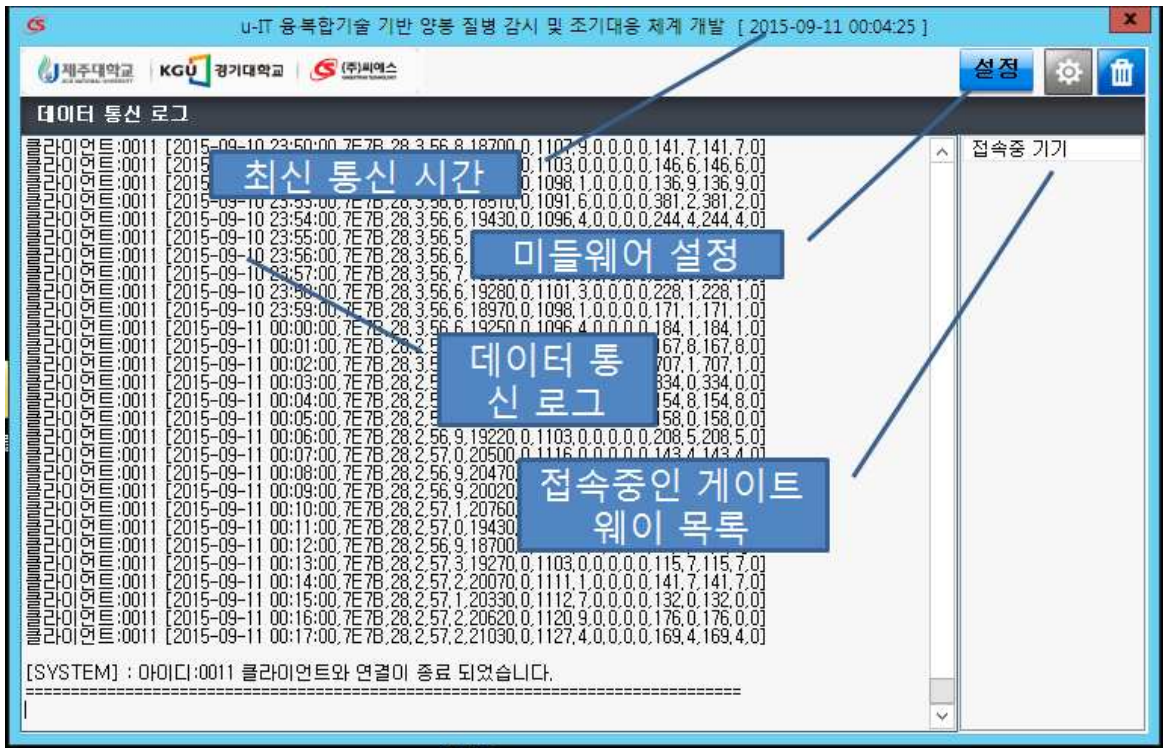


그림 393 미들웨어 데이터 송수신 패킷 설정 기능

사용자에게 주변 기상정보를 제공하기 위한 기상정보 수집 미들웨어 시스템을 구축하였다.

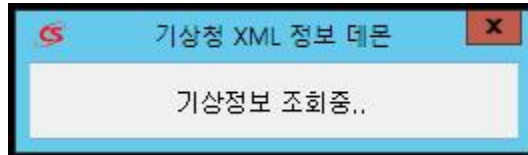


그림 394 기상정보 수집 미들웨어

나. 소프트웨어 구성에 따른 서버 구성 도식화 및 설명

아래 그림은 소프트웨어 중심으로 도식화한 시스템 구성도를 나타낸다.

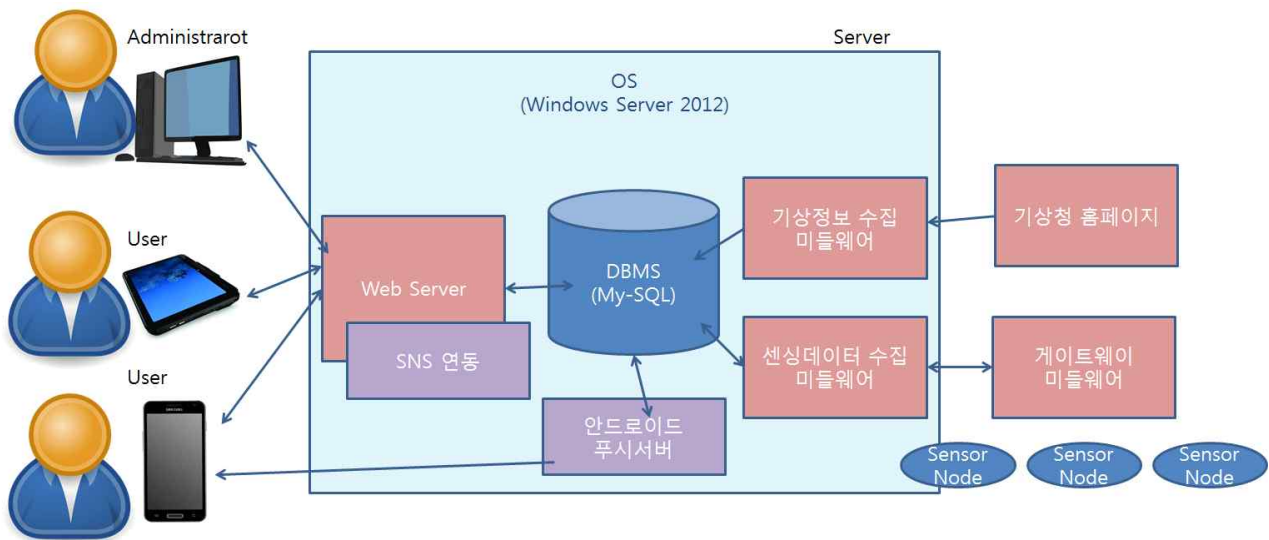


그림 395 서버 구성도

관리자, 전문가, 사용자 등은 웹서버를 통해 통합관제시스템(포털 사이트 등)에 접속하여 업무를 수행한다. DBMS는 트리거를 통해 이벤트 발생시 안드로이드 푸시서버로 알람을 전달한다. 기상정보 수집 미들웨어는 기상청 홈페이지에 일정 시간마다 접속하여 기상정보를 수집한다. 센싱데이터 수집 미들웨어는 양봉장 현장 게이트웨이가 전송하는 센서데이터를 수신하여 DBMS에 저장한다. 게이트웨이는 센서노드에서 전송되는 센싱데이터를 수신하여 로컬파일 형태의 DB에 저장한다. 센서노드는 펌웨어 수준의 소프트웨어가 탑재되어 센서 컨트롤, 센싱데이터 수집, Zigbee 통신 등의 기능을 수행한다.

2. 첨단 양봉 기술 정립을 통한 농가 보급형 표준 모델 도출

가. 모델을 세분화를 통한 농가 보급형 표준 모델 도출

농가별로 필요로 하는 생육정보가 다르다고 판단되어 온습도형, 온습도 및 이산화탄소형, 무게센서 포함형, 태양광 전원형 등으로 세분화하여 농가 보급형 표준 모델을 도출 하였다.

(1) 온습도형

양봉 생육정보 중 가장 기본이 되는 정보로서, 온습도 데이터만으로도 봉군의 강약, 분봉시기, 질병상태를 판단할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 센서노드를 단순화 할 수 있으므로, 저전력의 배터리형 타입으로도 제작 가능하며, 배터리형 타입 시 설치, 관리의 용이성이 있다. 비교적 저렴한 온습도 센서 만을 포함하므로 센서노드를 저렴하게 제작, 공급할 수 있으며, 유지관리 비용도 크지 않다.



그림 396 온습도형 센서노드

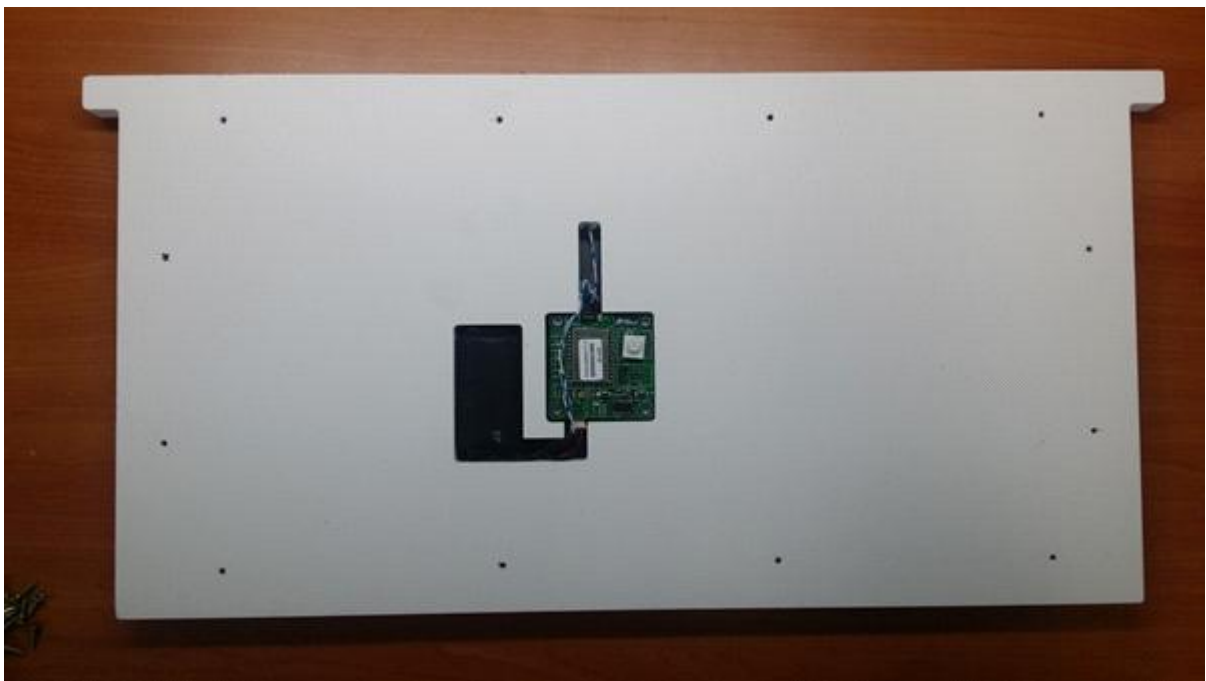


그림 397 온습도형 센서노드 표준 모델

(2) 온습도 및 이산화탄소형

온습도와 더불어 양봉 생육환경의 중요 요소 중에 하나인 이산화탄소 센서를 포함한 온습도 및 이산화탄소형 표준모델을 제시한다. 이산화탄소 데이터는 온습도 데이터를 보완하며, 더욱 명확하게 꿀벌의 질병 및 활동상태 파악에 용이한 데이터를 제공한다.

온습도 및 이산화탄소형 센서소비 제품은 아래의 그림과 같다.



그림 398 온습도 및 이산화탄소 센서노드



그림 399 온습도 및 이산화탄소형 센서노드 제품

(3) 무게센서 포함형

무게정보는 벌통을 열어 보지 않더라도 원격에서 분봉시기, 봉군의 강세, 채밀량, 정리채밀 시기 등의 유용한 정보를 제공하는 준고급형 표준 모델 제품을 제시하였다. 무게센서는 꿀벌통 아래 설치되어 지속적으로 꿀벌통의 무게 변화량을 제공하게 되며, 정확한 채밀 시기 판단을 통해 농가 수익에 많은 도움을 줄 것이라 예상된다.



그림 400 무게 센서



그림 401 무게센서 포함형 설치

(4) 태양광 전원형

실제 이동양봉 및 산간오지에 꿀벌통을 설치하여 양봉을 하는 경우가 많을 것으로 예상되어 태양광을 이용한 배터리 충전 타입의 태양광 전원형 제품을 제시하였다. 태양광 전원형 제품은 태양광 판넬 이동이 용이하도록 태양광 판넬을 접을 수 있는 형태로 제작하였으며, 어깨끈을 부착하여 이동이 손쉽도록 하였다. 대용량 배터리, 태양광 충전 컨트롤러, 게이트웨이, CDMA 모뎀을 일체화 하여 설치 및 이동이 편하고, 방수함체 사용으로 습기가 많은 환경에서도 안정적인 동작을 보장하였다.



그림 402 이동이 용이한 태양광 판넬



그림 403 태양광 전원형 제품

3. 통합관제센터 운영 및 향후 확산 방안 마련

가. 운영 주체 선정

가축으로 분류되어있는 꿀벌은 부저병과 낭충봉아부패병이 법정전염병으로 규정되어있다. 그러므로 꿀벌의 질병은 국가감시대상으로서 관리되어야 하나, 이는 양봉의 특성상 양봉장의 입지조건, 이동양봉 등의 문제로 용이한 문제가 아닌 것이 현실이다. 본 연구로 개발된 원격감시 시스템은 양봉농가의 생산성 향상에 도움이 될 것은 물론, 국가방역기관에서도 한정된 인원으로 현장출장 없이도 전국의 양봉현장 질병현황의 감시 및 관리감독이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 사항은 농림축산검역본부의 꿀벌질병 담당자들과의 협의에서 그 필요성을 공감한 바 있다.

따라서, 가축으로 관리되고 있는 꿀벌질병방역을 위하여 농림축산검역본부에 국가단위의 총괄 서버를 설치하여 양봉질병의 관리와 양봉에 필요한 실시간 정보제공 등 대농민서비스를 수행할 수 있도록 정책이 수립되어야 할 것을 건의하는 바이다.

나. 향후 확산 방안

영세 양봉인으로서 약 200통의 사육상을 운영하려면 서버를 제외하면 약 300만 원의 초기투자가 투입되는바, 이 시스템의 무난한 적용을 위하여 꿀벌질병에 투입되는 국가재정 30억원 및 지방재정 30억원 (2015년 기준)의 일정부분의 보조가 요구된다. 이러한 부분이 원만히 해결된다면 양봉산업의 획기적인 생산성 향상이 기대된다.

금번 연구는 건강상태와 질병의 초기예측을 위한 생육환경인자 모니터링을 목표로 수행되었다. 한편, 환경인자 모니터링에 따른 조치사항으로서 문제사항을 원격으로 즉시 해결하여 줄 수 있는 대화형 원격제어장치 및 이를 운영하기 위한 시스템의 개발은 Smart 양봉을 위하여 필수적으로 요구되는 후속연구로 판단된다. 이에는 다중양봉장감시 체계와 도난방지 시스템개발 특정밀원 분리시스템을 통한 양봉산물의 부가가치 재고 등의 연구과제가 포함된다. 한편, 일반 체중계를 응용한 양봉사육상의 중량값의 변화 신호는 유밀의 상황, 봉세의 변동 상황을 직접적으로 모니터링할 수 있는 핵심적인 정보를 제공해주는 것으로 확인되었으나, 금번 연구의 범위에서는 ‘양봉전용 중량센서’ 기기의 개발까지는 포함하지 못하였다. 그러므로, 무게를 포함한 센서기기의 일체화를 포함한 추가연구의 지원을 건의하는 바이다.

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 연도별 연구목표달성도

가. 1차년도 연구성과 목표 대비 실적

표 74 1차년도 연구성과 목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2012)	u-IT기반 꿀벌 생육환경 모니터링 원천기술 개발	봉군내 유효신호의 수집을 위한 센서 선발 및 실증	100	<ul style="list-style-type: none"> - 각종 센서의 봉군내 배치에 따른 유효성 검사 - 각종 센서의 적절 설치를 위한 유효성 및 내구성 검사 - 유효 센서의 선발 및 최적 설치법의 확립 - 고밀집 및 저밀집관리에서의 신호변화 탐색 - 고인공사양 및 무사양관리에서의 신호변화 탐색
		사육상 Sensor 적용 안정화	100	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor 설치위치 등 최적조건 조사 - 기기설치에 따른 생태영향 조사
		근거리 signal의 정상적인 환경인자 분석 및 정상치 설정(제주-제주)	100	<ul style="list-style-type: none"> - 정상생육환경에 대응한 실시간 signal 변화자료의 수집과 분석 - 조사대상 인자 선정
		효율적인 전력 소모를 위한 센서 인터페이스 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 센서노드에서 전송할 데이터 규격 및 전송 주기 등의 최적화를 통한 전력 소모 방지 기술 개발
		태양광을 이용한 무정전 전원 공급 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 개발된 복합센서 모듈을 무정전 전원 공급이 가능하도록 태양광 추가 - 기존 배터리 방식의 전원 공급 방식을 태양광을 활용한 충전 방식으로 변환
	야외 감염시험을 통한 u-IT기반 생육환경 모니터링 기술개발	정상 사양관리 봉군과 과사양관리 봉군의 생물학적 봉군 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 봉군 개체수 측정, 저밀량 측정, 산란 및 육아 수준 등 생물학적 봉군 측정을 위한 제반 실험법의 확립 - 감염 및 해충 침입 실험을 위한 적정 감염법 및 침입유도 방법의 강구 - 고밀집 및 저밀집관리에서의 생물학적 봉군 측정 - 고인공사양 및 무사양관리에서의 생물학적 봉군 측정
		사육상의 자연적 및 인위적 환경인자 변화에 따른 원거리 signal 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 대상봉군의 질병상태 정밀 진단 - Sensor signal에 대응한 봉군의

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
	u-IT기반 꿀벌 생육환경관리 및 정보제공서비스 개발	신뢰성이 확보된 무선 데이터 전송 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 정상 생육상 자료 수집 및 분석 - 기존 개발된 복합센서노드 활용을 위하여 ZigBee 활용 - 사육상 내부의 온도와 습도, 이산화탄소, 암모니아 등을 측정할 수 있는 센서 활용 - 센서노드는 기 개발된 복합센서 노드 활용 - 기 개발된 센서를 활용한 생장정보 계측 데이터 수집 기술 활용 - 기상청 지역별 예보 정보와 연계하여 환경변화정보 농가에 제공
		낙뢰, 집중호우, 강풍, 폭설 등 기상환경에 강한 실외용 네트워크 노드 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 개발된 복합센서노드는 시설 재배에 대부분 활용이 되어 실외 환경에서 테스트가 많이 이루어지지 않음 - 실외 환경에서의 다양한 테스트를 통한 최적화된 센서노드 기술 개발

나. 2차년도 연구성과 목표 대비 실적

표 75 2차년도 연구성과 목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2013)	u-IT기반 꿀벌 생육환경 모니터링 원천기술 개발	정상 사양관리 봉군과 과사양관리 봉군의 유효신호 분석 및 선발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 유밀기에 저밀상태에 따른 신호변화탐색 - 과채밀 및 무채밀하에서의 신호변화 탐색 - 분봉유도에서의 신호변화 탐색 - 소비건설에 따른 신호변화 탐색 - 무왕군 유도 및 여왕벌 유입에 따른 신호변화 탐색 - 과잉노동에 대한 신호변화탐색 - 월동식량 저장에 따른 신호변화 탐색
		이상상태의 근거리 signal	100	<ul style="list-style-type: none"> - 이상 생육환경에 대한 Signal

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
		분석 및 유효 signal 발굴		<ul style="list-style-type: none"> 조사 분석 - 감염성 질병 징후시의 signal 변동 조사 분석 - 면역학적 분석에 의한 감염 확진
	야외 감염시험을 통한 u-IT기반 생육환경 모니터링 기술개발	정상 관리 봉군과 질병 또는 해충 처리 봉군들의 생물학적 봉군 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 유밀기에 저밀상태에 따른 생물학적 봉군 분석 - 과채밀 및 무채밀하에서의 생물학적 봉군 분석 - 분봉유도에서의 생물학적 봉군 분석 - 소비건설에 따른 생물학적 봉군 분석 - 무왕군 유도 및 여왕벌 유입에 따른 생물학적 봉군 분석 - 과잉노동에 대한 생물학적 봉군 분석 - 월동식량 저장에 따른 생물학적 봉군 분석
		생태제어 시험	100	- 해충 침입시 대응하는 signal 변동 조사
	u-IT기반 꿀벌 생육환경관리 및 정보제공서비스 개발	영농일지 입력 및 관리를 위한 정보 제공 서비스 구축	100	- 농가별 양봉일지 작성 기능 개발
		생육 환경 정보 DB 설계 및 구축, 센서 데이터 수집	100	<ul style="list-style-type: none"> - 꿀벌 생육 환경 정보 DB 설계 및 구축 - 3차년도 최적화된 생육 데이터 추출을 위하여 수집 가능한 모든 데이터를 수집(온도/습도/이산화탄소/황화수소/암모니아/사운드)
		무선 센서 네트워크 시스템용 미들웨어 기술 개발	100	- 기 개발된 USN 미들웨어 활용 및 양봉산업에 최적화 작업 수행
		꿀벌 전문 포털 사이트 구축	100	<ul style="list-style-type: none"> - 주관기관의 연구 결과, 농가의 경험 기록, 시스템 활용방법 등 자료를 공유할 수 있도록 사이트 구축 - 지식베이스 구축 및 서비스 - 꿀벌과 관련된 모든 업무(질병

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
				진단, 치료방법 등)가 가능하도록 관제센터에서 운영하는 포털 사이트 구축
		영상전송, 사이버 진단 의뢰 등의 앱/웹 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 전송된 영상을 분석하여 병해충 정보 또는 기타 정보를 농가로 피드백 - 스마트기기를 활용한 현장 영상 전송 기술 개발 - 관제센터에서 사이버 진단 결과를 현장 스마트기기로 전송
		현장 센서 네트워크 모니터링을 위한 태블릿 PC 시스템 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 기능은 웹, 모바일 웹 등으로 활용 가능하도록 개발 - 각 사용자별로 선택적 모니터링이 가능하도록 개발

다. 3차년도 연구성과 목표 대비 실적

표 76 3차년도 연구성과 목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2014)	u-IT기반 꿀벌 생육환경 모니터링 원천기술 개발	정상 관리 봉군과 질병 또는 해충 처리 봉군들의 유효신호 분석 및 선별	100	<ul style="list-style-type: none"> - 각종 감염성 질병의 침입에 대한 신호변화의 탐색 및 각 특이 신호의 분석 - 감염 초/중/말기에 따른 봉군 쇠약 신호변화의 탐색 - 기생성 질병의 침입에 대한 신호변화의 탐색 - 감염 초/중/말기에 따른 봉군 쇠약 신호변화의 탐색 - 포집성 해충의 침입에 대한 신호변화의 탐색 - 침입 초/중/말기에 따른 봉군 신호변화의 탐색 - 침입 초기 봉군신호에 따른 자동 제어 차단 방법의 강구
		농가별 생육 데이터 관리 및 표준화, 분석 기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 꿀벌 성장 단계별 최적화된 생육 데이터 추출 및 정형화 - 데이터 표준화를 위한 기본 방침 및 규정 설정 - 생육 데이터 관리를 위한 공통 데이터 요소의 도출 및 등록, 관리

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
				방안 마련
		Signal 분석에 따른 환경변화 및 질병상태 예측 체계 확립	100	- Signal 분석에 따른 환경변화 및 질병상태 예측 체계 확립
		농가 맞춤형 신기술 및 생육 정보화 기술 개발	100	- 양봉 농가에 최적화된 첨단 사양 기술 매뉴얼 제공 - 첨단 양봉 기술 정립을 통한 농가 보급형 표준 모델 도출
		전문가 시스템을 활용한 농가별 피드백 생육 정보 제공 기술 개발	100	- 농가별로 수집된 센싱정보 및 입력 정보를 기반으로 향후 생육상황 예측을 위한 알고리즘 구현 - 구현 알고리즘을 기반으로 각 분야 전문가 등이 활용 가능한 전문가 컨설팅시스템 구현 및 관련정보를 농가로 Feedback
		통합관제시스템 운영관리 및 표준모델 확산방안수립	100	- 통합관제센터 운영 및 향후 확산 방안 마련
	야외 감염시험을 통한 u-IT기반 생육환경 모니터링 기술개발	선발된 최적 사양/질병관리 신호에 따른 사양/질병관리의 시행 및 분석	100	- 각종 감염성 질병의 침입에 대한 생물학적 봉군 분석 - 감염 초/중/말기에 따른 봉군 쇠약에 대한 생물학적 봉군 분석 - 기생성 질병의 침입에 대한 생물학적 봉군 분석 - 감염 초/중/말기에 따른 봉군 쇠약의 생물학적 봉군 분석 - 포집성 해충의 침입에 대한 생물학적 봉군 분석 - 침입 초/중/말기에 따른 봉군 생물학적 봉군 분석 - 침입 초기 봉군신호에 따른 자동 제어 차단 방법의 강구
		인위적 감염시험을 통한 Signal data 생산	100	- 세균성감염증 및 진균성감염증 경과에 대응하는 signal 변동 조사 - 진균성감염증 경과에 대응하는 signal 변동 조사 - 원충성감염증 경과에 대응하는 signal 변동 조사 - 기생충성감염증 경과에 대응하는 signal 변동 조사 - PCR 분석통한 감염조사 및 확진
	u-IT기반 꿀벌 생육환경관리 및 정보제공서비스 개발	센서별 데이터 정형화 및 분석 기술 개발	100	- 수집된 센서 데이터를 기반으로 양봉 생육 데이터 추출 기술 - 수집된 센서 데이터를 기반으로 침입 방지, 조기대응 정보 추출 및 알람 기술
		통합관제시스템 운영관리	100	- 데이터 수집서버, DB서버, 관리자 운영서버, 사용자 서비스 제공서버 구축 등 통합관제센터 구축

2. 관련분야에의 기여도

가. 기술적 측면

IT를 활용한 첨단 양봉 기술 보급을 통하여 농촌정보화를 실현할 수 있다. 무선 센서 네트워크 기반의 생장 환경 요소 측정 기술 적용을 통한 정보화를 실현할 수 있다. 영농일지 입력 및 정보제공서비스 연계를 통한 양봉 산업 정보화를 실현할 수 있다.

또한, 스마트 기기를 통한 병해충 정보 등 각종 양봉정보 서비스를 적용할 수 있으며, 농가별 생육 데이터의 체계적 관리가 가능하게 된다. 온도/습도/이산화탄소 등 다양한 환경요소를 측정하는 센서의 확대, 생장환경 정보 DB 구축을 통한 노하우 획득 및 연구개발에 기여, u-IT 기술 적용에 따른 서비스 모델 확산에 따른 산업 수요에 기여, 현장시험을 통해 보다 효율적이고 실용적인 기술 및 사업을 창출할 수 있다. 테스트베드 구축을 통한 양봉산업 현장의 환경 표준화 요소 도출을 기대할 수 있다.

나. 경제·산업적 측면

양봉산업과 u-IT 융·복합 기술의 접목을 통한 지역농촌경제 발전과 양봉농가의 경쟁력을 확보할 수 있다. 농업관련기관과 공동사업 확대 및 전파를 기대할 수 있다. 선진국의 기술종속 방지 및 양봉 관련 세계 시장을 선도할 수 있다. 양봉 분야 USN 기술 적용을 위한 표준화 개발을 기대할 수 있다. 농가 소득 증대와 이어지는 과학영농을 실현할 수 있는 기반이 마련되었다. 병충해를 미연에 감지할 수 있을 뿐 아니라, 연간 생육상황을 파악하여 채밀에 대비 할 수 있으며, 채밀시기 등의 정확한 계획에 의하여 양봉소득 생산성을 극대화 할 수 있을 것이다.

또한, 화분매개 주역이 되는 벌들의 개체수가 유지됨으로 인하여, 비단 양봉산업 뿐 아니라 과수농가의 생산성 증가도 꾀할 수 있다는 산업적 측면에서의 기여도 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

제 5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

(단위 : 건수)

구 분	지식재산권		논문		학술 발표	기술 거래	교육 지도	사업화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기타	
	출원	등록	SCI	비 SCI										
최종목표		8	6	3	7	-	-	12	10	-	-	-	3	-
1차년도	목표	3		0	1			4					1	
	실적	2			7			2		8			1	
2차년도	목표	3	3	1	2			4	1				1	
	실적	3	4	1	7			10	1	3	1	-		
3차년도	목표	2	3	2	4			4	2				1	
	실적	2	2	0	5	11	1	6	2		4		3	
합 계	목표	8	6	3	7	-	0	12	3	-	-	-	3	-
	실적	7	6	1	19	11	1	18	3		15	1	4	

가. 지식재산권

구 분	지식재산권 등 명칭	국 명	출원			등록			기 타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
지식재산권	특허출원	대한민국	경기대학교산학협력단	2013	10-2013-0134609				
지식재산권	특허출원	대한민국	경기대학교산학협력단	2013	10-2013-0134613				
지식재산권	특허출원	대한민국	제주대학교 산학협력단	2014	10-2014-0042956				
지식재산권	특허출원	대한민국	제주대학교 산학협력단 외 1명	2014	10-2014-0068465				
지식재산권	특허출원	대한민국	제주대학교 산학협력단 외 1명	2014	10-2014-0068466				
지식재산권	특허출원	대한민국	제주대학교 산학협력단 외 2명	2015	10-2015-0111525				
지식재산권	특허출원	대한민국	제주대학교 산학협력단 외 2명	2015	10-2015-0111526				

프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	2014.06.04	C-2014-012809	
프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	2014.06.04	C-2014-012810	
프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	2014.06.04	C-2014-012811	
프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	2014.06.04	C-2014-012812	
프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	20150708	C-2015-016007	
프로그램개발	프로그램등록	대한민국				(주)CS	20150708	C-2015-016008	

나. 특허출원

출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2013	고리-매개 등은 증폭법을 이용한 진균성 질병 검출 방법	경기대학교 산학협력단	대한민국	10-2013-0134609
2013	초고속 PCR 시스템을 이용한 변형날개 바이러스의 신속 진단 방법	경기대학교 산학협력단	대한민국	10-2013-0134613
2014	온습도센서 고정부를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단 외 1명	대한민국	10-2014-0068466
2014	온습도센서 고정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링장치 및 그 방법	제주대학교 산학협력단 외 1명	대한민국	10-2014-0068465
2014	바나듐 함유 미네랄 조성물과 봉독을 이용한 향산화, 피부미백 및 콜라겐 생성 촉진용 조성물	제주대학교 산학협력단	대한민국	10-2014-0042956
2015	소문개폐부를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단 외 2명	대한민국	10-2015-0111525
2015	무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	제주대학교 산학협력단 외 2명	대한민국	10-2015-0111526

다. 프로그램등록

- 제 C-2014-012809 호 8비트 시스템 벌통 내부 생육 환경 정보 수집 프로그램 (BeeM v1.0)
- 제 C-2014-012810 호 소형 데스크탑 기반 꿀벌통 내부 환경 정보 수집 프로그램 (BeeM v2.0)
- 제 C-2014-012811 호 임베디드 기반 꿀벌통 내부생육 환경 정보 수집 프로그램 (BeeM v3.0)
- 제 C-2014-012812 호 웹기반 양봉 환경 모니터링 프로그램 (WebBeeM v1.0)
- 제 C-2015-016007 호 양봉생육환경 모니터링 게이트웨이 최적화 미들웨어 프로그램 (BeeM v5.0)
- 제 C-2015-016008 호 양봉생육환경 모니터링 수집 서버 프로그램 (BeeM v4.0)

라. 논문게재 및 학술회의 발표

(1) 논문게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부
1	Loop-mediated isothermal Amplification(LAMP)법을 이용한 Kakugo Virus의 새로운 검출법 개발	한국양봉학회지	이중구	27(4)	국내	한국양봉학회	비SCI
2	꿀벌 유충에 의한 약제 감수성 평가방법	한국양봉학회지	백종희	27(4)	국내	한국양봉학회	비SCI
3	RNA-dependent RNA Polymerase (RdRP) 서열에 따른 IAPV 계통분류학적 고찰	한국양봉학회지	임희영	28(1)	국내	한국양봉학회	비SCI
4	열화상 사진 자료에 기반한 꿀벌 봉군의 생사 진단 방법에 대한 고찰	한국양봉학회지	임희영	28(1)	국내	한국양봉학회	비SCI
5	Rapid and Sensitive detection of Deformed Wing Virus(DWV) in Honeybee using Ultra-rapid Real-time PCR	Journal of Apiculture	HY Lim	28(2)	국제	한국양봉학회	비SCI
6	Application of Digital Infrared Thermal Imaging(DITI) as a Diagnostic Method for the Fate of Honeybee colonies	Journal of Apiculture	HY Lim	28(2)	국제	한국양봉학회	비SCI
7	Detection of Capsid Protein of Sacbrood Virus in Honeybee using Monoclonal Antibodies	Journal of Apiculture	JG Lee	28(2)	국제	한국양봉학회	비SCI
8	Clarification of the korean sacbrood virus based on the analysis of RNA dependent RNA polymerase	Journal of Apiculture	JG Lee	28(4)	국제	한국양봉학회	비SCI
9	Development of specific detection method for fungal pathogens in honeybee by loop mediated isothermal amplification	Journal of Apiculture	JG Lee	28(4)	국제	한국양봉학회	비SCI
10	Specific Monoclonal Antibodies against <i>Paenibacillus larvae Flagella and Spores</i>	한국양봉학회지	김수연	28(5)	국내	한국양봉학회	비SCI
11	Polyprotein에 기반한 Sacbrood Virus(SBV)와 한국산 SBV의 분류	한국양봉학회지	이중구	28(5)	국내	한국양봉학회	비SCI

12	Development of Specific PCR Method for detection of Nosema apis Based on nucleotide Sequence	Journal of Apiculture	HY Lim	29(1)	국제	한국양봉학회	비SCI
13	Nucleotide Sequence-Based Distinguishment of Sacbrood virus (SBV) using PCR Method	Journal of Apiculture	JG Lee	29(1)	국제	한국양봉학회	비SCI
14	Over-expression and Purification of Peptidase-C3G protein of Deformed Wing Virus	Journal of Apiculture	JG Lee	29(1)	국제	한국양봉학회	비SCI
15	Over-expression and Purification of RNA Dependent RNA Polymerase from Black queen cell virus in Honeybee	Journal of Apiculture	GTH Luong	29(3)	국제	한국양봉학회	비SCI
16	Development of a quantitative sandwich enzyme-linked immunosorbent assay for detecting the MPT64 antigen of Mycobacterium tuberculosis	Yonsei Med J	M Ji	55(3)	국제	Yonsei medical journal	SCI
17	<i>Vespa simillima xanthoptera</i> Cameron Visits Apiaries in Jeju	Journal of Apiculture	YS Chung	29(4)	국제	한국양봉학회	비SCI
18	Over-expression and Purification of Recombinant 3C-like Protease from Black Queen Cell Virus in <i>Escherichia coli</i>	Journal of Apiculture	GTH Luong	30(1)	국제	한국양봉학회	비SCI
19	A Simple and Sensitive Gene-Based Diagnosis of <i>Aspergillus flavus</i> by Loop-Mediated Isothermal Amplification in Honeybee	Journal of Apiculture	JS Lee	30(1)	국제	한국양봉학회	비SCI
20	Incidence of wolf teeth in Jeju ponies and Jeju pony crossbred	J Vet Clin	J Yang	32(3)	국제	한국임상수의학회	SCOP US

(2) 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2014년 제 29차 한국양봉학회 추계학술발표회	Yong Ree	2014.09.25.	국립농업과학원	한국
2	2014년 제 29차 한국양봉학회 추계학술발표회	Youngseok Jung	2014.09.25.	국립농업과학원	한국
3	2014 KSPVM Symposium	Dan Yoon	2014.09.25.	충북대학교 개신문화관	한국
4	2014 KSPVM Symposium	Jong Moon Cho	2014.09.25.	충북대학교 개신문화관	한국
5	2014 KSPVM Symposium	Kyong-Leek Jeon	2014.09.25.	충북대학교 개신문화관	한국
6	2015 한국실험동물학회 동계 Symposium	Jihyun Kim	2015.02.26.	용평리조트	한국
7	2015 한국실험동물학회 동계 Symposium	Youngseok Jung	2015.02.26.	용평리조트	한국
8	2015 한국실험동물학회 동계 Symposium	Dan Yoon	2015.02.26.	용평리조트	한국

9	2015 한국실험동물학회 동계 Symposium	JongMoon Cho	2015.02.26.	용평리조트	한국
10	2015 한국실험동물학회 동계 Symposium	Mingu Kim	2015.02.26.	용평리조트	한국
11	2015 한국양봉학회 춘계 Symposium	Yoon-kyu Lim	2015.03.17.	대전DCC	한국
12	2015 세계양봉대회	Yoon-kyu Lim	2015.09.17.	대전DCC	한국
13	2015 세계양봉대회	JongMoon Cho	2015.09.17.	대전DCC	한국

마. 기술거래 및 기술료

번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)
1	직접실시	생육환경관리 및 정보제공시스템	(주)CS	2015.04.06	2,240,000

바. 교육 및 지도활용 내역

번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
1	꿀벌질병진단	꿀벌질병진단	꿀벌질병 진단방법 소개	2013
2	The development of surveillance system based on Ubiquitous Information Technologies in Apiculture	201304 강의록	양봉의 USN 응용	2013
3	농림과제 u-IT 융복합기술	201309 강의록	생육정보전송기술	2013
4	양봉공부	201310 강의록	일간온습도변화	2013
5	정기세미나	201311 강의록	말벌의 음향분석	2013
6	2014 양봉인 대회	2014 양봉인 대회	It 융복합기술에 의한 양봉관리 system	2014
7	uIT 융복합기술	201402 강의록	센서의 관찰내용 해석	2014
8	uIT 융복합기술	201403 강의록	CO2 센서의 validation	2014
9	양봉질병감시 및 초기대응체제 개발	201404 강의록	보드보호방법 및 음향샘플채취법	2014

10	uIT 융복합기술	201405 강의록	음향측정의 기법	2014
11	무계센서의 응용	201407 강의록	계근시스템의 적용	2014
12	Load cell 선정, 응용	201408 강의록	load cell의 작동원리	2014
13	중간 시제품 패키징	201409 강의록	포장 및 로드셀 적용	2014
14	곤충산업발전방안 간담회	산업곤충간담회 2015	산업곤충의 질병관리 방안 제시	2015
15	양봉가 적용 실기	201501 강의록	(주)한라산에 4기 시험설치	2015
16	생산품 단가 산정	201503 강의록	농가설치비용 산정	2015
17	Precision 양봉	201504 강의록	후속 아이디어 창출	2015
18	uIT시스템의 적용	201505 강의록	사용중 문제점 해결	2015

사. 사업화

번호	제품(상품)명	제품(상품)설명	활용 업체명	사업화 여부	매출 발생여부	제품 매출액	고용 창출	R&D 기여율
1	센싱정보 모니터링 시스템	실시간 모니터링 및 제어	(주)CS	사업화완료	발생	199백만원	-	70
2	생육환경관리 및 정보제공시스템	환경센서 데이터 수집 및 모니터링	(주)CS	사업화완료	미발생	-	-	100
3	데이터수집전송장치	유량센서 데이터수집 및 무선 원격 전송	(주)CS	사업화완료	발생	157백만원	-	70

아. 기술 및 제품 인증

구 분	인증분야	인증기관	인증내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

자. 인력활용/양성

번호	분류	기준년도	인력양성 현황										
			학위별				성별		지역별				
1	수의학, 전자공학, 생명공학	2013	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				2	6		6	2	5				3
1	수의학, 전자공학, 생명공학	2014	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
					3		1	2	1				2
2	수의학, 전자공학, 생명공학	2015	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				1	3		4		1				3

차. 정책활용 내역

번호	정책활용상태	주관부처	시책추진실적 및 계획	활용년도
1	(사)곤충산업연구소 설립	농축산부	양봉산업을 포함한 곤충산업 연구 및 대농민 봉사	2014~

카. 홍보/전시

(1) 홍보실적

번호	홍보유형	매체명	홍보내용	홍보일자
1	언론기고	제주일보	양봉육성을 위한 정책수립이 필요함(IPET의 지원으로 연구진행중임을 언급)	2013. 07. 24.

(2) 전시회 등 참여

번호	유형	행사명	전시품목	장소	활용년도
1	전시회	2014양봉인대회	사육환경 모니터링 시스템	제주도 서귀포	2014.11.
2	박람회	2015 창조농생명과학대전	사육환경 모니터링 시스템	과천	2015.07.
3	박람회	2015 세계양봉대회	사육환경 모니터링 시스템	대전	2015.09.



2014 양봉인대회 (서귀포) 제품전시



2015 창조농생명대전 전시



2015 APIMONDIA (세계양봉대회) 전시.

(3) 기타 활용 및 홍보실적

번호	일자	활용명칭	활용내역
1	2014.10.24.	농식품 ICT 융합 우수기술발표회	개발품 소개, 발표
2	2015.09.17.	APIMONDIA 2015 강연	연구결과, 개발내용 발표



2. 성과 활용 계획

(단위 : 건수)

구 분	지식재산권		논문		학술 발표	기술 거래	교육 지도	사업화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기타
	출원	등록	SCI	비 SCI									
종료 1차년도	1	2	2	2	2	2		3		3	1	1	
종료 2차년도			2	2		3		4		2			
합 계	1	2	4	4	2	5		7		5	1	1	

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

국내, 외에서 양봉분야의 생산성 향상을 위한 다양한 기자재의 개발이 이루어지고 있다. 주요작물들의 화분매개와 양봉산물의 주역을 담당하는 꿀벌은 그 활력에 근간을 두고 있으며, 최근 다양한 질병과 환경오염에 의하여 개체수가 줄어들고 있다. 이는 결국 환경의 안정성 및 안전성과 연관되어 인류의 생존과 복지에도 밀접한 관련이 있다.

꿀벌의 질병에 대한 진단과 치료의 오랜 연구에도 불구하고 더욱 많은 질병이 증가하고 있는 원인 중의 한 가지는, 아마도, 일반 가축과는 달리 통제할 수 없는 꿀벌의 야생성에 기인하는 측면도 있다고 판단된다. 이의 통제를 위한 유일한 방법은 내검을 통하여 이루어진다. 이를 위한 노동력과 경비를 줄이기 위한 노력이 지속되어왔다.

이러한 대안으로서 원격모니터링에 관한 USN 방식이 최근 연구논문에도 간혹 발표되고 있으며 아마도 이는 양봉업에 있어서도 추세가 될 것으로 사료된다. 한편, 상품화의 적극적인 활동은 영국의 Arnia (<http://www.arnia.co.uk/>)사에서 이루어지고 있다.

Web 상의 자료로만 평가한다면, s/w의 측면에서 본 과제의 수행내용보다 획기적인 진보는 확인되지 않는다. 기타 유사한 연구로는 ITAPIC (<http://www.itapic.eu/>), Swamonitor (<http://swamonitor.comze.com/project.html>), E-Ruche (<http://ruche.bourges.univ-orleans.fr/>)의 연구자들이 precision apiculture의 접목 및 개선연구를 시작하고 있다.

한편, 대전에서 개최된 2015 APIMONDIA에서의 시제품전시((주)씨에스) 및 구두발표 (제주대 임윤규) 현장에서는 참가자들의 방문과 질의가 많았는데, 특히, EU의 연구자들이 동일한 내용의 연구를 최근 시작하였다고 한다.

이들 연구자들이, 본 연구에서 개발한 사육상 내의 소비형태의 (beehive frame) 제품화 아이디어로는 아직 적용 못하고 있는 단계인 것으로 판단되고 있다. 이러한 상황에서, 본 연구에서 개발한 기기 및 시스템을 보다 세련된 형태의 센서디바이스로 개발하여 적용한다면 국제시장에서도 헤게모니를 점할 수 있을 것으로 판단된다.


한편, 본과제의 경우 사육상의 무게변동정보가 양봉의 측면에서 매우 중요한 정보임을 확인하였으며, 그 prototype의 개발이 필요함을 인식하고 관련특허를 출원한 바 있다. 그러나 Arnia의 양봉전용 사육상 무게점검 시스템은 상용화 단계에 접어든 것으로 보이며, 우리도, 이 부분에서 추가적인 후속연구가 시급한 것으로 판단된다.

제 7장 연구시설·장비 현황

1. Server

구분	내용	도입시기
서버	HP ProLiant ML350p Gen8 - Intel Xeon E5 2609 Quad-Core 2.40Ghz - 8GB Memory - Memory Slots 16ea - HP 1GB Ethernet 4-Port 331i Adapter - Smart Array P420i Controller - 18 * Hot Plug disk Drives - SATA DVD-ROM - 1TB(500GB * 2) SATA 7.2K 3.5" HDD Disk - 460W Hot-Plug Power Supply - Tower Type	13년 8월 (제주대, 경기대)
서버 OS	Windows 2012 Std CAL Lic	13년 8월
서버 UPS	APC 무정전전원장치 - Smart-UPS 2200 - 220-240VAC - 10A 2200VA	13년 8월

2. 전동 채밀기

구분	내용	도입시기
	1. 채밀 드럼 - 6매 소비용 - 자동 좌우회전 2. 컨트롤 유닛 - 팬: 컨트롤 환풍기 - 220V 입력컨넥터 - 220V 5A 유리관 휴즈사용 - 배터리 12V 입력 컨넥터	2014년

3. 양봉 모니터링 시스템 개발

구분	내용	개발시기
센서노드 V1.0	CS-Bee V1.0 - 온도 : -50 ~ 150℃ - 습도 : 0 ~ 100% RH - 정밀도 : ±3%, ±0.6℃	13년 7월
센서노드 V2.0	CS-Bee V2.0 - 온도 : -40 ~ 123℃ - 습도 : 0 ~ 100% - 정밀도 : ±3.0%, ±0.4℃ - CO2 : 0 ~ 50,000ppm - NH3 : 0.1 ~ 10ppm - H2S : 0 ~ 500ppm - Sound : -48 ~ 66dB - MCU : ATMEGA128 - RF : Zigbee	14년 5월
게이트웨이 V1.0	씨에스-게이트웨이 Gate(Bee) V1.0 - Windows CE 5.0 - “4.8 color LCD - SD Card - RF : Zigbee, CDMA	14년 5월
게이트웨이 V2.0	씨에스-게이트웨이 Gate(Bee) V2.0 - IP68 - Cortex-M3 - CLCD 4*20 - 12VDC - RF : Zigbee, W-CDMA	15년 4월
태양광 전원 시스템 V1.0	CS-Sum - 12VDC * 50W * 2ea solar - 12V@60AH 배터리 - ProStar-15 충전 컨트롤러	15년 5월
중량센서 시제품	CS-Bee-Weight - 0~100Kg / 10g - 50 * 50 * 5Cm - 12VDC - AND AD-310PC module - RF : Zigbee	15년 4월

제 8장 연구실 안전관리 이행실적

1. 주관기관

가. 제주대학교 안전관리 조직현황

- 연구실안전관리위원회: 위원 및 임기 “붙임” 참조
- 연구실 안전환경관리자 지정: 2명(1명 전담)

- 안전환경관리자 지정 기준
 - 연구자수 1천명 이상 2명
- 안전환경관리자 지정 기준
 - 전담자 : 1인(상시 연구활동종사자 300인 이상)
 - 자 격 : 국가기술자격 중 안전관리분야 기사 이상의 자격 또는 안전관련 학과를 전공하고 졸업한 사람으로서 연구실 안전관리 업무에 실무경력이 있는 사람

※ 입법예고: 2015. 7. 1부터 연구활동 종사자 3,000명 이상인 경우, 안전환경관리자 3명 이상 지정해야 함

나. 안전관리 등급기준

등급	상 태
1	문제가 없고 안전성이 유지된 상태
2	경미한 결함이 발견되었으나 안전성에 영향은 없으며, 경미한 보수가 필요한 상태
3	결함이 2등급보다 취약하고 전체적인 안전에 크게 영향을 미치지 않는으나 일부 보수 및 보강이 필요한 상태
4	결함이 심하게 발생하여 긴급보수, 보강이 필요하며 사용에 제한을 하여야 하는 상태
5	심각한 결함이 발생하여 안전상 위험발생 가능성이 커서 즉시 사용금지 하고 개선해야 하는 상태

다. 연구실 안전관리 계획

※ 보험 가입 및 건강검진 대상자에 연구활동종사자가 누락되지 않도록 철저히 파악(위원회 주 문 사항)

○ 연구실 안전보험 가입

- 근거: 연안법 제14조(보험가입)
- 대상: 연구활동종사자(대학원생, 학부생, 연구원 및 연구보조원)
- 주요내용: 보상한도 사망/후유장해(1급) 1억원, 부상 1천만원
- 예산: 20,000천원(대학회계)

○ 연구활동종사자 건강검진 실시

- 근거: 연안법 시행령 제10조(건강검진의 실시)
- 검진대상: 위험·위해 화학물질을 취급하는 상시 연구활동종사자
(대학원생, 연구원 및 연구보조원 등)
- 검진종류: 특수건강검진
- 검진기간: 5월~9월(대학방문 검진은 검진기관과 협의 후, 별도 지정)
- 예산: 10,000천원(대학회계)

○ 연구실 정기점검 실시

- 근거: 연안법 제8조(안전점검의 실시)
※ 정기점검 년 1회 이상, 정밀안전진단은 2년 1회 이상
- 대상: 과학기술분야 연구실(400실)
- 점검기관: 한국소방안전협회
- 예산: 금18,750천원(대학회계)

○ 연구활동종사자 안전교육

- 근거: 연안법 시행규칙 제9조(교육·훈련의 시간)

구분	대상	시간	교육 내용
교육 훈련	연구활동종사자	반기별 6시간 이상	· 연구실 내 유해·위험요인 및 안전한 연구개발활동에 관한 사항 등
신규채용	신규 채용된 연구활동종사자 (계약직 포함)	8시간	· 정기교육·훈련 내용 · 보호장비 및 안전장치 취급과 사용에 관한 사항 등 · 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항
	신규참여 대학생·대학원생	2시간	

- 반기 6시간 이상 분야별(화학, 생물, 전기, 기계, 소방 등) 교육 제공
- 예산: 산학협력과 안전관리비
- 기타: 시설과에서 교육대상자 등록 및 관리

○ 폐수 및 폐시약 처리

- 폐수: 매월 기관(부서)로부터 폐수현황 확인, 시설과에서 수시 처리
- 폐시약: 처리 요구가 있을 경우, 기관별 현황 파악 후 연 1~2회 처리
※ 도내에 처리업체가 없기 때문에 폐수, 폐시약 양을 확인 후 처리
- 예산: 대학회계

2. 제 1 협동기관

가. 경기대학교 연구실 안전 점검 체계 및 실시

(1) 실험실 안전 점검

위험등급	점검주기	분류 기준
A등급	분기 1회	가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물의 취급, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실
B등급	반기 1회	일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생 실험실
C등급	연 1회	이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

(2) 실험실 정밀안전진단 실시

○ 실험실안전관리규정에 의거 실험실의 위험정도에 따라 A, B, C로 관리등급을 분류하여, 실험실환경안전점검을 실시하고 있으며, 안전점검실시 결과 실험실의 재해예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 전문기관에 의뢰하여 정밀 안전진단을 실시함

나. 교육 훈련

(1) 관련근거

연구실 안전환경 조성에 관한 법령 제 18조, 동법 시행령 제 17조 및 동법 시행규칙 제 9조 실험실 안전관리 규정 제 16조(안전교육), 제 17조(안전교육의 관리)

(2) 교육대상

실험실을 출입하는 모든 이용자 (교수, 대학원생, 실험조교, 전문 직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등

(3) 안전교육 시간 및 수료인정기간

- 출입하는 실험실의 위험등급(A, B, C등급) 및 전공특성에 따라 안전교육을 받아야 하며, 1년에 8시간 이상 교육이수 필수
- 수료인정기간은 수료증의 수료인정기간 까지(유효기간이 지나면 재교육 이수)

(4) 안전교육 과정

- 전공특성에 따라 A, B, C 코스로 구분하여 교육 실시

- A코스 : 생물·방사선 취급
- B코스 : 화학·가스 취급
- C코스 : 전기·기계 취급

(5) 안전교육절차



다. 안전관리추진계획

- 각 실험 단과대학별 안전관리실무위원회 구성 및 운영
- 교내 전체 건물 소방시설 통합관리체계(FMS) 구성
- 실험실 내부 점검실시 후 실험등급 지정표찰 부착
- 건물별 복도 및 비상계단 통로 확보와 불법 사무실 철거
- 사이버 안전 교육 훈련

3. 제 2협동기관

가. ㈜ 씨에스 연구실 안전 점검 체계 및 실시

(1) 실험실 안전 점검

위험등급	점검주기	분류 기준
A등급	분기 1회	가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물의 취급, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실
B등급	반기 1회	일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생 실험실
C등급	연 1회	이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

(2) 실험실 정밀안전진단 실시

○ 실험실안전관리규정에 의거 실험실의 위험정도에 따라 A, B, C로 관리등급을 분류하여, 실험실환경안전점검을 실시하고 있으며, 안전점검실시 결과 실험실의 재해예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 전문기관에 의뢰하여 정밀 안전진단을 실시함

나. 교육 훈련

(1) 관련근거

연구실 안전환경 조성에 관한 법령 제 18조, 동법 시행령 제 17조 및 동법 시행규칙 제 9조 실험실 안전관리 규정 제 16조(안전교육), 제 17조(안전교육의 관리)

(2) 교육대상

실험실을 출입하는 모든 이용자 (교수, 대학원생, 실험조교, 전문 직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등

(3) 안전교육 시간 및 수료인정기간

○ 출입하는 실험실의 위험등급(A, B, C등급) 및 전공특성에 따라 안전교육을 받아야 하며, 1년에 8시간 이상 교육이수 필수

○ 수료인정기간은 수료증의 수료인정기간 까지(유효기간이 지나면 재교육 이수)

(4) 안전교육 과정

○ 전공특성에 따라 A, B, C 코스로 구분하여 교육 실시

○ A코스 : 생물·방사선 취급

- B코스 : 화학·가스 취급
- C코스 : 전기·기계 취급

(5) 안전교육절차



다. 안전관리추진계획

- 각 실험 단과대학별 안전관리실무위원회 구성 및 운영
- 교내 전체 건물 소방시설 통합관리체계(FMS) 구성
- 실험실 내부 점검실시 후 실험등급 지정표찰 부착
- 건물별 복도 및 비상계단 통로 확보와 불법 사무실 철거
- 사이버 안전 교육 훈련

라. 고용노동부 표준 산업안전보건관리규정 준수

- (주)씨에스 내부 안전보건관리규정 준수 - 고용노동부 표준 규정 준수

안전보건관리규정	제 2 절 안전관리
<p style="text-align: center;">제 1 장 총 칙</p> <p>제 1 조 [목적] 이 규정은 당사 시설 및 임직원에 대한 안전보건관리기준을 명확히 하고 각종 재해를 사전에 예방하고 인명, 물적 손실을 방지함을 물론 안전보건관리기준 적용수준을 명확히 규정하는 데 그 목적이 있다.</p> <p>제 2 조 [적용범위] 안전보건관리규정에 대하여는 다음 규정과 특별히 정함이 있는 외는 이 규정에 의한다.</p> <p>제 3 조 [용어의 정의] 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다. 1. "산업재해"라 함은 직원의 회사업무에 관계하는 질질충돌, 전압감격, 협동로봇관리 등에 의하여나 작업 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 문병에 이환되는 것을 말한다. 2. "안전관리"라 함은 불안전한 인위적 요소 및 물리적 기계물리적 상태가 존재하지 않도록 인명 및 시설을 관리하고 불안전한 안전상태를 예방하기 위한 모든 계획과 활동을 말한다. 3. "안전관리"라 함은 직원의 건강 유지 및 직업병예방을 위한 모든 계획과 활동을 말한다. 4. "사업장"이라 함은 회사의 업무와 회사가 관리하는 모든 시설에 관계된 장소를 말한다. 5. "반장"이라 함은 회사가 사명하는 직종분야 및 작업이 분별되고 있는 장소를 말한다. 6. "안전보건총괄책임자"라 함은 해당 사업장의 최고책임자를 말한다. 7. "생활안전요원"이라 함은 해당 사업장의 최고책임자에 의해 발령명령받은 업무수행의 목적을 위한 자를 말한다.</p> <p>제 4 조 [업무수행원칙] 안전관리의 주안 부서는 "안전보건연구소"이며 각 사업장의 안전보건관리에 관한 사항은 본서 부서의 기술, 통제를 받아야 한다. 주요 부서는 각 사업장의 안전관리업무 총괄, 조율하고 전사적 안전관리책임업무에 관장한다.</p> <p>제 5 조 [업무수행원칙] 회사의 모든 임직원은 안전관리 분야의 기술면에서 수반되어야 하며, 각 사업장 및 부서의 주안 부서의 안전관리업무에 관한 지시나 지시사항을 조기에 신속히 용하여 한다. 각 업무담당 부서는 주안 부서의 안전관리업무 수행에 필요한 예산, 인력, 차량 등을 우선으로 지원 할수 있어야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 2 장 조 칙 제 1 절 안전보건관리 업무수행 조직</p> <p style="text-align: center;">(주)씨에스</p>	<p>2) 합동 안전보건 계획 수립 3) 관계부처에 대한 소통 4) 안전보건지도 및 사고조사 분석방안 5) 특별재난상황 발생 시 신속 대응 6) 안전보건관리 업무에 대한 평가 및 개선방안 수립 및 교육관련규정에 의거 할 사항이다.</p> <p style="text-align: center;">제 2 절 안전관리</p> <p>제 20 조 [안전보건관리규정작성 목적 및 적용] 각 사업장의 특성을 반영하여 안전보건 관리에 관한 구체적인 업무규정을 위한 유해위험 방지대책을 안전 노동관리에 적용하여야 한다. 다만, 유사규정이 법령규정이 아닌 경우 적용하지 아니한다.</p> <p>제 21 조 [유해위험평가 기준에 대한 참조사항] 안전관리는 유해위험평가 또는 기준에 대해서는 참조사항을 한 후 사용하도록 되어 있다. 사용자는 유해위험 정도를 판단할 때에는 해당 참조사항을 고려하여, 상당한 것을 낮출 수 있는 지점에서 안전관리규정에 상응하여야 한다.</p> <p>제 22 조 [예방, 안전, 보건 또는 평가기준] 안전관리에 있어 다음 기계, 도구, 시설, 장비, 차량, 용구(구) 및 안전장비(구)는 정하는 바에 따라 예방, 안전, 보건 또는 평가기준을 적용하여야 한다.</p> <p>제 23 조 [작업장] 각 사업장의 안전관리는 평가기준을 적용하여 실시하고, 평가결과에 따라 작업장 주안 부서에 대한 안전보건관리규정 적용을 검토, 기록 보존하여야 한다. 작업장사는 안전보건관리규정 적용을 검토, 기록 보존을 하여야 한다. 작업장사는 안전 보건기준을 수반하여 시행하도록 하고 검사 후 검사결과, 검사방법, 검사결과, 검사장소, 검사일자, 검사인원에 의해 조율, 조정 또는 유해위험사태가 계속 보존하여야 한다. 작업장사의 기록보존은 평생으로 한다.</p> <p>제 24 조 [안전관리 업무 책임] 모든 임직원은 안전관리의 관행에 대한 책임사항을 안전관리 업무 기록하여 안전보건관리규정 및 안전보건관리규정에 보고하여야 한다.</p> <p>제 25 조 [보통구] 작업장 및 안전 보건부는 노동부규정 및 기타 법령을 준수 하여야 한다. 안전보건연구소는 해당 부서의 안전보건관리 업무에 관하여 지원하여야 한다. 안전보건연구소는 해당 부서의 안전보건관리 업무에 관하여 지원하여야 한다.</p> <p>제 26 조 [업무수행 안전요원] 안전보건연구소 안전요원은 해당 사업장 및 부서의 안전보건관리 업무에 관하여 지원하여야 한다. 안전보건연구소는 해당 부서의 안전보건관리 업무에 관하여 지원하여야 한다. 안전보건연구소는 해당 부서의 안전보건관리 업무에 관하여 지원하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">1. 안전관리 2. 조율 3. 사전 안전조사 내용 4. 안전보건관리규정 5. 안전보건관리규정</p> <p style="text-align: center;">(주)씨에스</p>

제 9장 참고문헌

- 강민희, 김일욱, 유미선, 권순환, 윤병수. 2008. 꿀벌(*Apis mellifera* L.)에서 Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) 진단을 위한 PCR법의 개발. 한국양봉학회지. 23(1): 29-36.
- 김수연, 김창환, 김지현, 손원근, 황규계, 임윤규. 2013. 미국부저병 원인체 (*Paenibacillus larvae*)의 편모 및 아포에 대한 단일클론항체 Korean J. Apiculture 28(5), 339-344.
- 김혜경, 최용수, 이명렬, 이만영, 이광길, 안난희. 2008. 국내 꿀벌에서의 Sacbrood Virus (SBV) 진단. Korean J. Apiculture. 23(2):103-109.
- 노지나, 유미선, Van Phu Nugyen, 윤병수. 2010. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP)법을 이용한 Chronic Bee Paralysis Virus (CBPV)의 신속 진단법 개발. 한국양봉학회지. 25(4): 253-258
- 노지나, 유미선, 윤병수. 2010. Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) 검출을 위한 semi-nested PCR법의 개발. 한국양봉학회지. 25(2): 97-103.
- 노지나, 이보람, 유미선, 윤병수. 2011 IAPV내의 capsid protein gene의 검출을 위한 RT-LAMP 법의 개발. 한국양봉학회지. 26(2): 119-127
- , 윤병수. 2012. 무공해 양봉 생산 시스템을 위한 꿀벌 프로바이오틱스 미생물 제제 개발. 농림특정과제 보고서, 농림수산부
- 백경찬, 양옥순, 정규희, 윤병수. 2002. *Paenibacillus larvae*에 대한 다클론 항체 및 그 응용. 한국응용곤충학회지. 41(1):49-53.
- 백종희, 이중구, 윤병수. 2012. 꿀벌 유충에 의한 약제 감수성 평가 방법. 한국양봉학회지. 27(4): 315-319
- 법률 7434호 가축전염병예방법 제2조(정의) 제2호 나목(제2종가축전염병).
- 양옥순, 윤병수. 2001. Metalloprotease 및 16S rRNA 유전자 염기서열에 의한 미국부저병의 원인균 *Paenibacillus larvae*의 신속 PCR 검출법. 한국양봉학회지 16(1), 1-8.
- 유미선, Kim Cuc Nguyen Thi, 김동수, 김일욱, 권순환, 윤병수. 2008. Israel Acute Paralysis Virus의 진단을 위한 Real-Time PCR 진단법의 개발. 한국양봉학회지. 24(1):31-36.
- 유미선, 김일욱, 강민희, 한상훈, 윤병수. 2008. Nosema 진단을 위한 Real-time PCR 진단법의 개발, 한국양봉학회지. 23: 241-249.
- 유미선, 윤병수. 2009. 2009년 국내 꿀벌 질병의 발생. 한국양봉학회지. 24(4): 273-278.
- 유미선, 이동우, 김일욱, 김동수, 권순환, 임윤규, 윤병수. 2007. 한국산 꿀벌에서 Black Queen Cell Virus의 검출. 한국양봉학회지. 22(1): 43-52.
- 유미선, 이보람, 노지나, Nguyen Van Phu , 윤병수(Byoung-Su Yoon) 2011. Black Queen Cell Virus 재조합 단백질의 발현. 한국양봉학회지. 26(4): 275-282
- 유미선, 조용호, 김일욱, 강민희, 권순환, 한상훈, 윤병수. 2008. Loop-mediated isothermal

- amplification (LAMP)을 이용한 꿀벌 바이러스 질병의 신속 검출법 개발. 한국양봉학회지. 23(3):185-190.
- 유미선, 최용수, 박용하, 윤병수. 2010. Chronic Vee Paralysis Virus의 진단을 위한 Real-Time PCR 진단법의 개발. 한국양봉학회지 25(1):31-37.
- 윤병수. 2001a. 꿀벌의 전염병과 방제. In: 최신양봉경영(2001). 한국양봉과학연구소. p47-77.
- 윤병수. 2001b. 꿀벌질병 제어를 위한 전국 발병 및 방제현황. 연구보고서, 한국양봉협회. p14-16.
- 이도부, 양옥순, 한상훈, 임윤규, 윤병수. 2004. Real-Time PCR을 이용한 미국 부저병 원인균인 *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae*의 신속진단. 한국양봉학회지 19(2), 97-108.
- 이명렬, 우순옥, 홍인표, 한상미, 최용수. 2011. RDA 인테러뱅 (꿀벌家の 가훈과 꿀벌산업의 가치). 농촌진흥청. 18호
- 이보람(Boram Lee) , 노지나(Ji-Na No), 유미선(Mi-Sun Yoo) , 윤병수(Byoungsu Yoon) 2011. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Sacbrood Virus (SBV)의 검출법 개발. 한국양봉학회지. 26(4): 267-274.
- 이보람(Boram Lee) , 유미선(Mi-Sun Yoo) , Nguyen Van Phu , 노지나(Ji-Na No) , 윤병수 (Byoungsu Yoon) 2011. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 백목병 원인균 *Ascospheera apis*의 검출법 개발. 한국양봉학회지. 26(2) : 103-111
- 이보람(Boram Lee), Nguyen Van Phu, 유미선(Mi-Sun Yoo), 노지나(Ji-Na No), 윤병수(Byoungsu Yoon) 2012. Sacbrood Virus와 Korean Sacbrood Virus의 구별 검출을 위한 PCR법 개발 한국양봉학회지 27(2): 129-135
- 이보람, 노지나, 유미선, 윤병수. 2011b. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 Sacbrood Virus (SBV)의 검출법 개발. Korean J. Apiculture. 26(4): 267-274.
- 이보람, 유미선, Nguyen Van Phu, 노지나, 윤병수. 2011a. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 백목병 원인균 *Ascospheera apis*의 검출법 개발. Korean J. Apiculture. 26(2):103-111.
- 이중구, 윤병수. 2012. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Kakugo Virus의 새로운 검출법 개발 한국양봉학회 27(4) :267-274
- 이중구, 이보람, 윤병수. 2012. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Kakugo Virus의 새로운 검출법 개발 한국양봉학회지. 27(4): 267-274
- 이중구, 이보람, 이순복, 윤병수. 2012. 디지털 영상자료를 이용한 꿀벌 개체수 측정의 새로운 방법. 한국양봉학회지. 27(2) : 149-154.
- 이혜민, 유미선, 김을환, 이동우, 한상훈, 윤병수. 2006. 백목병 원인균 *Ascospheera apis*의 Quick Real-time PCR 검출법. Korean J. Apiculture. 21(2):107-112.
- 이혜민, 이도부, 한상훈, 남성희, 임윤규, 윤병수. 2005. Real-Time PCR을 이용한 백목병 원인균 *Ascospheera apis*의 신속 검출. Korean J. Apiculture. 20(2):109-116.

- 이혜민, 이도부, 한상훈, 이명렬, 윤병수. 2005. 한국산 꿀벌에서 Deformed Wing Virus의 발견과 Real-Time PCR 검출법의 확립. 한국양봉학회지. 20(2):85-94.
- 이혜민, 하정순, 조용호, 남성희, 윤병수. 2004. 꿀벌 진균성 질병의 신속 확인을 위한 *Ascosphaera apis*, *Aspergillus flavus*의 PCR 검출법. Korean J. Apiculture. 19(2):139-148.
- 임희영, 이순복, 윤병수. 2013. 열화상 사진 자료에 기반한 꿀벌 봉군의 생사 진단 방법에 대한 고찰 한국양봉학회지. 28(1) : 57-62
- 임희영, 이중구, 윤병수. 2013. RNA-dependent RNA polymerase (RdRP) 서열에 따른 IAPV 계통 분류학적 고찰. 한국양봉학회지, 28(1): 63-73
- 장영덕. 2004. 국내의 양봉산업의 현황과 전망. 농협중앙회. 꿀벌사육시설과 관리. 1-32.
- 정영석, 조종무, 김철영, 정철의, 김동순, 김영주, 임윤규. 2014. 제주지역 양봉장에 출몰하는 황말벌, J. Apic. 29(4) : 349~351.
- 정우준. 2003. 넙치 비텔로제닌에 대한 단일클론항체. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 조도행. 1994. 양봉 사계절 관리법. 오성출판사
- 조용호, 유미선, 김을환, 이동우, 김일욱, 강민희, 한상훈, 윤병수. 2007. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP)을 이용한 꿀벌의 Black Queen Cell Virus(BQCV)신속 검출법의 개발. 한국양봉학회지 22(2): 139-146.
- 최승윤. 1973. 양봉 꿀벌과 벌통, 오성출판사
- 최승윤. 1989. 최신양봉학. 집현사. pp. 439.
- 최용수, 김혜경, 이명렬, 이만영, 이광길. 2008. Minus-strand-specific RT-PCR에 의한 Chronic Bee Paralysis Virus(CBPV) 진단. 한국양봉학회지 23(2):119-126.
- 최용수, 이명렬, 이만영. 2007. 국내 꿀벌에서의 Israel Acute Paralysis Virus (IAPV)진단. 한국양봉학회지. 22(2):159-165.
- 한상미, 이광길, 여주홍, 권해용, 우순옥, 백하주, 장영채. 2008. Staphylococcus aureus에 대한 국내산 꿀벌 독의 항균성분 분리. Korean J. Apiculture 23(2): 127-131.
- 한상훈, 임윤규, 윤병수. 2006. 분자생물학 연구방법론 III. 경기대학교 출판부.
- Alippi, A.M., López, A.C., Reynaldi, F.J., Grasso, D.H., and Aguilar, O.M. 2007. Evidence for plasmid-mediated tetracycline resistance in *Paenibacillus* larvae, the causal agent of American foulbrood (AFB) disease in honeybees. Vet. Microbiol. 125: 290-303.
- Allen, M. and B.V. Ball. 1996. The incidence and world distribution of the honey bee viruses. Bee World 77: 141-162.
- Allen, M., Ball, B.V., 1995. Characterization and serological relationship of strain of kashmir bee virus. Ann. Appl. Biol. 126, 471-484.
- Anderson, D. L. & Gibbs, A. J., 1988. Inapparent virus infections and their interactions in pupae of the honey bee (*Apis mellifera* Linnaeus) in Australia. J Gen Virol 69, 1617-1625.

- Anderson, D. L., 1993. Pathogens and queen bees. *Australasian Beekeeper*. 94: 292-296.
- Anderson, D.L. and H. Giaccon. 1992. Reduced pollen collection by honeybee (Hymenoptera, Apidae) colonies infection with *Nosema apis* and sacbrood virus. *J. Econ. Entomol.* 85: 47-51.
- Anonymous., 2008. Bee mortality and bee surveillance in Europe. *The EFSA Journal* 154, 1-28.
- Antunez, K., D' Alessandro, B., Corbella, E., Ramallo, G., Zunino, P., 2006. Honeybee viruses in Uruguay. *J. Invertebr. Pathol.* 93, 67-70.
- Atkins, E.L. Jr., Anderson, L.D., and Greywood, E. A., 1970. Research on the effect of pesticides on honeybees. *Am. Bees. J.* 110, 1968-1969.
- B. Heinrich. The mechanism and energetics of honeybee swarm temperature regulation. *J. exp. Biol.* 91, 25-55, 1981.
- Bailey, L. 1964. The multiplication and spread of Sacbrood virus of bees. *Annals of Applied Biology.* 63:486-491.
- Bailey, L. 1975. Recent research on honey bee viruses. *Bee World.* 56(4):55-64.
- Bailey, L. 1981. Honey bee pathology. *Annu. rev. Entomol.*, 13:191-212.
- Bailey, L. and Ball, B.V., 1991. Honey bee pathology. Academic press, London & New York.
- Bailey, L., A.J. Gibbs and R.D. Woods. 1963. Two viruses from adult honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). *Virology* 21: 390-395.
- Bailey, L., A.J. Gibbs and R.D. Woods. 1968. The purification and properties of chronic bee-paralysis virus. *J. Gen. Virol.* 2: 251-260.
- Bailey, L., and Woods, R. D. 1977. Two more small RNA viruses from honey bee and further observation on sacbrood and acute bee paralysis viruses. *J. Gen. Virol.* 37: 175-182.
- Bailey, L., Ball, B. V. and J. N. Perry. 1983. Association of viruses with two protozoal pathogens of the honey bee. *Ann. Appl. Biol.* 103:13-20.
- Bailey, L., Fernando, E.F.W., 1972. Effects of sacbrood virus on adult honey bees. *Ann. Appl. Biol.* 72, 27-35.
- Bailey, L., Woods, R. D. 1977. Two more small RNA viruses from honeybee and further observation on sacbrood and acute bee paralysis viruses. *J. Gen. Virol.* 37: 175-182.
- Bakhiet, N., and Stahly, D.P. 1985. Ultrastructure of sporulating *Bacillus larvae* in a broth medium. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50, 690-692.
- Ball, B. V. and M. F. Allen. 1988. The prevalence of pathogens in honey bee (*Apis mellifera*) colonies infested with the parasitic mite *Varroa Jacobsoni*. *Ann. Appl. Biol.* 113:237-244.
- Bamirick, J.F. 1964, Resistance to american foulbrood in honeybees. V. Comparative pathogenesis in resistant and susceptible larvae. *J. Insect Pathol.* 6, 284-304.
- Belloy, L., Imdorf, A., Fries, I., Forsgren, E., Berthoud, H., Kuhn, R., Charriere, J. (2007).

- Spatial distribution of *Melissococcus plutonius* adult honeybees collected from apiaries and colonies with and without symptoms of European foulbrood. *Apidologie* 38:136-140.
- Benjeddou, M., L. Leat, M. Allsopp and S. Favision. 2001. Detection of Acute Bee Paralysis Virus and Black Queen Cell Virus from Honeybee by Reverse Transcriptase PCR. *Applied and Environmental Microbiology*. 67:2384-2387.
- Berenyi, O., Bakonyi, T., Derakhshifar, I., Koglberger, H., Nowotny, N., 2006. Occurrence of six honeybee viruses in diseased Austrian apiaries. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, 2414-2420.
- Blanchard, P., Iscache, A.L., Olivier, V., Celle, O., Schurr, F., Ribiere, M., 2008. Improvement of RT-PCR detection of Chronic bee paralysis virus (CBPV) required by the description of genomic variability in French CBPV isolates. *Journal of Invertebrate Pathology* 97, 182-185.
- Blanchard, P., Ribiere, M., Celle, O., Lallemand, P., Schurr, F., Olivier, V., Iscache, A.L., Faucon, J.P., 2007. Evaluation of a real-time two-step RT-PCR assay for quantitation of Chronic bee paralysis virus (CBPV) genome in experimentally-infected bee tissues and in life stages of a symptomatic colony. *Journal of Virological Methods* 141, 7-13.
- Blomstrom, Anne-Lie, Mikhayil Hakhverdyan, Scott M.Reid, Juliet P. Dukes, Donald P. King, Sandor Belak and Mikael Berg. 2008. A one-step reverse transcriptase loop-mediated isothermal amplification assay for simple and rapid detection of swine vesicular disease virus. *J. Virol. Methods* 147(1): 188-193.
- Boram Lee, Phu Van Nguyen, Soon-Bok Lee, Byoungsu Yoon. 2012. Identification of Kakugo Virus in Honeybees from Korea. *Journal of Apiculture*. 27(1) : 45-49
- Broodsgaard, C., Ritter, W., and Hansen, H. 1998. Response of in vitro reared honey bee larvae to various doses of *Paenibacillus larvae* larvae spores. *Apidologie* 29: 569-578.
- Cacace, M. G., Landau, E. M., Ramsden, J. J., 1997. The Hofmeister; salt and solvent effects on interfacial phenomena. *Q. Rev. Biophys.* 30:241-277.
- Carver, J., and Walker, W.A., 1995. The role of nucleotides in human nutrition. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 6: 58-72.
- Chaivisuthangkura, P., Longyant, S., Hajimasalaeh, W., Sridulyakul, P., Rukpratanporn, S., Sithigorngul, P., 2010a. Improved sensitivity of Taura syndrome virus immunodetection with a monoclonal antibody against the recombinant VP2 capsid protein. *J Virol Methods* 163:433-439
- Chaivisuthangkura, P., Longyant, S., Rukpratanporn, S., Srisuk, C., Sridulyakul, P., Sithigorngul, P., 2010b. Enhanced white spot syndrome virus (WSSV) detection sensitivity using

- monoclonal antibody specific to heterologously expressed VP19 envelope protein. *Aquaculture* 299, 15–20.
- Chakrabarti, Satadal and Manna, Buddhadeb. Effect of microsporidian infection on reproductive potentiality on mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) in different seasons. *Int. J. Indust. Entomol.* 17(1), 157–163, 2008
- Chen, Y.P., Higgins, J.A., Feldlaufer, M.F., 2005. Quantitative real-time reverse transcription-PCR analysis of deformed wing virus infection in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 436–441.
- Choi, Y.S., M.Y. Lee, I.P. Hong, N.S. Kim, H.K. Kim, K.G. Lee, M.L. Lee. 2010. Occurrence of Sacbrood Virus in Korean Apiaries from *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae). *J. Apiculture.* 25(3):187–191.
- Cox-Foster, D.L., S. Conlan, E.C. Holmes, G. Palacios, J.D. Evans, N.A. Moran, P.L. Quan, T. Briese, M. Hornig, D.M. Geiser, V. Martinson, D. vanEngelsdorp, A.L. Kalkstein, A. Drysdale, J. Hui, J. Zhai, L. Cui, S.K. Hutchison, J.F. Simons, M. Egholm, J.S. Pettis and W. Ian Lipkin. 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science* 318: 283–287.
- Crailsheim, K. and Riessberger-Gallè, U. 2001. Honey bee age-dependent resistance against American foulbrood. *Apidologie* 32: 91–103.
- De Miranda, J.R., M. Drebot, S. Tyler, M. Shen, C. Cameron, E., Stoltz, D.B. and S.M. Camazine. 2004. Complete nucleotide sequence of Kashmir bee virus and comparison with acute bee paralysis virus. *Journal of General Virology.* 85: 2263–2270.
- Deans, A. S. C. 1940. Chalkbrood. *Bee World.* 21(4):46–51.
- Delaplane, K. (1998). Strictly for the hobbyist: European foulbrood and its control. *American Bee Journal* 138(10): 736–737.
- Diana L. Cox-Foster, Sean Conlan, Edward C. Holmes, Gustavo Palacios, Jay D. Evans, Nancy A. Moran, Phenix- Lan Quan, Thomas Briese, Mady Hornig, David M. Geiser, Vince Martinson, Dennis vanEngelsdorp, Abby L. Kalkstein, Andrew Drysdale, Jeffrey Hui, Junhui Zhai, Liwang Cui, Stephen K. Hutchison, Jan Fredrik Simons, Michael Egholm, Jeffery S. Pettis and W. Ian Lipkin. 2007. A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder. *Science* 318: 283–287.
- Djordjevic, S. P., Noone, K., Smith, L, and Hornitzky, M. A. Z. (1998). Development of a hemi-nested PCR assay for the specific detection of *Melissococcus plutonius*. *Journal of Apicultural Research* 37(3):165–174.
- Dunn, J.D. and J.J. Killion. 1998. Effect of mellitin on pituitary adrenal responsiveness to stress. *Acta. Endocrinol.* 119: 339–344.

- Eva Crane. 1997. The past and present importance of bee products to man. in Bee products properties, applications, and therapy. Plenum press. 1-8.
- Evans, J.D. and A.C. Hung. 2000. Molecular phylogenetics and the classification of honey bee viruses. Arch. Virol. 145: 2015-2026.
- Forsgren, E., Lundhagen, A. C., Imdorf, A., and Fries, I. (2005). Distribution of *Melissococcus plutonius* in honeybee colonies with and without symptoms of European foulbrood. MicrobialEcology 50:369-374.
- Fries, I., Feng, F., Da Silva, A., Slemenda, S.B., Pieniazek, N. J.. 1996. *Nosema ceranae* n. Sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microspoidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). European Journal of Protistology. 32: 356-365.
- Fries, I., G. Ekbohm and E. Villumstad. 1984. *Nosema apis*, sampling techniques and honey yield. J. Apicult. Res. 23: 102-105.
- Fries, I., R. Martín, A. Meana, P. García-Palencia and M. Higes. 2006. Natural infection of *Nosema ceranae* in European honey bees. J. Apicult. Res. 45: 230-233.
- Fujiyuki, T., E. Matsuzaka, T. Nakaoka, H. Takeuchi, A. Wakamoto, S. Ohka, K. Sekimizu, A. Nomoto and T. Kubo. 2009. Distribution of Kakugo Virus and Its Effects on the Gene Expression Profile in the Brain of the Worker Honeybee *Apis mellifera* L. Journal of Virology 83(22): 11560-11568.
- Fujiyuki, T., H. Takeuchi, M. Ono, S. Ohka, T. Sasaki, A. Nomoto and T. Kubo. 2004. Novel Insect Picorna-Like Virus Identified in the Brains of Aggressive Worker Honeybees. Journal of Virology 78(3): 1093-1100.
- Fujiyuki, T., H. Takeuchi, M. Ono, S. Ohka, T. Sasaki, A. Nomoto and T. Kubo. 2005. Kakugo virus from brains of aggressive worker honeybees. Adv. Virus Res. 65: 1-27.
- Genersch, E. 2010. American foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. J. Invertebr. Pathol. 103: S10-S19.
- Genersch, E., 2005. Development of a rapid and sensitive RT-PCR method for the detection of deformed wing virus, a pathogen of the honeybee (*Apis mellifera*). Vet. J. 169(1): 121-123.
- Ghandehari, H., and Cappello, J., 1998. Genetic engineering of proteinbased polymers: Potential in controlled drug delivery - Commentary. Pharm Res, 15, 813-815.
- Ghosh, R.C., B.V. Ball, M.M. Willcocks and M.J. Carter. 1999. The nucleotide sequence of sacbrood virus of the honey bee: an insect picorna-like virus. Journal of General Virology. 80: 1541-1549.
- Ghosh, R.C., Ball, B.V., Willcocks, M.M., Carter, M.J., 1999. The nucleotide sequence of

- sacbrood virus of the honey bee: an insect picorna-like virus. *J. Gen. Virol.* 80 (Pt 6), 1541-1549.
- Ghosh, R.c., Ball, B.V., Willcocks, M.M., Carter, M.J.. 1999. the nucleotide sequence of sacbrood virus of the honey bee: an onsect picornavirus. *J. Gen. Virol.* 80:1541-1549.
- Golemis, E., 2002. Protein-protein interaction: a molecular cloning manual, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. pp. 329-330.
- Govan, V. A., Allsopp, M.H., and Davison S., 1999. A PCR detection methods for rapid identification of *Paenibacillus larvae*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, 2243-2245.
- Govan, V.A., Brozel, V., Allsopp, M.H. & Davison, S. (1998). A PCR detection method for rapid identification of *Melissococcus plutonius* in honeybee larvae. *Applied and Environmental Microbiology.* 64, 1983-1985
- Govan, V.A., N. Leat, M. Allsopp and S. Davison. 2000. Analysis of the complete genome sequence of acute bee paralysis virus shows that it belongs to the novel group of insect-insecting RNA viruses. *Virology* 277: 457-463.
- Grabensteiner, E., Bakonyi, T., Ritter, W., Pechhacker, H., Nowotny, N., 2007. Development of a multiplex RT-PCR for the simultaneous detection of three viruses of the honeybee (*Apis mellifera* L.): acute bee paralysis virus, Black queen cell virus and Sacbrood virus. *J. Invertebr. Pathol.* 94, 222-225.
- Grabensteiner, E., Ritter, W., Carter, M.J., Davison, S., Pechhacker, H., Kolodziejek, J., Boecking, O., Derakhshifar, I., Moosbeckhofer, R., Licek, E., Nowotny, N., 2001. Sacbrood virus of the honeybee (*Apis mellifera*): rapid identification and phylogenetic analysis using reverse transcription-PCR. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 8,93-104.
- Han, S.H., Choi, Y.S., Lee, M.L.. 2011. Development of Highly Specific Quantative Real-Time PCR Method for the Detection of Sacbrood Virus in Korean Honeybees, *Apis cerana*. *Korean J. Apiculture.* 26(3): 233-240.
- Harlow E., Lane, D., 1999. Using Antibodies: a laboratory manual, Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, 495 p.
- Hatakeyama, Yoshinori., Shoji Hayasaka. A new method of pebrine inspection of silkworm egg using multiprimer PCR. *Journal of Invertebrate Pathology.* 82, 148-151, 2003
- Heath LAF and Gaze BM. 1987. Carbon dioxide activation of spores of the chalkbrood fungus *Ascosphaera apis*. *Journal of Apicultural Research* 26(4):243-246.
- Hee-Young Lim, Byoung-Su Yoon 2013. Rapid and Sensitive detection of Deformed Wing Virus (DWV) in Honeybee using Ultra-rapid Real-time PCR. *한국양봉학회지*, 28(2) : 121-129
- Hee-Young Lim, Joong-Goo Lee, Soon-Bok Lee, Ok-Min Lee , ByoungSu Yoon 2013.

- Application of Digital Infrared Thermal Imaging (DITI) as a Diagnostic Method for the Fate of Honeybee Colonies 한국양봉학회지, 28(2): 147-153
- Heskins, M., and Guillet, J. E., 1968. Solution properties of poly (Nisopropylacrylamide). J. Macromol. Sci. Chem. 2:1441-1455.
- Higes, M., Martin, R., Meana, A.. 2006. Nosema ceranae, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe. Journal of Invertebrate Pathology. 92: 93-95.
- Hornitzky, A.Z. and Smith, L. (1998). Procedures for the culture of Melissococcus plutonius from diseased brood and bulk honey samples. Journal of Apicultural Research 37, 293-294.
- Hornitzky, M. A. Z. and Smith, L. A. (1999). Sensitivity of Australian Melissococcus plutonius isolates to oxytetracycline hydrochloride. Australian Journal of Experimental Agriculture. 39:881-883.
- J. Tautz. Phänomen honigbiene. 유명미 번역. '경이로운 꿀벌의 세계', 이치사이언스. 2007.
- Joong-Goo Lee, Phu Van Nguyen, Baek Jun Soo, Hee-Young Lim 2013. Detection of Capsid Protein of Sacbrood Virus in Honeybee using Monoclonal Antibodies. 한국양봉학회지, 28(2): 113-120
- Joung, K. B. and Cote, J. C. (2002). Evaluation of ribosomal RNA gene restriction patterns for the classification of Bacillus species and related genera. J Appl Microbiol 92, 97-108.
- Kanbar, G., and Engels, W. (2003). Ultrastructure and bacterial infection of wounds in honey bee (Apis mellifera) pupae punctured by Varro amites. Parasitology Research 90:349-354.
- Klein, A.M., B.E. Vaissière, J.H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen and T. Tscharntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc. R. Soc. B. 274: 303-313.
- Krupp, J.J., C. Kent, J.C. Billeter, R. Azanchi, A.K.C. So, J.A. Schonfeld, B.P. Smith, C. Lucas and J.D. Levine. 2008. Social experience modifies pheromone expression and mating behavior in male Drosophila melanogaster. Curr. Biol. 18: 1373-1383.
- Kukielka, D., Esperon, F., Higes, M., Sanchez-Vizcaino J. M., 2008. A sensitive one-step real-time RT-PCR method for detection of deformed wing virus and black queen cell virus in honeybee Apis mellifera. J. Virol. Methods. 147: 275-281.
- Kukielka, D., Sanchez-Vizcaino, J.M., 2009. One-step real-time quantitative PCR assays for the detection and field study of Sacbrood honeybee and Acute bee paralysis viruses. J. Virol. Methods 161, 240-246.
- Lange, H., Hecht, O., Zemlin, M., Trad, A., Tanasa, R.I., Schroeder Jr., H.W., and Lemke, H. 2012. Immunoglobulin class switching appears to be regulated by B cell antigen receptor-specific T cell action. Eur. J. Immunol. 42(4): 1016-1029.

- Lanzi, G., J.R. de Miranda, M.B. Boniotti, C.E. Cameron, A.Lavazza, L. Capucci, S.M. Camazine and C. Rossi.2006. Molecular and biological characterization of deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of virology* 80: 4998-5009.
- Larsson, R. 1986. Ultrastructure, function, and classification of Microsporidia. *Prog. Protistol.* 1: 325-390.
- Lauro, F.M., Favaretto, M., Covolo, L., Rassa, M. and Bertoloni, G. 2003. Rapid detection of *Paenibacillus larvae* from honey and hive samples with a novel nested PCR protocol. *Int. J. Food Microbiol.*, 81(3), 195-201.
- Leat, N., B. Ball, B. Govan and S. Davison. 2000. Analysis of the complete genome sequence of black queen cell virus, a picorna-like virus of honey bees. *Journal of General Virology* 81: 2111-2119.
- Levin, M.D. 1983. Value of bee pollination to U.S. Agriculture. *Bull. Ent. Soc. Am.* 29: 50-51
- Li, B., Alonso, D. O. V., Bennion, B. J., Daggett, V., 2001a. Hydrophobic hydration is an important source of elasticity in elastin-based biopolymers. *J. Am. Chem. Soc.* 123:11991-11998.
- Li, B., Alonso, D. O. V., Daggett, V., 2001b. The molecular basis for the inverse temperature transition of elastin. *J. Mol. Biol.* 305:581-592.
- Lindström, A., Korpela, S. and Fries, I. 2008. The distribution of *Paenibacillus larvae* spores in adult bees and honey and larval mortality, following the addition of American foulbrood diseased brood or spore-contaminated honey in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *J. Invertebr. Pathol.* 99: 82-86.
- Luan, C. H., and Urry, D. W., 1991. Solvent deuteration enhancement of hydrophobicity:DSC study of the inverse temperature transition of elastin-based polypeptides. *J. Phys. Chem.* 95:7896-7900.
- Ma, M., C. Ma, M. Li, S. Wang, S. Yang and S. Wang. 2011. Loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of Chinese sacbrood virus. *J. Virol. Methods.* 176:115-119
- Maassen, A. 1913. Weitere Mitteilungen uber der seuchenhaften Brut-krankheiten der Bienen [Further communication on the epidemic brood disease of bees]. *Mitteilungen aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt fur Land-und Forstwirtschaft.* 14:48-58.
- Maori, E., L. Shai, M.K. Rita, G. Uulia, P. Yuval, E. Orit, T. Edna and S. Ilan. 2007. Isolation and characterization of Israel acute paralysis virus, a dicistrovirus affecting honeybees in Israel: evidence for diversity due to intraand inter-species recombination. *Journal of General Virology* 88: 3428-3438.
- Mariano Higes, Pilar Garcia-Palencia, Raquel Martin-Hernandez, Aranzazu Meana. 2007.

- Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Journal of Invertebrate Pathology*. 94: 211-217.
- Martin, S.J. 2001. The role of *Varroa* and Viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: a modeling approach, *J. Appl. Ecol.* 38: 1082-1093.
- Maurizio A. 1934. Über die Kaltbrut(*Pericystis-Mykose*) der Bienen. *Archiv für Bienenkunde* 15:165-193.
- McKee, B. A., Goodman, R. D., and Hornitzky, M. A. (2004). The transmission of European foulbrood (*Melissococcus plutonius*) to artificially reared honeybee larvae(*Apis mellifera*). *Journal of Apicultural Research* 43(3):93-100.
- Meyer, D. D., Trbbic-Carlson, K., Chilkoti, A., 2001. Protein purification by fusion with an environmentally responsive elastin-like polypeptide: Effect of polypeptide length on the purification of thioredox in. *Biochnol. Prog.* 17: 220-728.
- Meyer, D. E. and Chikoti, A., 1999. Purification of recombinant proteins by fusion with thermally responsive polypeptides. *Nat. Biotechnol.* 17:1112-1115.
- Meyer, D. E., Chilkoti, A., 2002. Genetically encoded synthesis of proteinbased polymers with precisely specified molecular weight and sequence by recursive directional ligation: examples from the elastin-like polypeptide system. *Biomacromolecules.* 3:357-367.
- Mingxiao, M., Chen, M., Mng, L., Shuquan, W., Song, Y., Shude, W., 2012. Loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of Chinese sacbrood virus. *Journal of Virological Methods* 176, 115- 119.
- Miyagi, T., Peng, C. Y. S., Chuang, R. Y., Mussen, E. C., Spivak, M. S., and Doi, R. H. (2000). Verification of oxytetracycline-resistant American foulbrood pathogen *Paenibacillus larvae* in the United States. *Journal of Invertebrate Pathology* 75(1): 95-96.
- Morse, R. A. and N. W. Calderone. 2000. The value of honey bee pollination in the United States. *Bee Cult.* 128:1-15.
- Morse, R. and N.W. Calderone. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Cult.* 128: 1-15.
- Morse, R.A. 1978. Introduction. pp. 13-22. In *Honey bee pests, predators, and diseases*, ed. by R. A. Morse. 430p. Cornell Univ., Ithaca.
- Motoki G., Eiichi H., Atsuo O., Akio N., Ken H. 2009. Colorimetric detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by using hydroxy naphthol blue. *BioTechniques*, Vol. 46, No. 3, pp. 167-172.
- Nagamine, K., T. Hase and T. Notomi. 2002. Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. *Molecular and Cellular Probes* 16(3): 223-229.
- Nagapudi, K., Brinkman, W. T., Leisen, J. E., Huang, L., McMillan, R. A., Apkarian, R. P.,

- Conticello, V. P., Chaikof, E. L., 2002. Photomediated solidstate cross-linking of an elastin-mimetic recombinant protein polymer. *Macromolecules*. 35:1730-1737.
- NAGY, K. A. & STALLONE, J. N. (1976). Temperature maintenance and CO₂ concentration in a swarm cluster of honeybees, *Apis mellifera*. *Comp. Biochem. Physiol.* 55A, 160-171, 1976.
- Nguyen Thi, K.C., M.S. Yoo, M.H. Kang, S.H. Han, C.H. Yun, B.S. Yoon. 2009. Development of Real-time PCR Assay for the Detection of Sacbrood Virus in Honeybee (*Apis mellifera* L.). *Korean J. Apiculture*. 24(1): 15-21.
- Nguyen Thi, K.C., M.S. Yoo, I.W. Kim, M.H. Kang, S.H. Han, B.S. Yoon. 2008. Development of PCR Detection Method for Sacbrood Virus in Honeybee (*Apis mellifera* L.). *Korean J. Apiculture*. 23(3): 177-184.
- Nguyen V.P, Han H.H and Yoon B.S (2011). Development of a Metalloproteinase Gene Based Loop Mediated Isothermal Amplification Assay for Detection of *Paenibacillus* larvae. *Journal of Apiculture* 26(3) : 213~220
- Nguyen, VP., Ji-Na N, Han, S.H., Kwon, S.H., Yoon, B.S Park Y.H., 2010. Development of Sacbrood Virus-specific PCR detection based on stable Capsid Protein Sequence. *Korean J. Apiculture* 25(2) : 115~122.
- No Ji-Na, Nguyen Van Phu, Mi-Sun Yoo, Yong-Ha Park, Byoung-Su Yoon. 2010. Simple and Rapid Method for Detection of Deformed Wing Virus (DWV) by Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP). *Kor. J. Apicul.* 25(3):211-216.
- Norihiro T., Yasuyoshi M., Hidetoshi K., Tsugunori N., 2008. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) of gene sequences and simple visual detection of products. *Nature protocols* Vol.3No.5, 877-882.
- Notomi Tsugunori, Hiroto Okayama, Harumi Masubuchi, Toshihiro Yonekawa, Keiko watanabe, Nobuyuki Amino and Tetsu Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*. 28(12), e63.
- Notomi Tsugunori. 2007. Loop-mediated isothermal amplification. *Nippon Rincho*. 65(5), 957-961.
- Ohori, Akira, Shigeo Endo, Ayako Sano, Koji Yokoyama, Kyoko Yarita, Masashi Yamaguchi, Katsuhiko Kamei, Makoto Miyaji and Kazuko Nishimura. 2006. Rapid identification of *Ochroconis gallopava* by a loopmediated isothermal amplification (LAMP) method. *Vet Microbiol.* 114(3-4): 359-365.
- Phu Van Nguyen , Ji-Na No , Bo-Ram Lee , Mi-Sun Yoo , Byoung-Su Yoon. 2011. Detection and Quantification of Major Royal Jelly Protein 1 in Honeybees by ELISA using a Monoclonal Antibody. *한국양봉학회지* 26(1): 71-77

- Phu Van Nguyen, Boram Lee, Byoung-Su Yoon 2012. Over-expression and Purification of Capsid Protein of Sacbrood Virus in E. coli 한국양봉학회지.27(3) : 209-214
- Phu Van Nguyen, Boram Lee, Mi-Sun Yoo, Byoung-Su Yoon 2012. Development and Clinical Validation of a DNA Gyrase Subunit B Gene Based Loop-Mediated Isothermal Amplification Method for Detection of *Melissococcus plutonius*. 한국양봉학회지. 27(1): 51-58
- Phu Van Nguyen, Sang-Hoon Han, Byoung-Su Yoon 2011. Development of a Metalloproteinase Gene Based Loop Mediated Isothermal Amplification Assay for Detection of *Paenibacillus larvae* 한국양봉학회지. 26(3): 213-220
- Rana, B.S., I.D. Garg, S.M.P. Khurana, L.R. Verma and H.O. Agrawal. 1986. Thai Sacbrood Virus of honeybees (*Apis cerana indica* F) in Northwest Himalayas. Indian. J. Virol. 2:127-131
- Ribiere, M., Triboulot, C., Mathieu, L., Aurieres, C., Faucon, J. P., Pepin, M. 2002. Molecular diagnosis of chronic bee paralysis virus infection. Apidologie. 33:339-351.
- Roetschi, A., Berthoud, H., Kuhn, R., Imdorf, A. (2008). Infection rate based on quantitative real-time PCR of *Melissococcus plutonius*, the causal agent of European foulbrood, in honeybee colonies before and after apiary sanitation. Apidologie39:362-371.
- S. Subharat, P. R. Wilson, C. Heuer and J. M. Collins (2011). Evaluation of a SYTO9 real-time polymerase chain reaction assay to detect and identify pathogenic *Leptospira* species in kidney tissue and urine of New Zealand farmed deer. J. Vet. Diagn. Invest. 23(1): 1-10.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis. T., 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. Second edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Sang-Hoon Han, Yong-Soo Choi, Myeong-Lyeol Lee 2011. Development of Highly Specific Quantative Real-Time PCR Method for the Detection of Sacbrood Virus in Korean Honeybees, *Apis cerana* 한국양봉학회지. 26(3): 233-240
- Sanpa, S., Chantawannakul, P., 2009. Survey of six bee viruses using RT-PCR in Northern Thailand. Journal of Invertebrate Pathology 100, 116-119.
- Schild, H. G., Tirrell, D. A., 1990. Microcalorimetric detection of lower critical solution temperatures in aqueous polymer solutions. J. Phys. Chem. 94:4352-4356.
- Schröder, A.K., Nardella, F.A., Mannik, M., Svensson, M.L. and Christensen, P. 1986. Interaction between streptococcal IgG Fc receptors and human and rabbit IgG domains. Immunol. 57(2): 305-309.
- Seibert, C.H., Borsa, M., Rosa, R.D., Cargnin-Ferreira, E., Pereira, A.M., Grisard, E.C., Zanetti, C.R., Pinto, A.R., 2010. Detection of major capsid protein of infectious myonecrosis virus

- in shrimps using monoclonal anti - bodies. *J Virol Methods* 169(1):169-75.
- Shimanuki, H. and Knox, D. A (2000). Diagnosis of honey bee diseases. USDA-ARS Agriculture Handbook Number 690 : 61p.
- Sithigorngul, P., Hajimasalaeh, W., Longyant, S., Sridulyakul, P., Rukpratanporn, S., Chaivisuthangkura, P., 2009. Simple immunoblot and immunohistochemical detection of *Penaeus stylirostris* densovirus using monoclonal antibodies to viral capsid protein expressed heterologously. *J. Virol. Methods* 162, 126-132.
- Sithigorngul, P., Rukpratanporn, S., Chaivisuthangkura, P., Sridulyakul, P., Longyant, S., 2011. Simultaneous and rapid detection of white spot syndrome virus and yellow head virus infection in shrimp with a dual immunochromatographic strip test. *J Virol Methods* 173:85-91.
- Slack AT, Symonds ML, Dohnt MF, Smythe LD (2006). Identification of pathogenic *Leptospira* species by conventional or real-time PCR and sequencing of the DNA gyrase subunit B encoding gene. *BMC Microbiol* 6:95.
- Sneath, P.H.A., and Mair, N.S., 1986. *Bergey's Manual of Systemic Bacteriology*, Vol. 2 Williams and Wilkinss. 1070-1071.
- Stoltz, D., Shen, X.-R., Boggis, C. & Sisson, G. 1995. Molecular diagnosis of Kashmir bee virus infection. *J. Api. Res.* 34:153-160.
- Tarr, H.L.A. 1938. Studies on American foulbrood of bees. III. The resistance of individual larvae to inoculation with the endospores of *Bacillus* larvae. *Ann. Appl. Biol.* 25: 807-814.
- Thompson, H. M. and Brown, M. A. (2001). Is contact colony treatment with antibiotics an effective control for European foulbrood? *Bee World* 82(3): 130-138.
- Tomkies, V, Flint, J., Johnson, G., Ruth, W., Wilkins, S., Danks, C., Watkins, M., Cuthbertson, G., Carpana, E., Marris, G., Budge, G., and Brown, M. (2009). Development and validation of a novel field test kit for European foulbrood. *Apidologie* 40: 63-72.
- Topley, E., Davison, S., Leat, N., Benjeddou, M., 2005. Detection of three honeybee viruses simultaneously by a single multiplex reverse transcriptase PCR. *Afr. J. Biotechnol.* 4: 763-767.
- Tsugunori Notomi, Hiroto Okayama, Harumi Masubuchi, Toshihiro Yonekawa, Keiko Watanabe, Nobuyuki Amino, Tetsu Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research.* 28: no. 12
- Tsugunori, N. 2007. Loop-mediated isothermal amplification. *Nippon Rinch.* 65: 957-961.
- Urry, D. W., 1992. Free energy transduction in polypeptides and proteins based on inverse temperature transition. *Prog. Biophy. Mol. Biol.* 57:23-57

- Urry, D. W., 1997. Physical chemistry of biological free energy transduction as demonstrated by elastic protein-based polymers. *J. Phys. Chem. B.* 101:11007-11028.
- Urry, D. W., Luan, C. H., Parker, T. M., Gowda, D. C., Parasad, K. U., Reid, M. C., Safavy, A., 1991. Temperature of polypeptide inverse temperature transition depends on mean residue hydrophobicity. *J. Am. Chem. Soc.* 113:4346-4348.
- van Engelsdorp D., R. Underwood, D. Caron, J. Hayes. 2007. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: A report commissioned by the apiary inspectors of America. *American Bee* 147:559-603.
- van Engelsdorp D1, Hayes J Jr, Underwood RM, Pettis J. 2008. A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. *PLoS ONE*, 3(12), e4071.
- Vijay, A. K. B. G; Lenie, D; Sophie, B; Didier, R and Bernard, L. S (2009). Validation of partial rpoB gene sequence analysis for the identification of clinically important and emerging Acinetobacter species. *Microbiology* 155, 2333-2341
- Waite, R. J., Brown, M. A., Thompson, H. M., Bew, M. H. (2003a). Controlling European foulbrood with the shook swarm method and oxytetracycline in the UK. *Apidologie* 34: 569-575.
- Waite, R., Jackson, S., and Thompson, H. (2003b). Preliminary investigations into possible resistance to oxytetracycline in *Melissococcus plutonius*, a pathogen of honeybee larvae. *Letters in Applied Microbiology* 36:20-24.
- Wansika Kiatpathomchai, Wansadaj Jareonram, Sarawut Jitrapakdee, T.W. Flegel. 2007. Rapid and sensitive detection of Taura syndrome virus by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification. *J Virol Methods.* 146(1-2), 125-128.
- Weiss, L.M. and C.R. Vossbrinck. 1999. Molecular biology, molecular phylogeny, and molecular diagnostic approaches to the microsporidia. In: Wittner, M., Weiss, L.M. (Eds.), *The Microsporidia and Microsporidiosis*. American Society for Microbiology, Washington, DC, pp. 129-171.
- Wilkins, S.; Brown, M. A.; Cuthbertson, A. G. S., (2007). The incidence of honey bee pests and diseases in England and Wales. *Pest Manag. Sci.*, 63 (11), 1062-1068
- Williams, M.R., D.A.G. Maxwell and R.L. Spooner. 1975. Quantitative studies on bovine immunoglobulins, normal plasma levels of IgG2, IgG1, IgM and IgA. *Res. Vet. Sci.*, 18: 314-321.
- Wilson M.B. and Nakane P.K. Recent development in the periodate method of conjugating horseadish peroxidase (HRPO) to antibodies., North. holland. biomedical., 1978
- Winston, M.L. 1987. *The Biology of the Honey Bee*, Harvard University Press, Cambridge, London, UK.

- Xu Hai-Dong, Juan Feng, Zhi-Xun Guo, You-Jun Ou, Jiang-Yong Wang. 2009. Detection of red-spotted grouper nervous necrosis virus by loop-mediated isothermal amplification. *Journal of Virological Methods*. 163(1), 123-128.
- Xu, H.D., J.F. Zhi-Xun Guo, Y.J. Ou and J.Y. Wang. 2009. Detection of red-spotted grouper nervous necrosis virus by loop-mediated isothermal amplification. *J. Virol. Methods* 163(1): 123-128.
- Yan, X., Chen, J., Han, R., 2009. Detection of Chinese sacbrood virus (CSBV) in *Apis cerana* by RT-PCR method. *Sociobiology* 53, 687-694.
- Yang, J.L; Yang, R; Shen, K.F; Peng, X.W; Xiong, T and Liu, Z.H., (2012). Rapid detection of sacbrood virus (SBV) by one step reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *Virology Journal*, 9:47
- Yoo Mi-Sun, Ji-Na No, Van Phu Nguyen, Yong Soo Choi, Yong-Ha Park, Byoung-Su Yoon. 2010. Development of Ultra-rapid Real-Time PCR Method for the detection of Chronic Bee Paralysis Virus. *J. Apiculture*. 25(3):193-199.
- Yoo, M.S, Noh, J.H., Yoon, B.S, Reddy, K.E, Kweon, C.H, Jung, S.C, Kang, S.W., 2012. Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for sensitive and rapid detection of Korean sacbrood virus. *J Virol Methods* 186(1-2):147-151.
- Yoo, M.S., Boram Lee, Phu Van Nguyen, Byoung-Su Yoon 2012. Purification of Recombinant Protein of Black Queen Cell Virus *한국양봉학회지*. 27(1): 59-64
- Yoo, M.S., Kim Cuc Nguyen Thi, Phu Van Nguyen, Sang-Hoon Han, Soon-Hwan Kwon, Byoung-Su Yoon 2011. Rapid detection of sacbrood virus in honeybee using ultra-rapid real-time polymerase chain reaction. *Journal of Virological Methods* 179(1) : 195-200
- Yoo, M.S., Lee, B.R., No, J.N., Nguyen, V.P., Yoon, B.S., 2011. Expression of Recombinant Protein of Black Queen Cell Virus Korean. *Korean J. Apiculture*. 26(4):275-282.
- Yoo, M.S., Nguyen, T.K.C., Nguyen, V.P., Han, S.H., Kwon, S.H., Yoon, B.S., 2012. Rapid detection of sacbrood virus in honeybee using ultra-rapid real-time polymerase chain reaction. *Journal of Virological Methods* 179, 195-200.
- Yoo, M.S., Sang-Hoon Han, Byoung-Su Yoon 2011. Development of Ultra-Rapid Real-Time PCR Method for Detection of Black Queen Cell Virus *한국양봉학회지*. 26(3): 203-208
- Yoo, M.S., Van Phu Nguyen , Ji-Na No , Bo-Ram Lee , Yong-Ha Park , Byoung-Su Yoon 2011. Development of Ultra-Rapid Real-Time PCR Method for the Detection of Nosema *한국양봉학회지*. 26(1): 21-27
- Yoshiteru Aoi, Mariko Hosogai, Satoshi Tsuneda. 2006. Real-time quantitative LAMP(loop-mediated isothermal amplification of DNA) as a simple method for monitoring ammonia-oxidizing bacteria. *J Biotechnol*. 125(4), 484-491.

- Yoshiteru, Aoi, Mariko Hosogai and Satoshi Tsuneda. 2006. Real-time quantitative LAMP (loop-mediated isothermal amplification of DNA) as a simple method for monitoring ammonia-oxidizing bacteria. *J. Biotechnol.* 125(4): 484-491.
- Yue, D., Nordhoff. M., Wieler, L.H. and Genersch, E. 2008. Fluorescence in situ hybridization (FISH) analysis of the interactions between honeybee larvae and *Paenibacillus* larvae, the causative agent of American foulbrood of honeybees (*Apis mellifera*). *Environ. Microbiol.* 10: 1612-1620.
- Yun, Y.J. et al. (2005) Detection and identification of *Mycobacterium tuberculosis* in joint biopsy specimens by *rpoB* PCR cloning and sequencing. *J. Clin. Microbiol.* 43, 174-178
- Zhang Fengying, Lingbo Ma, Xhaoli Xu, Junbin Zheng, Yanhong Shi, Yanan Lu, Yuping Miao. 2009. Sensitive and rapid detection of *Karenia mikimotoi*(Dinophyceae) by loop-mediated isothermal amplification. *Harmful Algae.* 8(6), 839-842.

<첨부> 특허, 논문 및 시장분석 보고서

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
무선센서네트워크기술	미국	90%	85%	95%	
양봉 질병 진단용 유전자 검사 기술	미국	80%	90%	110%	
양봉 질병 진단용 면역학적 검사 기술	영국	80%	90%	110%	

2. 특허분석

가. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		무선센서네트워크 기술	꿀벌질병검색
Keyword		agricultural WSN	Bee disease monitoring
검색건수		1684	0
유효특허건수		약 10%	0
핵심특허 및 관련성	특허명	Location-based provisioning of wireless control systems	
	보유국	미국	
	등록년도	2011	
	관련성(%)	80	
	유사점	WSN을 농업에 이용하고 무선 채널을 이용하여 장비 provisioning을 수행	
	차이점	채널다양성과 정보처리모듈 연계가 부족 또한 꿀벌 산업에 적용된 특허가 없음	

3. 논문분석

가. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		무선센서네트워크 기술	양봉질병제어 환경조절
Keyword		agricultural WSN	bee disease & environmental monitoring
검색건수		141	4
유효논문건수		35	3
핵심논문 및 관련성	논문명	Precision agriculture monitoring framework based on WSN	Evidence for emerging parasites and pathogens influencing outbreaks of stress-related diseases like chalkbrood.
	학술지명	2011 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)	J Invertebr Pathol. 2011 Nov;108(3):167-73.
	저자	Jiber, Y., Harroud, H., Karmouch, A.	Hedtke et al.
	게재년도	2011	2011
	관련성(%)	95	80
	유사점	센서네트워크를 통한 데이터수집 및 관리, 전문가시스템기반 의사결정	꿀벌질병과 매개해충의 연관성 연구
	차이점	각 농가별 특성 정보와 지리정보에 대한 처리 부족	구체적인 방안 제시부재

4. 제품 및 시장 분석

가. 생산 및 시장현황

(1) 국내 제품생산 및 시장 현황

국내 양봉 관리 USN system 관련 제품은 상품화되지 않았다.

(2) 국외 제품생산 및 시장 현황

일부 제품이 있으나, 정밀도가 낮은 단순 변화 측정용 센서 제품으로, 본 과제의 결과물과 같이 다양한 센서 제품군을 활용할 수 있으며, 정밀하게 측정 가능한 제품은 없다.

나. 개발기술의 산업화 방향

(1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

양봉 생육 환경 정보 수집 및 제공 시스템의 상품화 및 사업화를 목표로 하고 있다. 센서를

기반으로 양봉 생육 환경 정보 수집을 위한 인프라 구축과 스마트 기기 기반의 정보 제공 서비스로 구분할 수 있다.

양봉 생육 및 품질 관리 전문가 시스템의 상품화 및 사업화부분은 양봉 생육 표준화 및 전문적인 정보 제공 서비스와 양봉 품질관리 표준화 및 전문적인 정보 제공 서비스로 나눌 수 있다.

5. 3P(특허,논문,제품)분석을 통한 연구추진계획

가. 분석결과 향후 연구계획(특허, 논문, 제품 측면에서 연구방향 제시)

(1) 특허분석 측면

기존 특허는 USN의 적용분야가 의료검진 혹은 개별적인 1차 산업에 분포되어 있으나, 본 연구과제에서는 양봉업에서의 질병발생을 제어하기 위한 stress 유발 인자들을 원격모니터링하고, 얻어진 자료의 분석으로 질병의 진단까지 가능케 해줄 뿐만 아니라, 적절한 제어를 추구하여 질병발생제어, 질병진과의 조기 억제, 궁극적인 양봉생산성을 제고하는 방향으로 추진하여 대한민국을 양봉질병방역과 진단분야에서 세계 선두에 나서게 할 수 있는 기술이다.

(2) 논문분석 측면

기존 논문은 꿀벌질병의 원인, 치료분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 질병발생의 환경적인 관련성과 이의 예측을 통한 진단과 조기 대책수립의 방향으로 연구를 추진하여 USN의 양봉산업에 적용, 꿀벌의 생육환경 변화와 질병 요인인자들에 관한 signal과 진단분야에 적용하기 위한 방법의 개발에 대한 다수의 논문 등을 J. Invertbr. Pathol.; J Bee Research, J. Industrial Entomol, 한국양봉학회지 (SNU 관련 공학학술지) 등 국제 및 국내 전문학술지 등에 게재할 계획이다.

(3) 제품 및 시장분석 측면

국내 및 국외시장 분석결과 본 과제 연구 대상인 양봉 생산 및 질병 방재에 대한 u-IT 신기술을 접목한 사례가 거의 없으며, 본 연구과제에서는 u-IT 신기술 기반의 양봉 질병방재 및 조기대응 체계 연구를 추진하여 양봉 생육환경 정보 수집 및 제공 시스템, 양봉 전문가 시스템의 상품화를 통해 국내 및 국외에 판매할 계획이다.

또한 본 과제의 결과물은 양봉 농가 및 관련 기관, 특히, 농림축산검역본부에 기탁함으로써 국가적으로 적극 활용되기를 희망한다.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.