The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 7, No. 4, pp.857-862, November 30, 2021. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.4.857
JCCT 2021-11-104

벌통 내부 꿀벌 이동량 측정을 위한 벌집 입·출입 계수 시스템 연구

A study on the honeycomb entry and exit counting system for measuring the amount of movement of honeybees inside the beehive

김준호*, 서희**, 한욱**, 정원기**

Kim Joon Ho*, Seo Hee, Han Wook**, Chung Wonki****

요 약 최근 급격한 기후변화로 인해 꿀벌의 생태계에도 많은 영향을 주고 있다. 꿀벌의 개체수 감소, 개화기의 변화로 인한 양봉 농가의 채밀에 막대한 영향을 주고 있다. 이에 따라 양봉에도 IoT 기술을 도입한 스마트 양봉에 관심이 집중되고 있다. 양봉의 특성에 따라 벌통안의 벌집을 육안으로 지속적 관찰이 불가능하고, 벌집안의 상태에 대하여 대부분 경험에 의한 지식에 의존하고 있는 실정이다. 특히, 벌통 내부에 꿀벌의 이동 경로와 이동량을 측정하는 부분에 대한 연구는 전무한 상황이다. 벌통 내부의 꿀벌의 이동에 대한 부분은 양봉에서 가장 중요한 분봉 시기를 예측할 수 있는 기본적인 정보를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 꿀벌의 이동 경로를 파악하고 벌집(소비)간 입·출입 데이터를 실시간 측정하고 기록하는 장치를 제안한다. 본 연구에서 제안한 장치를 양봉 농가에서 활용할 수 있도록 기존 벌통의 벌집(소비) 규격에 맞춰서 개발했다. 개발방법은 꿀벌의 이동을 감지할 수 있는 포토 디텍터를 활용하여 16개의 이동통로를 구성하고 꿀벌의 이동상황을 실시간 감지할 수 있도록 했다. 이렇게 측정한 꿀벌의 이동상황을 활용하게 된다면 분봉시기를 놓치지 않기 위해 육안으로 봉군을 직접 관찰해야하는 문제를 해결할 수 있다. 나아가 꿀벌의 벌집 간 입출입 기록 데이터를 AI 알고리즘을 적용하면 자동으로 봉군 확장 시기를 예측할 수 있는 시스템 구현도 가능할 것이다.

주요어 : 꿀벌, 벌집, 분봉, IoT, 이동량 측정

Abstract Recently, rapid climate change has had a significant impact on the bee ecosystem. The decrease in the number of bees and the change in the flowering period have a huge impact on the harvesting of beekeepers. Accordingly, attention is focused on smart beekeeping, which introduces IoT technology to beekeeping. According to the characteristics of beekeeping, it is impossible to continuously observe the beehive in the hive with the naked eye, and the condition of the hive is mostly dependent on knowledge from experience. Although a system that can measure partly through sensors such as temperature/humidity change inside the hive and measurement of the amount of CO2 is applied, there is no research on measuring the movement path and amount of movement of bees inside the beehive. Part of the migration of honeybees inside the hive can provide basic information to predict the most important cleavage time in beekeeping. In this study, we propose a device that detects the movement path of bees and measures and records data entering and exiting the hive in real time. The device proposed in this study was developed according to the honeycomb standard of the existing beehive so that beekeeping farms could use it. The development method used a photodetector that can detect the movement of bees to configure 16 movement paths and to detect the movement of bees in real time. If the measured honeybee movement status is utilized, the problem of directly observing the colony with the naked eye in order not to miss the swarming time can be solved.

Key words : Honeybee, Honeycomb, Beehive devide, IoT, Measure of amount movement honebees

*정회원, 동서울대학교 전기정보제어학과 교수 (제1저자)
**정회원, 동서울대학교 전기정보제어학과 학부생 (참여저자)
**정회원, (주)한창테크노 대표 (참여저자)
**정회원, 농업회사법인 ㈜온팜 대표 (참여저자)
접수일: 2021년 10월 27일, 수정완료일: 2021년 10월 30일
게재확정일: 2021년 11월 4일

Received: October 27, 2021 / Revised: October 30, 2021
Accepted: November 4, 2021
*Corresponding Author: heglerkim@du.ac.kr

Ⅰ. 서 론

최근 다양한 센서가 개발되고 이를 활용한 IoT 기술이 농업에 활용되는 스마트 팜에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. IoT 기술은 실시간으로 농장에 대한 정보를 취득할 수 있으므로 이에 대한 다양한 기술이 개발되고 있다.[1] 특히, 양봉 분야에서는 육안으로 관찰하기 어려운 벌통 내부의 상황을 관찰하기 위해 스마트 IoT 기술을 적극적으로 도입하고 있는 상황이다. 벌통 안의 꿀벌의 개체 수 파악을 위한 꿀벌 출입 계수가 시스템을 구현하기도 하고 [2][3], 영상 촬영을 통해 꿀벌을 모니터링 하기 위한 연구를 진행하기도 하며[4], 벌통 내부의 온도 측정을 통해 봉군의 상황을 예측하기도 하고[5], 음향 측정 및 주파수 측정을 통해 벌들의 상태 및 벌통 주변의 상황을 모니터링하는 방법에 관한 연구를 진행하기도 한다.[6] 또한, 양봉 관리 및 분봉 발생 탐지를 위해 온/습도, 사운드, 무게 센서를 탑재한 벌통을 개발하고 이를 통해 기록된 데이터를 LSTM 알고리즘과 같은 AI 기술을 적용하는 시도를 하기도 한다.[7] 이렇게 다양한 시도를 하는 이유는 예전에는 벌통 내·외부를 실시간으로 관찰하기가 힘들었기 때문에, 벌통 내·외부의 데이터를 취득하여 분석하고 이를 실제 양봉 농가에 적용하기가 매우 힘들었기 때문이다. 이러한 이유로 양봉에 대한 부분은 양봉 농가의 경험적 지식에 의존할 수밖에 없었다. 그러나 최근에는 다양한 센서가 개발되고 소형화되고 있으며, 센서를 통해 취득한 데이터를 AI를 통해 분석 및 예측하는 기술들이 고도화 되고 있기 때문에 벌집과 벌들의 밀집도가 높아서 센서를 통한 데이터 취득에 매우 제한적인 접근만 가능했던 벌통 내부의 상황도 관찰할 수 있게 되었다. 특히, 벌통 내부의 상황을 관찰할 수 있게 된다면 양봉 농가의 가장 중요한 부분으로 알려져 있는 분봉 시기를 예측하고 이를 조정할 수 있을 것이다. 국내의 경우 꿀벌의 분봉 시기와 꿀벌이 왕성하게 활동해야하는 시기가 겹치는 경우가 많아서 적절한 시기에 분봉을 해주지 않으면 양봉 농가의 채밀에 막대한 영향을 주게 된다. 꿀벌이 벌통 내·외부를 입·출입하는 숫자를 기록하는 방법에 관한 연구는 지속적으로 진행되고 있다.[2][3] 그러나, 아직까지 벌통 내부의 벌집(소비)간 이동 상황을 기록하는 장치에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 벌통 내부에서 꿀벌의 이동 상황을 벌집(소비)간 입·출입 기록을 통해 관찰할 수 있는 장치를 개발하고자 한다. 꿀벌의 이동 상황을 알 수 있다면, 이를 통해 꿀벌의 분봉 시기를 예측하거나 분봉 시기를 조절할 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것이다.

Ⅱ. 본 론

2.1 벌집 내부에서의 꿀벌의 이동 경로

꿀벌의 분봉은 여러 가지 원인에 의해 1개의 봉군이 2개 또는 그 이상의 봉군으로 나누어지는 것을 말하여, 이는 꿀벌의 습성과 양봉 경영상 중요한 기술의 하나이다. 분봉의 징후로는 일벌 숫자의 급속한 증가로 인한 벌통 내부 일벌의 밀집도에 의해 예측이 가능하다. 그러나 이러한 예측을 위해서는 벌통을 열고 직접 육안으로 확인하는 내검 방식이 주로 사용되고 있다. 꿀벌들의 밀집도가 높은 경우 꿀벌은 이동하게 되는데 그 이동 경로는 그림 1과 같다.

그림 1의 좌측은 벌집의 밀집도가 매우 높은 상황을 나타낸다. 그림 1의 우측은 벌집의 밀집도가 높아지면 다음 벌집으로 이동하는 꿀벌의 이동 경로를 나타낸다. 꿀벌들은 벌집의 밀집도가 높아지면 밀집도가 낮은 벌집으로 이동하게 된다.

그림 1. 벌집 내부에서의 꿀벌의 이동 경로
Figure 1. Honeybee route inside the honeycomb

그림 1에서와 같이 벌통 내부의 벌집 간 간격은 매우 좁기 때문에 벌집 내부에 카메라와 같은 장치를 설치해서 꿀벌의 이동 상황을 모니터링 하는 것은 불가능하다고 볼 수 있다. 그러나 벌통 내부에서 벌집 간 꿀벌의 이동 상황을 모니터링 할 수 있다면, 일벌의 밀집도에 따른 분봉의 징후를 감지할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 벌통 내부에서 벌집 간 꿀벌의 이동 상황을 실시간으로 모니터링이 가능한 이동 계수기 시스템을 제안하고자 한다. 그림 2는 벌통 내부 벌집 간 이동 경로를 파악하여 계수기 시스템을 삽입할 수 있도록 구성한 것이다. 그림 2에서처럼 계수기 가장

자리에 꿀벌이 이동할 수 있는 통로를 만들어 놓고 이를 활용하면 꿀벌의 입·출입 계수를 할 수 있다.

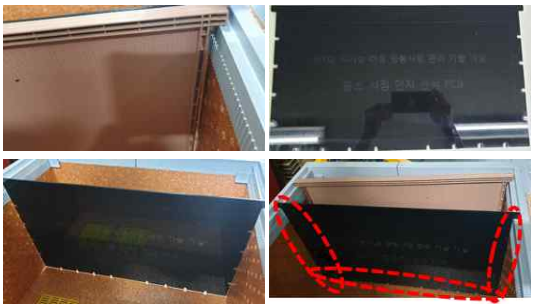

그림 2. 벌집 입·출입 계수기 삽입 예시
Figure 2. Example of inserting an entry and exit counter the honeycomb

2.2 벌집 내부 입·출입 횟수 측정을 위한 시스템 구성

그림 3은 벌집 내부 입·출입 계수기 시스템 구성도이다. 본 연구에서는 1단계 즉, 실시간 꿀벌 입·출입 감지 및 기록을 하고 이를 모니터링하고 외부 저장장치에 기록하는 부분이다.

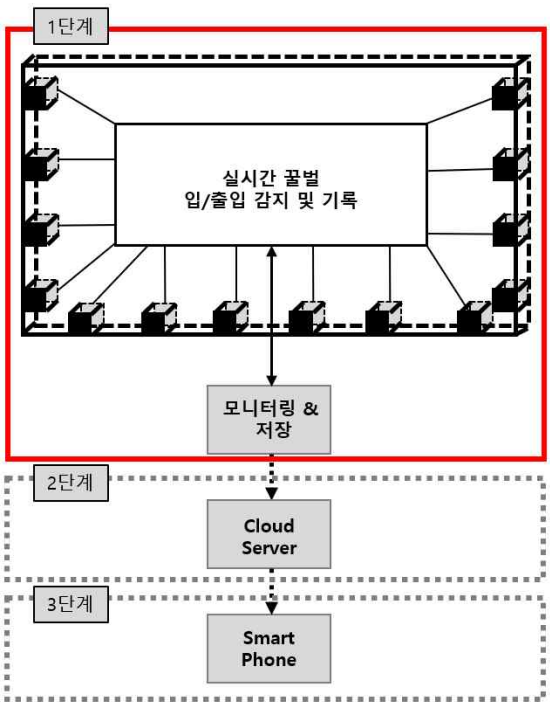

그림 3. 벌집 입·출입 계수기 시스템 구성도
Figure 3. Honeycomb entry and exit counter system configuration diagram

1단계에서 저장된 기록을 1단계에서는 클라우드 서버에 기록하고 3단계에서는 클라우드 서버에 저장된 입·출입 정보를 스마트폰으로 전송하여 벌통의 내검 없이 스마트폰으로 정보를 볼 수 있도록 한다.

그림 4는 계수기에서 꿀벌의 이동 상황을 감지할 수 있는 계수 감지 방법에 관한 내용이다. 두장(A, B)의 PCB 보드에 다수의 구멍을 뚫고 A, B에 감지 센서를 장착하고 A->B로 이동하는 것을 감지하여 계수하고 B->A로 이동하는 것을 감지하여 계수하는 방식이다.

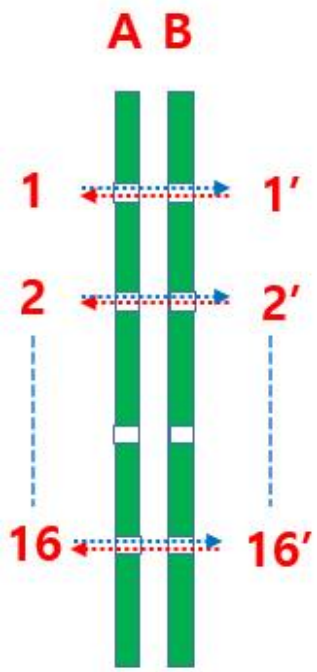

그림 4. 벌집 입·출입 감지 및 계수 방법
Figure 4. How to detect and count entry and exit the honeycomb

2.3 벌집 내부 입출입 계수기 시스템 개발

그림 3에서와 같이 하드웨어 설계를 진행했다. 벌통 내부 사이즈에 맞게 PCB를 제작했고, 상단을 제외한 좌,우 및 하단에 꿀벌이 이동할 수 있는 구멍을 뚫었다. A와 B보드를 제작하고 두 개의 보드를 연결하여 이동 통로를 만들었다. 그림 3의 오른쪽과 같이 구멍 우측에 빛을 쏘아서 반사되어 되돌아오는 것을 감지 방식의 초소형 '포토 디텍터 센서'를 장착했다. '포토 디텍터 센서'의 감지 영역은 저항 값을 이용하여 영역 조정이 가능하다. 또한 PCB 보드는 좌, 우에 8개의 구멍의 값을 읽고 기록하는 것을 제어할 수 있도록 마이크로 프로세서를 장착하였고 두 영역을 병렬 트리구조로 설계하여 데이터를 외부에서의 전원공급과 데이터 출력이 원활하게 진행되도록 설계했다.

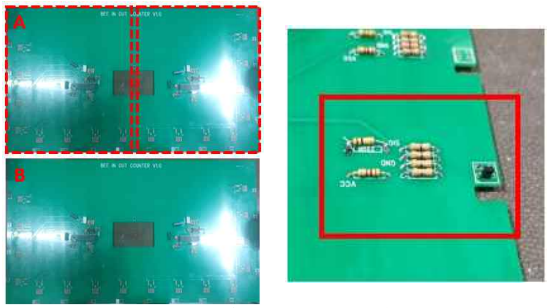

그림 5. 벌집 입·출입 계수기 하드웨어 개발
Figure 5. Development of hardware for entry and exit counter the honeycomb

총 16개의 시퀀스로 구성하여 A->B로의 이동숫자를 In으로 기록하고 B->A로의 이동숫자를 Out으로 기록한다.

그림 6은 벌집 내부 입·출입 계수를 위한 센서 감지 방식이다. 꿀벌이 구멍을 통해 센서를 지나가면 대기 상태에 있던 센서 값이이 Low로 떨어진다. 이때를 감지하여 계수를 기록한다. 센서 감지 레이턴시는 1ms이다.

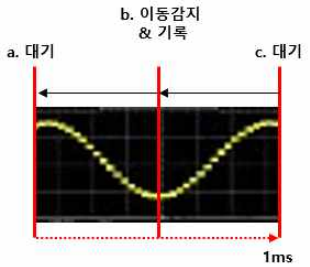

그림 6. 벌집 내부 입·출입 계수를 위한 센서 감지 방식
Figure 6. Sensor detection method for counting entry and exit inside the honeycomb

이러한 방식으로 16개의 시퀀스에서 감지된 값은 장치의 메모리에 실시간 저장되고 외부의 모니터링 장치로 전송된다. 외부의 모니터링 장치에는 1~16개의 시퀀스 값이 로데이션 되어 나타나고 2분에 한번씩 그동안 기록되어있던 값을 외부 메모리에 저장한다. 그림 7은 외부 모니터링 장치의 디스플레이 화면이다.

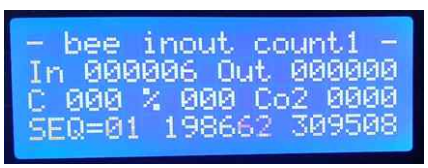

그림 7. 벌집 입·출입 계수 실시간 모니터링 화면
Figure 7. Real-time monitoring screen of entry and exit counting the honeycomb

그림 7을 살펴보면 In부분은 A->B로 이동하는 계수를 나타내고, Out 부분은 B->A로 이동하는 숫자를 나타낸다. 또한, SEQ=01은 A와 B 사이의 첫 번째 시퀀스를 나타낸다. 즉, 첫 번째 시퀀스에서 A->B로 이동하는 계수는 In부분에 표시되고 B->A로 이동하는 부분은 Out에 표시되는 것이다. C는 온도, %는 습도를 나타내고 CO2는 이산화탄소 수치를 나타낸다. 그리고 시퀀스 오른쪽에 표시되는 숫자 198662와 309508은 각각 1~1까지의 시퀀스의 합을 나타낸다. 198662는 A->B로 이동하는 16개의 시퀀스의 합이고 309508은 B->A로 이동하는 16개의 시퀀스의 합이다. 그림 8은 계수기에서 실시간 전송되는 꿀벌의 이동 계수 모니터링 장치이다.

그림 8. 벌집 입·출입 계수기 실시간 모니터링 장치
Figure 8. Real-time monitoring device for entry and exit counter honeycomb

스마트 양봉 시스템을 개발하고자 하면 가장 어려운 부분이 벌통 내부에 다양한 센서를 장착할 수 있는 공간이 매우 협소하다는 것이었다. 그런데 본 연구를 진행하면서 벌통 내부에서 벌집 간 이동을 파악하기 위해서는 벌통 크기와 같은 PCB 보드가 필요했으며 꿀벌의 이동 통로를 만들기 위해서 보드 두 장을 연결하여 내부에 공간이 생겼다. 따라서 다양한 센서를 장착할 수 있는 공간이 생겼다. 이 공간을 활용하면 온·습도 센서, CO2 센서, 무게 센서, 사운드 분석 장치 등 스마트 양봉에 필요한 다양한 기능을 추가할 수 있게 되었다. 그러나 기존 벌집에서 1장을 빼고 이동 계수 시스템 사양기를 삽입해야 되므로 벌통에서 채밀할 수 있는 벌꿀의 양이 줄어들 수도 있다는 단점이 있다. 하지만 잦은 내검으로 인한 문제, 분봉 시기를 조절하지 못해 생기는 문제를 해결할 수 있다면 채밀량 감소 부분은 감수할 수 있는 부분이 될 수 있을 것이다.

그림 9는 확장된 공간에 장착할 수 있는 온·습도 센서, CO2 센서의 모습이고, 추후 확장 개발 후 모니터링을 할 수 있도록 디스플레이 표시 공간을 확보해 놓았다.

그림 9. 확장된 공간에 추가 장착이 가능한 센서
Figure 9. Sensors that can be further inserted into the expanded space

III. 실험 및 결과

그림 10은 본 연구를 통해 개발한 벌통 내부 벌집 입·출입 계수기 시스템이다. 그림 10의 첫 번째 그림은 개발된 PCB 보드를 벌통에 장착하기 위해 조립한 보드이다. 그림 10의 두 번째 그림은 벌통에 입·출입 계수기를 장착한 모습이다. 두 번째 그림에서와 같이 벌통 내부에 있는 벌집 사이에 보드를 장착하여 벌집 사이로 입·출입하는 꿀벌의 입·출입 횟수를 측정한다.

그림 10. 벌집 입·출입 계수 시스템
Figure 10. Honeycomb entry and exit counting system

그림 11은 벌통 내부에서 꿀벌들의 벌집 입·출입 데이터를 꿀통 외부에서 모니터링 할 수 있는 패널을 장착한 모습이다. 모니터링 패널은 벌통 내부에 장착된 입·출입 계수기의 전원공급과 내부에서 측정되는 데이터를 모니터링하는 역할을 하게 된다. 추후 모니터링 패널의 전원공급은 태양열 패널을 활용할 예정이다.

그림 11. 벌집 입·출입 계수 시스템과 모니터링 패널
Figure 11. Honeycomb entry and exit counting system and monitoring panel

그림 12는 실시간으로 감지된 벌집 입·출입 기록을 외부 저장 장치에 저장된 내용이다. 1~16 번째 시퀀스에 2분 간격으로 저장된 것을 확인할 수 있다. 추가로 기능이 확장될 때마다 시퀀스를 추가 할 수 있으며, 실증과정을 통해 센서 감지영역 조정과 감지 센서 부분의 이물질이 묻었을 경우 인지할 수 있도록 프로그래밍을 수정할 예정이다.

```
202109271300 01 00000 00000 02 00000 00000 03 00000 00000 04 00000 00000
05 00000 00000 06 00000 00000 07 00000 00000 08 00000 00000
202109271302 09 00002 00001 10 00000 00000 11 00000 00000 12 00000 00000
13 00000 00000 14 00000 00000 15 00000 00000 16 00000 00000
202109271304 01 00001 00000 02 00000 00000 03 00000 00000 04 00001 00001
05 00000 00000 06 00000 00000 07 00003 00002 08 00001 00000
202109271306 09 00003 00001 10 00001 00000 11 00002 00001 12 00000 00000
13 00002 00002 14 00000 00000 15 00000 00000 16 00000 00000
202109271308 01 00001 00001 02 00001 00000 03 00000 00000 04 00001 00001
05 00000 00000 06 00000 00000 07 00004 00002 08 00003 00000
202109271310 09 00004 00002 10 00002 00001 11 00003 00002 12 00001 00001
13 00004 00002 14 00001 00000 15 00000 00000 16 00000 00000
202109271312 01 00004 00003 02 00002 00002 03 00000 00000 04 00001 00001
05 00000 00000 06 00000 00000 07 00004 00004 08 00003 00001
202109271314 09 00005 00003 10 00004 00003 11 00004 00004 12 00002 00002
13 00007 00004 14 00002 00001 15 00001 00000 16 00001 00001
202109271316 01 00004 00003 02 00004 00002 03 00001 00001 04 00008 00001
05 00002 00001 06 00002 00003 07 00007 00005 08 00004 00003
202109271318 09 00008 00004 10 00005 00003 11 00007 00005 12 00005 00003
13 00009 00005 14 00002 00001 15 00001 00001 16 00004 00001
202109271320 01 00004 00003 02 00005 00002 03 00002 00002 04 00010 00004
05 00004 00003 06 00004 00003 07 00009 00007 08 00004 00004
202109271322 09 00009 00008 10 00007 00008 11 00007 00005 12 00008 00005
13 00012 00005 14 00005 00002 15 00004 00003 16 00004 00004
202109271324 01 00004 00005 02 00005 00003 03 00007 00002 04 00010 00008
05 00004 00003 06 00004 00005 07 00011 00007 08 00008 00005
202109271326 09 00013 00009 10 00009 00011 11 00009 00005 12 00008 00007
13 00014 00008 14 00009 00002 15 00005 00003 16 00008 00004
202109271328 01 00005 00007 02 00005 00003 03 00007 00002 04 00014 00008
05 00004 00005 06 00004 00005 07 00014 00007 08 00008 00007
202109271330 09 00018 00011 10 00009 00011 11 00012 00005 12 00008 00009
13 00015 00008 14 00014 00002 15 00005 00003 16 00008 00004
```

그림 12. 벌집 입·출입 계수 시스템으로 측정된 꿀벌의 이동양 측정 결과
Figure 12. Measurement result of the amount of movement of heneybees measured by the honeycomb entry and exit counting system

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 벌통 내부에서 꿀벌의 이동 상황을 관찰하기 위해 벌집 간 입·출입 내역을 실시간 관찰하고 기록할 수 있는 장치를 개발했다. 또한, 이 장치는 기존 벌통에 그대로 적용할 수 있도록 표준화된 벌집의 사이즈에 맞춰서 개발했으며, 온·습도 센서, CO2 센서 등이 추가로 장착될 수 있는 확장성을 가지고 있다. 장치의 PCB 보드 안쪽으로 전자부품을 갈무리 할 수 있도록 설계되어 꿀벌에 활동에 영향을 줄 수 있는 전자파 등을 최소화 할 수 있도록 했다. 본 연구의 결과물은 단순히 양봉 농가의 경험과 관찰력에 의존해왔던 기존 방식과 차별화된 IoT 기술을 접목하여 양봉 농가에서 벌통의 내검 없이 실시간으로 벌통 내부의 꿀벌 이동 상황을 관찰할 수 있게 됨으로써 효과적으로 분봉 시기를 예측하고 조절할 수 있을 것이다. 이것은 양봉 농가의 수익 증대에 많은 도움이 될 것으로 기대한다. 그리고 본 연구에서 적용된 개발 방법은 벌통 내·외부 입/출입 시스템에도 적용할 수 있을 것이다.

References

[1] Ahmed Mateen, et al. IoT based real time agriculture farming , In : International Journal of Advanced Smart Convergence Vol.8 No.4 16-25 (2019)

[2] Min-Jeong Kim, et al. Implementation of a Honeybee Counting System Using IR Sensors, In : Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences. Korea Institute Of Communication Sciences, 2021. P. 1519-1520

[3] Deok Son Jae, et al. Automatic Bee-Counting System with Dual Infrared Sensor based on ICT, In : Journal of Apiculture, The Apicultural Society of Korea, 2019. P. 47-55

[4] Chan-Ho Jeong, et al Implementation of the Honeybee Monitoring System using Object Recognition, In : Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, Korea Institute Of Communication Sciences, 2021. p. 806-807.

[5] Hyung Joo Yoon, et al. The Effect of Temperature Treatment on the Production of Worker or Queen Bumblebees, In : Journal of Apiculture, The Apicultural Society of Korea, 2008. P. 283-287

[6] Geon Kim, et al. Acoustic Measurements of Wasp (Vespa simillima xanthoptera Cameron) and Honey Bees with their Frequency Characteristics, In : Journal of Apiculture, The Apicultural Society of Korea, 2019. P. 7-13

[7] Ki-Hyeon Kwon, et al. Forecast of Bee Swarming using Data Fusion and LSTM, In : Journal of Digital Contents Society, Digital Contents Society, 2019. P. 1-6

※ 본 논문은 '농촌진흥청 농업과학기술 기초기반 구축' 연구개발과제로 지원받아 진행된 연구결과 입니다.