

꿀벌 봉군을 위한 적응형 온도 데이터 로거 설계 및 구현

김병순*

안동대학교 정보과학교육과

Design and Implementation of Adaptive Temperature Data Logger for Honey Bee Hive

Byungsoon Kim*

Dept. of Information and Computer Science Education, Andong National University, Andong GB Korea

(Received 3 September 2015; Revised 26 October 2015; Accepted 4 November 2015)

Abstract

This paper presents designing and implementing adaptive data loggers to monitor temperature inside a honey bee hive. This system has an advantage to make shorter interval time to monitor temperature changes when the temperature dramatically varies. Otherwise, the system itself sets longer interval time to save a battery. So, in other words, it is interchangeable to all temperatures. This system was built with Arduino board, a realtime timer, and a microSD device and was proved that the system is fully functionable.

Key words: Adaptive temperature monitoring, Data logger, Beehive

서 론

센서 네트워크는 물리적 또는 환경적 조건을 측정하기 위해 센서를 사용하는 독자적인 장치들로 구성된 네트워크이다. 이것은 제한적인 자원을 갖는 장치들로 구성되며, 이러한 장치들은 센서에 의해 측정된 데이터를 데이터 수집하는 장치로 전달하는 역할을 한다. 이 네트워크는 수질, 토양 또는 기후 측정을 수집하기 위해 장기간 배포 솔루션이 요구되는 환경 측정과 같은 응용에 이상적이다. 전력망, 가로등, 도시 상수와 같은 공익설비를 위해 무선 센서는 배터리 에너지 사용을 줄이고, 한정된 리소스를 더욱 잘 활용하기 위해 시스템의 상태 데이터를 수집하는 저가형 방식을 제공한다(김광현, 2009).

양봉과 ICT(Information and Communication Technology)의 융합으로 양봉가들은 개별적인 꿀벌 봉군의 행동에 대한 지식과 양봉의 효율성이 점차 증가하고 있다(Zacepins and Karasha, 2013). ICT를 사용하여 꿀벌 봉군의 환경 측정을 함으로써 꿀벌 봉군의 건강 상태를 확인할 수 있고, 특히 봉군의 온도는 가장 중요한 요소 중의 하나이다(Kim and Chung, 2014).

대부분의 연구에서 봉군의 온도 모니터링을 위해 측정 간격 시간을 고정시켜 사용하였다. Zacepins 등은 봉군의 온도 모니터링을 위해 15분 간격으로 측정하였고(Zacepins and Karasha, 2013), Zacepins는 봉군의 온도 변화를 모니터링하기 위해 일정한 간격으로 벌통의 내부를 측정하여 꿀벌의 행동을 측정하였다(Zacepins, 2012). Kandepi는 온도와 소리 모니터링을

*Corresponding author. E-mail: bsgim@anu.ac.kr

재료 및 방법

시스템의 하드웨어 구성요소

꿀벌 봉군의 온도 변화를 모니터링하기 위해 많은 수의 온도 센서를 부착할 수 있고, 온도 변화에 따라 측정 간격을 조절할 수 있는 적응형 온도 모니터링 시스템을 설계하였다.

Fig. 1은 설계한 시스템의 레이아웃을 나타낸 것이다. 정밀한 온도 모니터링을 위해 디지털 온도 센서를 사용하고, 측정된 데이터를 시간과 함께 메모리 카드에 저장할 수 있도록 RTC(Real-Time Clock)와 microSD(Secure Digital) 메모리 카드 슬롯을 가진 장치를 포함한다. 또한 데이터 처리가 단순하여 저속의 중앙처리장치이며 저전력을 소비하고, ZigBee 혹은 WiFi 무선 네트워크로의 확장이 용이한 Arduino Fio 마이크로 컨트롤러를 사용하였다.

Table 1의 부품을 사용하여 적응형 온도 로그 시스템을 구현하였다.

시스템의 알고리즘

Fig. 2는 적응형 온도 모니터링 시스템을 위한 알고리즘을 의사 코드로 표현한 것이다.

먼저 실시간 타이머와 마이크로SD 카드를 초기화

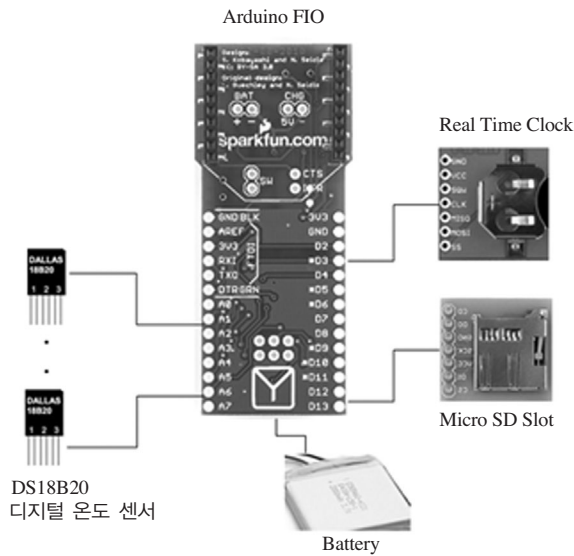


Fig. 1. Adaptive temperature data loggers for honey bee hive.

Table 1. System Parts

Parts	Device name
Temperature	DS18B20
RTC	DS1307
Microcontroller	Arduino FIO(Arduino 328)
SD memory	INT106D1P
Battery	Polymer Lithium Ion Battery (2000mAh)

위해 고정된 측정 시간을 사용하였다(Kandepi, 2015).

환경 모니터링을 위해 모니터링 시스템의 측정 간격 시간을 고정하면, 동일한 시간 간격마다 측정하게 된다. 만일 측정 간격시간을 늘리고 그 간격시간 동안에 급격한 온도 변화가 발생하면 측정 간격 시간 내의 상태 변화를 충분히 측정할 수 없다. 하지만 측정 간격 시간을 줄이면 모니터링 시스템의 전체 동작 시간이 길어지면서 시스템의 배터리 소모량이 많아지고, 따라서 배터리의 수명이 짧아지는 단점이 있다.

이 논문은 꿀벌 봉군의 온도의 변화에 따라 측정 간격 시간을 자동으로 조절하는 알고리즘을 제안한다. 꿀벌 봉군의 급격한 온도 변화가 발생하면 측정 간격 시간을 점차 줄임으로써 급격한 온도 변화를 관찰할 수 있도록 하고, 온도의 변화가 안정적이면 측정 간격 시간을 늘림으로써 배터리의 소모량을 줄일 수 있는 장점을 갖는다.

```

1) threshold1 ← maximum difference temperature;
2) threshold2 ← maximum monitoring interval time;
3) threshold3 ← maximum loop count during the
   constant temperature;
4) Initialize timer;
5) Initialize MicroSD card;
6) Create a log file;
7) while (true) {
8)   Read temperatures from sensors;
9)   Read the current time;
10)  Write the temperatures and time to the log file;
11)  Compute the average temperature;
12)  if (difference between previous and current
      temperature > threshold1)
13)    monitoring interval value =
14)      monitoring interval value / 2;
14)  else if (monitoring interval value !=
15)    threshold2 && loop count > threshold3)
16)    interval value = interval value * 2;
17)  sleep during the interval time;
18) }
    
```

Fig. 2. Algorithm for the adaptive temperature data loggers.

```

...
if (first) {
  first = false;
} else if (abs(avgTemperature - oldAvgTemperature)
  > IntervalThreshold) {
  // we make the interval time short to be half
  if (intervalTime > 1) intervalTime /= 2;
  stableCount=0;
} else { // The temperature is stable
  if (intervalTime != setIntervalTime &&
    ++stableCount > stableLimit) {
    intervalTime *= 2;
    if (intervalTime > setIntervalTime) intervalTime
      = setIntervalTime;
    stableCount=0;
  }
  if (stableCount > stableLimit) stableCount=0;
}
oldAvgTemperature = avgTemperature;
...

```

Fig. 3. Adaptive control function program

하고, 데이터를 기록할 파일을 생성한다. 그리고 온도 센서로부터 데이터를 읽고, 현재 시간을 읽은 후 파일에 기록한다. 현재 온도의 평균값을 구한 후 이전 온도와의 차이가 임계치 온도 이상이면, 측정 간격의 값을 1/2로 줄인다. 만일 반으로 줄인 측정 간격 값이 0이면 1로 설정한다. 측정 간격 값이 최대 임계치와 같지 않고 온도의 변화가 안정적이면 측정 간격 값을 두 배로 한다. 마지막으로 배터리 수명을 절약하기 위해 측정 간격 시간동안 시스템은 수면 모드로 전환한다. 이 알고리즘은 Fig. 3과 같이 Arduino 프로그래밍 언어를 사용하여 알고리즘을 구현하였다.

결과 및 고찰

구현한 시스템의 동작을 실험하기 위해 두 가지 환경에서 실시하였다. 첫째로, Fig. 4와 같이 16개의 온도 센서를 연결하고 실험실의 창가에 위치시켜 6일간의 온도 데이터를 기록하였다.

Fig. 5는 16개의 온도 센서의 온도 변화를 나타낸 것이고, Fig. 6은 1번 온도 센서에 대해서만 측정 간격 시간의 변화를 나타낸 것이다. 온도 센서를 창가에 위치한 관계로 밤낮의 차이가 많이 발생하였음을 알 수 있고, 기온의 변화에 따라 온도 측정 간격 또한 1분에서



Fig. 4. Laboratory setup besides windows.

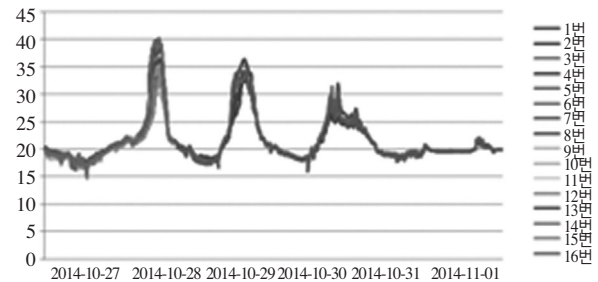


Fig. 5. Temperature variations as function of the measured date.

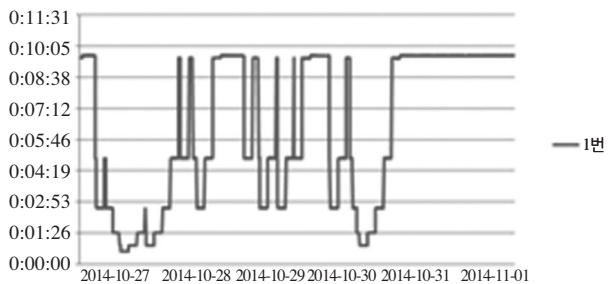


Fig. 6. Interval time variations as function of the measured date.

10분 사이에서 변화하였음을 확인할 수 있다.

두 번째 실험은 벌통에 설치하기 전의 환경과 동일하게 센서들을 Fig. 7과 같이 설치하였다. 하나의 막대에 3개의 온도 센서를 부착하여 총 27개의 센서를 연결하여 연구실 실내를 4일간 측정하였다.

Fig. 8은 27개의 온도 센서의 온도 변화를 나타낸 것

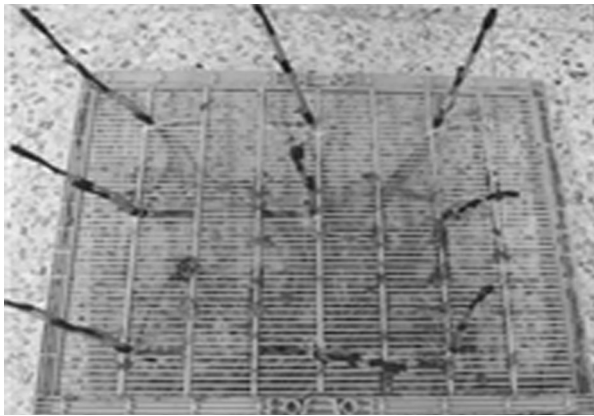


Fig. 7. Laboratory setup in a room.

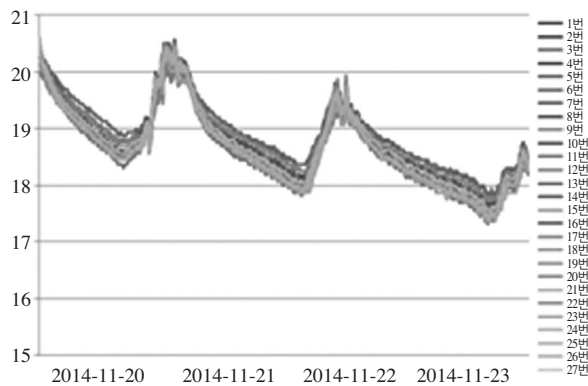


Fig. 8. Temperature variations as function of the measured date.

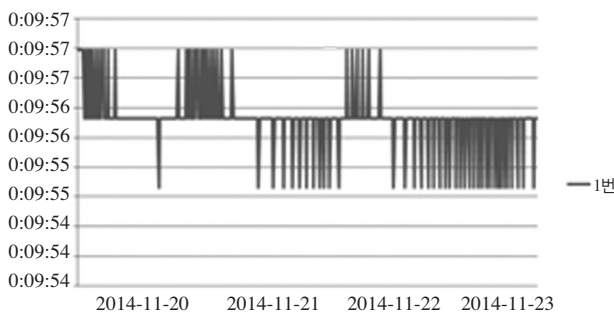


Fig. 9. Interval time variations as function of the measured date.

이고, Fig. 9는 1번 온도 센서에 대해서만 측정 간격 시간의 변화를 나타낸 것이다. 온도의 변화가 안정적으로 변화했고(Fig. 8), 측정 간격 시간 변화(Fig. 9) 역시 약 10분으로 변화하지 않았음을 알 수 있다. Fig. 8의 그래프 변화는 타이머의 오차로 인해 ± 1 초가 발생하였기 때문이다.

두 가지의 실험 환경에서 실시한 실험 결과를 통해 우리가 구현한 적응형 온도 알고리즘 시스템이 급격한 온도 변화에 따라 측정 간격 시간 또한 동적으로 변화하면서 올바르게 동작함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2015학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

인용 문헌

- 김광현. 2009. 무선 센서 네트워크란?. 계장기술.
- Kandepi, M. 2015. Bee Hive Temperature and Sound Monitor. Cornell University. Master Thesis.
- Kim, B. and C. Chung. 2014. Automatic Environmental Monitoring of Honeybee Hive: Prototype Design. Journal of Apiculture 29: 187-192.
- Zacepins, A. 2012. Application of Bee Hive Temperature measurements for Recognition of Bee Colony State. International Conference on Applied Information and Communications Technologies, 216p. Latvia.
- Zacepins, A. and T. Karasha. 2013. Application of Temperature Measurements for Bee Colony Monitoring: A Review. Proceedings of the 12th International Scientific Conference, 126p. Latvia.