Journal of Korea Multimedia Society Vol. 22, No. 11, November 2019(pp. 1324-1337)
https://doi.org/10.9717/kmms.2019.22.11.1324

에너지 하베스팅 및 모니터링 기반의 고로쇠 수액 통합 관리 시스템 구현

정세훈[†], 조경호[††], 김준영[†††], 박 준[††††], 김종찬[†††††], 최수임[††††††], 심춘보[†††††††]

A Implementation of Acer Pictum Sap Integrated Management System based on Energy Harvesting and Monitoring System

SeHoon Jung[†], KyeongHo Jo[††], JunYeoung Kim[†††], Jun Park[††††], JongChan Kim[†††††], Soolm Choi[††††††], ChunBo Sim[†††††††]

ABSTRACT

This study set out to investigate an energy harvesting device to ensure stable energy supply to batteries and data collection devices and a monitoring system for acer pictum sap to check collected data. Acer pictum sap farmers have written down weather information and yield of acer pictum sap manually for data storage. Since the job is done manually, there are many missing values in their data. In addition, it is not easy to manage batteries due to the characteristics of the areas where acer pictum sap is collected. The present study thus decided to build an energy harvesting device based on new renewable energy to ensure stable energy supply by taking into consideration power load, daily power consumption, and number of days with no sunshine for various devices. For a monitoring system, the investigator proposed a JSP-based web page to monitor temperature, humidity, volume of collected water, and battery state in real time. The proposed energy harvesting device was applied to reduce missing values in data. It promoted stable energy supply to the batteries and data collection devices, reducing the percentage of missing values in data from 30.55% to 0%.

Key words: Acer Pictum, Energy Harvesting, Monitoring System

※ Corresponding Author : Chun Bo Sim, Address: (540-742) Maegok-Dong, Suncheon-si Jeollanam-do, Korea, TEL : +82-61-750-3834, FAX : +82-61-750-3830, E-mail : cbsim@scnu.ac.kr
Receipt date : Oct. 10, 2019, Revision date : Oct. 30, 2019
Approval date : Nov. 11, 2019
[†] Dept. of Bigdata Convergence, School of Major Connection, Youngsan University (E-mail : shjung@ysu.ac.kr)
[††] Dept. of Multimedia Eng., School of Information Communication&Multimedia, Sunchon National University (E-mail : ho9290@naver.com)
[†††] Dept. of Multimedia Eng., School of Information Communication&Multimedia, Sunchon National University (E-mail : kjoone3k@naver.com)
[††††] Dept. of Multimedia Eng., School of Information Communication&Multimedia, Sunchon National University (E-mail : todnshfdl@naver.com)
[†††††] Dept. of Computer Eng., Sunchon National University (E-mail : seaghost@scnu.ac.kr)
[††††††] Dept. of Forest Resources, Sunchon National University (E-mail : sooim@scnu.ac.kr)
[†††††††] Dept. of Multimedia Eng., School of Information Communication&Multimedia, Sunchon National University
※ This study was carried out with the support of ´R&D Program for Forest Science Technology (Project No. 2017090A00-1719-AB01)´ provided by Korea Forest Service(Korea Forestry Promotion Institute) and this research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education(No.2017 R1D1A3B03035379) and this paper has been written with the support of Jeollanam-do ('2018 R&D supporting program' operated by Jeonnam Technopark.

1. 서 론

최근 4차 산업혁명(4th Industrial Revolution) 시대에 들어서며 여러 분야에 4차 산업혁명의 핵심기술인 빅데이터(Bigdata), 인공지능(Artificial Intelligence), 사물인터넷(IoT, Internet of Thing)을 적용하려는 시도에 꾸준히 진행중이다. 그 중에서도 임업 분야는 4차 산업혁명 기술을 융합하여 정부에서 주도하는 스마트 임업 사업으로 크게 주목받고 있다. 농업과 4차 산업혁명을 융합하는 목적 중 가장 중요한 것은 생산량 증대이다. 생산량 증대를 위해서는 파종에서부터 수확까지 시기적절한 조치가 이뤄져야 하는데 대부분은 정량적인 데이터가 아닌 경험으로 축적된 방법에 의해 재배되고 있다. 즉, 노하우에 의존하기 때문에 경작 실패에 대한 정확한 원인 파악이 어려운 실정이다. 그리고 농산물 중 임산물의 경우 대부분 깊은 산골이나 고산지대에서 경작되고 있다. 이런 극한의 지리적 여건으로 임산물을 스마트 임업에 적용하기 어려운 실정이다. 고로쇠 수액은 추위가 풀리기 시작하는 2월부터 늦게는 4월까지 생산되는데, 앞서 기술한 불리한 여건으로 수액의 생산량에 영향을 주는 데이터를 수집하기 어려운 부분이 존재한다. 기존 고로쇠 수액 생산량과 환경 정보간의 연관성을 규명하는 연구의 경우 데이터 수집을 위해 사람이 직접 수작업으로 측정치를 기록하여 데이터의 신뢰도와 규모가 데이터를 분석하기에는 부적합하였다[1-3]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 납축전지와 데이터로거를 활용하여 데이터를 수집하는 방법이 있으나, 한겨울 극한의 날씨에 배터리 수명이 설계 시 계산한 용량보다 빨리 소모되어 데이터가 기록되지 않는 경우도 많아, 고지대에 설치된 장비에서 정확한 데이터를 수집하는데 많은 제약 사항이 존재하고 있다.

이에 본 연구에서는 태양광 에너지를 가져와 배터리에 저장하여 데이터 수집 장치 및 집수장치에 에너지를 안정적으로 공급해주어 데이터 결측치 발생을 줄여줄 수 있는 에너지 하베스팅 장치 및 배터리 상태와 센서 데이터 수집 결과 등을 모니터링할 수 있는 IoT 기반 실시간 고로쇠 수액 통합 관리 시스템을 개발하였다.

2. 관련연구

스마트팜은 최근 IoT 기술의 발달로 인하여 이전과 다른 다양한 연구 성과가 도출되고 있다. 특히 본 연구에서는 임업 관리 시스템의 문제점을 확인하고 이를 개선하기 위한 방안의 기존 연구를 제시하고 문제점을 분석한다.

에너지 하베스팅과 관련하여 다양한 분야에 열에너지, 압전, 진동과 다양한 신재생에너지를 활용하여 에너지를 수집하는 연구가 진행되어왔다. 최근 IoT와 다양한 장치에 에너지의 공급이 필요로 하면서 스스로 에너지를 공급할 수 있는 에너지 자립형 IoT 장치가 필요하게 되었고 IoT 장치와 결합된 형태의 에너지 수집장치들의 연구들이 진행되고 있다[4-6]. 현재 깊은 산골이나 고산지대에서 작업을 하는 임산물의 경우 극한의 지리적 조건에 의해 많은 제한이 있다. 데이터 분석을 위해 고산지대에서 데이터를 수집해야 하지만 전기 공급이 원활하지 않거나 배터리를 이용할 경우 낮은 기온으로 인해 배터리의 수명이 빨리 소모되어 데이터가 정상적으로 수집되지 않는 어려움이 있다. 이러한 문제는 설치된 데이터 수집 장치가 자가 형식의 전원 공급으로 문제점을 해결할 수 있다. 이에 본 연구에서는 에너지 하베스팅 기술을 적용하여 기존 문제를 해결하고자 한다.

또한 다양한 모니터링 시스템은 2000년대 초반부터 후반까지 주목받던 컴퓨터 패러다임인 유비쿼터스(Ubiquitous)와 결합하여 활발한 연구가 진행되었다[3, 7-11]. 2010년대 중반에 들어서며 빅데이터의 중요성이 부각되고 4차 산업혁명으로 농업과 최신 IT기술을 융합하는 연구들이 진행되고 있다. 현재 우리나라는 극심한 인구감소 문제를 겪고 있고, 도시지역을 제외한 농촌지역의 경우 인구감소뿐만 아니라 고령화로 인해 노동력 확보에 어려움이 있다. 이러한 문제는 농업 분야뿐만 아니라 임업 분야에서도 마찬가지이다. 임업 분야에서의 모니터링 시스템은 대부분 화재 예방, 해충 및 질병 등에 의한 산림 재해, 기후변화에 따른 피해 예방과 같은 위험 예방 모니터링 시스템의 연구가 진행되었다[12-13].

본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 단순 모니터링 시스템을 벗어나 데이터 모니터링과 분석 모니터링이 결합한 통합 모니터링 시스템을 연구한다. 통합 모니터링 시스템은 위험 예방뿐만 아니라 노동력을 감소시킬 수 있는 제어 모니터링 시스템과 생

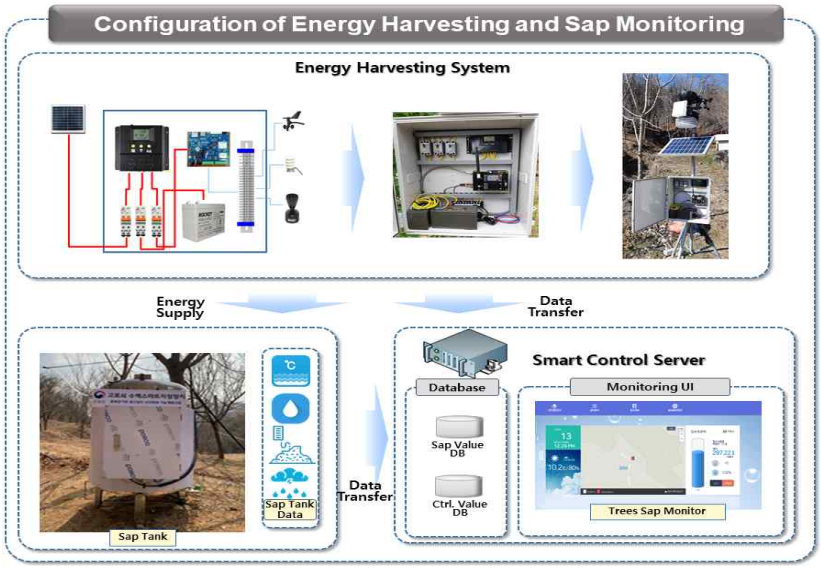

Fig. 1. Configuration of Energy Harvesting and Sap Monitoring.

산 시기 및 생산량 예측 모니터링 시스템을 포함한다.

3. 제안하는 연구방법

3.1 시스템 구조

본 연구에서는 크게 안정적인 에너지 공급을 위한 에너지 하베스팅 장치인 H/W와 실시간으로 배터리 상태 및 데이터 수집 상태를 확인할 수 있는 모니터링 시스템인 S/W로 구성되어 있다. 제안하는 시스템의 H/W인 에너지 하베스팅 장치는 신재생에너지를 이용하여 발생되는 에너지를 제어하고, 이를 다양한 데이터 수집 장치 및 배터리에 에너지를 안정적으로 공급하여 배터리의 상태를 관리하고 수집한 데이터의 결측치가 발생되지 않도록 하는 역할을 한다. S/W인 모니터링 시스템은 집수 장치로부터 전송되는 수액 집수량 및 외부 환경 데이터를 수신하여 데이터를 저장하고 수집된 데이터를 실시간으로 확인할 수 있는 역할을 한다. Fig. 1은 제안하는 에너지 하베스팅 장치 및 고로쇠 수액 모니터링 시스템의 전체 구조도를 나타낸다.

3.2 에너지 하베스팅 장치 설계

Fig. 2는 신재생에너지 기반의 에너지 하베스팅 장치의 구성도이다.

태양광 에너지 패널을 이용하여 태양열 에너지를 수집하여 발생되는 에너지를 제어하고, 이를 활용함으로써 에너지를 안정적으로 공급할 수 있고 배터리를 교체할 필요가 없도록 구성하였다. 태양광 발전 모듈에서 에너지를 생성하여 고로쇠 집수장치와 데이터 수집 장치에 에너지를 공급한다. 에너지 하베스팅 장치의 최적 용량은 기상환경 데이터 수집을 위한 센서 및 집수장치의 데이터 수집 장치의 전력 부하량과 부조일수 등을 고려하여 설계하였다. Fig. 3은 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 전원 회로도이다. 입력 전원은 DC 12V로 통신 보드에 안정적으로 전원을 공급하도록 설계하였다. 또한 소비 전력은 0.5A 이하의 3.3V 규격으로 설계하여 효율적인 전력 소비가 되도록 구성하였다.

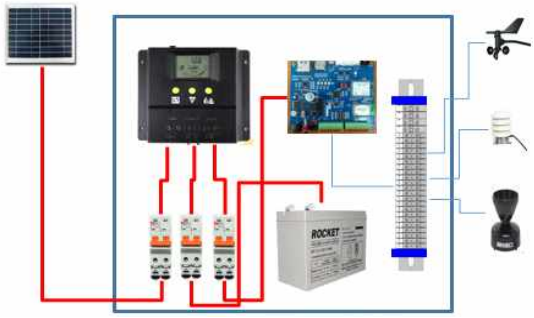

Fig. 2. Configuration of Energy Harvesting.

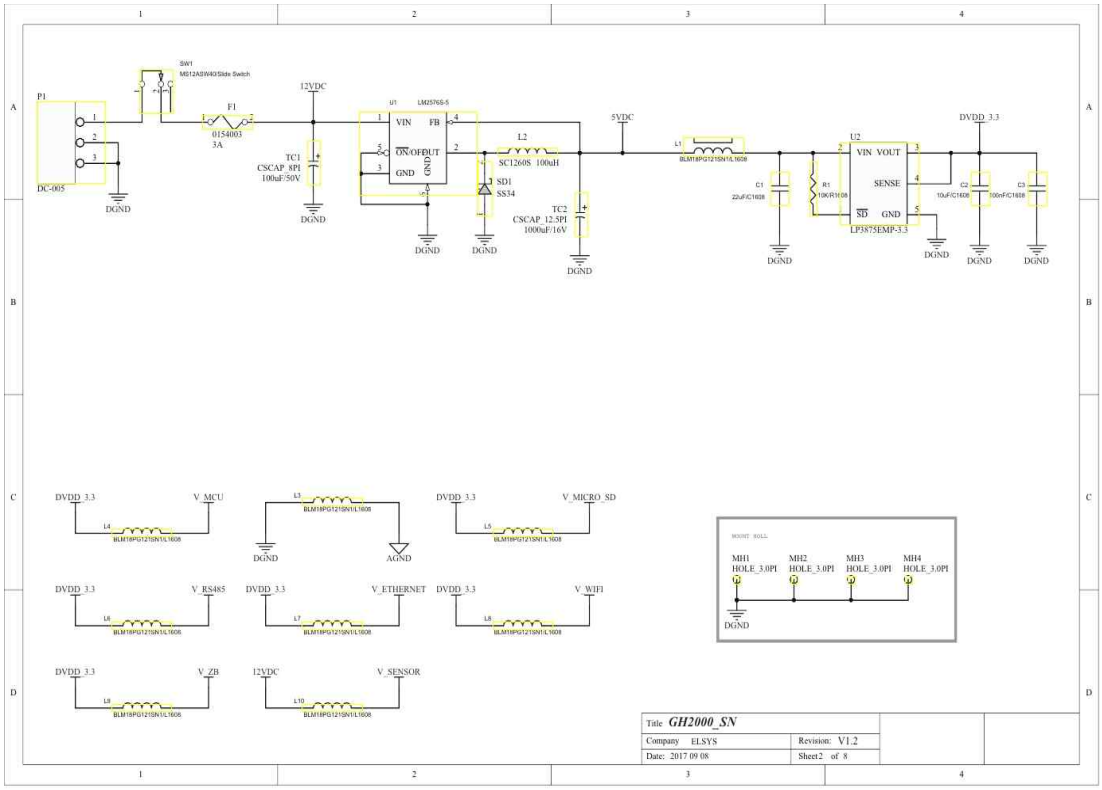

Fig. 3. Data Acquisition Power Supply Schematic based on Energy Harvesting.

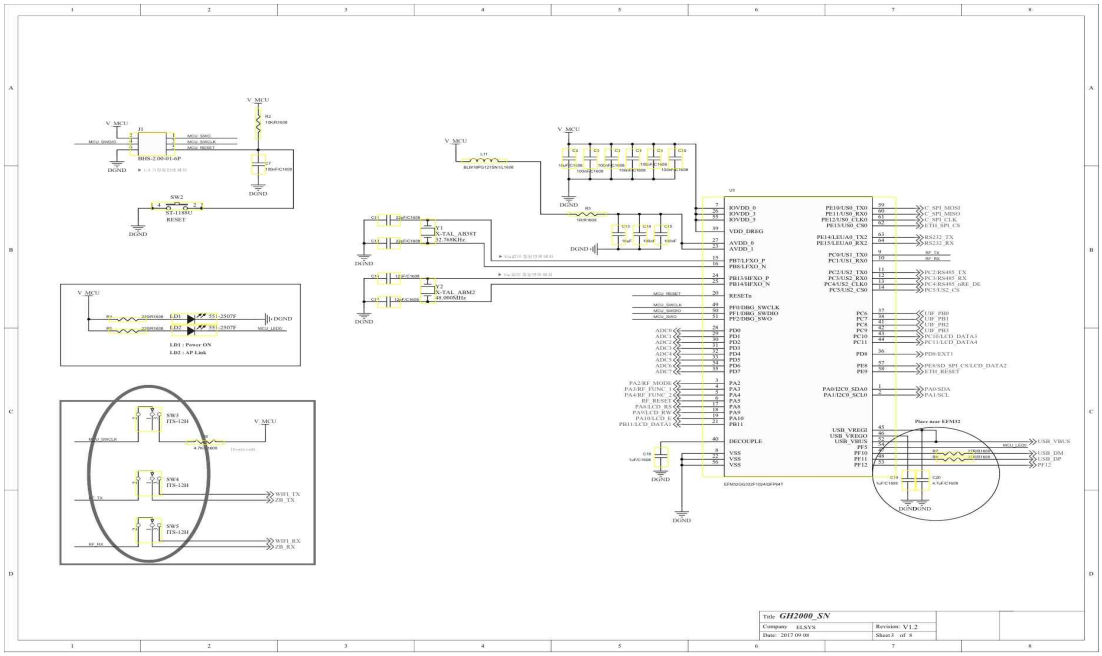

Fig. 4. Data Acquisition Unit MCU Schematic based on Energy Harvesting.

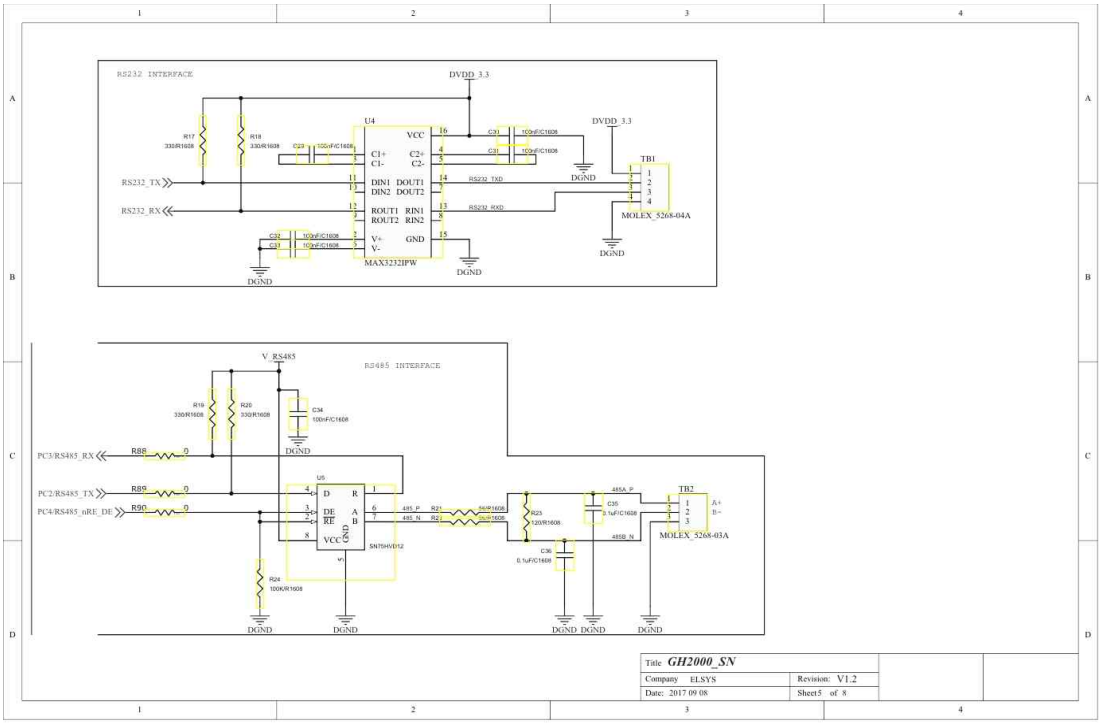

Fig. 5. Data Acquisition Device UART Schematic based on Energy Harvesting.

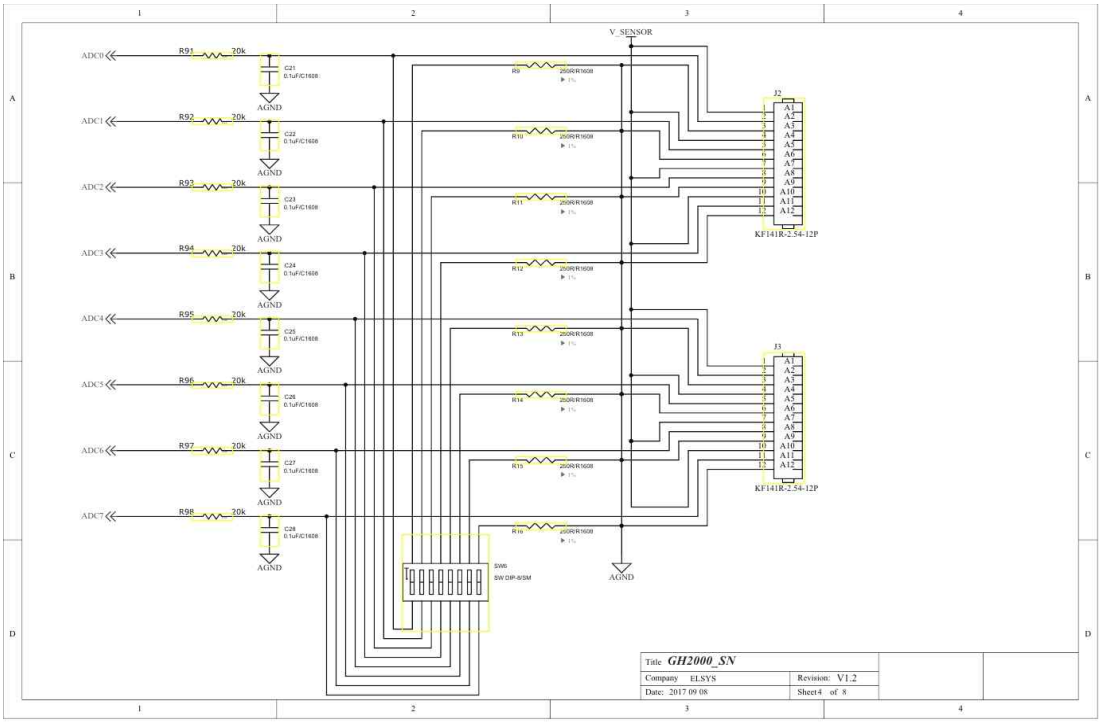

Fig. 6. Data Acquisition Device Sensor Schematic based on Energy Harvesting.

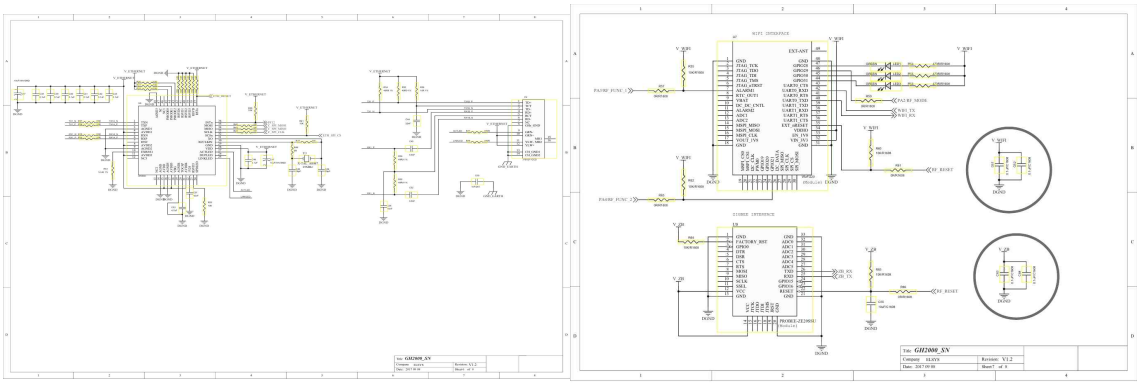

Fig. 7. Data Acquisition Device Ethernet and Wireless Schematic based on Energy Harvesting.

Fig. 4는 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 MCU(Main Control Unit) 회로도이다. ARM Cortex M3를 사용하여 명령어 디코딩 회로의 간략화로 회로 코스트와 전력 소모를 동시에 감소 되도록 구성하였다. 그리고 메모리 공간을 분할 관리할 수 있는 MPU(Micro Processor Unit)를 통해 런타임의 안정성을 가지도록 구성하였다. 그리고 3개의 Channel의 내부 DMA(Direct Memory Access)를 통해 데이터 처리에 부하를 줄여 좀 더 빠른 처리가 가능하다. 센서들로부터 들어오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 12bit의 ADC(Analog to Digital Converter)를 사용하였다.

Fig. 5는 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 UART 회로도이다.

UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)와 USART(Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) 각각 2개씩의 Channel로 구성하여 동기 모드와 비동기 모드를 선택적으로 사용할 수 있도록 설계하였다. 따라서 RS232와 RS485 통신 방식을 선택적으로 활용할 수 있다. 그리고 BASE B/D와 통신 보드에 전압을 공급하기 위해 각각 5V와 3.3V로 다운하여 개발하였다. Fig. 6은 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 센서 회로도이다. 8개의 채널에서 기상 환경 데이터를 수집한다. 센서는 0~5 V의 전압과 4~20 mA의 전류를 지원하도록 구성하였다. 수집한 센서 데이터들은 센서 노드에서 디지털 값으로 변환되어 데이터 통신 중계장치로 전송된다.

Fig. 7은 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 Ethernet, Wireless의 회로도이다. 센서 데이터 전송은 넓은 지역에 분포되어 있는 생산지역에서도 안정적인 통신이 가능하도록 WLAN과 LoRa 통신 방식을 사용하였다. 2.4GHz 802.15.4의 ZIGBEE 프로토콜을 사용하여 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집 장치의 배터리 효율을 높였다. 또한 WLAN Module은 IEEE802.11b 기술규격을 사용한다. Wireless를 기반으로 센서 노드에서 수집된 데이터는 데이터중계장치를 통해 서버로 전송된다.

Fig. 8은 다수의 센싱 장치로부터 전송되는 데이터 수집 및 처리를 위한 다채널 게이트웨이 회로도이다. 넓게 산개되어있는 고로쇠나무 수액 생산 지역의 특성을 고려하여 통신중계장치가 필요하다. 다수의 센서 모듈들과의 안정적인 저전력/장거리 통신 기술을 구현하기 위해 다채널 게이트웨이를 사용한다. 서버 플랫폼과 통신 연동 기능은 Ethernet을 기본으로 하고, LTE 모듈을 별도로 제작하여 선택적으로 활용할 수 있다. 열악한 외부 환경을 고려해 방수/방진

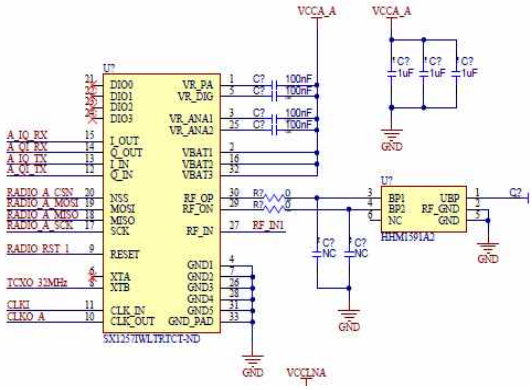

Fig. 8. Multichannel Gateway Schematic.

기능을 적용한 Outdoor 외함과 Indoor 외함을 설계하였다.

3.3 고로쇠 수액 모니터링 시스템 설계

Fig. 9는 고로쇠 수액 모니터링 시스템의 전체 데이터베이스 스키마이다. 총 8개의 테이블로 구성되며 주요 테이블로는 사용자의 정보와 농가의 정보를 저장하는 사용자와 고객 테이블, 기상정보를 저장하는 실시간 기상정보, 일별 기상정보 테이블 그리고 부품 센서들을 관리하고 설정하는 부품 센서 관리 테이블, 센서들의 입력값과 범위 등을 설정해주는 기초 자료 입력 테이블, 시스템 관리와 관련된 시스템 테이블 그리고 공지사항과 관련된 테이블이 있다. 실시간 기상정보 데이터는 다양한 센서들로부터 온도, 습도, 풍향, 풍속, 강수량과 날씨 등의 정보를 저장하고 일별 기상정보는 기상청에서 제공하는 최소, 최대, 평균 온습도와 일간 강수량, 적설량 등의 기상정보를 저장할 수 있도록 하였다.

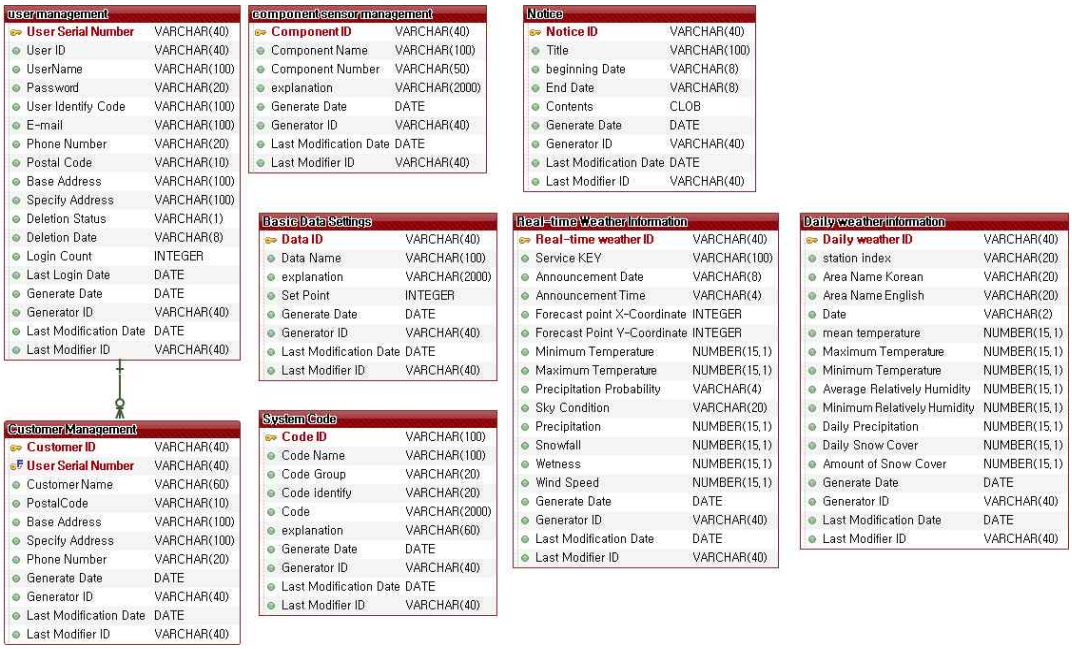

Fig. 9. Database Scheme of Monitoring System.

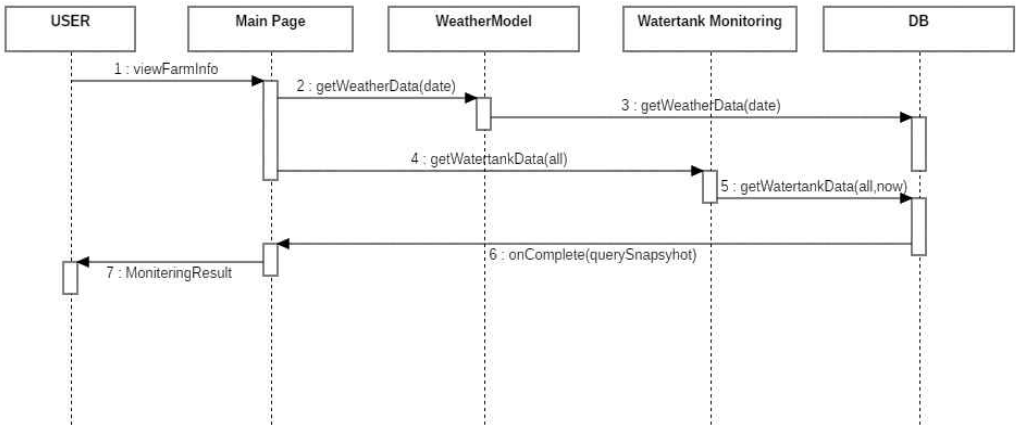

Fig. 10. Main Page Sensor/Weather Data Lookup Sequence Diagram.

Fig. 10은 모니터링 서비스의 메인 페이지에서 센서/기상 데이터를 조회할 수 있는 시퀀스 다이어그램이다. 사용자가 메인 페이지에 접근을 하게 되면 가장 최근에 수집된 센서 데이터와 기상 데이터, 집수장치의 데이터를 보여준다. 메인 페이지에서는 날씨 정보와 고로쇠 생산 지역의 온도/습도 데이터, 집수장치의 생산량, 온도, 상태 등의 정보를 출력한다.

Fig. 11은 모니터링 페이지의 센서 데이터 그래프를 조회하 수 있는 시퀀스 다이어그램이다. 사용자가 페이지에 접근하여 시간별 또는 월별, 원하는 날짜, 원하는 시간을 설정하여 그래프를 조회할 수 있다. 사용자가 원하는 날짜와 원하는 시간 그리고 조회하고자 하는 센서 정보를 선택하면 데이터베이스에서 데이터를 호출하고 drawDailyData/drawHoulyData 메소드를 이용하여 시간별 또는 월별로 그래프를 생성하고 사용자에게 출력한다.

Fig. 12는 고로쇠 수액 모니터링 시스템의 전체 클래스 다이어그램이다. 기능에 따라 각 페이지 별로 클래스를 정의할 수 있다. 또한 각 페이지 버튼 및 페이지 Load를 통해 이벤트를 처리하게 된다. Sensor Model 클래스와 WatertankModel 클래스는 고로쇠 채취 지역의 센서 정보들과 집수장치의 센서 정보들

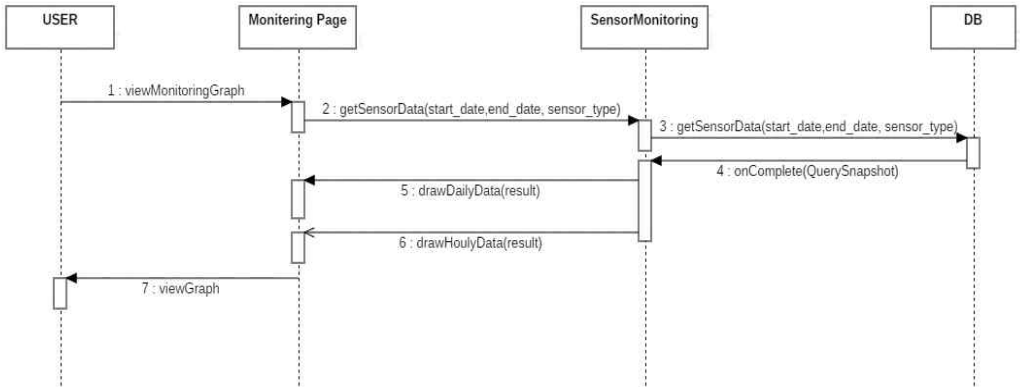

Fig. 11. Monitoring Page Sensor Data Graph Lookup Sequence Diagram.

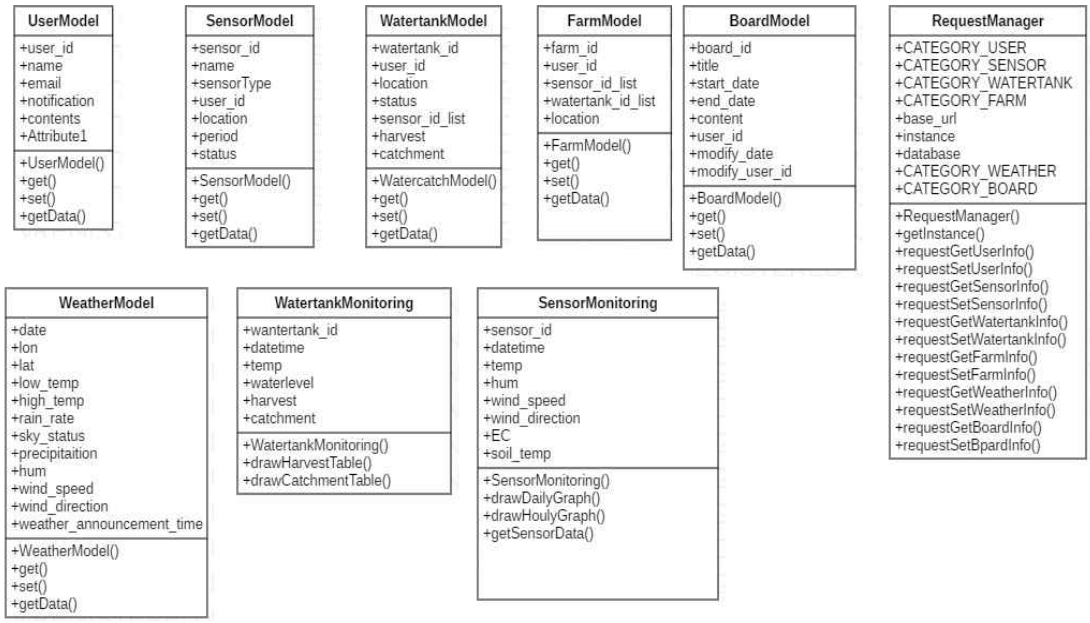

Fig. 12. Monitoring System Class Diagram.

을 처리하는 클래스이며, 사용자의 농가에 위치한 고로쇠 채취 지역과 집수장치의 위치에 해당하는 센서 정보들을 다룬다. 메인 페이지에서는 접속한 일자를 기준으로 최근 데이터들을 가져오고 모니터링 페이지에서는 지정한 범위에 해당하는 센서 데이터들을 호출하게 된다. 모니터링 페이지에서는 가져온 데이터를 drawDailyGraph 메서드, drawHourlyGraph 메서드를 이용하여 그래프 형태로 출력한다.

4. 제안하는 시스템 결과 및 평가

4.1 에너지 하베스팅 장치 개발

Fig. 13은 신재생에너지 기반의 에너지 하베스팅 장치의 프로토타입이다. 에너지 하베스팅 장치는 고로쇠 수액 채취 지역에 설치되며, 데이터 수집 장치에 필요한 원활한 전기 공급을 위해 신재생에너지를 이용하여 전기를 발전, 저장 및 공급하도록 하였고 외함을 통해 외부 환경에 의한 파손을 막고 방진/방수가 될 수 있도록 하였다. 그리고 외부 환경에 효율적인 신재생에너지 조합구성이 가능하도록 신재생에너지 시스템을 저장장치, 태양광 모듈, 태양광 충전 컨트롤러로 모듈화하여 개발하였다. 최종적으로 성능평가를 위해 전라남도 광양과 경상남도 산청에 에너지 하베스팅 장치를 설치하여 센서 노드에 차질 없이 전원이 공급되도록 하였다.

Fig. 14는 에너지 하베스팅 기반의 데이터 수집장치이다. 데이터 수집 장치는 에너지 하베스팅 장치에서 전원을 공급받아 고로쇠 수액 생산지역 내에서 온/습도, 풍향/풍속, 강우량, 일사량, 토양 데이터를 수집한다. 서버와의 통신은 LoRa와 WLAN을 통해 게이트웨이에 전달되어 데이터베이스 서버와 통신한다.

Fig. 13. Prototype of Energy Harvesting.

Fig. 15는 다채널 게이트웨이의 H/W이다. 다수의 센싱 장치로부터 전송되는 데이터 수집 및 처리를 위해 Ethernet과 LTE 모듈을 연결하여 통신할 수 있게 하였다. 그리고 열악한 외부 환경을 고려해 방진/방수 기능을 적용한 Outdoor 외함과 Indoor 외함을 만들어 다채널 게이트웨이를 외부 환경에 견딜 수 있게 하였다.

4.2 고로쇠 수액 모니터링 시스템 구현

Fig. 16은 고로쇠 수액 모니터링 시스템의 메인화면이다. 메인화면을 통해 스마트 고로쇠 집수장치의

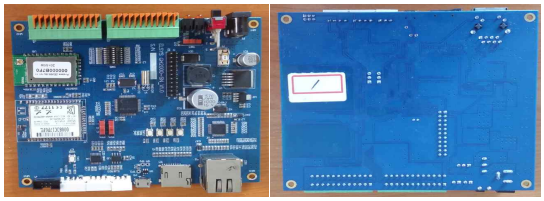

Fig. 14. Data Acquisition Device based on Energy Harvesting.

Fig. 15. Multichannel Gateway H/W.

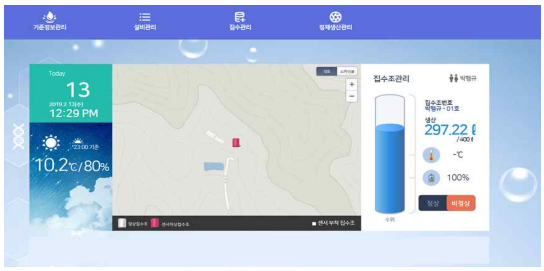

Fig. 16. Main Screen.

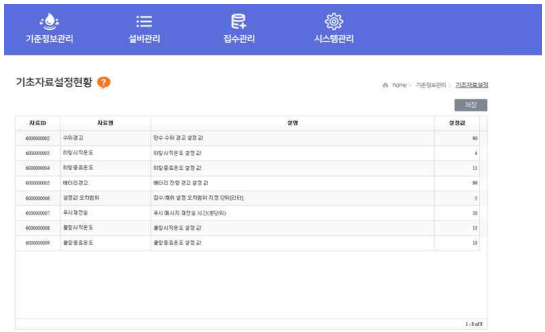

Fig. 17. Basic Data Setting Status Screen.

위치, 집수장치에서 수집하는 실시간 생산량, 집수장치의 온도/습도 그리고 외부의 온도/습도를 확인하는 화면이다.

Fig. 17은 메인메뉴에서 기준정보관리 모듈에서 기초자료 설정 현황을 선택하였을 때 출력되는 화면으로 집수장치의 센서 설정값과 제어장치 설정값을 확인하고 조정할 수 있는 화면이다.

Fig. 18은 시간별 기상환경 데이터 모니터링 화면이다. 농가명과 일자를 선택하여 시간별로 기상환경 데이터 수집 장치에서 수집되는 온도, 습도, 지면 온도, 지면 함수율, 일사량 그리고 EC 센서 데이터를 일별로 모니터링할 수 있다. 그리고 수집되는 데이터를 그래프 형태 또는 테이블 형태로 모니터링할 수 있다.

Fig. 19는 일별 기상환경 데이터 모니터링 화면이다. 농가와 조회를 원하는 월을 선택하여 일별로 조회할 수 있으며 일별로 센서 데이터의 최소값, 최대값 그리고 평균값을 그래프와 테이블 형태로 모니터링할 수 있다.

Fig. 20은 수위 데이터 모니터링 화면이다. 집수장치에 집수되는 고로쇠 수액의 수위를 측정하여 고로쇠 수액의 집수량을 모니터링할 수 있다. 사용자는 수위 데이터 모니터링 화면을 통해 수위를 확인하고 채취할 날짜를 결정하는데 도움을 줄 수 있다.

Fig. 21은 집수관리 모듈의 집수/채취량 관리를 선택하였을 때 나타나는 화면으로 농가명, 기간, 구분 그리고 스마트 고로쇠 집수조 번호를 설정하여 집수량과 채취량을 조회할 수 있고 집수 또는 채취량을 등록할 수 있는 화면이다.

4.3 기존 데이터 수집 방법과 비교

Fig. 22는 2016년 1월 29일부터 2016년 2월 29일까지 40일간 하루에 1번 수기로 작성한 파일이고, Fig.

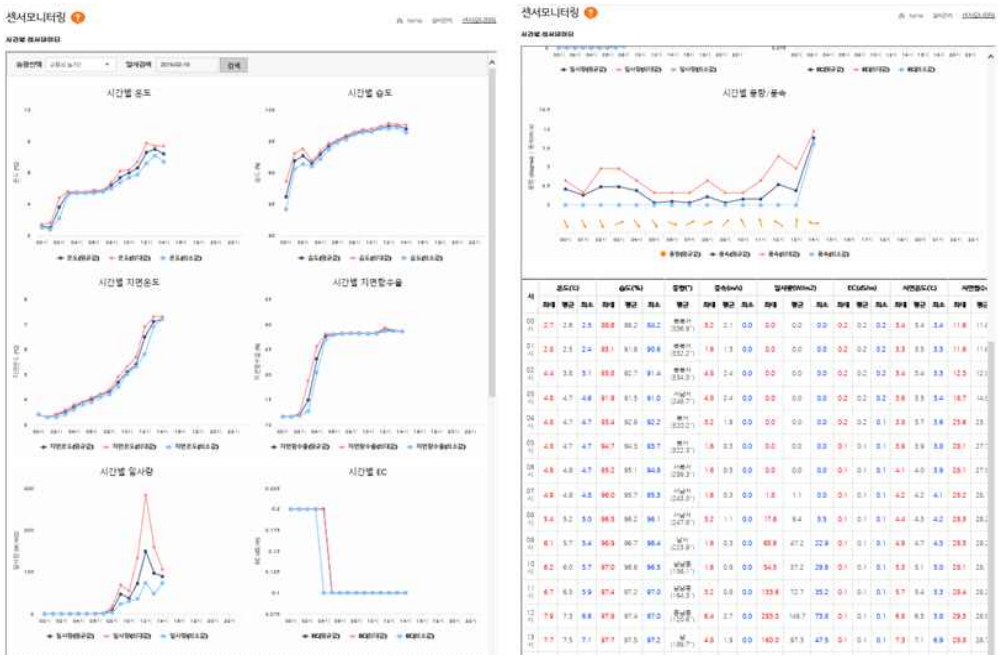

Fig. 18. Hourly Sensor Data Monitoring Screen.

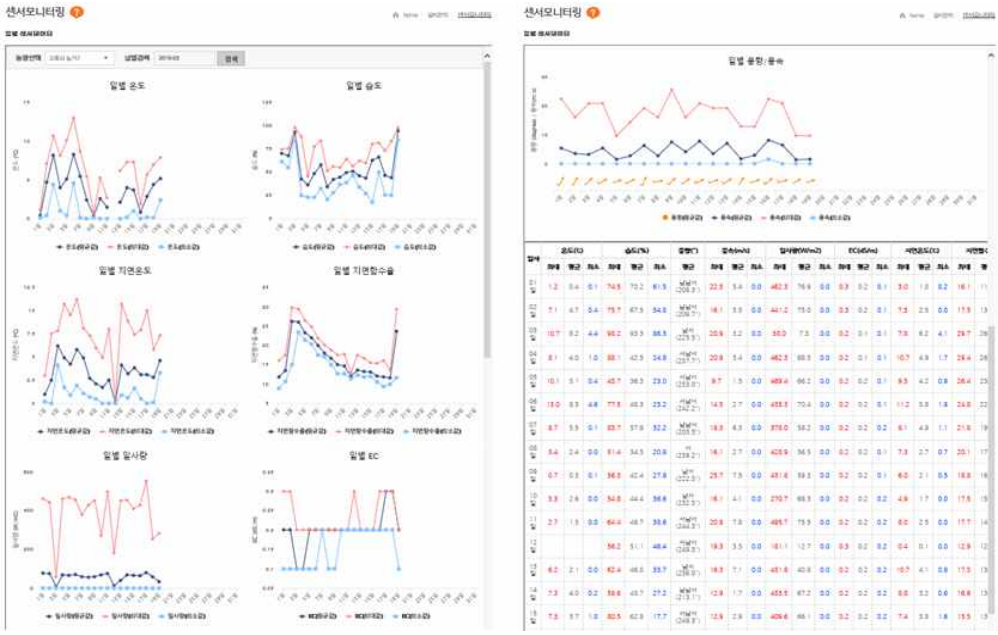

Fig. 19. Daily Sensor Data Monitoring Screen.

Fig. 20. Water Level Data Monitoring Screen.

23은 2019년 1월 27일부터 2019년 3월 12일까지 45일간 하루에 6번 제안하는 시스템으로 수집한 데이터 파일이다. 수기로 작성한 파일의 경우 곳곳에 결측치가 발생한 것을 확인할 수 있다.

Table 1은 전라남도 광양과 경상남도 산청에 있는 농가에서 직접 수기로 고로쇠 관련 데이터를 작성한 것과 에너지 하베스팅 장치를 이용하여 데이터 수집 장치에 에너지를 공급하여 데이터를 수집한 것의 데이터 결측치 비율을 비교한 표이다. 그 결과 수기로 작성할 경우 데이터의 결측치가 약 30.55% 발생하였고 에너지 하베스팅 장치를 이용한 데이터 수집 장치

Table 1. The performance for proposed system and Handwriting

	Handwriting	Proposed System
Total Data	11,346	27,000
Missing Data	3,466	0
Missing Rate (%)	30.55	0

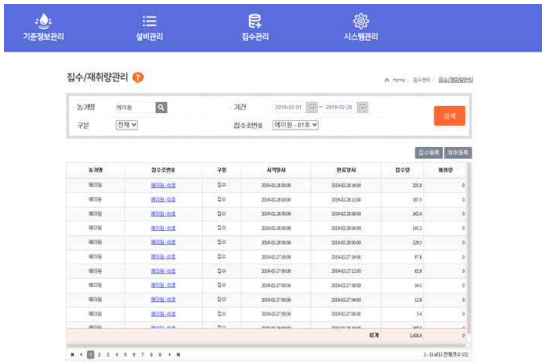

Fig. 21. Collecting/Gathering Management Screen.

로 수집할 경우 데이터 결측지가 발생하지 않았다.

5. 결 론

국내 특정 지역에만 분포되어 있는 고로쇠 수액은 매년 추위가 풀리기 시작하는 2월부터 4월까지 집중적으로 생산되는 임업 특산물이다. 그러나 고로쇠 수액은 고지대에 분포하고 있으며, 여러 불리한 여건으로 고로쇠 수액의 생산량에 영향을 주는 데이터를 수집 및 분석하기 어려운 부분이 존재한다. 기존 고로쇠 수액 생산량과 환경 정보간의 연관성을 규명하는 연구의 경우 데이터 수집을 위해 사람이 직접 수

	A	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
4	개체번 No.	1/29	1/30	1/31	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9
5	가공 - 1		50	100	125	155	70	65	45	65	40	50	45
6	가공 - 2		165	125	155	165	70	165	120	120	100	110	105
7	가공 - 3		830	345	420	550	140	310	365	635	230	240	235
8	가공 - 4		170	100	120	145		50	115	150	70	80	75
9	가공 - 5		315	140	170	200		240	185	230	110	120	115
10	가공 - 6		85	110	140	160			70	110	20	30	25
11	가공 - 7		625	380	470	480			460	625	230	240	235
12	가공 - 8		10	90	110	100		155	170	150	50	60	55
13	가공 - 9		15	120	140	255			100	275	145	155	150
14	가공 - 10		455	350	420	500	415	265	100	10	65	75	70
15	가공 - 11		270	100	120	130		55	70	100	40	45	50
16	가공 - 12		235	160	190	320	285	80	40	150	60	75	70
17	가공 - 13		520	250	300	520	350	190	65	225	140	145	130
18	가공 - 14		240			430	510	265	70	245	5	50	10
19	가공 - 15		230	170	210	275	440	250	100	155	30	20	10
20	가공 - 16		10	10	10	410		30	210	315	30	50	20
21	가공 - 17		785	450	550	245	860	550	315	520	310	200	350
22	가공 - 18			320	400	800	510	380	245	450			
23	가공 - 19		200	130	170	325	430	425	270	305	250	280	250
24	가공 - 20		125	190	230	340	445	200	150	180	140	150	160
25	가공 - 21		40	10	10	200	400	150	90	195	110	130	110
26	가공 - 22			50	70	70	50	40		10	10	10	20
27	가공 - 23		230	150	190	365	860	355	130	240	230	250	220
28	가공 - 24		10	120	150	195	130	40	20	40	20	20	20
29	가공 - 25		110	140	170	250	360	250	75	85	70	80	90
30	가공 - 26		270	280	350	530	730	415	145	485	180	190	200
31	가공 - 27		210	230	290	20	165	25	175	250	200	230	180
32	가공 - 28		100	150	190	160	110	50	200	220	120	110	100
33	가공 - 29		100	290	260	190	355	255	430	125			
34	가공 - 30		345	310	370	270	600	400	625	365	280	300	270
35	합계	0	6750	5370	6500	8755	8285	5655	5155	7030	3285	3495	3370

Fig. 22. Handwriting Data.

	B	C	D	E	F	G	H
1	EP_MONTH	EP_DAY	EP_TIME	EP_SEC	EP_UNIX	EP_DATA	CREATE_DT
2	201901	20190127	1443	55	1548567835	0.00	2019/01/27 PM 2:41:46.000000
3	201901	20190127	1603	00	1548572580	0.00	2019/01/27 PM 4:00:46.000000
4	201901	20190127	2003	00	1548586960	4.74	2019/01/27 PM 8:00:45.000000
5	201901	20190128	0003	00	1548601380	8.14	2019/01/28 AM 12:00:45.000000
6	201901	20190128	0403	00	1548615780	8.14	2019/01/28 AM 4:00:45.000000
7	201901	20190128	0803	00	1548630180	16.29	2019/01/28 AM 8:00:45.000000
8	201901	20190128	1203	00	1548644580	19.42	2019/01/28 PM 12:00:45.000000
9	201901	20190128	1603	00	1548658980	34.80	2019/01/28 PM 4:00:45.000000
10	201901	20190129	1323	52	1548735832	65.08	2019/01/29 PM 1:21:43.000000
11	201901	20190129	1603	00	1548745380	88.70	2019/01/29 PM 4:00:48.000000
12	201901	20190129	2003	00	1548759780	150.65	2019/01/29 PM 8:00:48.000000
13	201901	20190130	0003	00	1548774180	150.65	2019/01/30 AM 12:00:48.000000
14	201901	20190130	0403	00	1548788580	183.90	2019/01/30 AM 4:00:47.000000
15	201901	20190130	0803	00	1548802980	208.86	2019/01/30 AM 8:00:48.000000
16	201901	20190130	1203	00	1548817380	253.61	2019/01/30 PM 12:00:48.000000
17	201901	20190130	1603	00	1548831780	297.31	2019/01/30 PM 4:00:47.000000
18	201901	20190130	2003	00	1548846180	343.16	2019/01/30 PM 8:00:48.000000
19	201901	20190131	0003	00	1548860580	384.25	2019/01/31 AM 12:00:47.000000
20	201901	20190131	0403	00	1548874980	400.00	2019/01/31 AM 4:00:48.000000
21	201901	20190131	0803	00	1548889380	400.00	2019/01/31 AM 8:00:47.000000
22	201901	20190131	1203	00	1548903780	400.00	2019/01/31 PM 12:00:48.000000
23	201901	20190131	1603	00	1548918180	400.00	2019/01/31 PM 4:00:47.000000
24	201901	20190131	2003	00	1548932580	400.00	2019/01/31 PM 8:00:48.000000
25	201902	20190201	0003	00	1548946980	400.00	2019/02/01 AM 12:00:47.000000
26	201902	20190201	0403	00	1548961380	400.00	2019/02/01 AM 4:00:47.000000
27	201902	20190201	0803	00	1548975780	0.00	2019/02/01 AM 8:00:47.000000
28	201902	20190201	1203	00	1548990180	0.00	2019/02/01 PM 12:00:47.000000
29	201902	20190201	1603	00	1549004580	0.00	2019/02/01 PM 4:00:47.000000
30	201902	20190201	2003	00	1549018980	0.00	2019/02/01 PM 8:00:48.000000
31	201902	20190202	0003	00	1549033380	4.07	2019/02/02 AM 12:00:47.000000
32	201902	20190202	0403	00	1549047780	8.52	2019/02/02 AM 4:00:47.000000
33	201902	20190202	0803	00	1549062180	8.52	2019/02/02 AM 8:00:47.000000
34	201902	20190202	1203	00	1549076580	17.10	2019/02/02 PM 12:00:47.000000
35	201902	20190202	1603	00	1549090980	23.74	2019/02/02 PM 4:00:46.000000
36	201902	20190202	2003	00	1549105380	23.74	2019/02/02 PM 8:00:47.000000
37	201902	20190203	0003	00	1549119780	48.56	2019/02/03 AM 12:00:47.000000
38	201902	20190203	0403	00	1549134180	48.56	2019/02/03 AM 4:00:47.000000
39	201902	20190203	0803	00	1549148580	65.05	2019/02/03 AM 8:00:47.000000

Fig. 23. Proposed System Data.

작업으로 측정치를 기록하여 데이터의 신뢰도와 규모가 데이터를 분석하기에는 부적합하였다. 이에 본 논문에서는 기존의 연구에서 문제가 되었던 수작업 기록에 의한 데이터의 신뢰성 문제와 외부 환경에 의한 배터리 문제를 고려하여 신재생에너지 기반 에너지 하베스팅 장치를 설계하고 데이터 수집 및 배터리 상태를 확인하기 위한 고로쇠 수액 모니터링 시스템을 제안하였다. 기존 방법인 수기 작성 방식과 비교하여 데이터 결측치가 약 30.55% 감소하여 데이터를 실시간으로 수집할 수 있는 결과를 도출하였다. 제안하는 에너지 하베스팅 장치를 통해 수기로 작성하였을 때 많은 문제가 되었던 데이터 결측치의 발생이 안정적으로 에너지가 수집되어 배터리 및 데이터 수집 장치에 공급하여 데이터 결측치가 없어지면서 데이터의 신뢰성이 향상될 수 있었다. 또한 수집되는 데이터를 원격에서 모니터링 시스템을 통해 실시간으로 확인할 수 있었다.

향후 연구과제로는 안정적으로 수집되는 데이터를 이용하여 고로쇠 수액 생산량에 영향을 줄 수 있는 요소와 상관관계에 대한 추가 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCE

[1] C.H. Kim, J.H. Park, and K.T. Lee, "Characteristics of Sap Exudation from Acer Okamo-

toanum(Nakia) Plantation Forest in Jinju Region," *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, Vol. 45, No. 3, pp. 308-316, 2017.

[2] W.S. Choi, I.G. Choi, and M.J. Park, "Factors Affecting Sap Exudation of Juglans Mandshurica and Acer Mono : (Ⅲ) Inje Region in Korea," *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, Vol. 40, No. 6, pp. 378-388, 2012.

[3] B.S. Kim, "Implementation of an Environmental Monitoring System based on LoRa for Smart Field Irrigation," *Journal of Internet Computing and Services*, Vol. 20, No. 1, pp. 11-16, 2019.

[4] H.D. Jang, "Study on the Design Method of the Energy Harvesting Smart Sensor for Implementing IoT Service," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 11, No. 1, pp. 89-93, 2018.

[5] J.H. Beak and H.L. Lee, "Design and Implementation of Renewable Energy IoT System for Improvement of Water Quality in DIP-SDRM Lake," *Korean Information Science Society*, Vol. 33, No. 1, pp. 26-36, 2017.

[6] I.W. Lee and Y.M. Shin, "Fourth Industrial Revolution and Energy:Energy IDC(Intelligent Digital X-formation)/ODC(Open Digital Connectome)," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 21, No. 3, pp. 16-23, 2017.

[7] J.Y. Sim, S.P. Moon, and Y.J. Kim, "Development of Growing Environment Monitoring System for Agricultural Production Efficiency," *Proceeding of the KSAM and ARCs 2018 Autumn Conference*, pp. 187-187, 2018.

[8] S.I. Na, C.W. Park, K.H. So, H.Y. Ahn, and K.D. Lee, "Application Method of Unmanned Aerial Vehicle for Crop Monitoring in Korea," *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 34, No. 5, pp. 829-846, 2018.

[9] S.J. Lim, "Application Method of Unmanned Aerial Vehicle for Crop Monitoring in Korea," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, No. 12, pp. 8896-8900, 2016.

[10] J.H. Sung and K.H. Lee, "Fourth Industrial Revolution and Agriculture," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 21, No. 3, pp. 43-51, 2017.

[11] S.H. Jung, S.K. Park, and C.B. Sim, "A Novel on Optimal Growth Management System of Corp using Recirculation of Nutrient Solution based on IoT and Location Tracking Technology," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 11, pp. 1891-1899, 2016.

[12] W. Zou, W. Jing, G. Chen, Y. Lu, and H. Song, "A Survey of Big Data Analytics for Smart Forestry," *IEEE Access*, Vol. 7, pp. 46621-46636, 2019.

[13] L. Tawng and G. Shao, "Drone Remote Sensing for Forestry Research and Practices," *Journal of Forestry Research*, Vol. 26, No. 4, pp. 791-797, 2015.

정 세 훈

2010년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학사
2012년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학석사
2017년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학박사
2015년 1월~2018년 8월 광양만권SW융합연구소 팀장
2018년 9월~현재 영산대학교 빅데이터융합전공 조교수
관심분야 : 빅데이터 처리 및 확률 분석, 데이터마이닝, 감성분석, 객체지향 모델링, 강화학습, 블록체인

조 경 호

2018년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(공학사)
2018년 3월~현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정
관심분야 : IoT 상황인식, 빅데이터 처리 및 분석, 딥러닝

김 준 영

2019년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(공학사)
2019년 3월~현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정
관심분야 : IoT 상황인식, 빅데이터 처리 및 분석, 딥러닝

박 준

2019년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(공학사)
2019년 3월~현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정
관심분야 : IoT 상황인식, 빅데이터 처리 및 분석, 딥러닝

김 종 찬

2000년 2월 순천대학교 컴퓨터과학과 공학사
2002년 2월 순천대학교 컴퓨터과학과 이학석사
2007년 8월 순천대학교 컴퓨터과학과 이학박사
2012년 9월~2013년 8월 서울대학교 자동화시스템연구소 선임연구원
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 디지털클로딩, 증강현실, 빅데이터, 얼굴인식, 게임, HCI

최 수 임

1997년 2월 순천대학교 산림자원학과 농학사
1999년 2월 순천대학교 산림자원학과 농학석사
2003년 2월 일본 규슈대학교 삼림자원과학 농학박사
2004년 1월~2011년 2월 국립산림과학원 Post-Doc. 및 임업연구사
2011년 2월~현재 순천대학교 산림자원조경학부 산림자원전공 교수
관심분야 : 기후변화 대응 산림정책, 산림부분 탄소시장, 국유림

심 춘 보

1996년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사
1998년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
2003년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2005년 3월~현재 순천대학교 정보통신·멀티미디어공학부 교수
관심분야 : 빅데이터 시스템, 머신러닝, IoT/IoE 플랫폼, 멀티미디어