

무선 센서 네트워크에 활용 가능한 배터리 및 에너지 하베스팅 시스템

송우택, 박용수, 백승원, 백돈규*

충북대학교

thd2775@chungbuk.ac.kr, dydtn11112@chungbuk.ac.kr, 2018035045@cbnu.ac.kr, donkyu@cbnu.ac.kr

Battery and Energy Harvesting System for Wireless Sensor Network

WooTaek Song, YongSu Park, SeungWon Baek, Donkyu Baek*

Chungbuk National University

요약

IoT 기술이 발전함에 따라 스마트팜이나 스마트팩토리 등 사람이 직접 움직이지 않고도 데이터를 수집하고 분석하여 효과적으로 업무를 처리하는 것이 가능해졌다. 하지만, 데이터를 수집하고 전송하는 것이 무선으로 이루어져야하기 때문에 무선 전원 장치를 사용하는 것이 요구된다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 문제점 중 하나인 전력 공급 문제를 해결하기 위해 배터리의 한정적인 수명과 화학 폐기물로 인한 환경문제 그리고 에너지 하베스팅의 환경에 따른 불안정한 전력 공급 문제점을 상호 보완하여 노드의 수명도 늘리면서 친환경적인 무선 센서 네트워크에 사용 가능한 Verilog 기반 시스템을 제안한다. 제안한 시스템을 검증하기 위해 무선 데이터 수집 및 분석 시스템과 접목하여 안정적인 전력을 공급받으면서 사용 수명을 늘릴 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

우리의 일상에는 무선 네트워킹 기술의 시작과 함께 모든 면에서 크게 변화하였다. 사물 인터넷(IoT: Internet of Things)은 특히 가장 빠르게 진화하는 기술 중 하나이다. 사물인터넷은 현실에서 여러 장치를 인터넷 또는 무선통신 장비를 활용하여 서로 연결함으로써 서로 간 정보를 습득하고, 분석하며, 제어하는 시스템을 말한다. 사물인터넷을 적극 활용함으로써 실시간으로 환경정보를 습득하고 분석하여 사람 없이도 최적 대응하는 스마트팜 또는 스마트팩토리가 등장하게 되었다[1, 3, 4].

IoT를 활용한 데이터 수집 장치는 자유롭게 배치되어야 하기 때문에 무선으로 동작해야 한다. 무선으로 동작하기 위해 사용하는 대표적인 동력원으로 배터리가 있는데, 배터리는 한정된 에너지로 동작하여 제한된 수명을 가지고 있다. 따라서 전력 고갈이 발생할 때마다 주기적으로 충전해 주거나 교체해 주어야 하는데 설치된 기기의 위치가 자주 접근하기 어려운 경우가 많아 유지보수가 까다롭고, 또한 배터리의 화학 물질은 쉽게 재사용할 수 없기 때문에 배터리를 폐기할 때는 어려움이 따른다. 이를 해결

하기 위한 효과적인 방안으로 에너지 하베스팅이 있다. 에너지 하베스팅(Energy Harvesting)은 태양광, 진동, 열, 풍력 등과 같이 자연적인 에너지원으로부터 발생하는 에너지를 미세하게 수확하여 전기에너지로 변환시켜 저장 또는 사용하는 일련의 기술을 의미하고, 에너지변환 단계에서 적용되는 에너지 하베스팅 기술로는 광전, 열전, 압전 그리고 전자기파 변환 기술 등이 있다.[2] 에너지 하베스팅은 환경친화적이고 배터리를 대체할 수 있어 IoT 시스템에서 유용하지만, 환경에 따라 전력 공급이 일정하지 않아서 시스템의 동작에 문제가 생길 수 있다는 한계점이 있다.

따라서 본 논문에서는 상기된 문제점들을 해결하기 위해 1. 에너지 하베스팅을 사용하기 위해 PV Cell로 전력을 공급하는 시스템과 2. 환경에 따라 배터리와 PV Cell 중 적합한 것을 선택하는 시스템을 구현하였다. 3. 마지막으로 데이터 수집 및 분석 시스템과 접목하여 제안한 시스템이 무선 센서 네트워크에 적합인지 확인하였다.

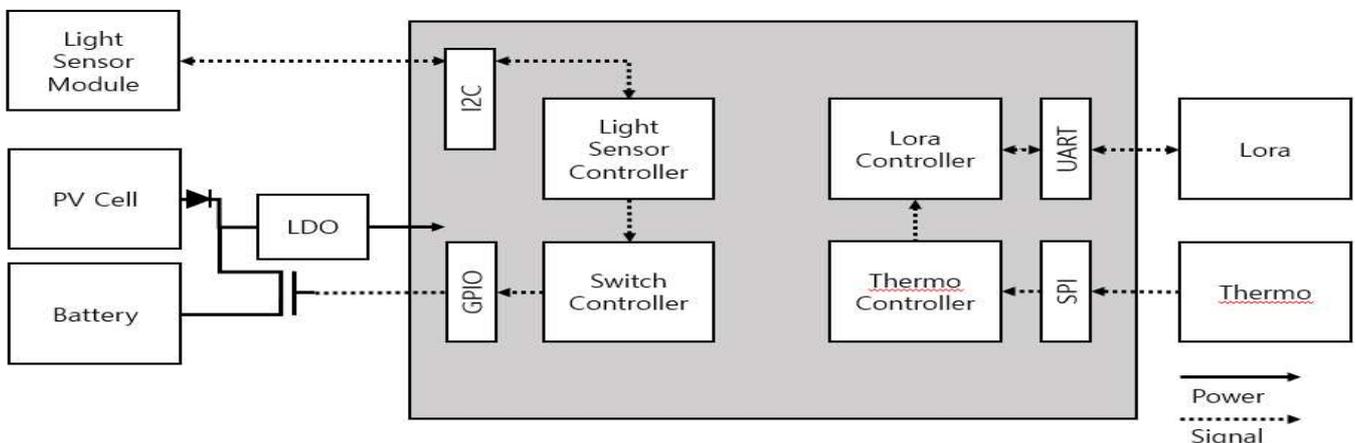


그림 1. 시스템 개요

II. 배터리 및 에너지 하베스팅 시스템

II-1. 시스템 개요

그림 1은 본 논문의 시스템을 구현한 구조이다. 본 시스템은 환경을 측정하는 센서 모듈과 컨트롤러 모듈, 데이터 수집을 위한 센서 모듈과 컨트롤러 모듈, 데이터 전송을 위한 통신 모듈과 컨트롤러 모듈, 전력 공급을 위한 PV Cell과 배터리로 구성되어 있다. 시스템 내 센서 모듈은 유선 통신으로 데이터를 주고받고, LoRa 모듈은 서버로 데이터를 전송한다. 컨트롤러 모듈에서는 센서 모듈을 제어하거나 수집한 데이터를 보관하고 환경 데이터에 따라 PV Cell과 배터리 중 시스템의 동작에 사용할 전력을 선택한다.

II-1. 시스템 구현

무선 센서 네트워크 시스템은 배치가 유선연결에 국한되지 않으면서 안정적으로 전력을 공급해 주어야하고 소비전력이 작으며 소형화가 가능한 온칩 시스템으로 구현할 필요가 있다. 따라서, 배터리와 PV Cell을 모두 활용하는 하이브리드 시스템을 향후 온칩 설계가 가능하도록 Verilog 기반으로 구현하였다. 본 논문에서는 배터리와 PV Cell을 활용한 무선 센서 네트워크 시스템을 구현하기 위해 FPGA보드 (Xilinx Spartan6)와 DS18B20 센서, BH-150 센서, LoRa Rylr998 모듈, 역전류 방지를 위한 다이오드를 사용하였으며 이들의 제어모듈을 설계하였다. 아래 그림 2는 구현한 데이터 수집 및 전송 시스템을 보여준다.

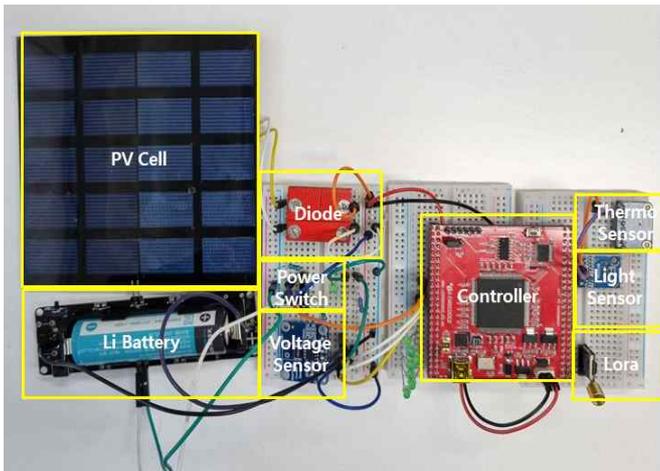


그림 2. 배터리 및 에너지 하베스팅 시스템 구현

II-2. 배터리 및 PV Cell 동작 구현

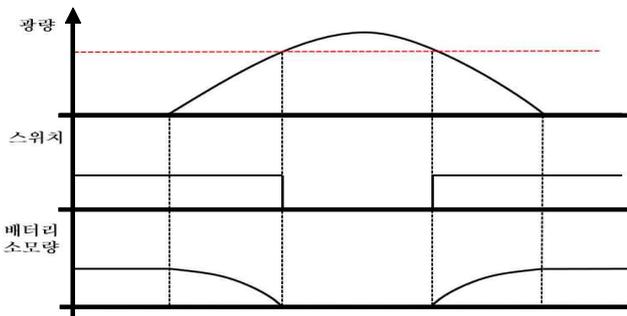


그림 3 광량을 통한 스케줄링

본 논문에서 제안한 배터리와 에너지 하베스팅 시스템을 검증하기 위해 그림3과 같이 PV Cell로 안정적인 전력 공급이 가능할 정도의 광량에 해당하는 Threshold 광량 값(8000lux)을 설정하고 이에 따라 파워 스위치가 동작하면서 배터리나 PV Cell 중 어떤 것을 무선 센서 네트워크 시스템의 전력원으로 사용할지 결정하는 실험을 진행하였다. 아래 그림 4에서 CH2는 I2C 통신의 sda 선에서 받아오는 광량 데이터를 의미하고 CH3는 배터리의 전원 상태를 의미한다. 초기 상태에는 광량이 임계(8000lux)에 미치지 않아 배터리로 전원 공급을 하였으나 광량이 임계값을 넘자, 배터리의 전원 공급이 멈추는 것을 확인할 수 있다. 여기서 배터리의 전원 공급이 멈추는 것은 PV Cell로부터 전원 공급을 받는 것을 의미한다. 아래 그림5는 데이터 분석 시스템이 정상적으로 활용됐는지에 대한 그래프이고 각 노드 근처의 온도와 주변의 예상 온도를 확인할 수 있다.



그림 4 오실로스코프

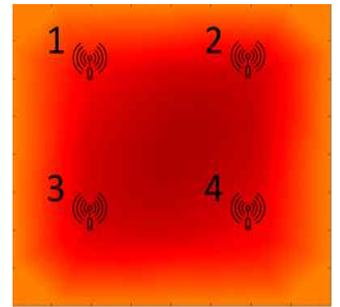


그림 5 데이터 분석 시스템

III. 결론

본 논문에서 제안한 배터리 및 에너지 하베스팅 시스템은 무선 센서 네트워크 시스템에 효과적으로 활용할 수 있다. Verilog 기반으로 각종 측정 센서와 제어 모듈을 설계함으로써 온칩 설계가 가능하도록 하였고 이로 인해 적은 소비전력을 가지면서 기존의 배터리 에너지 하베스팅만으로 동작하는 시스템의 단점을 보완할 수 있다. 이 시스템이 효과적으로 작동하는지에 대해 검증하기 위해 데이터 분석 시스템을 점목하였고 제안한 시스템의 동작과 통신이 안정적인 것을 확인하였다. 제안한 시스템은 배터리를 주기적으로 교체하기 어려운 환경에서 긴 수명으로 동작하는 것과 화합 폐기물을 줄이는 것에 효과적이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2020R1A6A1A12047945).

참 고 문 헌

- [1] Kamal Gulati, et al., "A review paper on wireless sensor network techniques in Internet of Things (IoT)", Materials Today: Proceedings, volume 51, part 1, 2022, pp. 161-165.
- [2] 윤정배, "최신 에너지 하베스팅(Energy Harvesting) 기술 및 산업 동향", 『KOSEN Report』, 2020, p. 1
- [3] Jash Doshi, Tirthkumar Patel, Santosh kumar Bharti, "Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions", Procedia Computer Science, volume 160, 2019, pp. 746-751.
- [4] N. Havard, S. McGrath, C. Flanagan and C. MacNamee, "Smart Building Based on Internet of Things Technology," 2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST), Limerick, Ireland, 2018, pp. 278-281.