



무선 복합센서 모듈의 전력 사용량 분석 및 최적 운영 방법

Power Consumption Analysis and Optimal Operation Method of Wireless Multi-sensor Module

손현식¹, 김덕근^{2,3}, 고광은⁴, 양승환^{2,#}
Hyun Sik Son¹, Duck-Keun Kim^{2,3}, Kwang Eun Ko⁴, and Seung-Hwan Yang^{2,#}

¹ 한국전자통신연구원 모빌리티융합연구실 (Mobility AI Convergence Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute)
² 한국생산기술연구원 특수목적로봇그룹 (Specialized Machinery and Robotics Group, Korea Institute of Industrial Technology)
³ 전남대학교 농업생명과학 학연협동과정 (Interdisciplinary Program in Agricultural and Life Science, Chonnam National University)
⁴ 한국생산기술연구원 인간중심로봇연구부문 (Human-Centric Robotics R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology)
Corresponding Author / E-mail: yangsh@kitech.re.kr, TEL: +82-63-920-1276
ORCID: 0000-0002-1067-7280

KEYWORDS: Smart farm (스마트팜), Smart factory (스마트팩토리), Holonic system (홀로닉시스템), Bluetooth (블루투스), Battery (배터리)

Smart farms and smart factories utilize various environmental measurement and task recognition sensors. For situations requiring simultaneous measurements, a multi-sensor module that combines several sensors into one unit is advantageous. This study focuses on integrating various sensors into a single module and proposing an optimal usage method to minimize the power consumption of a wireless multi-sensor module capable of remote measurements. Analysis of the power consumption of individual sensor components revealed that when the measurement interval exceeds one minute, power consumption can be reduced by over 50.3% by turning off sensors during idle periods. If real-time responsiveness is not essential, the most efficient approach is to keep the entire module in sleep mode during these idle periods. A practical experiment was conducted using a multi-sensor module equipped with temperature and humidity, illuminance, CO₂ concentration, and soil moisture sensors. When continuously powered, the module operated for 40 hours on a 3500 mAh Li-ion battery. However, by implementing sleep mode with a five-minute measurement interval, the operational duration extended to 562 hours.

Manuscript received: February 28, 2025 / Revised: February 28, 2025 / Accepted: July 24, 2025
This paper was presented at KSPE Autumn Conference in 2024

1. 서론

스마트팜이나 스마트팩토리에서는 다양한 환경 계측 및 작업 인식용 센서들이 활용되고 있다. 주로 활용되는 센서로는 온도, 습도, 조도와 가스 센서들이 있다[1-4]. 이 때 계측 요소별 센서를 개별로 설치하기도 하지만 동시 계측이 필요한 요소인 경우 필요한 센서들을 모듈 형태로 제작하여 사용하는 것이 편리하다. 다수의 센서들을 하나의 모듈에 통합하여 동시에 계측할 수 있도록 제작된 센서를 복합 센서라고 부르며 스마트 양식장용 복합수질센서[5], 생활안전 이상감지[6], 수면 모니터링[7], 차량 위치 추적[8] 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

센서들 중에서 작업자가 착용하고 다녀야 하는 경우나 이동 작업기에 장착되어 사용되어야 하는 경우, 필요에 따라서 위치를 변경해가면서 활용해야 하는 경우에는 무선 센서를 활용해야 한다. 스마트팜이나 스마트팩토리에서 다수의 센서를 설치해서 활용하는 경우에는 유선 설치의 불편함 때문에 무선 방식을 채택하는 것이 편리하다. 이 때 배터리 교체의 번거로움을 최소화하거나 태양광 발전이나 에너지 하베스팅과 같은 자체 발전 기술로 센서를 운영하기 위해서는 전력 소모량을 최소화하는 것이 중요하다. 무선 센서 모듈의 전력 소모량을 줄이기 위한 연구로는 측정 대기 시간 동안 절전 모드로 작동하는 방식[9], 센서 네트워크의 통신 프로토콜을 개선하는 방식[10], 무선 통신

Table 1 Components and specifications of the wireless multi sensor modules

Components	Model	Specification
Temperature and humidity sensor	AHT25 (ASAIR)	Temperature : -40 to 80°C Humidity : 0-100%
Light sensor	VEML7700 (Adafruit)	Range : 0-120k lux
CO ₂ sensor	SH-DS (Soha-tech)	Range : 0-3,000 ppm
Soil moisture sensor	VWC T7 (TSE)	Range : 0-100%
DC-DC step-up power converter	SZH-PWBU-008 (SMG)	Input : 2-24 V Output : 5-26 V
MCU	Raspberry Pi Pico	Clock : up to 133 MHz Flash : 2 MB
Wireless communication part	BoT-TMA50 (CHIPSEN)	Bluetooth 5.3 Class 1
Power timer	TPL5110 (Adafruit)	Current at sleep mode : 20µA @ 3.3 V
Battery	MG-500MKES (SHINA C&C)	Type : Li-ion 18650 Capacity : 3,500 mAh

거리가 짧은 경우에만 데이터를 보내고 데이터를 압축하여 전송 횟수를 줄이는 방식[11], 저전력 부품과 통신 프로토콜, 절전 모드 등을 복합적으로 활용하는 방식[12] 등이 연구되고 활용되었다.

본 연구는 복합 센서를 이용할 경우 모듈에 포함된 센서들의 계측 특성과 소비 전력 등이 다른 경우에 전력 소모량을 최소화하는 방향을 제시하기 위해 수행되었다. 이를 위해서 스마트 팜에서 활용되는 센서들을 복합센서로 제작하고 전력 소모량 측정과 계측 주기별 전력 소모량 특성을 분석하고 최적 운영 방안을 제안하였다. 선행 연구들에서 저전력 무선통신을 위해서 많이 사용하는 절전 모드의 효과도 분석되었다. 제작된 복합센서를 실제로 운영하면서 전력소모량 최적화 결과를 확인하였다.

2. 무선 복합센서 모듈의 구성과 전력 소모량 측정

2.1 무선 복합 센서 모듈의 구성

무선 복합센서 모듈은 직접 제작하여 사용하였다. 온습도 센서, 조도 센서, CO₂ 센서, 토양수분센서 등 4개의 센서를 하나의 모듈로 구성하였다. 모듈 제어를 위한 MCU로는 Raspberry Pi PICO를 활용하였고, 무선통신 모듈로는 안테나 부착형 블루투스 5.3버전의 Class1 출력을 갖는 부품을 선정하여 넓은 무선통신 범위를 갖도록 하였다. 모듈 전력 공급을 위해서는 18650 규격의 리튬이온 배터리를 활용하였고 절전모드(Sleep Mode) 구현을 위해서 TPL5110 전력 타이머 모듈을 사용하였다. 부품별 세부 사양은 Table 1과 같고, 모듈 구성도와 제작된 사진은

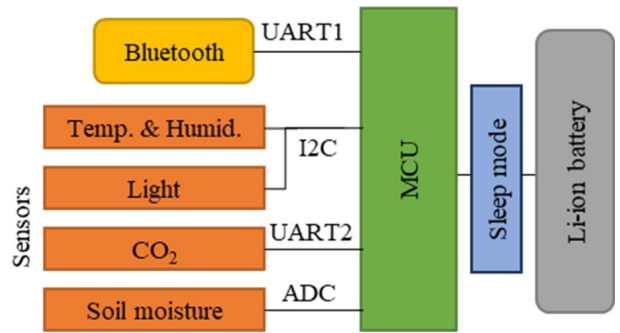


Fig. 1 Schematic diagram of the wireless multi sensor module

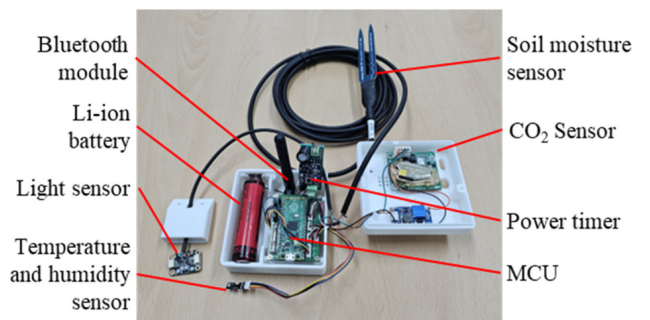


Fig. 2 Configuration of the wireless multi-sensor module manufactured for the experiment

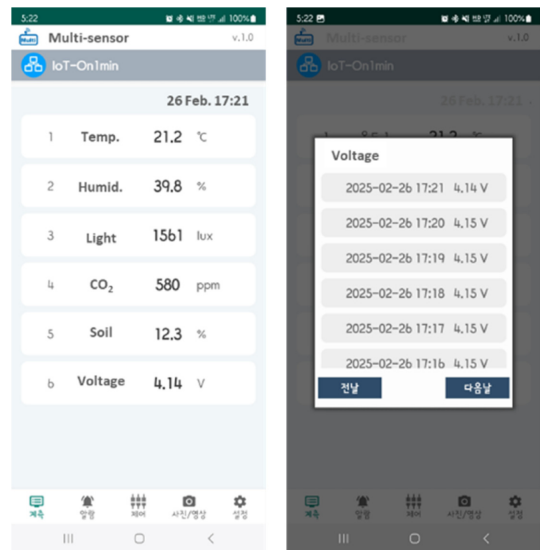


Fig. 3 Operating screen of smartphone app to display and save the measurement values from the wireless multi-sensor module

각각 Figs. 1과 2와 같다.

제작된 무선 복합센서 모듈은 실험을 위해서 개발된 스마트폰 앱과 Bluetooth로 연결되어 센서 측정주기를 설정하고 측정값을 표시하고 저장하였다. 사용된 스마트폰 앱의 구동 화면은 Fig. 3과 같다.



Fig. 4 Current and power consumptions of components in the wireless multi-sensor module

2.2 부품별 전력 소모량 측정

제작된 무선 복합센서 모듈을 사용하여 전력 소모량 측정을 수행하였다. 먼저 개별 센서들의 전력 소모량을 측정하기 위해서 각 센서에 전원을 공급하고 소모 전류를 측정하였다. 온습도 센서, 조도 센서, 토양수분 센서에는 센서의 권장 전압인 3.3 V를 공급하여 전류값을 측정하였다. CO₂센서(SH-DS)는 권장 전압이 5-9 V이어서 7 V 전압을 공급하여 전류값을 측정하였다. 그런데 적용할 복합센서모듈은 리튬이온 배터리로 동작하기 때문에 4 V 수준의 전압이 공급된다. 따라서 승압모듈(SZH-PWBU-008)을 이용하여 7 V를 공급하였고 측정된 전력소모량에는 승압모듈 구동 전력도 포함하였다. 또한 Bluetooth 모듈과 MCU 모듈의 전력 소모량도 측정하였는데 각각 3.3 V와 4 V 전원을 공급하여 측정하였다. 전원 공급에는 파워서플라이어(RD6006, DAQNET)를 사용하였고 전류 측정에는 데이터 로그 기능이 있는 멀티미터(B41T+, OWON)을 사용하였다. 전류 측정은 초당 2회 간격으로 10분간 측정하였다.

측정결과 온습도 센서, 조도 센서, 토양수분 센서, CO₂ 센서 순서로 소비전력이 높았고 각각 38.38-42.34 μ W, 299.7-332.2 μ W, 13.47-16.69 mW, 56.84-231.07 mW로 측정되었다. 조도센서의 경우 계측값 수준에 따라서 소비 전력이 변화하였는데 조도가 높을수록 소비 전력이 높았다. 조도에 따른 소비전력 차이는 최대 32.5 μ W 수준이었다. 토양수분센서는 토양에 삽입되어 측정 중인 상태에서는 14 mW 수준의 전력을 소모하였다. 무선 통신을 위한 Bluetooth 모듈의 경우 연결 대기 상태(Advertising Mode)에서는 2.44-8.70 mW에서 변동하다 연결 상태(Connection

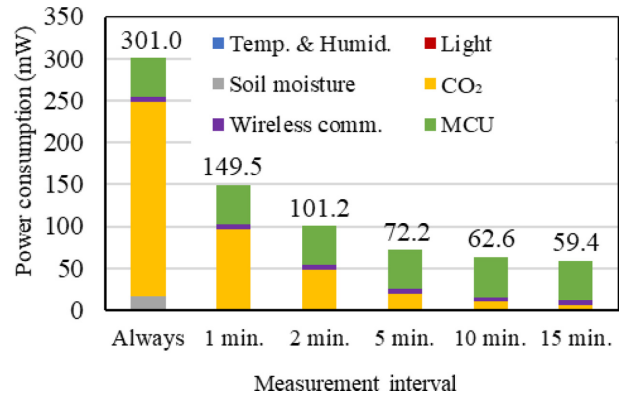


Fig. 5 Power consumption of the wireless multi-sensor module according to the measurement interval

Mode)에서는 5.6 mW를 유지하였다. MCU의 경우 34.24-47.27 mW의 소비전력이 측정되었다. 각각의 측정 결과는 Fig. 4와 같다.

3. 전력 소모량 분석 및 최적 활용 방안

3.1 전력 소모량 분석

스마트팜이나 스마트팩토리의 환경 모니터링 센서들은 특정 주기의 데이터 로그를 남긴다. 따라서 본 연구에서는 측정 주기 별로 복합센서 모듈의 전력 소모량 분석을 수행하였다. 이 때 센서에 전력을 공급하는 방법에 변화를 주었다. 앞서 전력 소모량이 측정된 센서 중 가장 많은 전력을 소모하는 CO₂ 센서는 항상 전원을 공급하는 방법과 측정시에만 전력을 공급하는 방법 가정하여 분석을 수행하였다. CO₂ 센서는 전력이 공급되고 25초가 지난 이후에 정상 계측값이 출력되는 특성으로 인하여 측정 주기에 도달하면 25초간 전력을 공급한 뒤 계측을 완료하여 전력 공급을 중단하는 방법으로 전력 소모량 분석을 하였다. 측정 주기는 1, 2, 5, 10, 15분으로 가정하고 분석을 수행하였다.

분석결과 상시 전원이 공급되는 방법에서의 소비 전력은 301.0 mW였으나 측정 대기상태에서 CO₂ 센서에 전력공급을 차단해 주면 1분 주기일 때는 149.5 mW로 50.3%의 소비전력 절감 효과가 있는 것으로 분석된다. 측정 주기가 길어질수록 소비 전력은 더 낮아졌다. 하지만 측정주기가 길어질수록 소비전력 감소율은 줄어들었다(Fig. 5).

그 원인은 측정주기가 길어질수록 전력소모의 비중이 달라졌기 때문이었다. 상시 전원공급 조건에서는 전력소모량이 가장 큰 CO₂ 센서의 전력소모 비중이 76.8%였는데 CO₂ 센서의 전력 공급을 측정시에만 공급하는 방식으로 운영하면 측정주기를 5분으로 늘리면 그 비중이 26.7%까지 줄어들었다. 반면에 MCU의 전력소모 비중은 상시전원공급시 15.7%였는데 측정주기를 5분으로 하면 65.4%까지 높아졌다. 측정주기를 15분까지 늘리면 MCU와 무선통신 모듈의 전력소모 비중이 89.0%로 대부분을 차지하게 된다(Fig. 6).

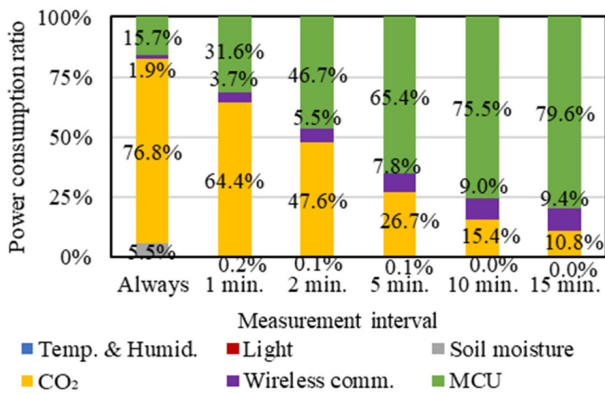


Fig. 6 Power consumption ratio of the wireless multi-sensor module according to the measurement interval

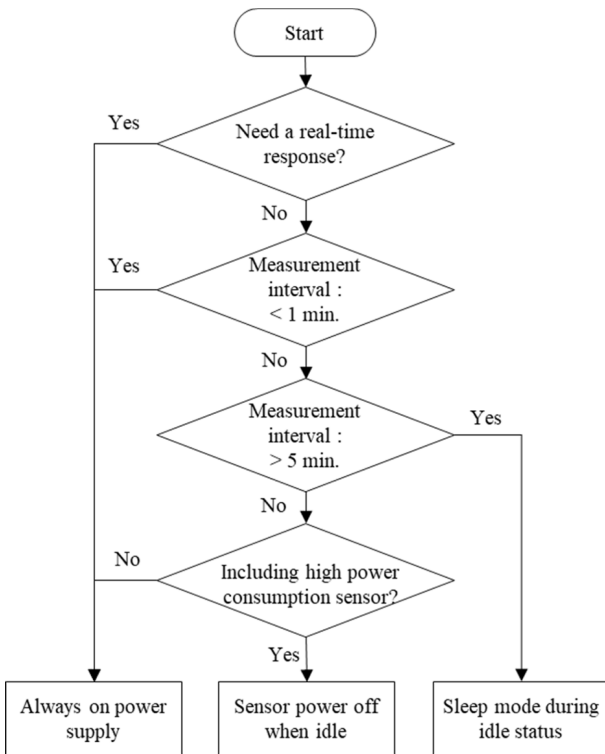


Fig. 7 Optimal operation algorithm of wireless multi-sensor module for minimizing power consumption

3.2 최적 운영 방안

무선 복합 센서 모듈의 전력 소모량 분석 결과 상시 전원 공급 상태에서는 전력 소모량이 높은 CO₂ 센서가 전력 소모의 주 원인이었다. 반면에 측정할 때에만 CO₂ 센서에 전력을 공급하는 경우 그 비중은 줄어드는 것으로 분석되었다. 하지만 측정 주기가 길어질수록 CO₂ 센서의 전력 소모량 비중은 줄어들고 MCU와 무선통신모듈의 비중만 남게 되는 결과를 확인할 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 무선 복합센서 운영시 전력 소모를 최소화하기 위한 최적운영 방안은 센서별 전력 소모량, 측정 주기, 실시간 응답 필요성에 따라 Fig. 7과 같은 제어 알고리즘을

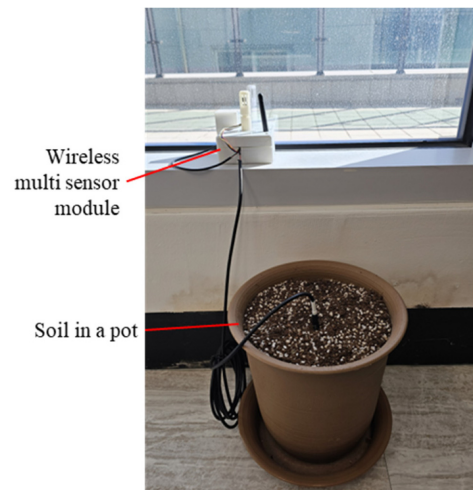


Fig. 8 Operating photo of the wireless multi-sensor module to valid the optimal operation usage

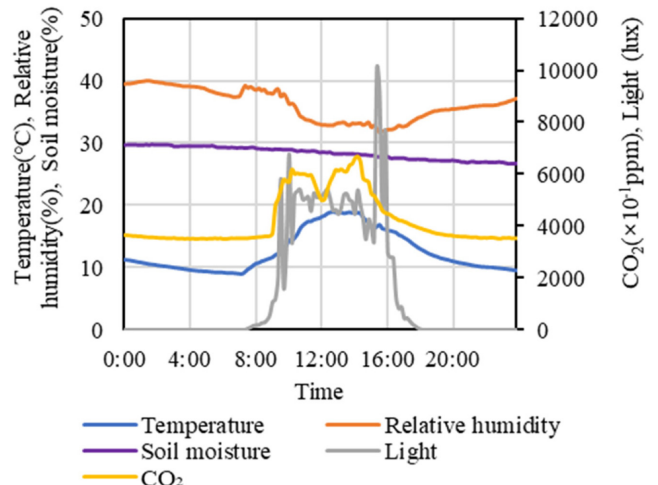


Fig. 9 Measurement result of the wireless multi-sensor module during a day

적용할 수 있다. 측정 주기가 1분 미만인 경우 다른 조건에 관계없이 상시 전원을 공급해서 유의미한 전력 감소 효과가 없다. 반면에 1분 이상이 측정 주기인 경우 고전력 소모 센서가 있다면 대기상태에서는 센서 전원을 차단해 주는 것이 좋다. 실시간 응답이 필요없는 단방향 계측용 무선 센서이면서 측정 주기가 5분 이상이라면 대기 시간동안 모듈 전체를 절전모드 상태로 관리하는 것이 전력 소모를 크게 줄여줄 수 있다.

4. 무선 복합센서 운영 최적 방안의 검증

무선 복합 센서 모듈의 운영 최적 방안을 검증하기 위해서 5 개의 복합센서 모듈을 이용하여 시험을 수행하였다. 측정은 실내의 창가에서 수행되었고 토양수분센서는 흙이 담긴 화분에 넣어서 운영하였다(Fig. 8).

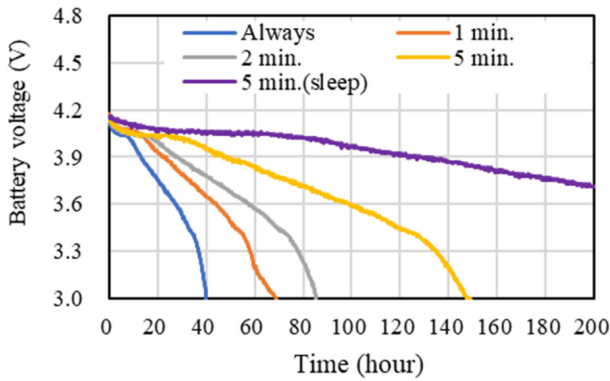


Fig. 10 Battery voltage drop of the wireless multi-sensor module depending on measurement interval and power supply method

무선 복합센서 운영 결과 온도, 습도, 조도, CO₂ 농도가 측정되었고 1일간 변화는 Fig. 9과 같다. 낮시간동안 태양광에 의해 조도와 온도가 높게 측정되었고, 사람 호흡에 의한 CO₂ 농도 증가가 측정되었다. 또한 토양수분 값이 점점 줄어드는 것이 확인되며 복합 센서가 잘 작동하는 것을 확인할 수 있다.

무선 복합 센서 모듈 5개는 전력 공급 방법 및 측정 주기를 각각 달리하여 사용 시간을 측정하고 비교하였다. 모듈 전체에 상시 전원을 공급하여 1분 간격으로 측정하는 조건(Always), CO₂ 센서 측정시에만 전원을 공급하는 조건으로 측정 간격을 1분(1 min.), 2분(2 min.), 5분(5 min.)으로 하는 조건, 절전모드 기능을 활용하여 측정시를 제외하고 모듈의 전원 공급을 최소화하고 5분 간격으로 측정하는 조건(5 min. sleep)으로 실험하였다. 스마트팜 또는 스마트팩토리 운영시에 시스템 제어나 이상 경고와 관련된 센서 계측은 실시간으로 이루어지게 된다. 반면에 데이터 확보 및 분석을 위한 계측은 특정 시간 주기로 계측이 이루어진다. 본 연구에서 대상으로 한 환경계측의 경우 5분 이내의 간격에서는 변화가 크지 않기 때문에 검증 대상 주기를 실시간에서 5분 간격 사이로 수행하였다.

사용 시간은 배터리 전압으로 분석하였다. 사용한 리튬이온 배터리는 과충전과 과방전 방지 회로가 포함된 것으로 최대 4.2 V까지 충전되고 3 V까지 방전된다. 완전히 충전된 리튬이온 배터리로 각각 5개의 센서 모듈 운영을 동시에 시작하였다. 시험 결과 Fig. 10과 같은 사용시간 결과를 확인할 수 있었다. 상시 전원공급 조건에서 1분 간격으로 측정한 경우 40.0시간 동안 운영된 반면에 CO₂ 센서 측정시에만 전원을 공급한 경우 동일한 측정 간격에서 운영시간이 68.8시간으로 72% 증가하였다. 이후 측정 간격 증가에 따라 운영시간도 증가하여 측정간격이 5분인 경우 사용 시간이 148시간으로 측정되었다. 그런데 최적 운영방안에 따른 절전모드 적용시에는 그 시간이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 10에서 보여지는 것처럼 절전모드 적용시 적용하지 않는 경우 보다 전압 감소가 매우 완만하게 이루어진다. Fig. 10에 다 표시 되지 못하였지만 총 562시간(약 23일)동안 운영이 되어 절전모드를 적용하지 않은

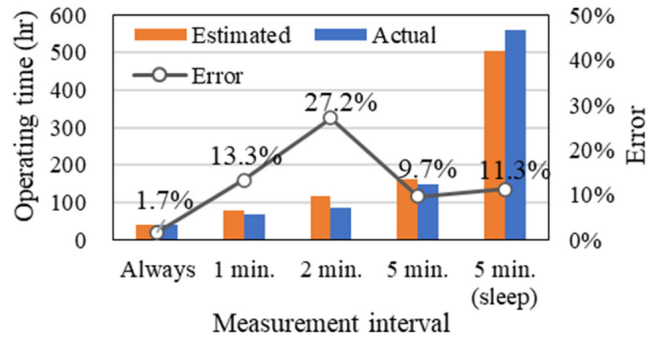


Fig. 11 Comparison of estimated and actual operating time depending on measurement interval and power supply method

경우와 비교하여 운영시간이 3.8배 증가하였다. 따라서 전력 소모량 분석에 따른 최적 운영 방안이 효과가 있음이 확인되었다.

배터리의 용량과 운영 조건별 전력소모량 비교하여 운영 가능한 기간을 예측한 결과 실제 측정된 운영기간은 1.7-27.2%의 오차를 보였다(Fig. 11). 사용한 리튬이온 배터리의 표시 용량은 3500 mAh였으나 충전 전력량을 확인할 수 있는 충전기(Miboxer C4-12)로 실제 충전량을 확인한 결과 3,200-3,223 mAh로 측정되었다. 따라서 예측값은 배터리 용량을 3,200 mAh로 하여 산출하였다.

상시 전원공급 조건에서 오차가 작은 반면에 1분, 2분 간격에서는 오차가 커진 원인은 CO₂ 센서의 전력 소모량 특성 때문인 것으로 보인다. CO₂ 센서는 초기 전원이 공급될 때 전력 소모량이 크게 증가하는 것이 확인된다(Fig. 4(d)). 따라서 CO₂ 센서에 전원 차단과 공급이 자주 발행하는 1분, 2분 간격의 경우 예측보다 더 많은 전력소모가 발행했을 것이다.

5. 결론

스마트팜이나 스마트팩토리 운영을 위해서는 온도, 습도, 조도, 압력, 가스 농도 등 다양한 환경 요소를 계측하게 된다. 이때 동시에 측정이 필요한 센서를 하나의 모듈로 통합한 복합센서를 활용하기도 한다. 또한 설치 및 사용 편의성을 위해서 무선 방식으로 운영하기도 한다. 본 연구는 이와 같은 무선 복합센서 모듈의 전력 소모를 최소화하는 방안을 확인하기 위해 수행되었다. 무선 복합센서 모듈은 포함된 센서별로 소비전력이 다르고 사용 목적에 따라 측정 주기와 실시간 응답 요구가 달라지게 된다.

본 연구에서는 온습도, 조도, CO₂, 토양수분 센서를 장착한 복합센서를 대상으로 부품별 소모전력을 측정하고 측정 주기별 소모 전력 비중을 분석하였다. 선행 연구들에서도 전력소모를 줄이기 위해서 측정 대기 상태에서는 센서 모듈을 절전모드로 유지하는 방법을 사용하고 있었다. 하지만 본 연구에서는 센서 구성, 측정 주기, 사용 방법에 따라서 소모 전력을 최적으로

관리하는 방법을 구체적으로 제안하였다. 측정 주기가 1분 이상인 경우 측정 대기 상태에서 고전력 소모 센서의 전원을 차단해 주면 50.3% 이상의 소비전력 감소효과가 분석되었다. 실시간 응답이 필요없는 경우 측정 대기 상태에서 모듈 전체를 절전모드로 운영할 수 있어서 소비전력 감소 효과는 더 커진다. 실제 복합센서 모듈을 구성하여 3,500 mAh 리튬이온 배터리로 실험한 결과 센서 운영시간은 상시전원 공급 대비 절전모드 적용시 40시간에서 562시간으로 14배 증가함을 확인할 수 있었다.

본 연구결과는 무선 복합 센서를 설계할 때 사용 목적과 방식에 따라 배터리 용량 선정과 운영 방법 결정에 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 산업현장에서 제어용 또는 이상 상태 알람 측정용 센서는 실시간 또는 1분 미만 계측 주기를 갖고, 데이터 분석 및 모니터링 위한 센서의 경우 5분 이상의 계측 주기를 갖는 경우가 많다. 본 연구는 이와 같은 활용 방법에 따라 제안된 전원 제어 방법을 활용할 수 있다. 또한 연속 운영시간별 적정 배터리 용량을 산출하는데 활용할 수 있을 것이다. 향후 연구과제로 복합센서모듈 전력소모량 예측 모델링 연구와 배터리 교체 없이 연속 사용이 가능한 무선 복합센서 모듈을 태양광 발전 모듈과 같은 자가 발전 기술을 적용하기 위한 전력소모 및 발전량 복합 분석이 수행될 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2025년 한국생산기술연구원의 청정생산시스템핵심기술연구사업의 지원을 받아 수행하고 있는 ‘미래산업환경 대응 홀로닉 생산시스템 기술 개발(No. EO250001)’ 과제에서 수행된 연구임.

REFERENCES

- Bhujel, A., Basak, J. K., Khan, F., Arulmozhi, E., Jaihuni, M., Sihalath, T., Lee, D., Park, J., Kim, H. T., (2020), Sensor systems for greenhouse microclimate monitoring and control: A review, *Journal of Biosystems Engineering*, 45(4), 341-361.
- Kwon, O.-H., Kang, I.-C., Min, D.-S., Im, H.-B., Park, Y.-W., (2021), A study on the smart farm characteristics using multiple sensors, *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 16(4), 719-724.
- Kim, D.-H., Lee, J.-M., Kim, J.-D., (2021), Design and implementation of real time device monitoring and history management system based on multiple devices in smart factory, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 25(1), 124-133.
- Bae, H., Jang, H., Park, D., Kim, H., (2021), Development of moving mirror assembly in the spectroscopic sensor for remote gas monitoring, *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 38(8), 581-587.
- Kim, H.-P., Park, K.-W., Lee, S.-K., (2024), Development of pump type multi-channel complex water quality sensor for smart aqua-farm, *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 19(5), 983-990.
- Choi, W., Jang, B.-J., (2024), A study on the establishment of urban life safety abnormalities detection service using multi-type complex sensor information, *Journal of the Society of Disaster Information*, 20(2), 315-328.
- Choi, H., Yun, I., Oh, H., (2020), A study on the sleep monitoring system with multi-modal sensors, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(7), 1255-1262.
- Li, Z., Guo, Y., Wang, J., (2025), Online adaptive interactive fusion of multi-sensor information for intelligent vehicle localization, *Measurement*, 248, 116811.
- Choe, S., Yoo, J. H., Tissera, P. S. S., Kang, J. I., Yang, H. K., (2020), Event processing-based low-power low-cost wireless sensor network for real time wildfire monitoring, *The Transactions of The Korea Institute of Electrical Engineers*, 69(5), 706-718.
- Kwon, Y., Kim, T., Choi, J. K., (2018), TDMA-based low power MAC protocol design of wireless sensor networks for vehicle detection, *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 13(5), 1003-1010.
- Hong, J., Kwon, J., Kwon, M., Park, H., (2016), Compressed sensing based low power data transmission systems in mobile sensor networks, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 41(11), 1589-1597.
- Caroff, T., Brulais, S., Faucon, A., Boness, A., Arrizabalaga, A. S., Ellinger, J., (2020), Ultra low power wireless multi-sensor platform dedicated to machine tool condition monitoring, *Procedia Manufacturing*, 51, 296-301.



Hyun Sik Son

Researcher in the Mobility AI Convergence Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute.

His research interests include artificial intelligence, autonomous driving, and deep learning.

E-mail: inteli.sik@etri.re.kr



Deok-Keun Kim

Ph.D. candidate in Interdisciplinary Program in Agricultural and Life Science, Chonnam National University.

His research interests include smart farm, agricultural robot, and precision agriculture.

E-mail: duck3868@gmail.com

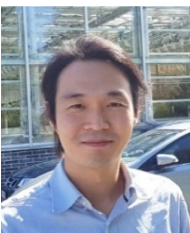


Kwang Eun Ko

Principal researcher in the Human-Centric Robotics R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology.

His research interests are AI-based robotic control systems and computer vision.

E-mail: kke0217@kitech.re.kr



Seung-Hwan Yang

Principal researcher in the Specialized Machinery and Robotics Group, Korea Institute of Industrial Technology.

His research interests are smart farm systems and robots using IoT, ICT and AI.

E-mail: yangsh@kitech.re.kr