

모바일 장치의 충전식 배터리 사용 연장을 위한 모듈 제어 방법 설계와 해석 연구

¹*김도형, ²류지훈, ³조진표, ⁴김정호

A Study on Design and Analysis of Module Control Method for Extended Use of Rechargeable Batteries in Mobile Devices

¹*Dohyeong Kim, ²Jihoon Ryu, ³JinPyo Jo and ⁴JeongHo Kim

요 약

본 논문은 모바일 장치에 장착된 충전식 배터리의 사용 시간을 연장하기 위하여 모바일 장치에서 전력 소모 비율을 가장 많이 차지하는 센싱 시스템의 전력 소모를 최소화하는 동적 클럭 공급 제어 알고리즘과 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘을 제안하였다. 동적 클럭 공급 제어 알고리즘은 센싱 시스템의 전력을 차단할 수 있도록 회로를 구성하여 센싱하지 않는 시간에는 전력을 차단하고 센서 변화율이 낮은 상태를 인지하여 측정 주기를 조정하는 방법으로 센싱 시스템에 소모되는 전력을 감소시킬 수 있다. 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘은 전력 소모 상태에 따라 주변 모듈의 전력을 제어하는 알고리즘으로 많은 전력을 요구하는 상황일 경우 클럭 공급을 제어하여 동작 안정화 작업을 수행한다. 실험 결과, 동적 클럭 공급 제어 알고리즘만을 적용하는 경우 센싱 시스템에서 소모되는 전력을 17% 감소시키는 효과를 확인하였고, 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘만을 적용하는 경우 9.3%의 전력 소모를 감소시켜 영상 처리와 같은 많은 전력을 요구하는 상황에서 안정적으로 동작할 수 있었다. 두 가지 알고리즘을 모두 적용하는 경우 배터리의 전력 소모가 알고리즘을 적용하기 전보다 67% 감소하였다. 이를 통해 제안한 방법의 신뢰성을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes a dynamic clock supply control algorithm and a system load power stabilization algorithm that minimizes the power consumption of the sensing system, which accounts for the largest percentage of power consumption in mobile devices, to extend the usage time of the rechargeable battery mounted on the mobile device. The dynamic clock supply control algorithm can reduce the power consumed by the sensing system by configuring a circuit to cut off the power of the sensing system and by recognizing the state of low sensor change and adjusting the measurement cycle. The system load power stabilization algorithm is an algorithm that controls the power of the surrounding module according to the power consumption state, and when it requires a lot of power, it controls the clock supply to stabilize the operation. The experimental results confirmed that applying only the dynamic clock supply control algorithm reduces the power consumed by the sensing system by 17%, and applying only the system load power stabilization algorithm reduces power consumption by 9.3%, enabling it to operate stably in situations that require a lot of power such as image processing. When both algorithms were applied, the power consumption of the battery was reduced by 67% compared to before applying the algorithm. Through this, the reliability of the proposed method was confirmed.

Keywords: Dynamic sensing interval management algorithm, Mobile devices, Battery life, Low-power protocol communication, Battery Power Control

¹* 교신저자 창원대학교 전자공학과 석사과정 (kog18k@naver.com)

²(주)일렉콤 이사 (78589@naver.com)

³(주)일렉콤 이사 (ljich@hanmail.net)

⁴ 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수 (jhkim@hanbat.ac.kr)

I. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

스마트 글라스와 HMD(Head Mounted Display) 등과 같은 웨어러블 실감형 장치들이 대중화되면서 사용자에게 다양한 영상을 제공하고 있고, 이와 같은 실감형 장치를 활용하여 의료 시스템의 혁신이 활발히 이루어지고 있다. 국내에 구축된 5G 통신망은 실감형 콘텐츠가 요구하는 대량 데이터 전송을 가능하게 하여 실내에 국한되지 않고 이동 중에도 실감형 장치들이 사용될 수 있는 환경을 마련하였다. 군에서는 넓은 지역에서 작전을 수행하며 발생할 수 있는 다양한 사고 및 부상에 대응하여, 환자에게 신속한 현장 응급조치가 필요하다. 이를 위해서는 심폐소생술, 소독, 붕대 감기, AED(자동 외부 제세동기) 사용 등 다양한 응급처치법을 숙지하고 환자 상황에 맞는 적절한 조치를 취해야한다. 이에 따라, 원격지 지원을 받으며 시각적으로 응급조치 방법을 제공받을 수 있도록 모바일 환경에서 운용 가능한 실감형 장치의 개발이 필요하다.

원격 의료 지원 시스템은 5G 라우터와 실감형 장치를 활용하여 원격지에서 있는 사용자에게 적절한 응급조치를 제공하여 사용자가 올바르게 처치할 수 있도록 지원한다. 사용자가 이해하기 쉽게 지원을 받을 수 있도록 혼합현실 HMD 장치를 적용하였고, 5G 라우터를 통해 현장의 영상을 원격지로 전송하여 응급조치법과 영상을 실시간으로 받을 수 있다. 그러나 작전 상황에서 전력 공급이 어려운 의료 지원 장치는 잦은 전력 소모로 인해 제한된 시간만 지원받을 수 있거나, 필요한 순간에 지원받지 못할 가능성이 있다.

본 논문에서는 모바일 장치의 충전식 배터리 사용 시간을 연장하기 위한 저전력 방안으로 동적 클럭 공급 제어 알고리즘과 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘을 제안한다.

1.2 관련 연구

다양한 분야에서 저전력 시스템을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다. 특히 의료 분야에서는 모바일 응급 의료 시스템을 개선하기 위한 다양한 시도들이 있었다. 이러한 관련 연구들은 주로 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서의 저전력 시스템 방안을 다루고 있다.

1.2.1 하드웨어적 방안 : 동적 클럭 공급 제어 알고리즘

동적 클럭 제어 (Dynamic Clock Control) 또는 동적 전압 및 주파수 조절 (Dynamic Voltage and Frequency Scaling, DVFS)은 시스템의 전력 소모를 줄이기 위해 프로세서의 클럭 속도와 전압을 실시간으로 조정하는 기술이다. 이 방법은 하드웨어의 성능 요구 사항에 따라 자동으로 클럭 속도를 높이거나 낮춰, 불필요한 에너지 소모를 최소화하고 배터리 수명을 연장하는 데 이바지한다.

동적 클럭 제어의 주된 개념은 부하가 낮을 때 클럭 속도를 낮추어 전력 소모를 감소시키고 높은 성능이 필요할 때 클럭 속도를 높여 필요한 작업을 신속히 처리하는 것이다. 이는 컨텍스트 스위칭, 인터럽트 처리 또는 사용자 상호작용과 같은 시스템의 상태 변화를 기반으로 동작한다.

예를 들어, 모바일 장치나 웨어러블 기기에서 배터리 수명은 중요한 요소이므로 사용자가 활발히 장치를 사용하지 않는 시간, 예를 들어 화면이 꺼져 있거나 백그라운드에서 단순한 작업을 수행하는 동안에 동적 클럭 제어 기술은 클럭 속도를 낮추어 전력 소모를 줄일 수 있다. 반대로 고성능을 요구하는 애플리케이션 또는 게임 실행 시에는 클럭 속도를 높여 최적의 성능을 제공한다[1][2].

1.2.2 소프트웨어적 방안 : 동적 센싱 주기 관리 알고리즘

동적 센싱 주기 관리 알고리즘은 무선 네트워크(Wireless Sensor Networks, WSNs)에서 전력 소모를 최소화하기 위해 개발된 저전력 기술 중 하나다. 이 기술은 노드의 최대 활성 상태를 줄임으로써 전력 소모를 관리하며, 동적 전력 관리(Dynamic Power Management, DPM) 기법을 사용하여 저전력을 관리할 수 있는 구성 요소들을 절전 또는 꺼진 상태로 전환한다. 동적 전력 관리는 운영 체제 수준의 알고리즘으로서 장치의 유휴 시간을 늘리고 저전력

모드로 전환하여 전력과 성능을 제어한다.

노드는 여러 기능을 가진 노드들이 특정 영역에서 특정 작업을 지속해서 수행하며, 이러한 노드들은 게이트웨이를 통해 정보를 사용자에게 전달한다. 전력 관리자는 노드의 구성 요소들이 전원을 켜고 끄는 것을 제어하여 전력 관리를 가능하게 한다.

본 논문에서는 하드웨어적 방안으로 동적 클럭 공급 제어 알고리즘과 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘을 활용하여 저전력 설계를 한다. 동적 클럭 공급 제어 알고리즘은 전력 공급자인 컴퓨터의 부하에 따라 전력 사용 안정화를 위해 적용될 것이고, 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘은 컨트롤 보드가 제어하는 센싱 시스템의 전력 공급을 변화율에 따라 제어해 전력 사용률을 최소화한다[3][4].

II. 본론

2.1 전원 제어 대상

전원 제어의 대상은 원격 의료 지원 시스템에서 활용될 예정인 휴대용 통합 컨트롤러이며 컨트롤 보드의 배터리 전력 소모를 최소화하는 데 중점을 둔다. 그림 1은 응급 조치자가 현장에서 사용하는 휴대용 통합 컨트롤러의 구성도를 보여주며, 저전력 제어 설계를 목표하는 컨트롤 보드가 관리하는 하드웨어 항목들을 나열하였다. 컨트롤 보드는 컨트롤러 내부의 주변 기기 및 팬 등을 관리하고, 데이터 처리 및 BLE를 통해 컴퓨터로 데이터를 전송한다. 그리고 모듈 전원을 제어하는 전원 제어 회로가 탑재되어 있다.

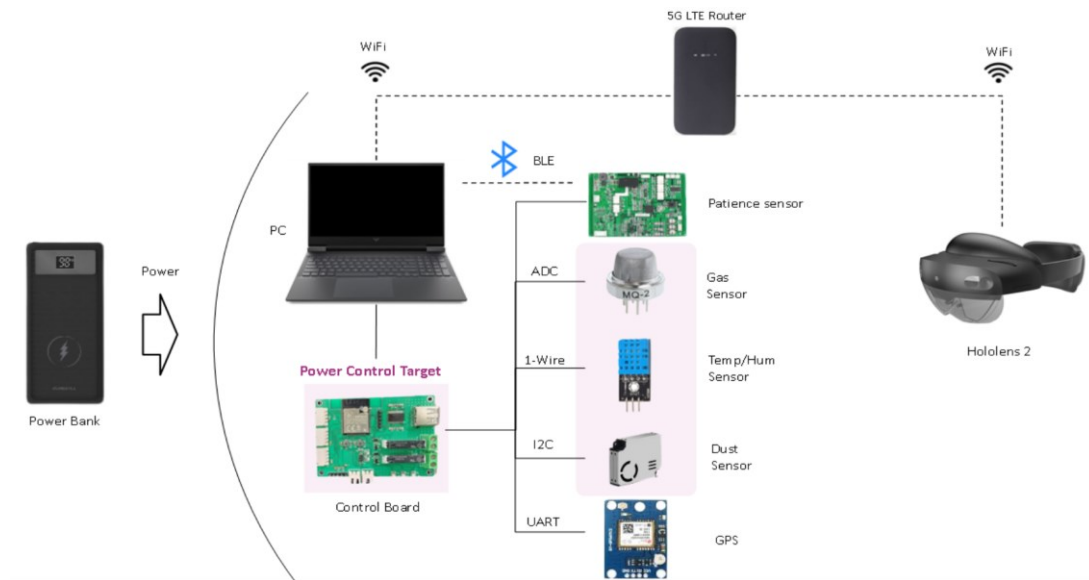


Figure 1. Diagram of Portable Integrated Controller

그림 1. 휴대용 통합 컨트롤러 구성도

그림 2는 컨트롤 보드에서 컨트롤 보드의 분류별 전자회로 전력 소비 분포를 보여준다. 측정 결과에 따르면, CPU는 전체 소비 전력의 18%를 차지하고, 통신 모듈은 32%, 센서 모듈은 28%, 기타 모듈들에서는 22%를 차지한다. 시스템의 안정성과 사용자 편의성을 고려할 때 모든 하드웨어를 제어 대상으로 삼는 것은 적절치 않다. 따라서 본 논문은 CPU와 센서 모듈을 저전력 제어의 주 대상으로 선정한다. CPU는 동적 클럭 공급 제어 알고리즘을 통하여 센서의 변화율에 따라 클럭을 변경하여 전력 소모를 효율적으로 운영하고, 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘으로 전력 공급원인 컴퓨터의 부하 상태에 따라 센서 모듈의 전력 공급을 조절하여 전력 공급에 안정화를 주고자 한다.

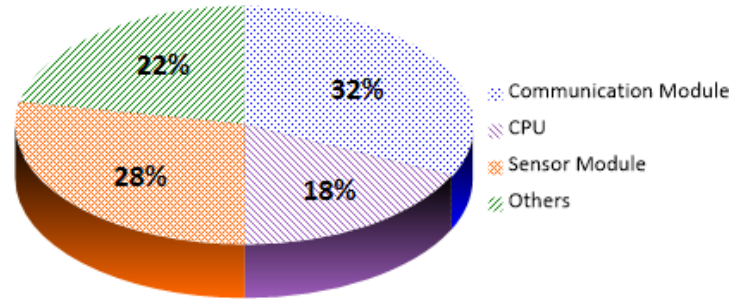


Figure 2. Electronic Circuit Power Consumption Distribution by Category
 그림 2. 컨트롤 보드의 분류별 전자회로 전력 소비 분포

2.2 제어 시스템의 상태 정의

저전력 제어를 위한 MCU 및 센서 모듈의 제어 상태를 다음과 같이 4 가지 상태로 나누었다. 첫 번째, 컴퓨터 측 응답이 없어 완전한 저전력 상태에 들어간 상황, 두 번째 통신 응답이 가능한 저전력 상황, 세 번째 저전력 센서 측정 상황, 네 번째 고속 센서 측정 상황으로 나누고 각 상태를 Suspend, Ready, Low Power Run, Run 으로 정의했다. 표 1 은 각 동작 상태에 따른 전원 제어 상태를 나타낸다[5].

Table 1. Power Control States According to Control Status

표 1. 동작 상태에 따른 전원 제어 상태

State	MCU	Sensor Module	Clcok
Run	Active	On	Default
Low Power Run	Active	On	Low Frequency
Ready	Light Sleep	Off	Stop
Suspend	Deep Sleep	Off	Stop

Run 은 고속 센서 측정 상황으로 센서의 반응을 빠르게 측정하여 운용하는 상태다. 센서를 집중적으로 살펴봐야 하는 상황에 요청받고 상시 센서를 측정하는 상태로 클럭을 많이 필요로 하는 상황이다. Low Power Run 은 요구하는 센싱 빈도가 낮을 시 운용되는 제어 상태로 Run 에 비해 낮은 클럭으로 운용되며 측정이 끝난 후 Ready 상태로 전환된다. Ready 는 저전력 대기 상황으로 센싱 시스템의 전력을 차단하고 타이머에 의해 센서 측정 알람을 대기하는 상태다. 이때 MCU 는 Light Sleep Mode 상태이며 Suspend 에 비해 통신에 Wake-Up 이 가능하여 필요시 Low Power Run 상태로 전환될 수 있다. Suspend 는 Ready 보다 소비 전력이 낮은 저전력 상태로 일정 횟수 이상 프로그램의 응답이 없을 시 전환되는 상태다. 이때 MCU 는 Deep Sleep Mode 상태이며 Deep Sleep Mode 는 Light Sleep Mode 에 비해 소모 전력이 낮으나 Wake-up 이 불가능하여 빠른 Run 상태로 전환할 수 없어, 주기적으로 RTC 에 의해 깨어나 프로그램의 응답 유무를 확인하고 응답이 없을 시 Suspend 상태를 유지한다.

그림 3 은 제안된 시스템을 상태 전이도로 도식화한 것이다. Low Power Run 상태에서 시작하며, 센서 측정 후 Ready 모드로 다음 측정 시기까지 알람을 대기한다. 알람에 의해 Wake-Up 되면 Low Power Mode 로 전환되며 이를 반복한다. 이때 매 측정 후 컴퓨터로 데이터를 송신하는데, 컴퓨터 측에서 수신 응답이 없을 시 이를 카운트하며 임계값 이상 시 프로그램 유휴 상태로 간주해 Suspend 상태로 전환된다.

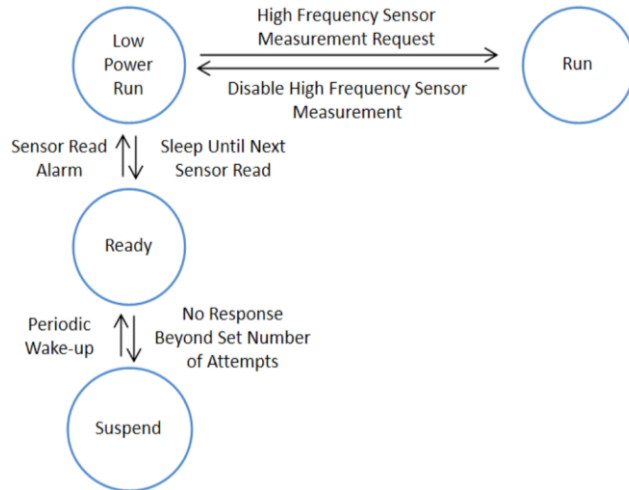


Figure 3. State Transition Diagram of Dynamic Clock Supply Control Algorithm
 그림 2. 동적 클럭 공급 제어 알고리즘의 상태 전이도

그림 4는 컴퓨터 응답에 따른 Suspend가 Ready 상태로 전환하는 과정을 도식화한 것이다. Suspend 모드는 주기적으로 RTC에 의해 깨어나며 컴퓨터 측으로 상태값을 전송하며 수신 응답이 없을 시 시스템 오류로 간주해 Suspend로 돌아가며, 응답이 있을 시 Ready 상태로 전환한다.

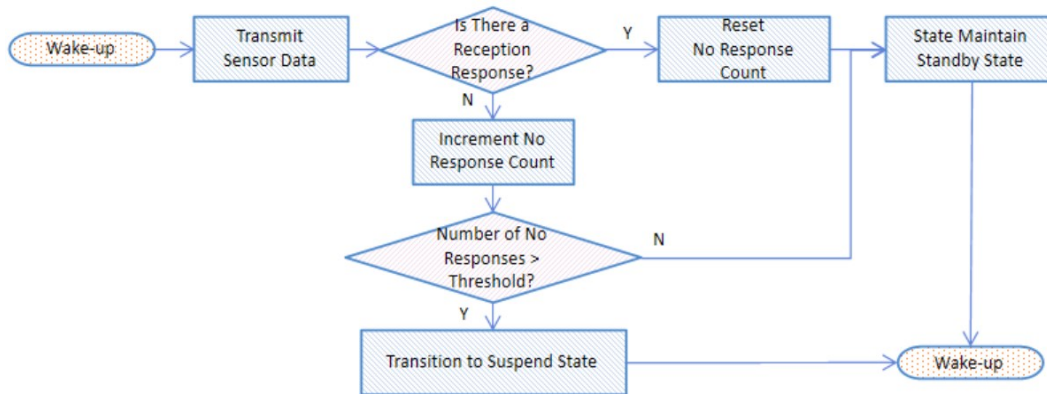


Figure 4. Flowchart of Transition to Suspend State Based on 컴퓨터 Response
 그림 3. 컴퓨터 응답에 따른 Suspend 상태 전이 플로우

이와 같이 Ready와 Suspend 상태를 통해 CPU와 센서로 공급되는 전력을 제어하고, Low Power Run 상태를 통해 간헐적인 센서 측정으로 효율적인 측정을 할 수 있도록 운용할 수 있다.

2.3 동적 클럭 공급 제어 알고리즘

모바일 장치의 배터리 수명을 연장하기 위해 센싱 시스템에서 발생하는 높은 전력 소모 문제를 해결하기 위한 동적 클럭 공급 제어 알고리즘을 제안한다. 동적 클럭 공급 제어 알고리즘은 센서의 변화율을 측정하고, 설정된 값 이상의 변화가 감지되지 않으면 CPU 및 센서 모듈 클럭을 감소시켜 전력 소모를 제한한다. 이는 에너지를 더욱 효율적으로 활용하고 센서의 전력 소모를 최적화하는 데 이바지한다[6][7].

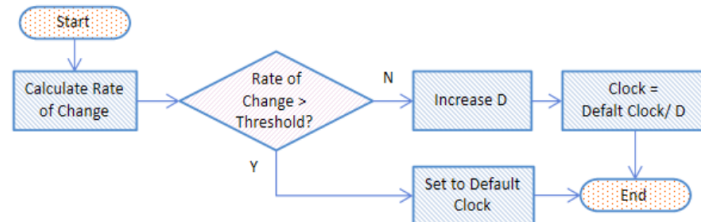


Figure 5. Dynamic Clock Control Algorithm Flow

그림 5. 동적 클럭 제어 알고리즘 흐름

그림 5 는 동적 클럭 공급 제어 알고리즘으로 클럭이 결정되는 과정을 도식화한 것이다. 변화율은 이전 측정 센서값과 현재 센서값의 차와 Sleep 경과 시간으로 계산된다. D 는 분주비(Divide Ratio)로 클럭을 나눠주는 값을 나타낸다. 센서의 변화율이 클 시 D 를 기본값으로 되돌리고, 변화율이 작을 시 D 를 증가시켜 CPU 에 공급되는 클럭을 낮춘다. 이때 D 는 최댓값 이상이 되지 않도록 한다.

2.4 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘

본 논문에서는 컴퓨터의 부하에 따라 주변 기기의 전력 공급을 조절하여 시스템의 안정성을 향상하는 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 컴퓨터가 고부하 작업, 특히 그래픽 카드를 집중적으로 사용할 때 발생하는 높은 전력 소모를 완화하기 위해 설계되었다. 컨트롤 보드의 운용 시간을 조정하여 Ready 상태를 유지함으로써 전력 소모를 제한한다. 이를 통해 전체 시스템의 전력 효율을 개선하고 컴퓨터에 안정적인 전력 공급하는 것이 목적이다[8].

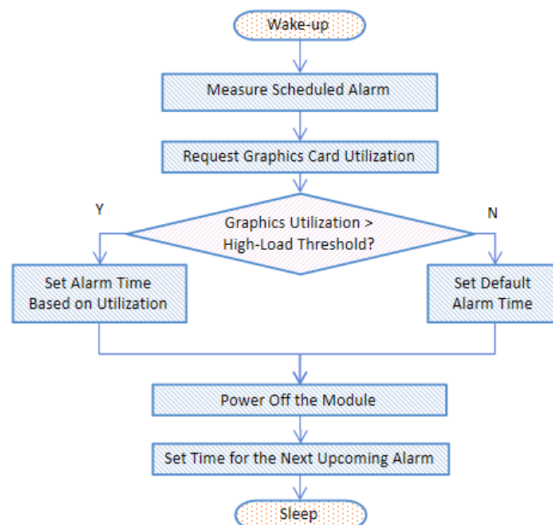


Figure 6. System Load Power Stabilizer Flow

그림 6. 시스템 부하 전력 안정화 흐름도

그림 6 은 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘의 구조를 나타낸다. 컨트롤 보드는 그래픽 카드의 사용률을 주기적으로 모니터링한다. 컴퓨터로부터 그래픽 카드의 사용률을 수신하고 사용률에 해당하는 Ready 상태 유지 시간을 결정한다. Ready 상태로 전환되기 가장 먼저 도래하는 센서의 측정 시각에 맞춰 RTC 타이머를 설정한다. 이때 다음 측정해야 할 센서가 무엇인지 저장하여 Wake-Up 시 해당 센서를 측정할 수 있게 한다. 센서 전원을 차단하고 MCU 는 Light Sleep Mode 가 되어 저전력 상태로 RTC 알람이 일어날 때까지 대기한다. 설정된 시간이 지나면 RTC 알람이 작동하여 Low Power Run 상태로 전환되고, 현재

측정해야 할 센서를 확인한다. 이러한 동작으로 컴퓨터 측의 부하에 따라 컨트롤 보드에 소모되는 전력을 완화할 수 있고 여러 센서의 스케줄을 관리할 수 있게 한다.

III. 시스템 구축 및 실험

3.1 실험 환경 및 내용

본 논문에서 제안한 저전력 기법의 실효성 평가를 위해 장치를 구성 후 실험을 통해 결과를 비교 분석한다. 센서의 전력을 제어할 수 있도록 컨트롤 보드에 각각의 센서의 전력 공급을 제어할 수 있는 회로를 구성한다. 그림 7 은 실험 장치의 하드웨어 구성을 보여준다. 각각의 센서의 전원을 제어할 수 있도록 전원을 스위칭 신호로 제어할 수 있도록 구성한 것을 나타낸다. 파워뱅크는 컴퓨터에서 공급하던 전력을 컨트롤 보드에 대신 공급하고, 컨트롤 보드가 소모하는 전력량을 배터리 잔량을 통해 측정한다. 파워뱅크의 용량은 컨트롤 보드 배터리 소모에서 배터리 소모량을 확인하기 적절한 용량인 20000mAh 로 선정하였다. 컨트롤 보드는 3 종류의 센서에 전력을 공급하고 측정하고 있으며, 각각의 센서의 전력을 개별적으로 제어할 수 있는 회로를 가지고 있다. 또한 컴퓨터와 통신하여 그래픽 카드의 부하에 따라 동작할 수 있도록 구성하였다[9].

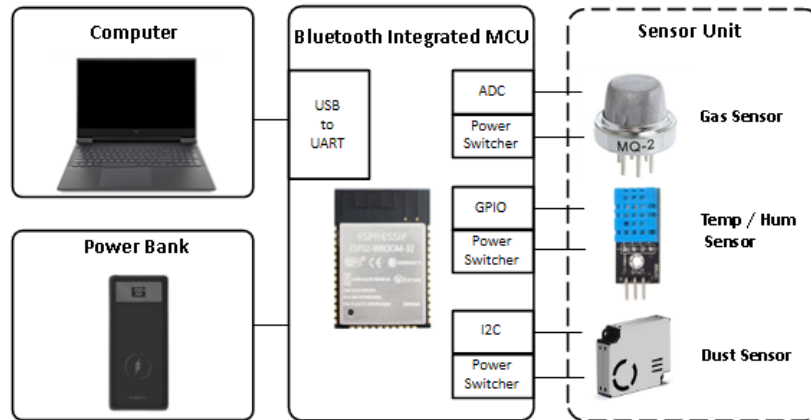


Figure 7. Experimental Hardware Configuration Diagram
그림 7. 실험용 하드웨어 구성도

제어 MCU 는 ESP32 를 선정했다. ESP32 는 널리 사용되는 IoT 마이크로 컨트롤러로 WiFi 및 BLE 통신을 지원한다. 표 2 는 ESP32 의 사양을 나타내고 있다.

Table 2. ESP32 Specifications Summary
표 2. ESP32 사양 요약

Power Mode	working current
Chipset	ESP32
CPU	Xtensa® 32-bit LX6 Microprocessor / Dual-core or Single-core Mode
Operating Frequency	Up to 240 MHz
RAM	520 KB SRAM
Wireless Connectivity	Wi-Fi(802.11 b/g/n), Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE
Analog Input	12-bit SAR ADC up to 18 Channels
Power Consumption Modes	Active Mode, Sleep Mode, Deep Sleep Mode
Power Requirements	2.2V to 3.6V

시스템 부하 전력 안정화 알고리즘으로 저전력 제어 실험할 대상을 3 종류의 센서 온습도 센서, 유해 가스 센서, 미세 먼지 센서로 선정한다. [표 3]은 각 선정된 센서 모듈과 소모 전력을 나타내고 있다.

Table 3. Power consumption by sensor

표 3. 센서에 의한 전력 소모

Power Mode	working current
MQ135 (Gas Sensor)	950 mW
DHT11 (Temp/hum Sensor)	12.5 mW
PM2008 (Dust Sensor)	500 mW (working)

ESP32의 전력 관리 모드에는 Active Mode, Modem Sleep Mode, Light Sleep Mode, Hibernation Mode, 그리고 Deep Sleep Mode가 있으며, 각 모드는 서로 다른 특징과 전력 절약 기능을 가진다. [표 4]는 각 모드별로 소모되는 전력량을 보여준다.

Table 4. ESP32 power modes and their approximate power consumption

표 4. ESP32 전력모드와 전력소모

Power Mode	Approximate Power Consumption
Active Mode	80 mA ~ 260 mA
Modem Sleep Mode	~20 mA
Light Sleep Mode	0.8 mA
Deep Sleep Mode	10uA ~ 150 uA
Hibernation Mode	< 5 uA

Hibernation Mode는 가장 적은 전력을 소모하지만, 외부 GPIO 인터럽트에만 반응하여 Wake-up 될 수 있어 내부 RTC를 활용한 Wake-up에는 적합하지 않다. Deep Sleep Mode 또한 CPU와 대부분의 주변 장치의 전원을 차단하며, 내부 RTC에 의해 Wake-Up이 가능하지만, 컴퓨터 측에서 직접적으로 깨울 수 있는 UART 인터럽트를 지원하지 않는다. Light Sleep Mode는 앞서 서술한 두 Sleep Mode에 비해 전력 소모는 크지만, 컴퓨터 측에서 통신으로 Wake-Up을 시킬 수 있기에 해당 Sleep Mode를 선정했다[10].

여러 종류의 센서를 동시에 운용하는 경우, 각 센서의 그래픽 카드 사용률에 따른 측정 주기를 얻고, 마지막 측정 시각을 기록해야 한다. RTC-RAM을 활용하여 여러 센서의 마지막 측정 시각을 저장하고, Wake-Up 시에 그래픽 카드 사용률에 따라 각 센서의 측정 주기를 계산한다. 이후 가장 먼저 도래하는 센서의 알람 시각을 설정하고, Wake-up 시에 측정할 센서를 저장한다. 이러한 방식으로 서로 다른 주기와 측정시간을 가진 여러 센서의 시간을 효율적으로 관리할 수 있다.

ESP32 펌웨어는 Visual Studio Code(VSCode) 환경 내에서 Espressif IoT 개발 프레임워크(ESP-IDF)를 사용하여 개발되었다.

3.2 실험

시스템 부하 전력 안정화 알고리즘과 동적 클럭 공급 제어 알고리즘 적용에 따른 배터리 소모량을 비교하기 위해 알고리즘이 적용된 환경과 그렇지 않은 환경의 배터리 소모량을 비교한다. 알고리즘이 적용되지 않은 상태의 전류 소모 그래프를 구하고 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘이 적용된 그래프와 동적 클럭 공급 제어 알고리즘이 적용된 그래프 그리고 두 알고리즘이 모두 적용된 그래프를 구한다. 그 후 알고리즘 적용에 따른 컨트롤 보드의 배터리 사용시간 개선 정도를 비교하기 위해 1일 단위로 완전히 충전된 파워뱅크에서 24시간 동작 후 배터리 잔량을 비교하여 배터리 사용 시간 개선 정도를 확인한다.

3.3 실험 결과

표 5는 시간에 따른 전류 소모를 보여주는 그래프다. Before Algorithm Application은 그래픽 카드의 부하가 낮을 시 컨트롤 보드의 전력 소모 그래프를 보여주며 10초 주기로 온습도, 가스, 미세 먼지를 동시에 전력을 공급하는 동작을 한다. 그 외 그래프들은 동적 클럭 공급 제어 알고리즘 적용 시 그래프와 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘 적용 시 그리고 두 알고리즘이 모두 적용된 그래프를 보여주고 있다. Current Consumption with Dynamic Clock

Supply Control Algorithm Applied 는 동적 클럭 공급 제어 알고리즘에 의해 센서 변화가 적을 시 클럭을 낮춰 전력 소모가 줄어드는 모습을 볼 수 있다. Current Consumption with System Load Power Stabilization Algorithm Application Applied 는 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘에 의해 그래픽 카드 고부하 시 각각의 센서가 설정된 값에 따라 측정 주기가 변하는 모습을 보여준다. Current Consumption with Two Algorithms Applied 는 두 알고리즘이 모두 적용되어 주기와 클럭이 모두 변할 시 전류 소모를 보여주고 있다.

Table 5. Graph of Current Consumption Over Time
 표 5. 시간 경과에 따른 전류 소모 그래프

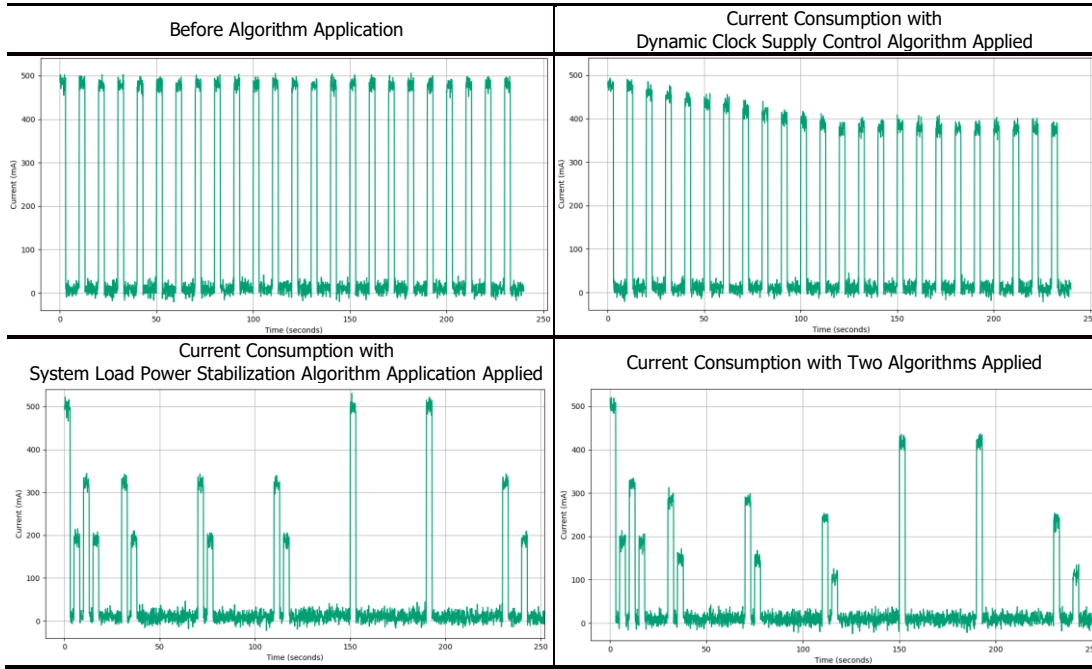


그림 8 은 적용된 알고리즘 별로 완전 충전된 파워뱅크에서 24 시간 동작 후 배터리 잔량을 기록한 그래프다. 실험은 총 6 회 이루어졌으며 알고리즘 적용에 따라 배터리 잔량의 차이가 있음을 볼 수 있다. 알고리즘에 따라 배터리 전력이 개선된 정도를 나열하면 두 알고리즘 모두 적용되었을 시 가장 개선되었고 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘, 동적 클럭 제어 알고리즘 순으로 개선되었다.

Daily Current Consumption Based on Algorithm Application

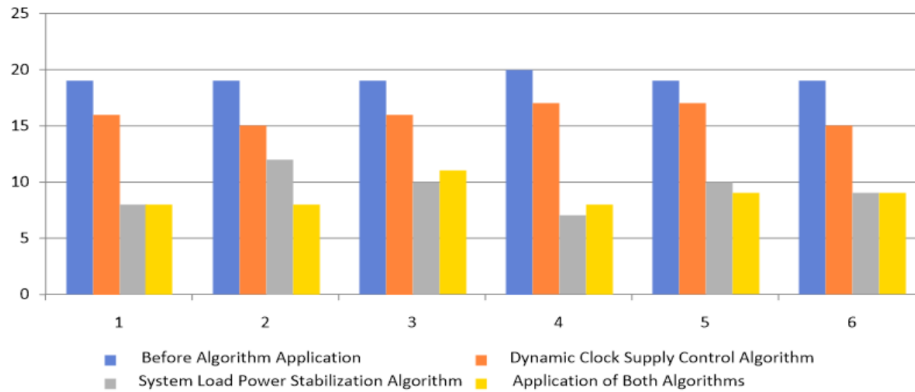


Figure 8. Graph showing Daily Battery Remaining with and without Algorithm Application
 그림 8. 알고리즘 적용 여부에 따른 일일 배터리 잔량

표 6 은 알고리즘 적용 여부에 따른 일일 배터리 소모 평균을 나타낸다. 동적 클럭 공급 제어 알고리즘 적용 시 적용 전에 비해 전력 소모를 17% 개선했다. 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘 적용 시는 51% 소모를 개선하였고, 두 알고리즘 모두 적용 시 적용 전 대비 67%의 전력 소모를 한 것을 확인할 수 있었다.

Table 6. Daily Average Battery Consumption Based on Algorithm Application Status

표 6. 알고리즘 적용 여부에 따른 일일 배터리 소모 평균

Applied Algorithm	Approximate Power Consumption
Before Algorithm Application	19.2%
Dynamic Clock Supply Control Algorithm	16%
System Load Power stabilization Algorithm	9.3%
Application of Both Algorithms	8.8%

IV. 결론

본 논문에서는 시스템 부하 전력 안정화 알고리즘과 동적 클럭 공급 제어 통해 모바일 장비의 배터리 전력 소모를 최적화하는 연구를 수행하였다. 제안한 방법은 센서 변화율에 따라 CPU 의 클럭을 적절하게 조절 할 수 있었고, 그래픽 카드 부하에 따라 센서 전력 차단과 CPU Sleep 시간을 조절하여 전력 공급의 안정성을 증가시켰다. 이를 통해, 모바일 장치의 충전식 배터리 사용 시간 연장 및 에너지 효율성 증대라는 두 가지 주요 목표를 달성할 수 있었다.

V. 감사의 글

이 논문은 2020 년도 민간기술협력사업 (3 차원공간의 생체객체인식 및 정합 알고리즘 연구)의 지원으로 수행되었다.

VI. 참고문헌

- [1] S.H.Park, H.J.Kim, and T.H.Han, "Energy Optimization Technique Using Power-Weight aware Dynamic Voltage Frequency Scaling," in The Institute of Electronics and Information Engineers, 2013, pp. 7-10.
- [2] K.H.Kwon, N.Y.Kim, and H.G.Byun, "Dynamic Power Management using Dynamic Frequency Scaling in Embedded System," Journal of Digital Contents Society, vol. 10, no. 2, pp. 217-223, 2009.
- [3] C.H.Lee et al. "Study on the Content Development of Mobile AR_HMD through a Real Time 360 Image Processing.." Journal of the Semiconductor & Display Technology, vol. 15, no. 2, pp. 66-69, 2016.
- [4] Chéour R, Jmal MW, Khriji S, Houssaini DE, Trigona C, Abid M, et al. Towards Hybrid Energy-Efficient Power Management in Wireless Sensor Networks. Sensors. 2022;22(1):301.
- [5] D.K.Kim, J.H.Park, J.W.Lee, "Sensing Model for Reducing Power Consumption for Indoor/Outdoor Context Transition," Journal of KIISE, vol. 43, no. 7, pp. 763-772, 2016.
- [6] H.M.Seo, S.J.Kim, W.C.Park, "Context Aware based on Low Power Sensing Algorithm" ASK 2023 Vol.17, No1, Apr.2010, pp.326-329
- [7] Y.S.Jangm H.S.Choi, "Algorithm Design for Low-Power Temperature sensor to Cultivate Blueberry in Greenhouse," in Conference Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers, 2016, pp. 2027-2029.
- [8] C.M.Yoon and J.J.Kim. "A Study on the Low Power Algorithm consider the Battery and the Task." Journal of Digital Contents Society, vol. 15, no. 3, pp. 433-438, 2014,

- [9] S.S.So, B.D.Cho, S.B.Eun, B.H.Kim (2009). "A Power Management Scheme for Sensors with MCU in Sleep Mode in Nano-Q+." THE JOURNAL OF The KOREAN Institute Of Maritime information & Communication Science, vol. 13, no. 9, pp. 1928-1934, 2009,
- [10] W.H Ju, E.J Em, J.W Park, & D.H Lee. "Evaluation of power saving on chipset energy using low power based sleep mode." Journal of biocystems Engineering, vol. 26, no. 1, pp. 217-217, 2021.

저자소개



김도형(Dohyeong Kim)

2019년 08월~현재 스페이스코어 기술개발팀 팀장
2022년 03월~현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

관심분야 : 임베디드 시스템, 사물인터넷, 음성 처리, 데이터 시각화



류지훈(jihoon Ryu)

2004년 ~ 2012년 (주)일렉콤 개발부 엔지니어
2012년 ~ 2013년 (주)로봇스토리 개발 총괄이사
2014년 ~ (주)일렉콤 개발부 이사

관심분야 : 스마트팩토리, 사물인터넷, 데이터 계더링, 인공지능



조진표(Jinpyo Jo)

2015년 10월~현재 (주)일렉콤 국방사업본부(이사)
2020년 08월 국립한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과 석사
2024년 02월 국립한밭대학교 소프트웨어융합대학원 컴퓨터공학과 박사

관심분야 : 사물인터넷, 데이터통신, 레이저영상, 데이터 시각화, 가상현실



김정호(JeongHo Kim)

1983년 03월 ~ 1996년 02월 한국전자통신연구원(실장, 책임연구원)
1996년 03월 ~ 2022년 08월 국립한밭대학교 컴퓨터공학과(교수)
2020년 08월 ~ 2022년 08월 국립한밭대학교 정보기술대학장, 대학원장

관심분야 : 프로토콜공학, IoT 설계, 정보보호