

일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드 개발

Development of Embedded Board for Integrated Radiation Exposure Protection Fireman's Life-saving Alarm

이 영 지*, 이 주 현*, 이 승 호**★

Young-Ji Lee*, Joo-Hyun Lee*, Seung-Ho Lee**★

Abstract

In this paper, we propose the development of embedded board for integrated radiation exposure protection fireman's life-saving alarm capable of location tracking and radiation measurement. The proposed techniques consist of signal processing unit, communication unit, power unit, main control unit. Signal processing units apply shielding design, noise reduction technology and electromagnetic wave subtraction technology. The communication unit is designed to communicate using the wifi method. In the main control unit, power consumption is reduced to a minimum, and a high performance system is formed through small, high density and low heat generation. The proposed techniques are equipment operated by exposure to poor conditions, such as disaster and fire sites, so they are designed and manufactured for external appearance considering waterproof and thermal endurance. The proposed techniques were tested by an authorized testing agency to determine the effectiveness of embedded board. The waterproof grade has achieved the IP67 rating, which can maintain stable performance even when flooded with water at the disaster site due to the nature of the fireman's equipment. The operating temperature was measured in the range of -10°C to 50°C to cope with a wide range of environmental changes at the disaster site. The battery life was measured to be available 144 hours after a single charge to cope with emergency disasters such as a collapse accident. The maximum communication distance, including the PCB, was measured to operate at 54.2 meters, a range wider than the existing 50 meters, at a straight line with the command-and-control vehicle in the event of a disaster. Therefore, the effectiveness of embedded board for embedded board for integrated radiation exposure protection fireman's life-saving alarm has been demonstrated.

요 약

본 논문에서는 위치추적과 방사선 측정이 가능한 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드 개발을 제안한다. 제안하는 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드는 신호 처리부, 통신부, 전원부, 메인 제어부 등으로 구성된다. 신호 처리부에서는 차폐설계, 노이즈 저감 기술 및 전자파 차감 기술 등을 적용한다. 통신부에서는 WiFi 방식을 사용하여 통신하도록 설계한다. 메인 제어부에서는 전력 소모를 최소한으로 줄이고 작고 밀도가 높으면서도 낮은 발열성을 통하여 높은 고성능 시스템을 구성한다. 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드는 재난 및 화재현장 등 열악한 환경에 노출되어 운영하는 장비이므로 방수와 내열성을 고려한 외형도 설계 및 제작을 한다. 제안된 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 효율을 판단하기 위하여 공인시험기관에서 실험하였다. 방수 등급은 소방관용 장비의 특성 상 재해 현장에서 물에 의한 침수 시에도 안정적인 성능을 유지할 수 있는 IP67 등급을 달성하였다, 동작 온도는 재해현장에서의 폭넓은 환경변화에 대응할 수 있는 -10°C ~ 50°C 의 범위에서 측정이 되었다. 배터리 수명은 붕괴사고 등의 비상 재난 상황에 대처할 수 있는 1회 충전 후 144시간 사용 가능함이 측정되었다. PCB를 포함한 최대 통신 거리는 재난 상황 시 지휘통제 차량과의 직선거리에서 기존의 50m보다 넓은 범위인 54.2m에서 작동하는 것이 측정되었다. 따라서 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 그 효용성이 입증되었다.

Key words : Embedded Board, Waterproof Grade, Operating Temperature, Battery Life, Maximum Communication Distance

* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University
** Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University
★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137

Manuscript received Dec. 2, 2019, revised Dec. 16, 2019, accepted Dec. 18, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

최근 원자력 및 방사선 산업의 발달에 따라 국내 방사성물질을 사용하는 기관이 많아지고 있다. 이에 따라 원자력안전위원회, 소방청, 식품의약품안전처 등에서는 화재 및 지진 등으로 인한 방사선 유출사고에 대응하고 있으며, 현장지휘소 등 투입인력으로는 소방·119구조대, 군부대 등이 포함되어 대응한다[1][2]. 방사성 물질은 무색무취로 사람이 오감으로 인지하지 못하는 사이에 피폭될 수 있는 위험도가 높은 물질이지만, 화재현장에서 소방관들이 사용하는 방사선측정기는 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다[3][4]. IP67 이상의 방수 등급을 가진 제품이 없어 물의 사용이 불가피한 소방현장에서 고장 및 오작동으로 소방관의 방사선 피폭을 방호하는데 한계가 있다. 또한, 데이터 통신 방식이 USB 또는 적외선 근거리 통신방식으로 현장지휘체계에서 조난자의 조난 여부를 실시간으로 파악이 불가능하여 시간이 생명인 소방현장에서 명확한 한계를 가진다.

따라서 본 논문에서는 침수 시에도 안정적인 성능을 유지할 수 있고, 재해현장에서 폭넓은 동작 온도와 충분한 동작 시간, 넓은 통신 거리 등을 구현할 수 있는 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드 개발을 제안한다.

II. 본론

1. 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드

방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 블록도는 그림 1과 같이 신호 처리부, 통신부, 전원부, 메인 제어부 등으로 구성된다. 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드는 방수, 노이즈 저감, 저전력 안전화, 통신 안전화를 고려하여 설계하였으며, 장치 정보를 매초마다 전송한다. 일반적인 전력 소비는 3.7V/40mA이며, 출력 유형은 LCD/WiFi TCP socket 전송이다.

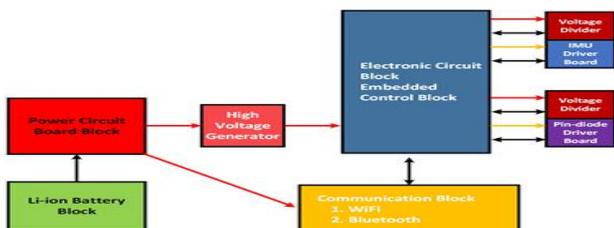


Fig. 1. Block Diagram of Embedded Board.
그림 1. 임베디드 보드의 블록도

2. 신호 처리부

방사선 측정센서에 사용한 PIN-Diode의 경우 누설전류 및 전기적인 노이즈에 의한 영향을 많이 받으므로 신호 처리부 및 통신부에 대한 차폐설계를 적용한다[5]. 노이즈 저감 기술 및 전자파 차감 기술은 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 전자부 전체에 연계되어 적용한다. 노이즈의 발생원을 최소화하기 위하여 저전력 안정화 설계를 적용한다. 또한 화재 및 재난 현장의 사용을 목적으로 개발되는 장비이므로 온도 변화에 민감한 센서의 특성을 보완하고 그 영향을 최소화 할 수 있도록 펄스 값을 변환하는 과정에서 화재현장 대비 온도변화 영향 최소화 설계를 적용한다.

3. 통신부

방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 주요 사용 장소가 재난 현장 또는 원자력발전소 등의 통신 취약지역이므로 유선으로 통신이 어렵다. 따라서 무선통신 방식중에 보편화되고 많이 사용되는 wifi 방식을 사용하여 통신하도록 설계한다. 또한 장비의 유지 보수를 위한 통신 및 충전을 위하여 USB를 사용하며, USB 통신은 안정성 및 전력 소비와 메모리 요구량을 최소화하기 위해 USB-UART 변환 IC (CP2102)를 사용한다. 그림 2는 통신부의 블록도이다.

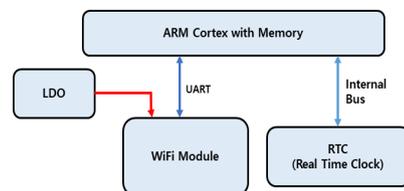


Fig. 2. Block Diagram of Communication Unit.
그림 2. 통신부의 블록도

4. 전원부

기기에 안정적인 전압 소스를 제공하기 위해 리튬이온 배터리를 주전원으로 사용한다. 주요부에 3.0V, 2.5V, 2.0V의 전압을 사용하며 이를 위해 대기 전력이 적은 선형 안정회로를 사용한다[6]. 충전은 Li-Ion Battery를 USB 포트를 통하여 공급되는 전원으로 충전하며, 최소 100시간 이상 구동되도록 설계한다. 그림 3은 전원부의 블록도이다.

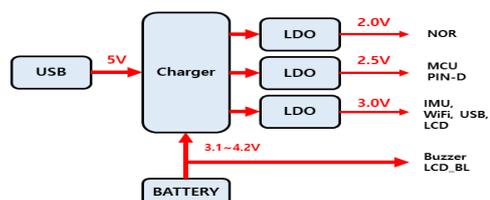


Fig. 3. Block Diagram of Power Unit.
그림 3. 전원부의 블록도

5. 메인 제어부

메인 제어부의 주제어용 Processor MCU는 ST사에서 나온 저전력 MCU인 STM32L4R9와 FreeRTOS를 사용하여 전력 소모를 최소화으로 줄인다. 또한, 작고 밀도가 높으면서도 낮은 발열성을 통하여 높은 고성능 시스템을 구성한다. 그림 4는 메인 제어부의 블록도이다.

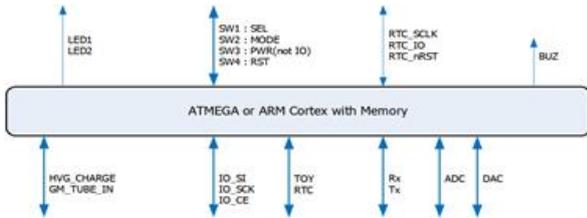


Fig. 4. Block Diagram of Main Control unit.
그림 4. 메인 제어부의 블록도



Fig. 6. PCB Image of Embedded Board.
그림 6. 임베디드 보드의 PCB 이미지

6. 방수와 내열성을 고려한 외형도 설계 및 제작

일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드는 재난 및 화재현장 등의 열악한 환경에 노출되어 운영하는 장비이므로, 방수와 내열성을 고려해야하기 때문에 충격과 열에 강한 소재의 적용을 필수적으로 적용하여야 한다[7]. 따라서 ABS, Polypropylene, Resin, Rubber 등의 재질은 사용하여 설계 및 제작을 한다. 그림 5는 방수와 내열성을 고려한 시제품의 외형도를 나타낸다.

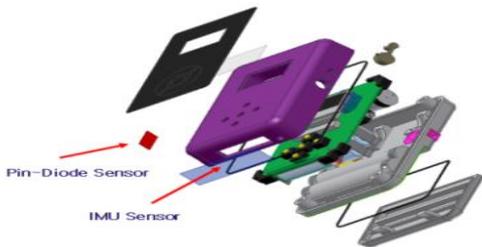


Fig. 5. Exterior Shape of the Prototype Considering Waterproofing and Thermal Endurance.
그림 5. 방수와 내열성을 고려한 시제품의 외형도

7. 임베디드 보드의 PCB 보드 설계 및 제작

그림 6은 임베디드 보드의 PCB 이미지를, 그림 7은 임베디드 보드의 전체조립 이미지를 나타내고 있다.

8. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 성능을 평가하기 위하여, 공인인증기관에서 그림 8과 같이



Fig. 7. Total Assembly Image of Embedded Board.
그림 7. 임베디드 보드의 전체조립 이미지

테스트 환경을 구축하여 실험하였다. 방수 등급은 침수용 탱크에서 30분간 측정 후 정상동작 유무를 판단하였다. 동작 온도는 워크인 챔버에 거치하여 온도 범위를 -10~+50℃ 온도 범위 중에서 -10℃, 20℃, 50℃에서 정상동작 유무를 확인하였다. 배터리 수명은 배터리 완충 이후 충전 커넥터를 제거하고 동작 시작부터 방전시까지의 시간을 측정하였다. 통신 거리는 시제품과 무선공유기의 거리를 50m로 설정하고, 1m/s로 이동하며 측정하였다.



Fig. 8. Test Configuration Environment
그림 8. 테스트 구성 환경

나. 실험 결과

실험을 진행한 결과, 표 1과 같이 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 방수 등급은 소방관용 장비의 특성 상 재해 현장에서 물에 의한 침수 시에도 안정적인 성능을 유지할 수 있는 IP67 등급을 달성하였으며, 동작 온도는 재해현장에서의 폭넓은 환경변화에 대응할 수 있는 -10℃~50℃의 범위에서 측정이 되었다. 배터리 수명은 붕괴사고 등의 비상 재난 상황에 대처할 수 있는 1회 충전 후 144시간 사용 가능성이 측정되었으며, PCB를 포함한 최대 통신 거리는 재난 상황 시 지휘통제 차량과의 직선거리에서 기존의 50m보다 넓은 범위인 54.2m에서 작동하는 것이 측정되었다. 따라서 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 그 효용성이 입증되었다.

Table 1. Result of Certificate of Accreditation Agency.

표 1. 공인시험성적서 결과

Experimental Items	Unit	Experimental Results
Waterproof Grade	IPXX	IP67
Operating Temperature	℃	-10℃ ~ 50℃
Battery Life	hr	144hr
Maximum Communication Distance	m	54.2m

III. 결론

본 논문에서는 위치추적과 방사선 측정이 가능한 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드 개발을 제안하였다. 제안하는 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기의 임베디드 보드는 신호 처리부, 통신부, 전원부, 메인 제어부 등으로 구성되었다. 제안된 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 효율을 판단하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 방수 등급은 소방관용 장비의 특성 상 재해 현장에서 물에 의한 침수 시에도 안정적인 성능을 유지할 수 있는 IP67 등급을 달성하였으며, 동작 온도는 재해현장에서의 폭넓은 환경변화에 대응할 수 있는 -10℃~50℃의 범위에서 측정이 되었다. 배터리 수명은 붕괴사고 등의 비상 재난 상황에 대처할 수 있는 1회 충전 후 144시간 사용 가능성이

측정되었으며, PCB를 포함한 최대 통신 거리는 재난 상황 시 지휘통제 차량과의 직선거리에서 기존의 50m보다 넓은 범위인 54.2m에서 작동하는 것이 측정되었다. 따라서 일체형 방사선 피폭 방호 소방관 인명구조 경보기를 위한 임베디드 보드의 그 효용성이 입증되었다. 향후 연구 과제는 방수 등급을 높이기 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

References

[1] J. H. kim, C. S. Kim, C. S. Im, "Analysis of the Risk Perception of Nuclear Power Plant and Radiatio," *JKAIS*, Vol.13, No.8: pp.3570-3577, 2012.

[2] Yasunari, Teppei J., et al. "Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.108, No.49, pp.19530-19534. 2011. DOI: 10.1073/pnas.1112058108

[3] Kim, Ki-Hyun, et al. "The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events," *Atmospheric Environment*, Vol.37, No.6, pp.753-765, 2003. DOI: 10.1016/S1352-2310(02)00954-8

[4] Lee, Joo-Hyun, Joo-Ho Kim, and Seung-Ho Lee. "Development of Environmental Safety Real-Time Monitoring System by Living Area," *Journal of IKEEE*, Vol.23, No.3 pp.1088-1091, 2019. DOI: 10.7471/ikeee.2019.23.3.1088

[5] Kim, Jae-Heong, Joo-Hyun Lee, and Seung-Ho Lee, "Development of New Ocean Radiation Automatic Monitoring System," *Journal of IKEEE*, Vol.23, No.2, pp.743-746, 2019. DOI: 10.7471/ikeee.2019.23.2.743

[6] Lee, Young-Ji, Sang-Heon Lee, and Seung-Ho Lee. "Development of Enhanced DAP(Dose Area Product)," *Journal of IKEEE*, Vol.23, No.2 pp. 739-742, 2019. DOI: 10.7471/ikeee.2019.23.2.739

[7] Lloret, Jaime, et al. "A wireless sensor network deployment for rural and forest fire detection and verification," *sensors* Vol.9, No.11 pp.8722-8747, 2009. DOI: 10.3390/s91108722