

저전력 광역통신망 기반 현장데이터 수집 전송 및 모니터링 시스템 개발

주영태* · 김종실* · 김응곤**

Development of a System for Field-data Collection Transmission
and Monitoring based on Low Power Wide Area Network

Yeong-Tae Ju* · Jong-Sil Kim* · Eung-Kon Kim**

요약

신재생에너지 발전, 스마트팜 통합관제 등 현장데이터의 모니터링 시스템은 PC, 서버 기반에서 모바일 퍼스트 중심으로 발전하고 있으며, IoT 기술의 발전으로 다양한 무선통신 및 응용 서비스들이 출현하였다. 저전력 광역통신망은 저전력, 저용량, 저속 데이터 전송에 최적화된 서비스로 현장에서 수집된 데이터는 지정 저장 서버나 클라우드 기반 데이터 플랫폼으로 전송되며, 이를 통해 데이터 모니터링이 가능하다. 본 논문에서는 단일 디바이스로 현장 데이터를 수집하고 저전력 광역통신망을 이용하여 무선통신 사업자 클라우드 데이터 플랫폼으로 전송하는 IoT 중계기와 이를 활용한 현장 모니터링 앱을 설계 및 구현하였다. 이를 활용하면 보다 모니터링 시스템 구성이 간단하고, 구축 및 운영 비용이 저렴하며 효과적인 데이터 축적이 가능하다.

ABSTRACT

Field data monitoring systems such as renewable energy generation and smart farm integrated control are developing from PC and server to mobile first, and various wireless communication and application services have emerged with the development of IoT technology. Low-power wide-area networks are services optimized for low-power, low-capacity, and low-speed data transmission, and data collected in the field is transmitted to designated storage servers or cloud-based data platforms, enabling data monitoring. In this paper, we implement an IoT repeater that collects field data with a single device and transmits it to a wireless carrier cloud data flat using a low-power wide-area network, and a monitoring app using it. Using this, the system configuration is simpler, the cost of deployment and operation is lower, and effective data accumulation is possible.

키워드

Embedded, Field Data, IoT(Internet of Things), LPWAN(Low Power Wide Area Network), Monitoring
현장 데이터, 저전력 광역 통신망, 임베디드, 모니터링, 사물 인터넷

* 순천대학교 컴퓨터공학과(niea@daum.net, nikeljs@nate.com)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2022. 10. 27
• 수정완료일 : 2022. 11. 19
• 게재확정일 : 2022. 12. 17

• Received : Oct. 27, 2022, Revised : Nov. 19, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Email : kek@snu.ac.kr

1. 서 론

국내뿐만 아니라 해외의 실시간 모니터링 시스템은 대부분 퍼스널 컴퓨터 기반의 모니터링 시스템이 주류를 이루고 있다. IoT 및 네트워크 기술의 발전에 따라 업무 현장에서 사용하는 모니터링 시스템은 모바일 퍼스트 중심으로 발전하고 있으며 신재생에너지, 스마트팜, 스마트 물류 등 현장에서 실시간으로 발생하는 데이터의 수집 및 모니터링을 위한 무선통신 기술이 요구되고 있다[1].

신흥공업국의 경우 유선 통신망보다 무선통신망 설치 및 운영 지역이 더 많은 실정으로 실시간 데이터 수집 및 모니터링을 위하여 유선통신보다 무선통신이 더 효율적인 방법으로 제시되고 있고 IoT 기반의 접속 기술 증가로 인한, 다양한 모니터링 기술이 개발되고 있다[2].

태양광 발전소의 경우 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 소규모 태양광 발전소 설치 및 운영 사업자 증가에 따라 현재 발전 상황 및 문제 발생 시 이상 알림이 가능한 모바일 중심의 모니터링 시스템에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다[3]. 현재 국내의 소규모 태양광 발전소는 주로 통신 소외지역에 설치되어 유선 통신망 개통이 불가하거나 설치 비용이 매우 높은 문제로 모니터링 시스템 구축에 어려움이 있다. 발전소 가동에 따라 수집된 데이터를 인터넷망을 통해 수집 서버에 저장, 웹 또는 앱을 통해 확인하고 있으나 서버, 현장 PC 등 인프라 구축비용, 통신 요금 등으로 유지보수 비용이 과다하게 계상되고 있다[4].

LPWAN 기반 IoT 네트워크는 저전력, 저용량, 저속 데이터 전송에 최적화된 서비스로 IoT 디바이스에 전송된 데이터는 무선통신 사업자의 기지국을 통하여 전송되며 NW 서버를 통해 클라우드 기반 IoT 플랫폼으로 전송되며, 이를 모바일 기반에서 활용이 가능하다. CDMA LTE 등 일반 무선망에 비해 통신요금이 매우 저렴하고 전국단위 서비스 커버리지를 통해 설치 위치의 제약이 없다[5].

본 논문은 LPWAN 기반 IoT 네트워크를 통해 데이터 수집 및 전송이 가능하고 무선통신 사업자 IoT 플랫폼을 통해 모니터링 서비스가 가능한 IoT 중계기 및 모니터링 앱을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 저전력 광역통신 기술 현황에 관한 내용

을, 3장에서는 실시간 현장 데이터 수집 및 전송이 가능한 IoT 중계기 개발에 관한 내용을 논한다. 4장에서는 펌웨어 및 모니터링 앱 개발 및 활용 결과에 관한 내용을 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다[6-10].

II. 저전력 광역 통신망 기술

2.1 LPWAN(: Low Power Wide Network)

기존에 인터넷에 연동되지 않았던 수많은 디바이스들이 소량의 데이터로 연결되는 소물인터넷 시대로 변화하는 추세에 따라 IoT Eco 시장 요구에 충족하는 저성능 컴퓨터, 저전력 기반의 사물인터넷 네트워크 기술이 등장하였다[6]. 저전력 광역통신망(Low Power Wide Area Network, LPWAN)은 ICT·SW 응용 분야에 속하는 기술로, 사물인터넷 디바이스들을 위한 이동통신망으로 저전력으로 광역 무선 네트워크를 제공한다. 일반적으로 10년 이상의 긴 배터리 수명을 갖고, 수십 km의 도달거리로 넓은 서비스 커버리지를 제공하며 값싼 설치비용의 장점을 가지고 있다[6].

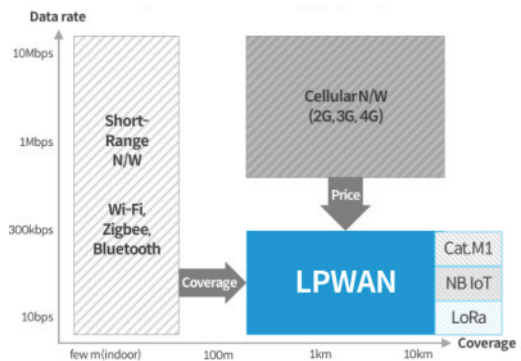


그림 1. 무선통신 기술별 데이터 속도 및 커버리지
Fig. 1 Wireless network data speed and coverage

2.2 Cat.M1

Cat.M1은 국제 표준화 단체 3GPP에서 표준화한 기술로 대용량 IoT망 기술보다 배터리 수명, 데이터 전송 효율 등에서 한층 더 발전된 Network이다[7]. 저용량 사진/Voice 전송 및 이동/결제 등이 가능하며, 기존 대비 통신모듈 가격이 저렴하여 IoT 기기 제작 비용을 낮출 수 있는 것이 장점이다.

2016년 부터 운영하고 있던 LoRa와 LTE-M 사이의 니즈를 충족하기 위해 Cat.M1을 서비스하고 있으며, Cat.M1을 이용해 LoRa로는 서비스 할 수 없었던 저용량 사진/Voice, 실시간/이동형 서비스 구축할 수 있다. 국내에서는 SKT가 16년 3월 전국망 구축 선언 후 현재 전국단위 서비스 커버리지를 제공하고 있다.

최적의 디바이스 개발을 위하여 Cat.M1 통신 모듈 중 수급 및 개발 지원이 원활하고 생산에 최적화된 SKT 통신 모듈 및 KC 인증이 완료된 M2Mnet BG96 모듈을 선정하였다. BG96은 LTE Cat.M1 내장형 모듈로서 LGA타입의 초소형 모듈로 직접 SMT로 장착되어 저비용 대량생산에 적합한 모듈이다[8]. BG96은 아래 표 1과 같이 최대 300/375kpbs(D/U) 속도의 무선 데이터를 가지고 SMS 송수신을 지원한다. 또한 GNSS(GPS & Glonass) 수신 기능을 내장하고 있다[9].

III. 현장 데이터 수집 및 전송을 위한 IoT 중계기 설계 및 개발

3.1 LPWAN 기반 IoT 중계기 메인보드 설계

IoT 중계기는 태양광 발전소의 실시간 인버터 데이터나 스마트팜 통합제어기에서 수집되는 생활환경 데이터를 전달받아 외부로 전송하는 시스템으로 무선 통신 사업자가 제공하는 클라우드 플랫폼으로 저전력 광역통신을 이용하여 실시간 현황을 저장한다[8].

태양광 발전소, 스마트 온실 등의 열악한 설치 환경 조건을 고려하여 환경 센서 및 구축 설비와 연동이 가능한 절연형 RS485 연결 포트를 내장, 배터리 방전시 외부 전원 공급이 가능한 전원 포트, 절연형 DC 전압 측정포트, AC 전압/전류 측정용 1포트를 포함하도록 그림 2와 같이 설계하였다.

표 1. Cat.M1 모듈 BG96 사양
Table 1. Cat.M1 module BG96 Spec.

Type	Spec.
Frequency / Standard	LTE Cat.M1, Band 3/5
Connector	LGA for SMT
Antenna	Pads for LTE, GNSS
Serial interface	UART / USB
USIM	1.8/3.0V
Dimensions	26.5mm x 22.5mm x 2.3mm
Weight	3.1g
Supply Voltage	DC 3.3V-4.3V, typical: 3.8V (I/O 1.8V)
Power Consumption	≤230mW(LTE Max Power) ≤10uA(PSM State)
Temperature Range	-35°C~+75°C (operating), -40°C~+90°C (storage)
Data Speed	300Kbps/375Kbps(Down/Up)
Data Features	Embedded TCP/IP, FTP, HTTP(S), MQTT(S), SSL
SMS Features	Point-to-Point M2M
GNSS	GPS & Glonass
Certification	SKT/LGU+ / KC

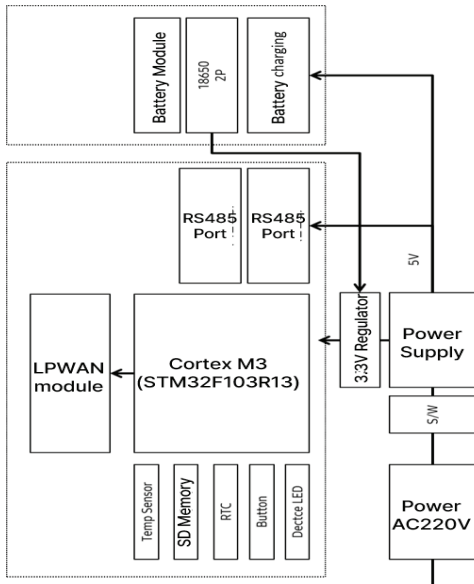


그림 2. IoT 중계기 베이스보드 구성도
Fig. 2 Diagram of IoT gateway baseboard

IoT 중계기의 주요 구성은 단일 32bit ARM Micom으로 구성되어 있으며, IoT망과 접속을 위한 LPWAN Cat.M1 BG96 통신 모듈을 일체형으로 구성하였다. 자체 배터리를 내장하고 있으며, 상시전원으로 작동하며, 정전 또는 전원공급장치 고장시 자체 배

터리로 작동이 가능하다. 현장에서 발생하는 실시간 데이터 수집을 위하여 절연형 RS485 통신 포트를 내장하였다. 통신 단절시 원인 분석을 위하여 외부 전력 상태 분석용 AC 전압/전류 측정기를 내장하였다. 그림 3은 IoT 중계기 메인보드의 회로 설계도이다.

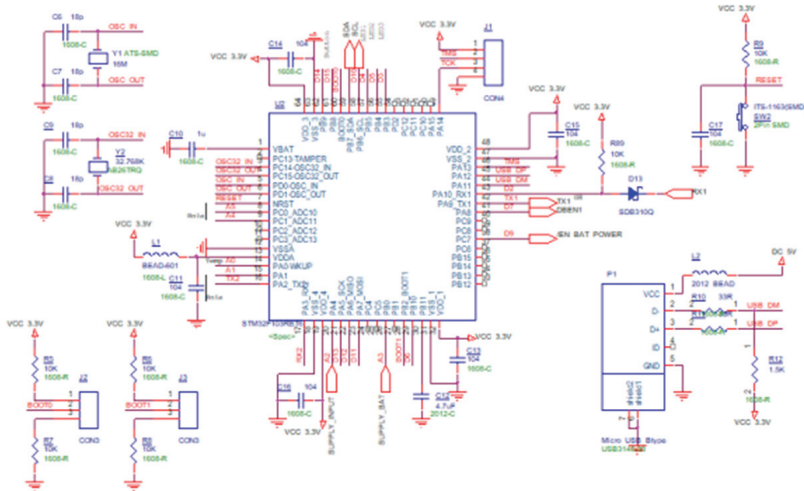


그림 3. IoT 중계기 메인보드 회로 설계도
Fig. 3 Circuit design of IoT gateway

저전력 광역통신망 사용을 위하여 Cat.M1 BG96 모듈 장착이 가능한 PCI-E 소켓을 설계하였다. 통신 모듈에 하드웨어적인 문제가 발생할 경우 보드 전체를 교체하는 것이 아니라 통신 모듈 부분만 교체가 가능하도록 탈부착 형태로 모듈화하였다. 또한 설치 현장 상황이나 사용자 요구사항에 대응이 가능하도록 유선 통신 전환용 TCP/IP 이더넷 모듈을 설계하였다. 모듈 장착에 따른 유무선 통신 지원으로 호환성 및 활용성을 증대시켰다.

3.2 IoT 중계기 메인보드 시제품 제작

IoT 중계기 메인보드를 그림 4와 같이 시제품을 제작하였다. 자체 전원 관리 및 상시 전원(계통) 차단 시 충전된 배터리를 사용해 저전력 구동이 가능하도록 블랙박스 기능수행을 위한 배터리를 내장하였다. 실시간으로 발생하는 현장 데이터 수집을 위한 다양한 통신 포트가 내장되어 현장 구축 장비에서 발생하

는 데이터 수집이 가능하고 Cat.M1 통신 모듈 소켓 장착을 통해 무선통신 사업자 클라우드 플랫폼으로 데이터 전송이 가능하다.

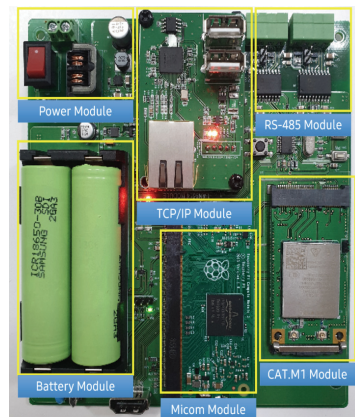


그림 4. Cat.M1 통신모듈 장착형 메인보드 제작
Fig. 4 Prototype production of IoT gateway

IV. IoT 중계기 펌웨어 및 모니터링 앱 개발

4.1 데이터 전송 및 모니터링 시스템 구성

현장데이터의 수집, 전송 및 모니터링을 위해 그림 5과 같이 시스템을 구성하였다. IoT 중계기는 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 수집하고 정해진 스케줄러에 의해 무선통신사업자가 제공하는 클라우드 플랫폼으로 데이터를 전송한다. 저장된 데이터는 모바일 기반 앱을 통해 사용자 확인이 가능하다.

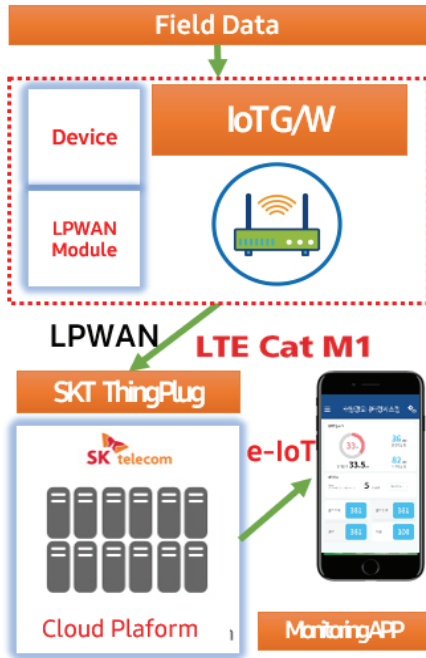


그림 5. 데이터 저장 및 모니터링 시스템 구성도
Fig. 5 Diagram of monitoring system

4.2 IoT 중계기 펌웨어 설계 및 개발

중계기는 배터리 상황, 전압에 따른 충방전 등과 같은 전력관리를 위한 전원부 데이터와 데이터 수집을 위해 현장에서 수집되는 데이터를 그림 6과 같이 정의하였다. 무선통신사업자 클라우드 플랫폼 표준 규격에 기반 프로토콜을 정의하고 수집 데이터 저장을 위한 기능을 개발하였다. e-IoT 데이터 보고 규격에 따른 Historical 데이터 보고방안을 적용하여 일정 시간 저장된 데이터를 정해진 시간에 전송하도록 했다.

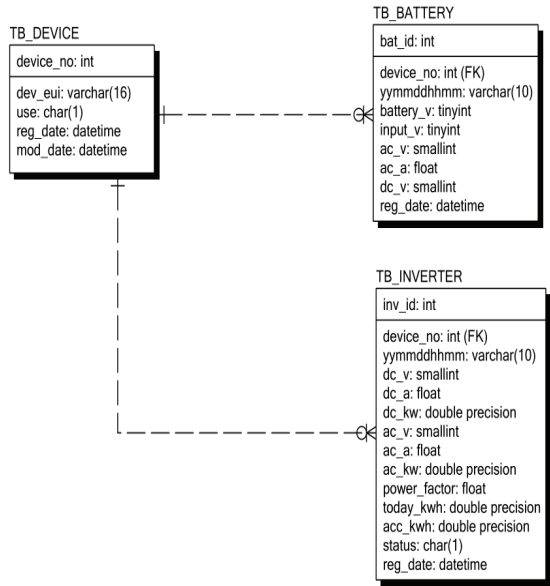


그림 6. IoT 중계기 물리 ERD
Fig. 6 Physical ERD of IoT gateway

4.3 사용자 모니터링 앱 설계 및 개발

현장설비 및 센서 등에서 발생하는 데이터 모니터링을 위해 모바일 기반 사용자 인터페이스를 적용한 앱을 설계 및 구현하였다. 사용자 앱은 데이터를 시각화하여 그림 8과 같이 모니터링이 가능하고 에러 및 이상 발생 시 에러 로그 저장 및 Push 알림 기능을 그림 7과 같이 구현하였다.

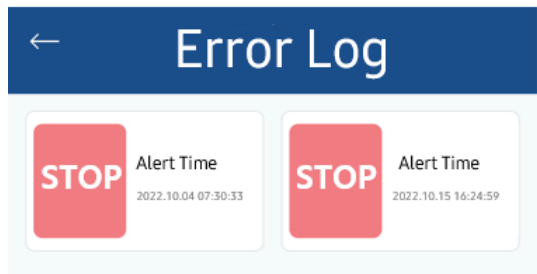


그림 7. 이상 발생 시 이력 관리 및 알림
Fig. 7 Error alert and log management

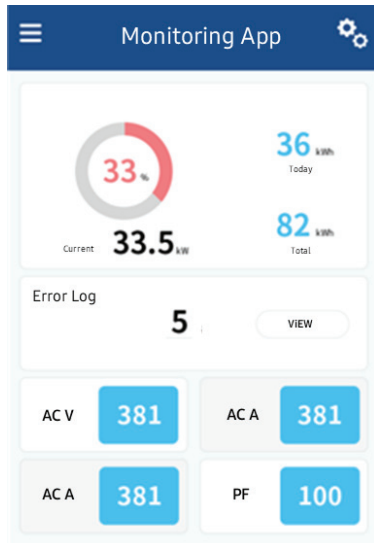


그림 8. 모바일 기반 사용자 모니터링 앱
Fig. 8 Mobile-based user monitoring app

V. 결론

본 논문은 모바일 퍼스트 네트워크, 모니터링, 플랫폼의 확산에 따라 기존 PC, 서버 중심의 데이터 수집 전송 및 모니터링 시스템을 대체하고 저전력 광역통신망을 기반으로 구성이 간단하고, 구축 및 운영 비용이 저렴한 시스템을 제안하였다. 임베디드 기반 데이터 수집 및 전송을 위한 IoT 중계기를 설계하고 시제품을 제작하였다. 데이터 모니터링을 위해 IoT 클라우드 플랫폼과 연동이 가능한 모바일 기반 앱을 설계 및 구현하였다.

현재 데이터는 제품·서비스의 경쟁력을 좌우하는 핵심요소로 중요성을 인식, 각국에서는 데이터 경제 전략 수립 등 데이터 패권경쟁에 돌입하였다. 정부는 데이터 축적·분석을 활성화하고, 데이터의 유통·거래 기반 마련을 위해 빅데이터 플랫폼을 구축하고 있다. 구현한 시스템과 빅데이터 플랫폼을 통해 효과적인 데이터의 축적 및 관리가 가능하다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 순천대학교 교연비 사업에 의하여 연구되었음.

References

- [1] J. Kang and Y. Lee, "User experience of responsive web on multi-device environment," *J. of Digital Convergence*, vol. 16, no. 11, 2018, pp. 465-470.
- [2] S. Joo, S. Kim, and I. Lee, "Analysis of next-generation wireless network technology trends and security issues," *Korea Institute of Information Security and Cryptology*, vol. 31, no. 3, 2021, pp. 51-59.
- [3] Korea Eximbank, "Trends in the Solar Industry in the Third Quarter of 2021," *2021 Quarterly Report*, 2021.
- [4] H. Lim and J. Kim, "Development and Evaluation of the Application for Maintenance of Photovoltaic Device(3kW)," *J. of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, vol. 18, no. 1, 2018, pp. 108-109.
- [5] W. Cho, "LoRa for LPWA Network: Overview and its Performance Enhancement Technologies," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 2, 2019, pp. 283-288.
- [6] K. Lee, "Design and Application of LoRa-based Network Protocol in IoT Networks," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1089-1096.
- [7] D. Ryu and T. Choi, "Development of Portable IoT Device for Lifesaving," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 5, 2022, pp. 883-888.
- [8] J. Park, "Development of LoRaWAN IoT Automatic Meter Reading Systems," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 5, 2020, pp. 913-922.
- [9] Quectel, "BG96 AT Commands," *Technical report*, May, 2018.
- [10] C. Yeon and K. Seok, "A study on radio wave management regulations in the United States to improve the domestic radio wave management system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 379-388.

저자 소개



주영태 (Yeon-Tae Ju)

2006년 2월 : 순천대학교 컴퓨터
과학전공 졸업(공학사)
2018년 3월 ~ 현재 순천대학교
컴퓨터공학과 석박사통합과정 수료

※ 관심분야 : ICT 융합, 에너지 ICT, 영상처리



김종실 (Jong-Sil Kim)

2006년 2월 : 순천대학교 화학과
졸업(이학사)
2015년 2월 ~ 현재 (주)휴인텍 대표
이사

※ 관심분야 : 임베디드시스템, 인공지능, 영상처리



김응곤 (Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 공학사
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스,
멀티미디어, HCI

