도로포장 시공장비 유휴관제 IoT 디바이스 개발에 관한 기초 연구

김연태*, 박희문*, 김부일*, 이수형*, 황현식**
*한국건설기술연구원 도로교통연구본부
**(주)길솔루션
Corresponding Author e-mail : kyt@kict.re.kr

Basic Research on the Development of IoT Devices for Idle Control of Road Pavement Equipment

Yeon-Tae Kim*, Hee-Mun Park*, Booil Kim*, Su-Hyung Lee*, Hyeon-Sik Hwang**
*Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
**Gil Solution Inc.

요 약

본 연구를 통해 개발된 플랫폼은 시공현황을 실시간으로 파악 가능하며, 목적별 화면 구성과 빠른 DB 응답 및 Notification 속도로 시공 효율을 관리한다. 개발된 플랫폼으로 유휴시간을 관리하고 일 작업량을 증가시키며, 현장 근로자가 쉽게 사용할 수 있도록 단순한 사용법을 제공한다. IoT 디바이스는 MCU, 가속도 MEMS 센서, LTE 모듈, 배터리로 구성된 올인원 디바이스로 장비 종류와 형태에 관계없이 적용 가능하며, 데이터 무결성이 90% 이상으로 확인되었고, 시멘트 콘크리트 포장 슬립폼 페이버의 작동유무를 정확하게 검지하여 플랫폼에 출력되는 데이터를 검증했다.

1. 서론

건설 현장은 동적이고 다양한 특성을 가지며, 표준화된 관리가 어렵고 외부 요인에 영향을 받는다. 다양한 이해관계자의 상이한 목표와 요구로 경험적 의사결정이 빈번하다. 전통적인 건설에서 데이터 기반 분석이 어렵고, 디지털 전환으로의 필요성이 대두되고 있다. 정량적인 건설정보 표준화와 체계화를 통한 업무 프로세스 효율화가 필요하며, 새로운 비즈니스 모델과 창의적 사고가 요구된다. IoT와 같은 첨단 기술을 활용하여 현장의 복잡성을 대응하고 효율적인 관리를 위한 도구로 적용해야 한다. 본 논문의 목적은 도로포장 작업에 사용되는 장비의 유휴 시간 관리를 위한 IoT 디바이스의 개발과 구현 방안을 제시하여 효율적인 장비 관리 시스템을 구축하는 것이다.

2. 본론

2.1 연구 목표 및 내용

연구 목표는 실시간으로 시공 장비를 관리하는 시스템과 장비 가동 이력을 자동으로 기록하는 IoT 디바이스를 개발하는 것이다. 콘크리트 포장 슬립폼 페이버를 위한 연구 방법은 다음과 같다.

1. 효율적이고 안정적인 통신 방법을 선택하여 IoT 디바이스와의 통신 방법 결정
2. 비즈니스 모델, 유저 케이스 다이어그램, 구조 설계를 구체화하여 플랫폼 개발에 필요한 요소 정의
3. 플랫폼 작동 방법을 파워포인트를 통해 시뮬레이션하여 시각적으로 확인
4. IoT 디바이스를 통해 실시간 데이터 수집과 분석이 가능한 플랫폼 개발

IoT 디바이스 개발 방법은 다음과 같다.

1. MCU, 센서 모듈, 배터리, 통신 모듈 등의 요소를 선택하여 기본 설계 구성
2. 상시 전원이 아닌 이벤트 발생 시 슬립 모드로 진입하는 알고리즘을 개발하여 에너지 효율 높임
3. 진동 센서를 기반으로 하는 IoT 디바이스를 개발하여 장비의 가동 여부와 이동 상태 감지 및 기록
4. 개발된 플랫폼이 클라우드 DB로 데이터를 안전하게 전송하는 프로토콜을 검증하여 데이터의 안정성 보장

2.2 플랫폼 구축

플랫폼 화면 구성은 PPT를 활용하여 기획서를 작성하였으며, 기능구현과 DB 연동, 화면 댑스 등을 정의했다. 이를 통해 전반적인 시공현황을 관리자가 실시간으로 파악 가능한

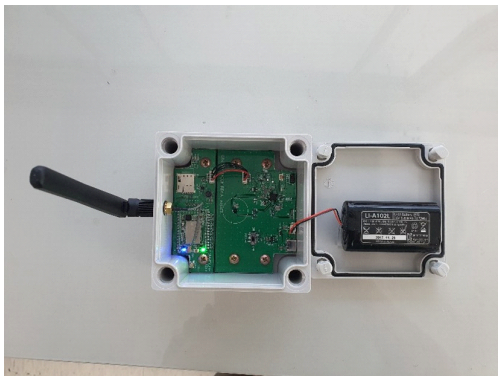
시스템을 개발했다. 플랫폼 사용법이 단순해 현장 근로자가 쉽게 접근 가능하도록 개발했다. 플랫폼의 화면구성은 아래 그림과 같다. 플랫폼은 건설장비 유휴 상태 파악을 위한 계측 데이터 수집부터 출력 단계까지의 최적 프로세스 또는 알고리즘을 포함하고 있다.

장비 가동이력 관리 대시보드

2.3 IoT 디바이스 개발

IoT 디바이스 개발을 위해 개발 키트를 활용하여 각 부품((마이컴, 진동센서, 모뎀 등))의 스팩을 정의했다. 부품 선정의 주요 기준으로는 상시전원이 아닌 배터리를 활용하기 때문에 소비전류이다. 하드웨어 설계는 회로도, 아트워크, PCB/SMT, 보드제작 순으로 진행했다. 마이컴 프로그램 설계는 Nordic사 nRF52840 EVB를 이용한 각 기능(통신, I2C 제어, 센서 계측 등)을 확인했다. 통신을 위해서는 무선통신 중 LTE 모듈을 활용하였으며, 연결 프로그램 설계로는 LTE 모뎀 초기화 설정을 통해 기능을 확인했다. 진동센서 검증을 위한 프로그램 설계는 프로그램에 따른 Active/Inactive mode 와 sleep-to-wake/return-to-sleep 절차로 Threshold (임계값) 및 Duration(기간) 설정을 통한 status(0,1,2)를 결정하는 방식이다. LTE 통신 및 진동 시험은 LTE-M 모뎀 통신(MQTT) 기능 및 소비전류를 검증했다.

IoT 디바이스 시제품 및 펌웨어 개발



IoT 디바이스 시작품 PCB 설계 및 생산

3. 결론

개발한 대시보드 플랫폼은 전반적인 시공현황을 관리자가 실시간으로 파악 가능한 시스템이다. 시공 효율 관리를 위해 목적별 뎁스 화면 구성과, DB 응답속도, Notification 속도 등이 기준치를 상회하는 것을 확인했다. 플랫폼 적용을 통한 유휴시간 관리로 일 작업량을 증가할 수 있으며, 플랫폼 사용법이 단순해 현장 근로자가 쉽게 접근이 가능하다. 건설장비 유휴 상태 파악을 위한 계측 데이터 수집부터 출력 단계까지의 최적 프로세스 알고리즘을 개발했다.

개발 IoT 디바이스 시제품은 MCU(Micro Controller Unit), 가속도 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 센서, LTE 모듈, 배터리가 결합된 올인원 디바이스로 장비 종류 및 형태에 관계없이 적용이 가능하다. 개발 후 검증 결과 데이터 무결성이 90% 이상으로 육안 관측 결과를 잘 반영하는 것을 확인했다. 디바이스가 시멘트 콘크리트 포장 슬립폼 페이버의 작동유무를 잘 검지하는지 확인하기 위해 실제 현장 장비에 부착하여, 작동시간 및 유휴시간을 연동된 플랫폼 대시보드에 출력되고, 분석에 활용이 가능한 것을 검증했다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 재원(지능형 센서 기반 시멘트 콘크리트 시공품질관리 기술 실증)으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] 이재욱, 이종호, 박초롱, 김소연 (2022) 스마트 건설기술의 활성화를 위한 건설 분야의 연구동향, 한국산학기술학회 논문지, 제23권, 제12호, pp. 72-86.