

수납식 관람석의 신뢰성과 효율성 향상을 위한 IoT 기반 제어 시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 박의준**

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학)

**전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

A Study on the Design of an IoT-based Control System for Improving the Reliability and Efficiency of Retractable Grandstand

Je-Ho Song*, Eui-Jun Park**

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering), Chonbuk National University

**Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약

본 논문에서는 수납식 관람석의 안전성과 효율성을 확보하기 위한 IoT 기반 통합 관제 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 응력 및 하중 측정 센서, 전류·전압 센서, 통합 제어 모듈, 실시간 영상 전송, 보안 인증, 관제 소프트웨어 등으로 구성되며, 구조물의 상태를 실시간으로 계측하고 이상 상황에 즉각 대응할 수 있도록 설계하였다. 또한 AES256 기반 통신 보안과 관리자 인증 체계를 적용하여 제어 시스템의 안정성을 강화하였으며, CCTV 연동과 SMS 알림을 통해 현장 및 원격에서의 실시간 관리가 가능하다. 본 연구의 결과는 수납식 관람석의 효율적 운영뿐만 아니라 대형 공연장, 체육시설 등 다양한 다중이용시설의 데이터 기반 예측 안전 관리 체계로 확장될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 대형 체육관, 공연장, 복합문화시설 등 다중이용시설의 증가와 함께 공간 활용의 효율성 및 구조적 안전성에 대한 요구가 급격히 높아지고 있다. 특히 수납식 관람석은 필요 시 인출과 수납이 가능하여 동일 공간을 다목적으로 활용할 수 있는 장점을 지니고 있어 국내외에서 보급이 확대되고 있다. 그러나 기존의 시스템은 구조적 노후화와 예기치 못한 하중 변화에 대한 실시간 대응 능력이 부족하며, 사용자의 부주의나 시스템의 외부 침입에 따른 제어기 오작동으로 인한 사고 위험성 또한 존재한다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해 IoT 기반의 통합 관제 시스템은 새로운 대안으로서 제시될 수 있다. 이를 통해 구조물의 상태를 실시간으로 계측하고, 센서값 분석을 통한 이상 징후 탐지, CCTV 연동을 통한 시각적 정보 제공, 암호화 알고리즘 적용 및 SMS 인증 절차를 통한 보안 강화 등이 가능하다. 이러한 기술은 단순히 공간 활용도를 높이는 것을 넘어, 재난 예방과 신속한 대응을 가능하게 함으로써 공공 안전 인프라로서의 가치를 지니게 된다.

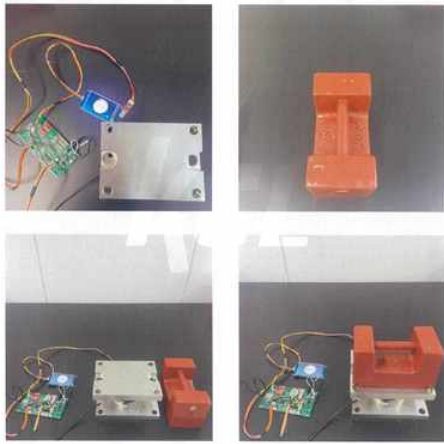
따라서, 본 논문에서는 기존의 기계적 제어 중심 수납식 관람석 시스템이 가진 한계를 보완하고, IoT 기반 융합 기술을 적용하여 시스템의 신뢰성과 효율성을 동시에 확보할 수 있는 통합

관제 시스템의 설계와 구현을 제시한다. 이를 통해 수납식 관람석 시스템의 재난 대응 능력 향상, 유지보수 효율 증대 등에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 본론

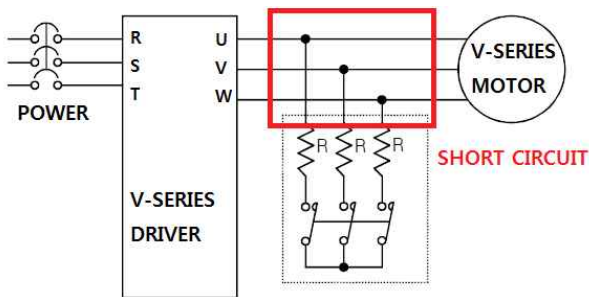
본 논문에서 제안하는 수납식 관람석 IoT 기반 통합 관제 시스템은 기존의 기계적 제어 방식에서 발생하는 안전성과 효율성 한계를 극복하고, 구조물의 실시간 모니터링과 원격 제어를 가능하게 하는 융합 플랫폼으로 설계되었다. 시스템은 크게 계측, 제어, 통신 모듈과 관제 소프트웨어로 구성되며 각 구성 요소는 상호 유기적으로 결합되어 관람석의 상태를 실시간으로 파악하고 이상 상황에 즉각적으로 대응할 수 있다.[1,2]

계측 모듈은 응력 및 하중 측정 센서, 전류·전압 센서로 구성되어 관람석 구조물의 상태를 실시간으로 계측한다. 응력 측정 모듈은 $\pm 0.6\%$ 이내의 오차율을 확보하여 구조적 안전성을 정밀하게 평가할 수 있으며, 하중 분포와 처짐 데이터를 통해 예상치 못한 과부하나 구조적 불균형을 조기에 탐지한다. 이러한 데이터는 제어 모듈 및 관제 소프트웨어로 전달되어 임계값 초과 시 자동으로 모터 제동 등의 동작을 수행하거나 경고 알림을 발생시키도록 한다. 그림 1은 응력 센서 테스트 환경을 나타내었다.



[그림 1] 응력 센서 테스트 환경

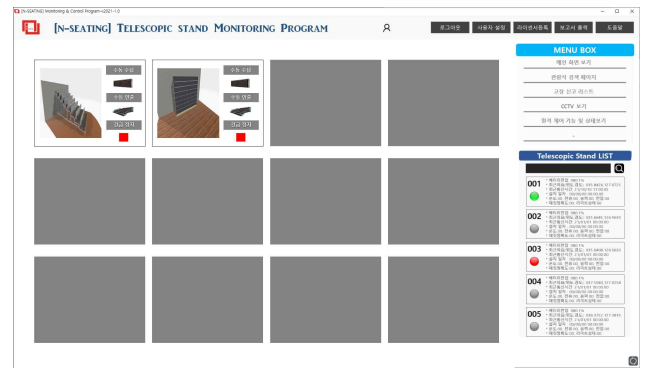
긴급 제동의 경우는, 실제 긴급 제동 실험에서 과전류 발생 시 모터 제동 시간이 평균 0.86초로 측정되어, 긴급 상황에서의 신속 대응 가능성을 입증하였다. 이러한 모터 브레이크 회로도 는 그림 2에 나타내었다.



[그림 2] 모터 브레이크 회로도

제어 모듈은 관람석의 인출 및 수납 동작을 담당하며, 비상 정지 버튼을 탑재하여 사용자의 안전성을 강화하였다. 특히 TCP/IP 기반의 통신 프로토콜과 AES256 암호화 방식을 적용하여 외부 침입이나 불법 제어 신호를 차단하고, 관리자 인증 시스템을 통해 허가된 사용자만이 동작을 제어할 수 있도록 하였다.[3-5] 또한 CCTV 영상 스트리밍과 SMS 알림 기능을 연동하여, 현장에서 관리자가 직접 조작할 뿐 아니라 멀리 떨어진 곳에서도 원격으로 실시간으로 구조물의 상태를 확인하고 조작할 수 있다.

관제 소프트웨어는 수집된 데이터를 통합적으로 분석하며, 시각화 대시보드를 통해 응력, 하중, 변위, 상태 변화 등 주요 지표를 한눈에 확인할 수 있도록 구현하였다. 그림 3에서 보이는 바와 같이 프로그램을 통해 수납식 관람석의 원격 제어 또한 가능하며, 관리자 인터페이스는 임계값 초과 시 즉각적인 경보를 제공하며, 데이터 로그를 기반으로 사후 분석과 유지보수 계획 수립에도 활용할 수 있도록 하였다.



[그림 3] 수납식 관람석 통합 관제 시스템 S/W 원격 제어 및 센서값 표시 화면

결과적으로, 제안된 시스템은 수납식 관람석의 안전성과 효율성을 동시에 확보할 수 있는 통합 솔루션으로 기능한다. 또한 확보된 데이터는 향후 인공지능 기반 예측 유지보수, 고장 진단 시스템과 연계하여 스마트 관람석 관리 기술 기반으로 활용할 수 있을 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 수납식 관람석의 안전성과 효율성을 확보하기 위한 IoT 기반 통합 관제 시스템을 제안하였다. 기존 기계적 제어 중심의 시스템이 갖는 구조적 한계와 관리상의 취약점을 개선하기 위해, 응력 및 하중 계측 모듈, 통합 제어 장치, TCP/IP 기반 통신, 보안 인증, CCTV 영상 연동 등 다기능 융합 구조를 구현하였다. 이를 통해 구조물의 상태를 실시간으로 파악하고 이상 징후에 즉각 대응할 수 있는 환경을 마련하였다.

향후 연구에서는 인공지능 기반의 예측 유지보수 기능을 추가하고, 대규모 공연장 및 체육시설로 적용 범위를 확장하는 것이 필요하다. 또한 빅데이터와 클라우드 연동을 통해 장기적인 사용 데이터를 관리한다면, 보다 정교한 안전 진단과 운영의 효율화가 가능할 것이다. 본 연구에서 제안된 IoT 기반 통합 관제 시스템은 수납식 관람석뿐만 아니라 다양한 가변형 구조물에도 응용될 수 있어, 다중이용시설의 안전 관리와 스마트화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 서준, “수납식관람석용 원격 인출시스템 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회, 2012
- [2] 오영택, 조인준, “인공지능기술의 IoT 통합보안관제를 위한 데이터모델링”, 한국콘텐츠학회논문지, pp. 57-65, 2021
- [3] 김상진, 송병근, 오세준, “최신 자동제어”, 북스힐, 2012
- [4] Norman S. Nise, “제어시스템공학”, 홍릉과학출판사, 2015
- [5] 강민석, “AES 암호 알고리즘 기반 디지털 영상 보안 시스템의 설계”, 보안공학연구논문지, pp. 277-288, 2011