

수납식 관람석의 안전성과 효율성을 위한 IoT 기반 통합 관제 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 Integrated Monitoring System for the Safety 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

수납식 관람석은 공간 활용 측면에서 효율성이 높아 다양한 다중 이용 시설에 도입되고 있으나, 구조적 안전성과 실시간 재난 대응 기능은 상대적으로 미흡한 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 IoT 기반의 통합 관제 시스템을 설계하여 수납식 관람석의 구조 안정성 모니터링과 재난 대응 기능을 강화하고자 하였다. 제안된 시스템은 응력 측정 센서, 하중 감지 센서, 통합 제어기, 실시간 데이터 전송 모듈, 웹 기반 관제 소프트웨어, 그리고 관리자 대상 문자 경보 시스템 등으로 구성된다. 각 센서는 구조물의 상태를 실시간으로 계측하며, 수집된 데이터는 TCP/IP 기반 통신을 통해 중앙 서버로 전송된다. 서버는 센서 데이터의 임계값 분석을 통해 이상 징후를 탐지하고, 이에 따른 이벤트를 관제 화면에 시각적으로 표시하거나 관리자에게 SMS 경고를 자동 발송한다. 관제 시스템은 지도 기반 사용자 인터페이스를 제공하며, 실시간 데이터 모니터링, 상태 알람, 로그 관리, 시스템 제어 등의 기능을 통합하여 구현되었다. 또한, MSSQL 기반의 데이터베이스를 통해 이력 관리 및 분석 기능을 지원한다. 본 시스템은 수납식 관람석의 실시간 구조 안전 모니터링과 재난 대응성 강화에 효과적으로 기여할 것으로 기대된다.

1. 서론

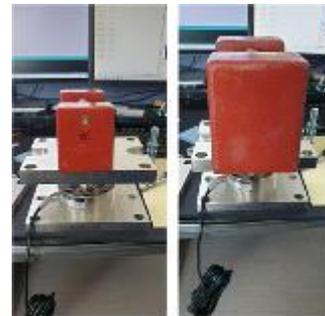
최근 대형 체육관, 경기장, 복합문화시설 등의 공간 활용이 다양화됨에 따라, 공간 효율성과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 수납식 관람석 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 수납식 관람석은 필요에 따라 인출 및 수납이 가능한 구조로, 동일 공간을 다목적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기존 시스템은 재난 대응 및 관제 기능이 미흡하여, 인명 및 자산 피해를 사전에 예방하거나 신속히 대응하는 데 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 IoT 기반의 실시간 관제 기능과 보안 기능을 강화한 수납식 관람석 통합 관제 시스템을 제안한다. 본 시스템은 응력 측정 센서, 통합 제어 모듈, 실시간 영상 전송 시스템, 보안 문자 시스템, 지도 기반 관제 UI 등 다양한 요소 기술이 융합된 통합 플랫폼으로 구성된다. 이를 통해 사용자 편의성과 안전성, 그리고 공간 활용의 효율성을 극대화할 수 있다.

2. 본론

수납식 관람석 통합 관제 모니터링 시스템은 크게 구조물 응력

측정 모듈, 통합 제어기, 실시간 영상 스트리밍 및 관제 프로그램, IoT 통신 시스템으로 구성된다.[1,2] 구조물 응력 측정 모듈은 박막형 스트레인게이지를 기반으로 하며, 구조물에 가해지는 동적·정적 하중 변화를 실시간으로 계측할 수 있다. 그림 1은 응력 측정 모듈과 테스트 모습을 나타내었다. 해당 센서는 IP66 수준의 방진·방수 성능을 확보하여 실외 및 습한 환경에서도 안정적인 동작이 가능하다.

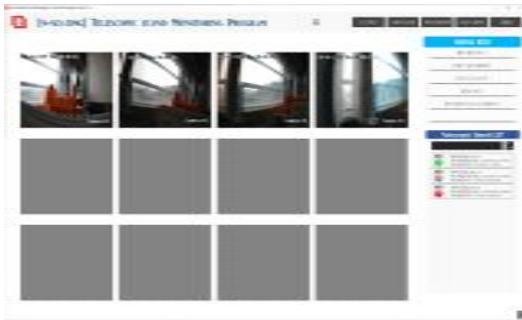


[그림 1] 응력 측정 모듈 테스트 모습

통합 제어기는 응력 센서, 무게 감지 센서, 영상 스트리밍 장

치, 보안 시스템 등 다양한 모듈을 통합 제어하며, TCP/IP 기반의 IoT 통신을 통해 관제 서버와 양방향으로 데이터를 송수신한다.[3,4] 이를 통해 수납 및 인출 상태, 구조 응력 상태, 실시간 경고 발생 여부 등을 모니터링하고, 위험 상황 발생 시 즉각적인 대응이 가능하도록 한다.

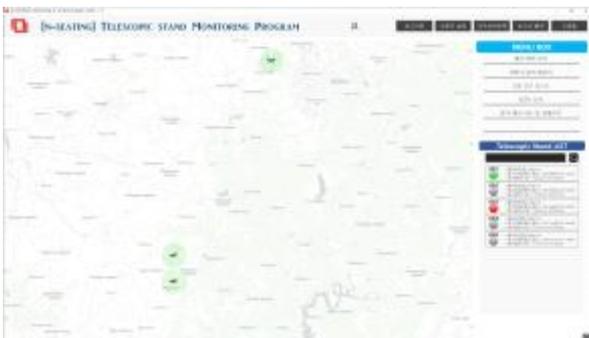
특히 본 시스템은 영상 스트리밍을 위한 RTSP 기반 CCTV 연동 기능을 포함하고 있으며, CCTV로부터 실시간 영상을 받아 관제 서버에 표시함으로써 현장의 시각적 정보를 빠르게 파악할 수 있다. 그림 2는 CCTV 기반의 관리 프로그램 화면을 나타낸 것이다.



[그림 2] CCTV 기반 프로그램 화면

또한, 영상은 MJPEG 또는 H.264 포맷으로 송출 가능하며, 보안을 위해 AES256 암호화 알고리즘과 MD5 기반 인증 절차를 적용하였다.[5]

관제 프로그램은 SK MAP OPEN API를 기반으로 구현된 웹 플랫폼 형태이며, 지도상에 각 현장 장비의 상태를 실시간으로 표기하고, 장비 고유 ID에 따라 이벤트 발생 시 관리자에게 문자(SMS)로 즉각 통보된다. 시스템 내 DB는 MSSQL 기반으로 구축되었으며, 실시간 데이터 저장 및 로그 분석이 가능하다. 이 외에도 장비별 전류 측정, 모터 작동 시간, 하중 변화 등 다양한 데이터를 시각적으로 표시할 수 있도록 터치 패널 기반의 UI도 함께 구현되었다. 그림 3은 지도 기반의 프로그램 UI/UX를 나타낸 것이다.



[그림 3] 지도 기반의 프로그램 UI/UX

본 연구에서는 다양한 실험을 통해 성능 지표를 검증하였으며, 응력 측정 오차율 $\pm 2.5\%$, 통신 패킷 정확도 99%, 전류 측정 정확도 95% 이상 등 주요 지표 모두 목표치를 상회하는 결과를 도출하였다. 특히 영상 스트리밍의 실시간 처리 성능과 보안 문자 시스템의 안정성은 실제 활용 가능성을 높이는 주요 요인으로 작용하였다.

3. 결론

본 논문에서는 수납식 관람식 시스템의 효율성과 안전성을 향상시키기 위한 IoT 기반 통합 관제 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 구조물의 응력 모니터링, 실시간 영상 관제, 보안 문자 알림 기능 등을 포함하여, 재난 예방 및 대응 능력을 대폭 향상시킬 수 있는 통합형 스마트 관제 솔루션으로 구현되었다.

또한, 제안된 시스템은 건축비 절감뿐 아니라, 공간 활용 극대화, 인명 사고 예방, 유지관리 효율성 제고 등의 측면에서 높은 실효성을 가지며, 향후 다양한 다중 이용 시설에 적용이 가능할 것으로 기대된다. 또한, 스마트 시티 및 지능형 건축물 설계 분야로의 확장 가능성도 높아, 공공 안전 기반 인프라로서의 활용 가치가 충분하다.

참고문헌

- [1] [1] 서준, “수납식관람식용 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