

초고층빌딩 통합 화재방재시스템 설계 및 구현에 관한 연구

이정배

부산외국어대학교 전자로봇공학과

A Study on Integrated Fire Protection System for high-rise Building

Jeong-Bae Lee

Dept. of Electronics Robot, Busan University of Foreign Studies

요약 현재 초고층 빌딩 화재 방재대응은 스프링클러 및 대피 층 마련과 비상구 및 모니터링 시스템 등에 제한되고 있다. 그러나, 효과적인 방재를 위해서는 시나리오별 행동조치를 제시하는 운영까지 포함하는 통합방재시스템의 개발이 필요하다. 또한 통합방재시스템은 예방을 포함하는 소방 전주기가 통합되어 관리되고 운영되는 모델로 연구개발의 필요성이 있다. 이러한 전주기 통합방재 시스템을 위하여 본 논문에서는 감지 및 대응과 연계된 화재 발생 시 행동조치까지 포함된 통합 화재방호시스템을 설계하고 구현하였다. 방재기술, 통신시스템, 소방 구조자와 피난자가 연계된 시스템을 구현하였기 때문에 방재산업 공급사슬에서 생산, 운용, 소비의 패턴도 분석할 수 있도록 데이터를 수집하여 분석도 가능하다. 논문에서 제시한 통합방재시스템의 성능테스트 결과, 5명 사용자를 대상으로 평균 1/2초 트랜잭션 응답시간과 초당 1.2트랜잭션 수 모두 성능 목표치 이상으로 측정되었다. 본 논문에서 제시한 방재기술 및 통합방재시스템은 다양한 융합기술 기반의 재난안전시장 창출에도 기여할 것으로 사료된다.

Abstract The fire protection system for high-rise buildings is currently confined to the preparation of sprinklers, emergency stairs, and exit and monitoring systems. On the other hand, an integrated system, including the model with scenario-based actions, is required for effective fire protection. An integrated fire protection system is needed to operate and manage the total cycle of the fire protection. In this study, an integrated fire protection system, which included sensing and consequent processes related to fire emergencies, was designed and implemented. The designed scheme can gather and analyze the data of the production, operation, and consumption patterns as it integrates fire protection systems for fire fighters and evacuating people. The integrated fire protection technology and system, which has target performance with satisfied 1/2 sec transaction response time and 1.2 transactions per second, is expected to contribute to market creation in converged technology-based fire protection fields.

Keywords : Fire Protection, High-rise Building, Evacuating People, Total Fire Protection Cycle, Fire Sensing

1. 서론

초고층빌딩 화재 및 지진발생 등 대피상황 발생 시 기존 소방대응능력으로 대응하기 곤란한 복잡한 재난이 속출하고 있다. 최근 급속히 초고층빌딩 수요가 증가하면서

잠재적 위험성 또한 상존하는 바, 과학기술을 통한 실용적 소방현장 전주기적 지원의 필요성이 요구된다. 따라서 초고층 건물 방재시스템과 급속하게 발전하는 IoT 기술과의 연계를 통하여 센서를 이용한 정보수집, 상황판단, 상황전파를 통해 보다 안전하고 효과적인 인명구조와 대

본 논문은 2019학년도 부산외국어대학교 학술연구조성비에 의해 연구되었음.

*Corresponding Author : Jeongbae Lee(Busan Univ. of Foreign Studies)

email: jblee@bufs.ac.kr

Received January 13, 2020

Revised January 29, 2020

Accepted February 7, 2020

Published February 29, 2020

피가 가능할 것이다[1].

효율적 초고층건물 재난 대응을 위해서는 기존 관련 연구들의 평가 및 연계성 모색이 필요하다. 기존 모니터링 위주의 방재시스템은 실질적인 대처능력이 미약하며, 초고층 빌딩의 경우 복합재난으로 화재발생시 일파만파의 다양한 변수들이 돌출될 가능성이 상존한다. 따라서 효과적인 방재를 위해서는 시나리오별 행동조치를 제시하는 운영까지 포함하는 통합방재시스템의 개발이 필요하다. 또한 통합방재시스템은 예방을 포함하는 소방 전주기기가 통합되어 관리되고 운영되는 모델로 연구개발의 필요성이 있다. 초고층건물 화재발생시 골든타임 확보 및 다양한 돌발변수에 대하여 실시간으로 정보를 감지할 수 있도록 실시간 정보를 수집하고 대응하는 IoT 기술의 접목이 필요하다[3].

연구개발 절차는 우선 통합방재시스템 기술요소를 분석하여 그에 따른 기본 시스템 개념도를 도출하고, 기본 개념도에 따른 운영프로그램을 개발하는 추진 방향을 설정한다. 화재방재전주기(예방, 대비, 대응, 복구)에 걸친 시스템 점검, 감시, 조정, 피난유도, 구조지원 및 복구활동에 이르기까지 초고층 화재안전관리에 관련된 모든 사항을 지능화할 수 있는 프로그램을 개발하는 것을 목표로 하며, 기존 화재방호설비와 시스템과 연계 또는 보완할 수 있는 신기술을 활용한다. 초고층 건물의 화재방재 능력 개선을 위하여 최근 급격하게 발전하는 지능형 방재설비와 기술을 기존 초고층 빌딩의 통합SI시스템과 통합건물관리시스템과 연동하는'방재통합운영시스템'개발을 목표로 한다. 목표 달성을 위해서 무엇보다 시범사업 구축이 중요하며, 시뮬레이션을 통해 얻어지는 경험과 데이터를 통해 시스템 성능을 검증하고 실용화를 달성하고자 한다 [10][11].

2. 본론

2.1 기존 연구 및 사례 조사

2.1.1 초고층건물 화재사고 분석

Fig. 1은 국내 및 미국의 고층건물의 지난 10년 및 15년간 화재 발생추이를 잘 보여주고 있다[1][12].

국내의 경우 1995년까지는 꾸준히 화재발생수가 증가하다가 1995년 이후 삼풍백화점 붕괴사건으로 인한 건축 감리제도 및 건축물의 안전의식이 대폭 강화되어 크게 감소되었다가 1997년을 기점으로 다시 증가 추세를 보이고 있다.

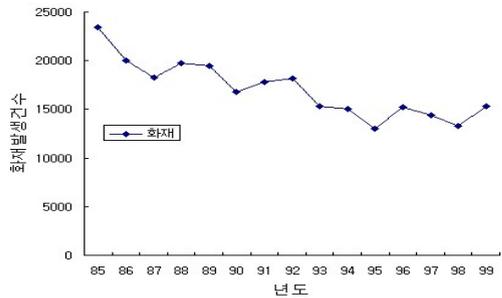


Fig. 1. Trend of fire occurrence at high-rise buildings in domestic areas and US

2.1.2 고층건물에서의 화재장소별 분석

국내 초고층건물 화재발생장소는 주로 주방, 침실, 발코니 및 거실, 계단 등의 순으로 나타나고 있다. 특히 주방지역이 약 25%, 그리고 침실지역이 약 13%를 차지하여 두 지역에서 발생하는 화재가 고층건물 발화 장소에서 발생하는 화재의 38%를 차지하는 것으로 나타났다.

2.2 화재사고사례 분석에 따른 개선방안

초고층건물에 있어서 기존 화재사고사례를 분석하면 몇 가지의 유형이 발생하며 이에 따른 개선방안 도출이 가능하다.

2.2.1 화재 및 연기전파경로

화재 사고사례 및 ETA(Event Tree Analysis)로 분석한 화재 및 연기전파경로 결과 분석과 사고사례와 ETA 분석으로 나온 건축물 내에서 화재 및 연기전파경로는 건축적인 상설설계도를 통한 잠재적인 경로 정리가 가능하다.

2.2.3 통합 방호시스템 소요기술 도출 내용

조사분석, 기존연구보고서 검토를 통해서 도출된 지능형 소요기술을 지능화 방향성, 이용자유구도, 통합성, 안전성, 경제성을 평가항목으로 하여 적용 소요기술과 솔루션의 우선순위를 산정하였다.

초고층 방재시스템을 개발하기 위하여 소방대원, 건물 방재 근무원, 시스템 개발업체, IT전공자들의 각 분야별 경험자 집단(panel)을 구성하여 설문조사를 실시하였다. 1차 응답은 40명이며, 2차 응답은 10명으로 구성하였다. 초고층 화재방호시설, 건물방재 시스템, 건축물 사고 사례, 최근 연구 동향, 기술, 선행연구 등에 대한 자료를 수집하고 연구의 방향을 설정하였다.

(1) 설문조사: 수집된 자료와 선행연구 분석하여 델파이 질문지를 개발하였다. 내부 연구원들을 대상으로 조사하여 설문지 초안을 제작하였다. 패널들이 추가로 필요하거나 제안할 수 있도록 지면을 마련하여 서술해 줄 것을 요청하였다. 설문조사에 소요시간을 자유롭게 하여 의견에 제약이 없도록 하였다. 델파이 조사는 27개의 설문문항의 지능화 방향성, 이용자 요구도, 통합성, 경제성, 안정성에 대해 리커트(Likert) 5점 척도 양식으로 각각의 문항에 대해 점수를 주도록 하였고 설문지의 구성은 Fig. 2, 3과 같다[1].

분야	연관기술	세부기능	솔루션	지능화 적용기술
예방	CCTV와 화재감지기술	CCTV를 건물외벽 00층마다 설치하여 화재전파상황 파악 및 피난유도에 활용	CCTV	화악지역(외벽) 화재(연기)감시정보처리
예방	동작상태감지기술(화재이벤서)	광상시 스프링클러 작동여부 감시	센서	스프링클러정보처리
예방	센서 및 알고리즘(연기, 열, 불꽃감지기)	소도, 연기, 불꽃 데이터 감시 및 변화에 따른 대응 방안 제시	센서, 알고리즘	화재(연기)감시 및 정보처리
예방	빅데이터활용기술	광상시 화재정보장치 오류 확인 및 감시주기 설정	빅데이터	자동화재정보감지기술
예방	복합감지기 센서 및 알고리즘	발전실에 감지기를 설치	센서, 알고리즘	화악지역(발전실) 화재(연기)감시정보처리
예방	비상계단CCTV감시기술	비상계단에 CCTV를 설치하여 피난상황 모니터링, 연기전파 예측	CCTV	비상계단감시
예방	복합감지기 센서 및 알고리즘	화악지역에 감지기가 설치	센서, 알고리즘	화악지역 화재(연기)감시정보처리
대피	건물정보 및 시설물 관리	건물 기안물청 등 정보공유	3D, 모바일	건물정보(내외장제) 공유
대피	실시간건물주변상황파악	소방차 진입을 위한 건물 주변상황 모니터링 및 정보 제공	CCTV, 모바일	건물정보(주변상황) 공유
대피	수직전파예측기술	화재전파 경로 예측		수직전파 예측
대피	건물구조정보확인	건물구조물 정보 제공	3D	건물정보(구조연결) 공유
대피	건물평화구획정보	건물평화구획 정보 제공	BIM, 도면전산화(2D,3D)	건물정보(평화구획) 공유
대피	대응시나리오자동화, 모바일연계태블릿, 행동지시상황파악기술	방재팀 및 거주자 비상대응 매뉴얼을 간신히하여 체계적인 대응	모바일, CCTV	매뉴얼전산화(피드백)

Fig. 2. Delphi questionnaire - page 1

분야	연관기술	세부기능	솔루션	지능화 적용기술
대피	건물내부정보확인	건물의 내부공간 구조 정보 공유	모바일, 3D	건물정보(내부공간) 공유
대피	빅데이터활용기술(기준개선방안도출)		빅데이터	소방시설설치기준 개선
대피	소방설비데이터처리기술	소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	빅데이터	소방시설정보처리
대피	소방설비데이터처리기술	소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	빅데이터	진화발포 자동화 정보처리
대피	본산시스템개발, 유무선 네트워크, 화재수신반도체데이터처리기술	정전 등 비상시 통신의 이중화용 통합 비상대응통신망, 비상소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	시스템, 모바일	통신이중화(본산화), 모바일
대피	대피수신반도체데이터처리기술		센서	화재수신반 누전탐지장치
대피	재실자파악기술, 피난유도알림기능, 모바일연계피난	재실자 파악과 동선추적, 연기 및 화재전파 등을 고려한 최적의 피난유도	위치추적, 피난유도, 모바일	피난유도 의사결정지원
대피	모바일 표시제어기술	휴무선용 활용된 비상상황을 전파하고 정동에 대한 사후점검 이후 행동조치 전	모바일, LED	비상상황전파
대피	방화문동작상태감지기술	소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	센서	방화문 개폐 및 제어
대피	제연설비동작상태감지기술	소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	센서, 알고리즘	제연설비감시 및 제어 연계
대피	비상대응동작상태감지기술	피난유도와 연계하여 대피유도표지를 상황에 맞게 표시하여 피난유도 향상	대피유도도, 모바일, 디스플레이	대피유도표시 제어
대피	소방용수동작상태감지기술	소방시설을 DB화로 현황파악 및 대피, 진압에 활용	센서, 알고리즘	소방용수작동
복구	DB 분석 및 정보화	사고원인, 대피 및 진압과정 분석 및 DB화	전자문서화	사고정보DB화
복구	DB 분석 및 정보화	화재발생 및 진행과정에서 소방설비 작동상태 분석 및 사후 관리 DB화	전자문서화	소방설비작동분석

Fig. 3. Delphi questionnaire - page 2

(2) 델파이 조사 결과의 타당도 분석: 델파이 조사 결과의 타당도를 분석하기 위한 방법으로 내용타당도 비율(CVR Content Validity Ratio)을 검증하는 방법을 적용하여, 도출된 내용이 타당하다고 응답한 경우가 전체 응답 패널의 50% 이상일 때 그 문항은 내용타당도를 어느 정도 가지고 있는 것으로 본다. 타당하다고 응답한 패

널의 수가 100% 일 때 CVR은 1.00, 50% 일 때 CVR은 0, 50% 보다 적을 때 CVR은 음수를 띤다. 즉 타당하다고 응답한 패널의 수가 50 ~ 100% 일 때의 CVR 값은 0 ~ 1.00에 위치하게 된다. 이러한 CVR 값은 LAWSHE-산출공식이 제시한 데이터에 의해 델파이 조사에 참여한 패널의 수에 따라 최소값이 결정되는데 유의도는 0.05 수준에서 전문가 패널의 수에 따른 최소값 이상의 CVR 값을 가진 항목들이 내용타당도가 있다고 판단할 수 있다 전문가 패널의 수가 15명일 경우 CVR값이 0.49 이상인 항목들이 내용타당도가 있고, 20명일 경우 CVR값이 0.42 이상인 항목들이 내용타당도가 있다고 본다. 우리 연구의 패널수는 50명이므로 CVR값이 0.29 이상인 항목들은 내용타당도가 있다고 판단하였다.

(3) 델파이 조사결과: 1차 델파이 조사를 통해 종합방재시스템에서 중요시 될 요소들이 도출되었다. 2차 설문을 위하여 중요도가 높은 요소들을 추출하여 축소하였다. 전문가집단의 경우 평균점수의 분포가 모두 4점 이상을 나타내고, 편차가 0에 가까운 상태에서 최빈값이 5로 나타나 있어 높은 적합성을 보이고 있다. 또한 모든 항목들의 합의도가 0.75 이상을 나타내고 합의점이 형성된 것으로 보이며 CVR를 통하여 타당성 기준에 다다른 것으로 보인다. 합의도가 0.7 이상을 나타내어 합의점이 형성된 것으로 보이는 소요기술을 보면 대응시나리오의 자동화, 행동조치상황 파악기술, 센서 및 알고리즘(연기, 열, 불꽃감지기, 열화상CCTV), 방화문 동작상태 감지기술, 소방설비 데이터처리기술, 재실자 파악기술, 피난유도 알고리즘, 모바일 연계 피난 및 모바일연계 표시제어기술이다. 각각의 소요기술의 구현은 지능형 CCTV, 위치추적, 소방설비감지기술, 모바일연계기술, 빅데이터 활용으로 구체화된다. 도출된 소요기술과 솔루션은 현 감시체계를 통합방재센터에서 파악이 용이하고 화재 시 골든타임을 확보하고 피난을 신속하게 유도하기 위한 통제기구와 이를 전달할 수 있는 첨단 지능형 시스템을 요구하고 있어서 이를 기초로 한 시스템 설계 및 구현을 하였다.

2.3 초고층빌딩 지능형 통합방재시스템 설계 및 구현

2.3.1 초고층빌딩 통합방재시스템 설계

통합방재 시스템은 건물 및 구축시설 등에 대하여 발생할 수 있는 화재 및 각종 사고를 정확하게 감지 및 제어하기 위해 설치하는 여러 설비의 기능을 하나의 통로로 통합하기 위한 시스템이다. 즉 화재, 가스폭발 등 기타 안전사고의 발생 시 불특정 다수인은 물론 상시 거주자

의 인명 및 도시기반시설을 안전하게 보호하고 피해를 최소화하기 위하여 설치하는 화재감지 설비, 수계소화설비, 가스 소화설비, 피난안전설비, 방-배연 설비, 전력 및 조명 설비, 출입문 제어설비 등 여러 인명안전에 관련되는 설비를 통합하여 하나의 전용감시 체계를 구축하여야 한다[9].

각 방재관련기관들이 보유한 인적 및 물적 자원에 대한 정보들은 실시간으로 공유하는 기능을 갖게 되며, 재난발생 시 재난상황에 대한 정보와 기관별 대응사항을 실시간으로 전송하는 기능을 가지게 되고 최고의사결정자의 의사결정에 도움을 줄 수 있도록 설계를 한다[1][8].

2.3.2 통합방재시스템 설계 원칙

일반적인 통합 방재시스템의 경우 자연재해, 화재, 유해물질 누출 사고가 발생하거나 보안 문제가 생기면 이에 대한 신호를 감지하여 정보 내용을 시스템에 전달한다. 시스템은 설비 점검 및 관리, 재난상황 예측과 같은 예방과 사고접수, 통합지휘, 상황전파와 같은 대응, 그리고 복구상황 지휘와 리포팅과 같은 복구 단계에 걸쳐 시스템을 작동하게 한다. 이와 동시에 재난상황에 대한 경보를 경찰이나 소방서와 같은 대응기관에 상황을 전파하여 주민을 보호하게 하고 소방방재청 등의 상위기관과 긴밀한 협조 체계를 갖추어 각종 재난재해 상황에 대응할 수 있게 한다. 전체적으로는 재난이 발생하면 이에 대응하기 위해 평소에는 예방, 사태 발생 시에는 대응 및 복구, 특히 대응 시에는 상황에 대한 기관별 전파를 통해 재난 피해를 최소화할 수 있게 설계를 하였다[6].

2.3.3 설계된 통합방재시스템 운영 시나리오

예상되는 통합방재시스템의 운영 시나리오는 Fig. 7과 같다. 간략히 설명하면, 통합방재시스템은 평상시에는 재난관리시스템으로서 CCTV와 탐지센서, 시설물 상태를 실시간으로 수신하여 담당자가 시설을 관리하고 모니터링할 수 있게 한다. 또한, 재난 발생 시에 상황을 감지하는 경우 알람을 수신하여 CCTV를 제어하여 재난상황을 가시화시켜서 현장 상황을 파악하고 동시에 방재 담당조직에 알려 상황을 통제하게 한다. 이밖에 현장 직원에게 상황을 전파하여 즉각적인 재난 대응에 임하게 한다. 이를 통해 평상시에는 시설관리 및 훈련용으로 사용하고 재난 발생 시에는 신속한 사태 대응 및 복구에 주력할 수 있도록 시스템이 운영된다[1][7].

2.3.4 통합방재시스템 전주기 기능 모델

시스템 구축을 위한 모델의 개발이 필요하고, 초고층 관련 소방활동 전주기는 예방, 대비, 대응, 복구로 구성되며 재난발생을 사전에 예방하고 화재시 신속하고 효율적으로 대응, 복구함으로써 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위해 다음과 같이 각 주기별로 초고층 지능형 통합방재시스템 모델을 도출하였다.

(1) 예방: 소방계획의 수립 전 대상물의 기본현황 및 위험정보를 파악하고 위험요인을 식별, 분석, 평가하여 개선대책을 소방계획에 반영해야 한다. 소방안전관리대상물의 안전의식 및 안전문화 향상을 위해 다양한 화재 예방 및 홍보 활동을 실시해야 한다. 소방안전관리대상물의 소방시설을 점검하고 유지관리하기 위해 자체 점검을 정기적으로 실시해야 한다.

(2) 대비: 소방안전관리대상물의 화재로 인한 재난발생 시 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위해 [소방시설 설치, 유지 및 안전관리에 관한 법률] 제20조에 따른 자위소방조직을 구성, 운영해야 한다. 소방안전관리대상물의 화재로 인한 재난발생 시 신속하고 효과적인 비상대응을 위해 [소방시설 설치, 유지 및 안전관리에 관한 법률] 제22조 및 같은 법 시행규칙 제14조의2에 따른 교육, 훈련을 정기적으로 실시해야 한다. 교육, 훈련을 실시한 경우에는 교육 및 훈련결과를 자체적으로 평가하고 미비점을 파악하여 지속적으로 개선해야 한다.

(3) 대응: 화재로 인한 재난발생 시 신속하고 효율적인 상황전파 및 신고체계 확립을 위해 비상연락체계를 구축, 운영해야 한다. 화재로 인한 재난발생 시 화재현장의 원활한 비상대응을 위해 지휘통제 체계를 수립하고 업무를 수행해야 한다. 화재로 인한 재난발생 시 필요한 초기대응절차를 수립, 시행해야 한다. 화재로 인한 재난 발생 시 대상물의 거주자, 근무자 및 방문자를 신속하게 안전한 장소로 피난(유도)시켜야 한다[6].

(4) 복구: 화재로 인한 재난이 발생하는 경우, 피해를 최소화하고 신속히 정상상태로 복구하기 위해 피해 복구 계획을 수립할 수 있다. 화재 발생시 재난대응 또는 발생 직후 정상상태로 복구하기 위한 단기, 장기 복구 활동을 진행할 수 있다.

상기 모델을 적용하여 주된 시스템 구성이 도출될 수 있다. 도출된 시스템의 구성은 방재통합연계시스템, 방재통합모니터링 시스템, 시나리오기반 대응시스템, 유관기관 연계시스템, 모바일 화재방호 시스템으로 크게 구분할 수 있다[1][8].

2.3.5 초고층빌딩 통합방재시스템 구현

설계에 따라 구현된 초고층빌딩 통합방재시스템의 세부적인 내용은 다음과 같다[1].

(1) 지능형 통합방재시스템 메인화면: 소방설비의 전반에 걸쳐 오작동, 조치 진행상황, 집중관리대상 등 전체 현황을 파악할 수 있는 모니터링 시스템을 Fig. 4와 같이 구현하였다.



Fig. 4. Main screen of intelligent integrated fire protection system

(2) 지능형 통합방재시스템 서버화면: 자체점검계획에 따른 자체점검, 점검결과, 점검결과에 따른 조치사항을 관리하며, 점검결과에 따른 조치사항은 Fig. 5와 같이 점검결과 조치내용을 입력하여 조치되었는지 확인한다.



Fig. 5. Diagnosis action screen of integrated fire protection system

점검 항목은 소방시설, 가연물 및 화기취급관리대상, 피난 및 방화시설, 기타시설물을 대상으로 진행하며, 현장에서 모바일 장비를 통해서 Fig. 6과 같이 점검한다.



Fig. 6. Diagnosis results screen of integrated fire protection system

관리대상은 Fig. 7과 같이 경보설비, 소화설비, 피난설비, 소화활동설비, 소방용수 공급시스템에 포함된 항목으로서 상태정보를 수집하여 오류, 경보, 오작동 등 대상의 상태 이력 정보를 Fig. 8과 같이 표시하고 있다.



Fig. 7. Facility status screen of integrated fire protection system



Fig. 8. History inquiry screen of integrated fire protection system

(3) 비상대응시스템 메인화면: 비상대응시스템은 화재 발생 시 자동으로 Fig. 9의 화면으로 이동하여, 해당층의 도면, CCTV화면, 화재상황에 따른 행동조치 및 조치결과에 따른 대응절차를 진행하도록 유도한다.



Fig. 9. Main screen of the emergency response system

(4) 모바일시스템 화면: 거주자용 시스템은 Fig. 10과 같이 공지사항, 화재발생 및 대피메시지수신, 피난안내도, 화재 시 행동요령, SOS로 구성되며 재난상황에 대비할 수 있는 내용으로 구성된다.

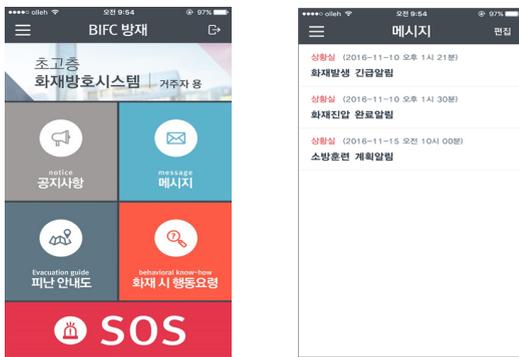


Fig. 10. Screen of the customer mobile system

운영자시스템은 Fig. 11과 같이 공지사항, 메시지수신 및 관리, 장비이력관리, 비상연락으로 구성되며 지능형 통합방재시스템 운영을 효율적으로 지원하기 위한 시스템은 Fig. 12에서 보는 바와 같다.



Fig. 11. Screen of the administrator mobile system

(5) 방재통합 연계시스템: 방재통합모니터링 시스템은 Fig. 15와 같이 기존 시스템과의 연계를 통하여 통합 데이터를 모니터링 한다. 데이터 연계는 XML의 장점을 이용하여 기존 시스템과 원활하게 진행 할 수 있도록 개발을 한다. XML은 W3C의 표준으로써 다양한 웹 브라우저를 지원하며, 개방, 공유, 배포, 참여의 WEB2.0을 실현할 수 있다. XSLT를 기능으로 N-Screen을 지원할 수 있다. 정형, 비정형, 반정형 데이터, 비정형 본문검색, Web Service 기반 ESB, EAI 연동, Legacy DB와 바로 연동이 가능하다.

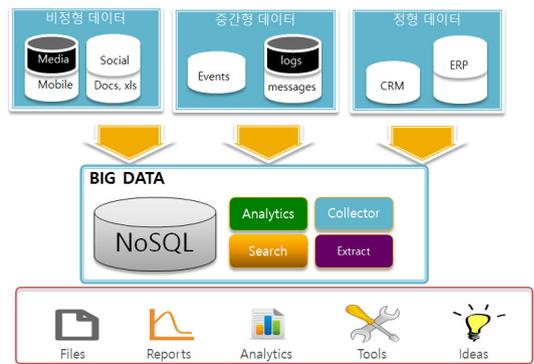


Fig. 12. Architecture of data transactions in the implemented system

통합모니터링 시스템에서 데이터 수집 및 저장을 위한 주요기능은 다음과 같다.

- 기존 시스템의 DB에서 데이터 자동 수집
- IoT 플랫폼을 활용하여 지능형센서에서 데이터 자동수집
- 수집된 데이터를 MongoDB에 저장
- 수집된 데이터 중 조회, 보고서등에 활용할 내용을 XML로 저장

(6) 시나리오 기반 대응시스템: 초고층 빌딩에서 발생하는 화재에 대해 화재상황에 맞는 화재시나리오를 구성하는 시스템이다. 이러한 시나리오를 통하여 소방전주기에 걸쳐 예방, 대비, 대응, 복구에 걸친 화재 전주기에 대한 대응 메뉴얼을 전산화하고 자동화 하여 화재상황발생 시 인명 및 재산피해를 최소화 하고 또한 인적오류로 인한 상황악화를 방지할 수 있도록 지원하는 시스템이다. 이 시스템은 소방방재 시나리오를 기준으로 구현한다. 시나리오기반 대응시스템의 주요기능은 다음과 같다.

- 방재 시나리오 관리

- 전관방송 지시
- 피난 시작 지시
- 피난 유도 관리 지시
- 피난층 관리 지시
- 재실자 퇴실 확인 지시
- 화재진압 확인 지시

(7) 유관기관 연계시스템: 재난이 발생하였을 경우에 관련 소방기관(소방서), 유관기관(경찰서, 병원, 부산시청 등)과 연계하여 재난처리를 효율적으로 처리하기 위한 시스템으로 재난의 종류와 규모, 상황정보, 시설물정보 등 상황에 맞는 정보를 확보하고 재난 상황 발생시 자동으로 연락 및 관련정보를 제공할 수 있는 기능을 구현한다.

유관기관 연계시스템의 주요기능은 다음과 같다.

- 재난별 유관기관 조회
- 기관별 정보조회
- 기관별 정보관리
- 기관별 연계 데이터 관리
- 기관별 자동 연계

(8) 모바일 화재방호 시스템:

모바일 화재방호시스템의 주요기능은 다음에서 보는 바와 같다.

- 거주자/담당자 공지사항 알림
- 거주자/담당자 재난상황 알림
- 거주자 재난상황 관련 정보제공
- 담당자 현장 지시 및 확인
- 담당자 소방시설물 점검

설비모니터링을 통해 화재신고가 접수되면 화재확인을 진행한다. 방재시스템 담당자가 화재알람을 접수하면 CCTV 등을 통해 화재를 확인한다. 화재발생을 확인하면 화재의 크기에 따라 대피를 결정한다. 담당자가 대피지시를 시작하면 해당 정보는 화재리스트에 저장되며 지능형 통합방재시스템은 대피시나리오 데이터를 조회하여 시스템으로 불러온다. 대피시나리오 절차에 따라 화재신고를 저장된 유관기관으로 전달하고 해당정보를 유관기관으로 전달한다[7].

2.4 성능테스트

2.4.1 테스트 개요

성능 테스트를 위하여 테스트에서 설정한 기능을 대상으로 동시 사용자 수를 일정 비율로 증가시켜 시스템이

목표로 하는 성능을 원활히 수행하기 위하여 각 기능에 대한 응답 속도를 측정한다. 기능별 성능 테스트를 측정하기 위하여 동시접속자(가상 사용자 : Virtual User) 5명을 기준으로 부하 발생 시 트랜잭션으로 설정한 기능에 대한 초당 트랜잭션 및 평균 응답시간을 측정한다. 테스트 환경은 Table 1과 같이 설정하였다[1].

Table 1. Table title

Test environments for performance tests		
URL	http://192.168.0.100:8080/	
Load conditions	No. of virtual users	5
	Ramp-up	1 virtual user added per 1 second
	loaded duration	Loaded for 30 minutes after maximum no. of virtual users joined
	Ramp-down	1 virtual user released per 1 second after loaded duration

2.4.2 검증방안 도출

검증은 각 단계의 산출물이 요구사항을 적절히 반영하고 있는지, 논리적 정합성 및 일관성을 가지고 있는지를 판단하는 과정이다. 검증을 위한 시스템은 시험케이스 (Test Case)와 전략, 도입장비 점검표의 기준을 가지고 시험되어지며, 여기서 비롯된 시험 결과를 평가하고, 시험결과에 대한 평가가 예상된 신뢰도를 만족하면 시험 단계를 종료한다. 시스템의 구축기간 및 가동에 앞서 프로그래머들이 설계서와 요구하는 기능 및 품질을 만족할 수 있도록 단계별 시험 상세절차를 수립하고 테스트한다. 프로젝트 중 개발된 각 웹페이지 기능은 Table 2와 같이 트랜잭션으로 설정하였다.

Table 2. Transactions for web pages

Transaction name	Actions
01_Fire	http://192.168.0.100:8080/main/fireSituation.do http://192.168.0.100:8080/selectSopByLevel.do
02_CCTV	http://192.168.0.100:8080/include/cctv.jsp
03_Swindow	http://192.168.0.100:8080/main/windowView.do

상기 표의 테스트 환경 및 결과와 같이 성능 테스트 중점적으로 한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 3. Test results

Evaluation List	Units	Objectives	Results
Running users	No.	5	5
Average Transaction Response Time	seconds	Less than 1 sec	Average 0.5 sec
TPS (Total Transaction per Second)	TPS	More than 1TPS	Average 1.2 TPS

성능테스트 결과에서 보듯이 소규모의 테스트 결과이지만, 5명 사용자를 대상으로 평균 트랜잭션 응답시간이 0.5초로 우수하였으며 초당 트랜잭션 수도 2TPS로 평가되어 성능은 목표치 이상으로 측정되었다. 많은 사용자들을 대상으로 시험을 위한 성능을 개선하기 위해서는 하드웨어 및 네트워크 장비 성능 개선이 요구된다. 그리고 모든 통합방재시스템 응용 기능들은 설계에 의해 요구되는 모든 기능들이 정상적으로 동작됨을 확인하였다[1].

3. 결론

현재 방재대응이 모니터링 수준이나, 본 과제를 통해 감지-대응과 연계된 행동조치(SOP)까지 포괄하는 실질적인 통합방재시스템으로서 기능을 실현한다.

본 논문에서 제시한 첨단 IoT 기반의 방재기술, 통신 시스템, 소방 구조자와 피난자가 연계된 융합 시스템 개발은 초고층빌딩을 위한 통합방재시스템으로서 그 기능이 잘 운영됨을 확인하였다. 또한 시스템 성능 테스트를 통하여 통합방재시스템 성능의 우수함을 확인하였다. 또한 통합방재시스템의 개발로 방재산업 공급사슬에서 생산, 운용, 소비의 패턴을 통합할 수 있는 효과도 기대할 수 있게 되었다.

초고층빌딩 통합방재시스템은 다양한 원천기술과 관련된 IOT 융합기술의 빠른 성장으로 말미암아 재난안전 산업으로서도 큰 시장을 창출할 것으로 예측된다.

References

[1] Jeongbae Lee, Chulgyoo Lee, Wonkook Kim, Sangho Moon, "Intelligent High Rise Fire Protection System", Annual Report of the ministry of public safety and security Research, pp.10-200, 2019.
 [2] Kimhae Fire Station report, "Safety Countermeasures

for Fire-fighting in High-rise Buildings (over 16th Fl.)", pp.25-30, 2013.
 [3] Hyun-Joon Shin, "State-of-the-art for the Fire Safety Technology for super Tall Building", *Construction Magazine*, Vol. 58, No. 10, pp. 51-54, 2014.
 [4] "A Study on Development of Standardized Method of Construction (Intelligent Smart Building Facilities)", Report of Korea Information & Communication Industry Institute, pp. 25-40, 2014.
 [5] Sun-Hee Kim, Byung-Yeol Min, Sung-Mo Choi, "Fire Cause Analysis of High-rise Apartments", *Construction Magazine*, Vol.59, No.05, pp.23-28, 2015.
 [6] Doo Chan Choi, Byung-Yeol Min, Sung-Mo Choi, "Fire Evacuation Safety and Disaster Management of High-rise Buildings", *Construction Environments and Facilities Magazine*, Vol.9, No.4, pp.30-35, 2015.
 [7] Ik-Soon Kim, Hyun-shik Shin, "A Study on Development of Intelligent CCTV Security System based on BIM", *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.6, No.5, pp.789-795, 2011.
 DOI: <http://doi.org/10.13067/JKIECS.2011.6.5.789>
 [8] Sung-Ki Park, Ok-Hwan Kim, "A Study on the Moving Detection Algorithm for Mobile Intelligent Management System Based on the Cloud", *Journal of Korea Institute of Electric and Electronic Engineering*, Vol.19, No.1, pp.58-63, 2015.
 DOI: <http://doi.org/10.7471/ikeee.2015.19.1.058>
 [9] Jung Rae Hwang, Hye Young Kang, Chang Hee Hong, "A Study on the Platform Design for Efficient Interoperability of BIM and GIS", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.20, No.6, pp.99-107, 2012.
 DOI: <http://doi.org/10.12672/ksis.2012.20.6.099>
 [10] Young Ho Cho, Heau Jo Kang, Kyung Sung, "Design of Simulation Environment for Intelligent Disaster Prevention System and Implementation of Management Application", *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol.15, No.4, pp.607-608, 2011.
 UCI: 1410-ECN-0102-2012-360-002033541
 DOI: <http://doi.org/10.12673/jant.2011.15.4.602>
 [11] Yeon-Jung Hwang, Won-Yong Koo, Yen-Kyung Hwang, Ho-Ju Yoon, "A Development of Fire Evacuation Simulation System Based 3D Modeling", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol.25, No.6, pp.156-167, 2011.
<http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201113742748476.page>
 [12] Report of Samsung Construction Engineering Co., "A Study on Case Analysis and Protection Technologies of Skyscraper Fire Accidents", pp.20-30, 2012.

이 정 배(Jeong-Bae Lee)

[정회원]



- 1981년 2월 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 일반대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1982년 3월 ~ 1991년 2월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 2002년 3월 ~ 2014년 2월 : 선문대학교 컴퓨터공학과 교수
- 1991년 3월 ~ 2002년 2월, 2014년 3월 ~ 현재 : 부산외국어대학교 전자로봇공학과 교수

<관심분야>

산업안전, 임베디드시스템 및 로봇공학