

정책보고서 부문
(대학(원)생)

우수상 : 매경미디어그룹회장상

사물 인터넷을 활용한 재난대응 방안에 대한 연구 - 고층 건축물에서의 재난대응을 중심으로 -

서울대학교 자유전공학부 2학년 유 은 식

고려대학교 산업경영공학부 2학년 신 승 현

서울대학교 경영학과 3학년 정 재 희

[요 약]

최근 한국 뿐 아니라 전 세계적으로 고층 건축물이 늘어가고 있는 추세이다. 그리고 이러한 추세에 따라 화재를 비롯한 고층 건축물에서의 재난 상황의 위협도 점차 커져가고 있다. 고층 건축물은 높은 인구밀집도와 물리적 높이로 인해 기존의 재난과는 다른 특성을 가지는데, 현재 한국에서 시행되고 있는 재난관리 시스템을 검토한 결과 고층 건축물의 재난 상황에 제대로 대처할 수 없다고 본 연구에서는 판단하였다. 또한 고층 건축물에서의 재난 대응은 ‘자기 스스로 대처하고 스스로 피난한다’는 원칙 아래 이루어져야 한다고 결론을 내리고, 재난 상황에 대해 건축물 스스로 재난에 대응하는 재난대응 시스템을 구상하였다.

이에 따라 본 연구에서는 사물 인터넷에 기초한 고층 건축물 재난대응 시스템을 제안한다. 본 시스템은 재난 대비를 위한 주시단계, 재난 발생을 감지하는 이상징후 감지 및 판단 단계, 재난 발생에 따라 적절한 대응책을 취하는 대응단계로 구성된다. 주시단계는 건축물 곳곳에 설치된 센서들이 건축물의 상태와 관련된 정보를 서버로 보내는 단계로, 서버는 보내진 정보를 실시간으로 해석하여 건물 상태를 점검한다. 건축물에 이상징후(예를 들어 화재로 인한 열기나 연기의 감지, 외부 충격으로 인한 건축물의 파손, 철근 등 기초 구조물의 변형 및 손상 등)가 센서에 의해 감지되면 서버는 이것이 건축물의 안전에 위협을 줄 수 있는 상황인지 빅데이터에 기반해 판단한다. 이것이 이상징후 감지 및 판단 단계이다. 마지막 대응 단계에서는 자동 재난 신고를 비롯하여 스프링클러나 대피 유도등의 작동, 건물 각 층에 사람이 있는지 유무를 소방구조요원에게 전송하는 등, 재난 상황의 대응과 구조 지원 방안 등이 포함된다.

이러한 방안은 현행 재난관리 시스템이 가진 한계를 최신 IT 기술에 기초하여 보완하는 방법으로써, 고층 건축물 재난 상황에서 막대한 인명 및 재산 피해를 방지할 수 있을 것으로 보인다. 다만 높은 인프라 구축 비용이나 장비의 오작동 감소 문제, 상황 전파 수단의 제한 문제는 향후 해결해야할 과제이다.

I 서론

최근 대한민국의 가장 큰 이슈는 ‘안전’이라고 해도 무방하다. 1953년 온 국토를 초토화 시켰던 전쟁이 끝나고 약 40년에 걸쳐 이루어온 초고속 압축 성장과 민주화의 돌풍 속에서 와우 아파트 붕괴사고(1970년)와 같은 사고에도 불구하고 ‘안전’에 관한 논의는 낮은 우선순위에 머물 수밖에 없었다. 하지만 1990년대부터 비교적 최근까지 막대한 인명 피해를 발생시킨 서해페리호 침몰(1993년), 성수대교 붕괴(1994년), 삼풍 백화점 붕괴(1995년), 씨랜드청소년수련원 화재(1999년), 대구 지하철 화재(2003), 세월호 참사(2014)와 같은 일련의 재난들은 대한민국 사회에서 안전에 대한 논의가 심각하게 부족했다는 점을 적나라하게 드러냈다. 특히 사람들은 이러한 재난이 자신들의 힘으로는 어찌할 수 없는 자연재해가 아니라, 부실한 안전관리와 허술한 재난대응이 빚어낸 인재(人災)라는데 더 큰 충격을 받았다. 그리고 이러한 사회적 충격이 기존의 재난관리 시스템에 대한 총체적 불신으로 이어져 왔음은 얼마 전 경주 지진 사태 때처럼 국민안전처 및 유관부서의 미숙한 대응에 전 국민이 분노한 데에서 잘 나타난다. 그런데 위의 사례들 같은 화재, 건축물의 붕괴 등의 재난과 비슷한 규모의 피해를 낼 수 있지만 상대적으로 간과되고 있는 것이 있다. 바로 고층 빌딩에서의 재난 상황이다.

대도시의 스카이라인을 수놓는 고층 빌딩은 단순한 건물 이상의 의미를 갖는다. 고층 빌딩은 좁은 면적에 상당한 인구가 활동할 수 있도록 효율성을 극대화시키기 위한 하나의 수단이기도 하지만, 한 도시의 이미지를 구성하는 미적 기능과, 국가의 경제력과 번영을 과시하기 위한 일종의 ‘간판’의 역할까지 담당하며 도시민을 비롯한 전 국민, 그리고 더 나아가 전 세계인의 호기심과 부러움을 이끌어낸다. 고층 건축물이 갖는 이러한 의미와 기능들 덕분에 전 세계적으로 고층 건물들은 증가 추세에 있으며, 높이가 200m가 넘는 초고층 건축물들 역시 빠른 속도로 건설되고 있다.

이러한 고층 건축물들은 재난 상황에서 기존의 건축물들과는 다른 특성을 보인다. 우선 더 많은 인구가 몰려 있다는 특성을 지닌다. 그렇기 때문에 재난 상황이 발생할 경우 막대한 인명 피해가 발생할 가능성이 높으며, 대피 및 구조를 위한 시간과 동선이 기존 건축물에 비해 훨씬 길어진다. 또한 고층 건축물의 높은 층수는 소방대가 도착하더라도 화재의 진압이나 구조를 위한 건물 내의 활동을 어렵게 만든다. 뿐만 아

나라, 중간층에서 재난 상황이 발생한 경우 그보다 높은 층수에 위치한 사람들은 사 용가능한 대피 경로가 제한되는 어려움이 있다.

그렇기 때문에 고층 건물에서는 그 활동과 역할이 심각하게 제한되는 소방대나 구 조대의 직접적인 방재 활동을 기다리는 것보다, 건물의 방재 시스템이나 자체 인력이 스스로 재난 상황을 처리하고 대피하는 방식의 재난관리가 강력하게 요구된다. 하지 만 이 역시 고층 건축물의 거대한 규모로 인해 방재 시스템을 갖추거나 인력을 확충 하기 위해 막대한 비용이 소모될 뿐 아니라, 설령 시스템을 구축한다고 하더라도 재 난 상황에 적절히 대응하기 위해서는 역시 고도로 숙련된 안전요원과 적절한 방재설 비의 활용 능력이 요구된다는 문제점이 있다.

따라서 본 연구는 한국의 기존 재난관리 시스템의 현황 및 문제점에 대해 분석하 는 것을 통해 고층 건축물에서의 재난 대응 과정에서 발생하는 위의 문제점들을 우선 적으로 검토하고, 이를 해결하기 위한 방안으로써 사물 인터넷에 기반을 둔 재난 관 리 시스템을 제시하는 것을 목적으로 한다. 단, 여기서는 예비-대비-대응-복구의 네 단계로 구성되는 일반적인 재난관리와는 달리 재난 상황의 탐지와 그에 대한 대응에 초점을 두고 있으므로 복구 단계를 제외한 나머지 세 단계에 적용할 수 있는 관리 시 스템을 제시할 것이다. 이 시스템은 사물 인터넷을 활용하여 센서와 서버, 서버와 서 버를 네트워크로 연결함으로써 재난 대응을 자동화시키기 위한 아이디어를 담고 있 다. 이에 따라 재난 상황에서의 대응 시간이 단축됨으로써 대피를 위한 시간을 더 많 이 확보할 수 있으며, 고층 건축물의 재난 상황에서 예측되는 막대한 인명 피해를 줄 이는 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

II 기존 고층 건축물 재난대응 시스템 검토

1. 이론적 배경

가. 재난과 재난대응의 정의

‘재난’은 일반적으로 자연재해와 인적 과실에 의한 인재(人災)를 포함하는 개념으 로 상당히 넓은 의미로 사용되고 있다. 고기봉·이시영·채진이 수행한 연구(2012)에서

는 ‘재난’의 정의에 대해 “나라마다, 학자의 견해에 따라, 법규상의 정의에 따라 다양하게 정의되어지고 있으며 학문적으로 통일되지 않은 채 사용하고 있다.”¹⁾라고 설명하면서 재난에 대한 명확한 정의를 내리기 어려움을 나타내고 있지만, 재난(disaster)의 어원 분석을 통해 “하늘로부터 비롯된 것으로 인간의 통제가 불가능한 해로운 영향’을 의미하였지만, 시간이 경과함에 따라 재난의 정의도 점차 확대·적용하게 되었다.”²⁾라고 분석하고 있다. 최미옥의 연구(2010)에서는 Fritz의 연구 결과(1961)를 인용하여 재난을 “사회 일반 또는 사회 내 일부 조직에 심대한 피해를 끼쳐 사회 구성원이나 물리적 시설의 손실로 인하여 사회구조가 교란되고 사회의 본질적 기능수행이 장애를 받게 되는 사건으로서 우연적이거나 통제 불가능하며, 사·공간상에 집중적으로 나타나는 실제적·위협적 사건”³⁾으로 정의한다. 이러한 선행연구의 내용들과 함께 ‘재난’을 정의한 몇몇 사전들의 내용⁴⁾, 그리고 <재난 및 안전관리 기본법>(이하 ‘재난안전법’)에서의 ‘재난’의 정의(3조)⁵⁾를 종합하여 살펴보면 ‘재난’의 의미를 구성하는 요소를 다음의 두 가지로 정리할 수 있다.

- 그 원인이 자연현상과 사람의 활동에 있을 것.
- 우연적, 돌발적 발생으로 인해 사람의 건강이나 생명, 설비나 제도의 파괴·무력화가 수반될 것.

-
- 1) 고기봉·이시영·채진, “소방의 재난대응체계 개선방안에 관한 연구 - 춘천시 신북읍 산사태 대응사례를 중심으로”, 한국화재소방학회 논문지 제 26권 제 2호, 2012, p. 18.
 - 2) Ibid.
 - 3) 최미옥, “재난관리 체계에 대한 한국과 독일의 비교 연구”, 한독사회과학논총 제 20권 제 2호, 2010, p. 116.
 - 4) 몇몇 용어사전 속 ‘재난’의 정의를 살펴보면 다음과 같다.
 - 위키백과 : 날씨 등의 자연현상의 변화, 또는 인위적인 사고로 인한 인명이나 재산의 피해를 말한다.
 - 경찰학사전(신현기·박억중·안성률 외 8명, 2012) : 국민의 생명·신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 태풍(颱風)·홍수(洪水)·호우(豪雨)·폭풍(暴風)·폭설(暴雪)·가뭄·지진(地震)·황사(黃砂) 등 자연현상으로 인하여 발생하는 재해, 화재·붕괴·폭발·교통사고·환경오염사고 등 이와 유사한 사고로 대통령령이 정하는 규모 이상의 피해 등 국가기반체계의 마비와 전염병 확산 등으로 인한 피해를 말한다.
 - 사회복지학사전(이철수 외 공저, 2009) : 천역적이든 인위적이든 간에 시간적·공간적으로 집중되어 재산, 인명 및 건강에 피해를 주는 결과를 가져오는 이상사건을 말한다. 이것은 또 필수 기능을 지속시켜야 할 사회 제도의 능력을 파괴하기도 한다.
 - 산업안전대사전(최상복, 2004) : 사람의 사망, 상해 또는 설비나 재산손해 또는 상실로 귀착(歸着)되는 계획되지 않은 사상(event) 또는 사상의 연결을 말한다.
 - 5) 재난안전법 제 3조에서는 ‘재난’을 “국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것”으로 정의하면서 발생 원인에 따라 ‘자연재난’과 ‘사회재난’으로 구분하고 있다.

위와 같은 ‘재난’의 정의에 기초하여, 현행법 상 ‘재난관리’는 “재난의 예방·대비·대응 및 복구를 위하여 하는 모든 활동”(재난안전법 제3조 3호)으로 정의된다. 즉, 재난으로 인한 피해를 최소화하기 위한 일련의 활동으로서, 재난을 방지하거나 그 피해를 막기 위한 예방 및 대비활동, 재난 발생 이후 대응 및 복구 활동 등 “재난과정의 사전·사후의 재난관리활동인 일련의 모든 집행과정을 총칭”⁶⁾한다.⁷⁾

재난관리는 보통 예방-대비-대응-복구의 4단계로 이루어진다. 각 단계의 명칭에 대해서는 연구마다 다소 차이점이 나타나지만 단계별 내용은 전반적으로 비슷하다. 예방-대비 단계는 재난 발생 전 재난 위험 요인의 제거와, 발생 시의 행동요령 및 재난 이후 구조·복구에 이르는 장기적인 대응 계획의 수립 단계를 의미한다. 대응-복구 단계는 실제 재난이 발생한 이후 대피 및 피해 상황 확인, 구조 및 복구 실시 단계에 해당한다. 이상의 정의에 따라 재난 상황에 대비한 재난대응 시스템을 구축한다는 것은 곧 위 네 단계에 걸쳐 모두 작동하는 종합적 시스템을 구축함을 의미한다. 즉, 발생 가능한 재난의 특성을 분석하고, 시설 점검이나 안전 훈련 등을 통해 재난에 대비하며, 재난 발생 시 인원 대피, 재난대응, 피해복구까지 유기적으로 이루어질 수 있어야 한다.

나. 고층 건축물의 정의 및 현황

현행법에서는 “층수가 50층 이상이거나 높이가 200미터 이상인 건축물”⁸⁾을 ‘초고층 건축물’로 정의하며, “층수가 30층 이상이거나 높이가 120미터 이상”⁹⁾이면 ‘고층 건축물’, 그리고 “고층 건축물 중 초고층 건축물이 아닌 것”¹⁰⁾을 ‘준초고층 건축물’로 정의한다. 한편 손봉세의 연구(2015)에 따르면 국제초고층도시주거협의회(Council on Tall Building and Urban Habitat; CTBUH)에서는 높이가 50층 또는 200m 이상인 건축물, 밀면:높이 비율이 1:5 이상인 건축물, 횡력저항시스템의 유무로 판단되는 건축물을

6) 고기봉·이시영·채진, op. cit., p. 18.

7) 재난관리의 의미와 관련하여 흔히 재난의 예방부터 대응까지의 전 과정을 포괄하는 ‘광의의 재난관리’와, 재난 발생 이후의 대처에 주목하는 ‘협의의 재난관리’로 나누어 설명하는 경우가 많지만, 본 연구에서는 초고층 건축물에서의 재난 예방부터 대응까지 활용할 수 있는 안전관리 시스템을 제시하는 것이 목적이므로, ‘광의의 재난관리’의 의미에서 재난관리를 사용할 것이다.

8) 건축법 시행령 제2조 15호 및 초고층및지하연계복합건축물재난관리에관한특별법(이하 ‘초고층재난관리법’) 제2조 1호.

9) 건축법 제2조 1항 19호.

10) 건축법 시행령 제2조 15의2호.

‘초고층 건축물’로 정의하고 있다¹¹⁾.

국토교통부 건축물 현황 통계 자료¹²⁾를 살펴보면, 2015년 한국의 31층 이상의 고층 건축물은 총 1,478동으로, 2014년 1,319동보다 약 12.05% 증가하였다. 지역별로는 부산에 307개동으로 가장 많은 수의 고층 건축물이 분포하고 있으며, 그 뒤를 경기도 (302개동)가 잇고 있다. 한 국내 언론의 보도에 따르면 부산은 국내에서 고층 건축물이 가장 많이 분포한 지역으로, 50층 이상의 건물이 서울보다 많은 지역이기도 하다¹³⁾. 최근 지진이 발생한 경북 지역에는 45개동이 분포하며, 경남 지역을 합치면 총 91개동이 분포한다. 세계적으로도 초고층 건축물의 수는 지속적으로 증가 추세에 있는데, CTBUH에서 펴낸 보고서에 따르면 2015년 완공된 초고층 건축물의 수는 106개로 역대 최대를 기록했으며, 초고층 건축물의 총 수도 1040개로, 265개가 존재했던 2000년에 비해 392%의 증가율을 기록하며 사상 최초로 1000개를 넘어섰다¹⁴⁾.

2. 기존 고층 건축물 재난대응 시스템 검토

가. 한국의 재난관리 시스템 현황 및 문제점

앞서 살펴본 것처럼 재난관리는 예방-대비-대응-복구의 4단계를 거쳐 이루어진다. 고층 건축물에서의 재난관리 역시 예외가 아니다. 따라서 고층 건축물의 재난관리 시스템을 검토할 경우 위의 네 가지 단계에 해당하는 항목들이 잘 마련되어 있는지 여부를 검토해야 한다. 본 연구에서는 앞서 설명한 것처럼 복구를 제외한 나머지 3개 단계에 해당하는 부분을 검토하고자 한다.

재난 예방과 대비 단계는 평소 안전관리가 얼마나 철저히 규제되어 이루어지고 있는지와 관계가 있다. 현재 한국의 고층 건축물의 안전과 관련된 법규는 건축법과 초고층재난관리법, 그리고 ‘화재예방·소방시설설치·유지및안전관리에관한법률’(이하 ‘소방시설법’), 그리고 재난안전법이 대표적이다. 건축법에서는 초고층 건축물 등 대

11) 손봉세, “초고층 건축물의 화재안전에 대한 소고”, 설비저널, 44(5), 2015.5., p. 16.

12) e-나라지표, “건축물 현황”, 2016년 2월 17일,
(http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1226)

13) 중앙일보, “[한반도 최대 규모 지진] 내진설계 돼 있지만 부산 초고층 아파트 주민들 “덜덜덜””, 2016년 9월 13일. (<http://news.joins.com/article/20591278>)

14) Jason GabelMarty Carver-Marshall Gerometta, "CTBUH Research Report 2015 Year In Review", CTBUH, 2015, p. 9.

통령령으로 정하는 주요 건축물에 대하여 건축허가를 하기 전에 건축물 안전영향평가를 실시하도록 정하고 있다.(제13조의2 1항) 초고층재난관리법은 초고층 건축물에서의 재난관리를 위해 필요한 사항을 종합적으로 규정하고 있으며, 사전재난영향성검토(제6조)나, 재난예방 및 피해경감계획의 수립(제9조), 총괄재난관리자의 지정(제12조), 교육 훈련 및 피난 유도를 위한 홍보계획 수립(제14, 15조) 등을 규정하고 있다. 한편 소방시설법은 국민안전처 장관으로 하여금 소방안전 특별관리시설물을 지정하여 특별관리하도록 하고 있으며(제20조의 2). 지하를 제외한 층수가 11층 이상인 건축물의 경우 공동소방안전관리자를 지정(제21조)하도록 하여 초고층 건축물에서의 재난 예방 및 대비를 위한 법 조항들을 갖추고 있다. 마지막으로 재난안전법은 직접적으로 초고층 건축물 관련 내용을 규정하고 있지 않지만, 재난의 예방과 대응과 관련하여 종합적인 내용을 규정하고 있다.

현재 재난관리 관련 업무는 정부조직법 제22조의2¹⁵⁾에 따라 국민안전처에서 총괄하도록 되어 있다. 하지만 박효근의 연구(2015)에 따르면 한국의 재난 관련 법령 체계가 “다양한 법률들이 유사한 내용으로 중첩된 내용을 규율하게 되어 재난 상황이 현실화되었을 때 통합적 재난관리가 어렵게 되어 효율성이 저하되는 잠재적 불안요인이 상존”하며, “일반적인 안전관리에 대한 세부적인 유형별 구분과 이에 따른 긴급대응 조치 등에 대해서는 구체적이고 명확한 규정이 없”¹⁶⁾음을 지적하고 있다. 즉, 국민안전처 신설 및 개별 법률을 통해 재난을 예방하기 위한 조치들을 규정해 놓았지만 실제 재난 발생 시 통합되고 효율적인 재난관리가 어려우며, 세부 유형의 구분이 없기 때문에 고층 건축물의 재난 상황과 같은 특수 상황에서 활용할 수 있는 법제도적 준비가 부족함을 알 수 있다.

한편 대응 단계는 재난이 실제 발생했을 때 이루어져야 할 일련의 행동들로, “탐색 및 구조활동, 비상운영 조직의 활성화, 비상의료지원, 피해자 수용과 보호관리 그리고 피해자 보호 및 지원 등”¹⁷⁾으로 구성되어 있다. 재난 발생 초기에 피해를 줄이기 위한 상황 전파 및 대피 계획 역시 이 단계에 포함된다. 특히 재난 전파 시스템은 이후

15) 정부조직법 제22조의2 1항 “안전 및 재난에 관한 정책의 수립·운영 및 총괄조정, 비상대비, 민방위, 방재, 소방, 해양에서의 경비·안전·오염방제 및 해상에서 발생한 사건의 수사에 관한 사무를 관장하기 위하여 국무총리 소속으로 국민안전처를 둔다.”

16) 박효근, “재난 및 안전관리 기본법 상 재난관리 체계에 대한 법정정책 개선방안”, 법과 정책연구 제 15집 제 4호, 2015, p. 1501~1502.

17) 최미옥, op. cit., p. 121.

이어지는 재난 대응 및 대피의 효과와 직결된 핵심적인 시스템으로서 중요한 의미를 갖는다. 현재 한국에서 운영되고 있는 재난 전파 시스템 중 가장 대표적인 것은 ‘긴급 재난문자’ 서비스로, 폭염, 지진, 전쟁 등 각종 재난 상황 발생이 예상되거나 발생한 경우 그 내용과 행동요령을 개인의 휴대전화로 문자 전송하는 서비스다. 높은 휴대전화 보급률 덕분에 재난 정보를 국민 개개인에게 직접 전파할 수 있다는 장점이 있지만, 2016년 7월 울산 지진 사태와 9월 경주 지진 사태 때 실제 재난 발생 시각보다 한참 늦게 재난 문자가 전송되는 등¹⁸⁾ 실제 재난 발생 상황에서 많은 문제점이 드러나기도 했다. 긴급재난문자의 뒤늦은 전송은 기상청에서 국민안전처 유관부서¹⁹⁾로, 유관부서에서 상황실로, 다시 통신사로 이어지는 복잡한 수작업 단계를 거치면서 필연적으로 생겨난 것으로 보인다.²⁰⁾ 또한 가입 통신사의 기지국 사정으로 인해 문자 도착 여부나 도착 시간이 달라질 수 있다는 점²¹⁾ 역시 재난 전파 시스템으로서의 한계를 나타내고 있다.

재난문자 외의 또 다른 전파 체계로는 스마트폰의 ‘안전디딤돌’ 앱이 있다. 이 앱은 스마트폰 보급이 확대되면서 언제든지 접속하여 재난 정보와 행동 요령을 확인할 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 설치 홍보가 제대로 이루어지지 못하면서 매년 다운로드 건수가 줄어드는 등²²⁾의 문제점이 나타나고 있다. 또한 아래 [그림 1]에서 확인할 수 있는 것처럼 시작 페이지 한 화면에 지나치게 많은 정보를 담고 있어 화재나 지진 등의 위험이 예상될 때 행동요령 등의 정보를 쉽게 찾기 어렵다는 문제점이 있다.

18) 언론 보도에 따르면 7월 울산 지진 사태 때는 약 18분, 9월 경주 지진 사태 때는 약 8~9분 정도 늦게 발송되었다.

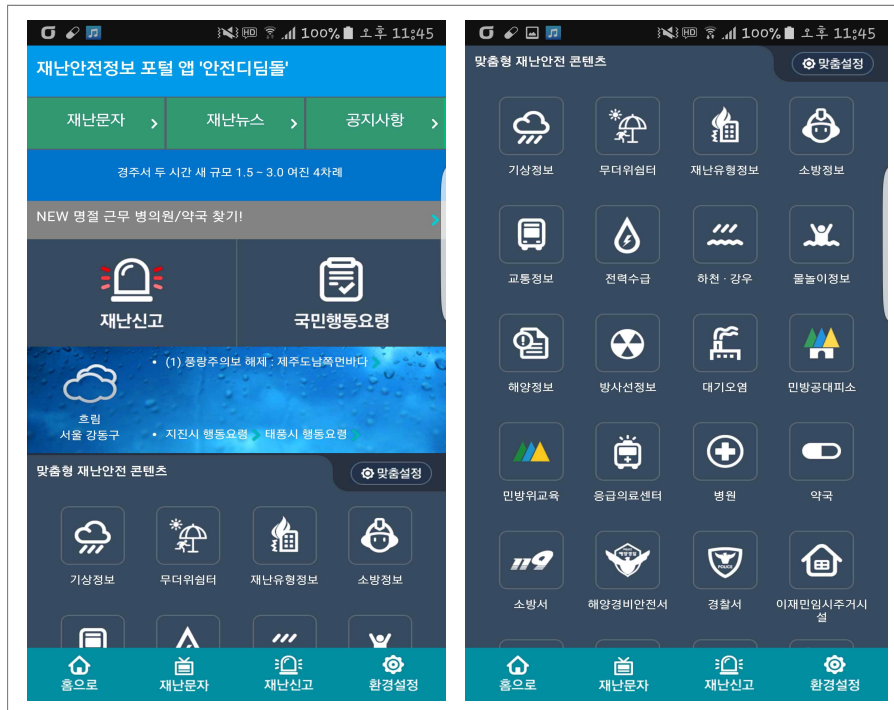
19) 경주 지진 사태 때는 국민안전처 지진방재과를 거쳐 상황실로 전달되었다.(아래 언론 보도 참고)

20) KBS, “‘뿔박’ 재난 문자 ... 5단계 거쳐 수작업 발송”, 2016년 9월 14일.
(<http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3345395&dable=30.1.5>)

21) 아시아경제, “보내도, 안 보내도 욕 먹는 긴급재난문자 ‘딜레마’”, 2016년 7월 7일
(<http://view.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2016070709552292620>)

22) 뉴스1, “더민주 김영진 “국민 1600만명 긴급재난문자 못 받아””, 2016년 7월 18일
(<http://news1.kr/articles/?2722546>)

[그림 1] 실제 휴대폰 화면에서 캡처한 '안전디딤돌' 앱 시작 페이지



자료 : 자체 작성

위와 같은 기존 재난관리 시스템의 문제점에 더하여, 현재 일반 국민들이 접근할 수 있는 재난 전파 체계나 정보 안내 시스템에는 고층 건축물에서의 재난 상황에 대한 정보가 거의 담겨 있지 않다. 긴급재난문자를 통해 받거나, 앱 및 국민안전처 홈페이지 등을 통해 찾을 수 있는 행동 요령 정보 중 초고층 건축물과 관련된 내용은 “고층 건물에서 화재가 발생시”나 “대형 건축물 붕괴” 등 소수에 그치고 있으며, 그 내용 역시 초고층 건축물 재난 상황의 특수한 성격을 반영하지 못하고 화재나 붕괴 시의 일반적인 행동원칙을 반복 서술하는데 그치고 있다.

따라서 현행 재난 전파 체계는 지연 전송, 그리고 정보 부족으로 인해 고층 건축물에서의 재난 발생 시 제때 상황을 전파하거나 사람들을 대피시키는데 상당히 부족한 모습을 보이고 있다. 이는 곧 본 연구에서 제시하고자 하는 고층 건축물에서의 재난 대응 시스템이 갖추어야 할 요건을 시사하고 있다. ‘재난 발생을 최대한 빨리 감지하여 최대한 빨리 전파하고, 최대한 빠르게 대응하는 것’이 바로 그것이다.

나. 고층건축물에서의 재난 유형과 대응 원칙

고층 건축물에서 발생 가능한 여러 유형의 재난 중 가장 많은 관심을 받고 있고, 발생 빈도수도 가장 높은 것은 화재다. 손봉세(2015), 최두찬(2015), 윤아영(2007) 등의 연구는 초고층 건축물에서의 화재에 초점을 두고 진행된 일련의 연구들이다. 하지만 고층 건축물에서 발생 가능한 재난 유형은 화재에만 국한되지 않는다. 화재 외에 고층 건축물의 안전을 위협할 수 있는 몇 가지 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 지진이다. 최근 발생한 경주 지진 사태로 인해 부산의 80층 초고층 건축물과 서울 잠실의 제2롯데월드의 안전성 여부에 여론의 관심이 집중되었다. 내진 설계가 의무화되어 있기 때문에 건축물 그 자체나 내부 시설 등에 막대한 피해를 가할 가능성은 높지 않지만, 흔들림으로 인한 사람들의 동요와 그로 인한 무질서한 대피 등이 피해를 더욱 키울 수 있다는 점에서 주목해야 할 재난 유형으로 보인다.

또한 태풍에 의한 파손 역시 안전 위협 요소가 될 수 있다. 강풍으로 인한 비산물이 건물을 충격할 경우 외부 손상은 물론 내부의 사람들에 대한 피해가 발생할 수 있다. 비행기나 헬기 등의 비행체가 건물과 충돌하는 경우도 고려할 수 있는데, 2001년 9·11 테러의 사례에서 볼 수 있듯이 건축물 자체의 붕괴와 그로 인한 주변 건축물への 부수적인 피해까지 연쇄적으로 발생할 수 있어 큰 피해가 예상된다. 실제로 제2롯데월드 건축 당시 5km 정도 떨어진 성남 비행장에서 이착륙하는 전투기들의 비행 안전을 이유로 공군에서 건축을 반대한 사례 역시, 비행 중인 비행기나 헬기 등이 고층 건축물의 안전(그리고 반대로는 비행기와 헬기의 안전)에도 영향을 줄 수 있음을 시사하고 있다.

고층 건축물이 가지는 랜드마크로서의 상징성, 높은 인구밀집도 등의 특성으로 인해 테러의 주요 목표가 된다는 점 역시 고려해야 할 위험 요소라고 할 수 있다. 2001년 미국 세계무역센터 테러 사건은 고층 건축물이 테러의 대상으로 얼마든지 선정될 수 있으며, 테러 발생 시 막대한 피해가 발생함을 보여준 사례라고 할 수 있다.

이처럼 고층 건축물에서 발생할 수 있는 재난 유형이 다양함에도 불구하고 고층 건축물의 재난 관리에 있어서 중시해야 할 공통점을 찾을 수 있는데, 바로 건물 내부에 있는 사람들에게 얼마나 빨리 상황을 전파하고, 대피하며, 방재 시스템을 가동하는가이다.

거대한 크기와 높이, 그리고 그리 넓지 않은 공간에 많은 인구가 밀집되어 있는 초고층 건축물의 특성은 재난이 발생했을 때 기존의 재난과는 다른 대응 방식이 필요함

을 의미한다. 미국 세계무역센터(World Trade Center) 빌딩의 폭파 및 붕괴를 중심으로 고층빌딩에서의 방재대책을 연구한 김태환의 연구(2001)에서는 고층 건축물의 재난대응 원칙으로 “자기가 진압하고 자기 스스로 피난한다.”를 제시하면서, “소방의 손이 미치지 않는 곳에 화재가 발생하면 빌딩 스스로가 방재설비로서 소화진압을 하고, 또한 빌딩의 내부에 사람은 자력으로 피난한다는 의미”²³⁾라고 설명한다. 높은 인구밀도와 접근이 어려운 물리적 높이로 인해 재난 시 소방구조요원들의 활동은 크게 제약되며, 재난 상황에 대한 대응이 지연됨으로써 큰 피해가 야기될 수 있다. 따라서 소방구조요원들의 활동보다 건축물 자체에서 상황 파악, 상황 전파, 대피 유도, 방재 시스템 자동 등의 절차를 진행하는 것이 고층 건축물 재난 대응에 있어 가장 중요하다고 할 수 있다. 이러한 점에 대해 YTN은 부산 지역에서 이루어진 초고층 아파트 화재 대응 훈련에 관한 일련의 보도를 통해 ① 소방관이 휴대하는 공기통이 65층에 닿기 전에 고갈됨, ② 소방차의 살수 가능 높이가 100m에 불과해 200m 이상의 초고층 건축물에서의 화재 대응이 어려움, ③ 헬기를 사용한다하더라도 수송할 수 있는 인원이 제한적이고 기상상의 영향을 많이 받음, ④ 400m 높이까지 방화수를 보낼 수 있는 펌프차가 배치되었지만 결국 소방관이 올라가 소화전에 호스를 연결해야함 등을 꼽으면서 초고층 건축물 재난에서의 장애 요인을 정리한 바 있으며, 그 해결책으로 건물 스스로가 불을 끌 수 있게끔 첨단 장비를 갖추어야 할 필요성을 제기하기도 했다²⁴⁾.

다. 해외의 재난관리 시스템 검토

미국연방비상관리국(Federal Emergency Management Agency; FEMA)에서는 2004년 <Are You Ready? An In-depth Guide to Citizen Preparedness>라는 제목의 안내 책자를 펴내어 일반 대중에게 배포하였다. 책자의 배포 목적은 “시민들로 하여금 모든 종류의 위험에 대해 그 자신과 가족을 보호할 방법을 알게 하는 것(to help citizens of this nation learn how to protect themselves and their families against all types of hazards)”으로써, “사람과 재산을 지키기 위해 재난 발생 전, 발생 중, 발생 후에 만드

23) 김태환, “고층빌딩에 대한 방재대책 방안에 관한 연구 - 미국 무역센터(WTC) 빌딩 폭발·붕괴의 사례”, 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 한국화재소방학회, 2001, p. 177.

24) YTN, “초고층 화재진압...고민에 빠진 소방당국”, 2015년 11월 11일.
(http://www.ytn.co.kr/_ln/0115_201511111759542499)
YTN, “우리의 초고층 건물 화재 대응책은?”, 2015년 11월 12일.
(http://www.ytn.co.kr/_ln/0115_201511120900316062)

시 행해야 할 일들을 담은 긴급 계획을 수립, 실천, 유지하는데 그 목적을 두고 있다.(The focus of the content is on how to develop, practice, and maintain emergency plans that reflect what must be done before, during, and after a disaster to protect people and their property.)”²⁵⁾ 이에 따라 5개 파트로 나누어 계획 수립 및 실천에 필요한 것, 자연재해, 기술 재해, 테러의 유형, 재해 후 복구에 이르기까지의 행동 요령을 설명하고 있다.²⁶⁾ 특히 각 파트의 하위 항목들에 대해서도 발생 전, 발생 도중, 발생 후의 단계로 나누어 행동 요령을 설명하며, 끝에는 추가 자료를 찾아볼 수 있도록 구체적인 저작물의 명단을 첨부하고 있다. 이는 앞서 살펴본 것처럼 현재 한국에서 국민안전처 주관으로 제공되고 있는 ‘국민행동요령’이 다소 일반적인 이야기만 반복하고 있다는 사실과 크게 비교되는 점이다. 2011년 동일본 대지진으로 인한 하와이 지진해일 사태 때 3천만 달러 이상의 피해가 있었음에도 인명 피해가 없었던 것은 이 책자 덕분이라고 진술하는 인터뷰 자료²⁷⁾가 있다는 사실은, 재난 시 행동 요령을 구체적으로 지시하고 교육하는 것이 재난 대응의 효과를 향상시키는데 있어 중요하다는 점을 시사한다.

한편 최미옥은 인천광역시와 독일 함부르크 시의 재난관리 체계를 비교한 연구(2010)를 통해 독일의 재난관리체계에 대해 “독립적으로 재난관리 조직을 주정부가 운영함으로써 지휘체계의 독립성과 일관성을 유지하고 있으며, 화재 및 재난에 대비한 최일선 조직으로써 여러 조직 상호간에 보완적 관계를 유지하고 있으며 경쟁적 성격을 띠지 않는다”면서, “위험지구를 1구역에서 9구역까지 세분화하여 각 각의 위험에 따른 관리 감독을 차별화 하고 있으며, 특정 지역에 대한 재난위험을 관리하고 예산을 투입하여 피해를 최소화 하려는 노력을 하고 있다”²⁸⁾고 분석하였다. 이는 앞서 인용한 박효근의 연구 내용에서 보았듯 통합적 재난관리와 세부적 유형 구분에 따른 효율적인 재난관리 체계가 부족한 우리나라와는 대조적인 모습이다.

25) FEMA, “Are You Ready? An In-depth Guide to Citizen Preparedness”, FEMA, 2004, p. 1에서 번역. (괄호 안은 원문)

26) 책자의 두 번째 파트인 자연재해(Natural Hazards)를 예시로 들어 설명하자면, 한 파트를 홍수, 토네이도, 허리케인, 천둥번개, 겨울 폭풍 및 한파, 폭염, 지진, 화산 분출, 산사태 및 토석류, 쓰나미, 화재, 산불(wildfire)의 12개 섹션(section)으로 나누고, 각각의 행동요령을 설명하고 있다.

27) FEMA News-release, “Are you ready?”, 2011년 5월 13일
(<https://www.fema.gov/news-release/2011/05/13/are-you-ready>)
한편 미국 국토안보부에서는 FEMA 공식 홈페이지 외에도 우리나라의 ‘국민재난안전포털’ 격인 ‘<http://www.ready.gov>’를 운영하고 있다.

28) 최미옥, op. cit., p. 137.

이상의 논의를 통해 우리는 고층 건축물에 대한 재난대응 시스템을 수립하기 위해 어떤 점을 중요시해야 하는가를 살펴보았다. 사물인터넷에 기반하여 새로 만들어질 시스템은 기존의 재난관리 체계와 중복되지 않고, 오히려 보완함으로써 효율성을 확보해야 하며, 재난 발생 전, 발생 도중, 발생 후에 이르기까지 단계별로 동작해야 하고, 위험 유형을 세분화하여 차별화된 솔루션을 제시해야 한다. 또한 재난 상황 감지부터 사람들의 대피 유도에 이르기까지 각 과정이 신속하게, 자동적으로 전개되어 소방대가 도착하기 전까지 피해를 최대한 방지할 수 있어야 한다.

III 사물 인터넷 기반 재난대응 시스템의 제안

1. 재난대응 시스템에의 사물 인터넷의 적용

가. 사물 인터넷의 개념과 확산

사물인터넷은 Internet of Things, IoT 등으로도 불리며 인터넷을 기반으로 모든 사물을 연결하여 사람과 사물, 사물과 사물 사이의 정보 소통이 가능하게 하는 지능형 기술 및 서비스를 통칭한다.²⁹⁾ 사물인터넷의 확대는 점차 다양해지는 스마트 기기의 확산과 맥을 함께 하므로, 기존에 독립적으로 작동하던 아날로그 사물을 빠르게 대체할 것으로 보인다.

스마트폰의 보급은 사물인터넷 기술의 확산에 중추적인 역할을 했다. 스마트폰의 하드웨어 성능 개선과 더불어 이루어진 데이터 송수신 기술의 발달은 인터넷을 통해 전송할 수 있는 정보의 양을 획기적으로 증가시켰고, 단위 정보 송수신에 사용되는 비용의 감소를 이끌었다. 이에 따라 기존 간단한 숫자나 문자를 전송하던 시대를 지나 장문의 텍스트, 고화질의 사진, 영상 등을 간편하게 주고받을 수 있는 수준에 도달했다.

앞으로 사물인터넷의 보급이 확산되어 사물 사이에 주고받을 수 있는 정보의 종류와 양이 증가할 것이 확실시되면서 두 가지 측면의 기술 발전이 중요한 화제로 떠올

29) 두산백과, '사물인터넷'(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2028310&cid=40942&categoryId=32854>)

랐다. 첫 번째는 사물이 정보를 습득할 수 있게 하는 다양한 센서의 개발 및 기능 확대이고, 두 번째는 스마트 기기들 사이의 자유로운 연결이다.

센서는 사물과 주변 환경을 매개하는 매개체로서 센서에 가해진 자극을 이용자에게 전달하는 기능을 가지고 있다. 센서를 거친 자극은 다시 감각이나 데이터의 형태로 표현되어 사람에게 전달되는데, 재난 상황을 경보하는 센서로 사용하기 위해서는 오감의 형태로 전달하는 것이 효율적일 것으로 사료된다. 오감을 통해 전달하는 센서의 대표적인 예로는 화재감지기를 들 수 있다.

[그림 2] 차동식 화재 감지기



[그림 3] 정온식 화재 감지기



자료 : 문고리닷컴, '차동식 화재 감지기 (2종)' 자료 : 현대소방공사, '정온식감지기'

화재감지기는 사람이 체감할 수 있는 것보다 미세한 수준의 온도 변화 및 연기 발생을 감지하여 임계치 이상의 자극이 가해졌을 때 이를 사이렌의 형태로 사람들에게 알리는 장치이다.

우선 화재감지기는 그 종류에 따라 작동 원리가 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 온도 변화를 감지하는 것으로, 화재감지기 내부의 바이메탈이 열을 받아 그 형태가 변하면서 전기가 통해 사이렌이 울리는 방식이다. 이와 같은 방식으로 작동하는 화재감지기를 정온식 화재감지기라고 한다. 이외에도 달궈진 공기의 팽창을 감지해 사이렌이 울리는 형태도 있다. 이와 같은 방식은 차동식 화재감지기에 사용된다.³⁰⁾ 두 번째는 연

30) 손명기, '차동식 화재 감지기', 센서용어사전, 일진사, 2011
(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=657307&cid=42338&categoryId=42338>)

기를 이용한 방식이다. 평소 빛이 들어오지 않게 고안된 공간에서 빛을 비추면 항상 같은 곳에 빛이 닿지만 연기로 인해 빛이 산란되면 평소 빛이 닿지 않던 곳까지 비추게 된다. 빛을 받으면 저항이 줄어드는 특성을 가진 광전소자를 이용하면 평소보다 많은 전류를 흘려보내 사이렌이 동작하도록 만들 수 있다. 이와 같은 특성을 이용한 화재감지기가 광전식 연기감지기이다.³¹⁾

두 가지 종류의 화재감지기가 사용되는 이유는 센서가 동작하도록 하는 자극을 다양화해 화재에 대한 민감도를 달리함으로써 가격과 용도에 따른 선택의 폭을 넓힐 수 있기 때문이다. 바이메탈을 이용한 정온식 화재감지기의 경우, 화재가 발생해 화재감지기 내부의 금속이 달궈져 온도가 변화하기까지 시간이 소요되므로, 불이 빠르게 번지거나 공간이 트여있는 경우 화재를 감지하기 전 피해액이 커질 수 있다. 하지만 간단한 구조로 이루어져 있어 저렴하게 설치가 가능해 가정집을 포함한 일반 건물에 널리 사용되고 있다. 이에 반해 광전식 연기감지기는 적은 양의 연기에도 민감하게 작동해 화재 초기 정보에 큰 도움이 된다. 하지만 주방에서 발생하는 일상적인 수준의 연기에도 오작동하는 경우가 잦고, 먼지가 쌓이는 경우 오작동할 수 있는 가능성을 포함하고 있다. 이와 같이 동일한 재난을 방지하기 위해 설계된 센서라도 그 목적에 따라 수용하는 정보의 종류를 달리함으로써 재난 예방에 더 효과적으로 사용할 수 있다. 현재는 화재 이외의 재난에 대응할 수 있는 센서의 개발도 적극적으로 이루어지고 있는 추세다.

센서 개발과 함께 사물인터넷 보급의 한 축을 이루는 스마트기기 사이의 연결은 커넥티드 카의 사례로 우리 앞에 모습을 드러낸다. 자동차와 인터넷의 연결은 문자 그대로 두 대상이 연결된다는 것 이상의 함의를 가지는데, 인터넷을 통해 자동차가 다른 대상들과 복합적인 관계를 맺기 때문이다. 차량의 내비게이션을 자동으로 업데이트하는 편의 기능뿐만 아니라 사고가 발생했을 때 사고의 발생 사실 및 규모를 자동으로 차량 본사 운영팀에 연락을 취해 구조 신호를 발송할 수도 있다. 이와 같은 예는 유럽을 겨냥한 GM 사 산하의 브랜드 볼보가 지향하는 미래상을 통해 엿볼 수 있다. 볼보 차량이 주행 중 충격에 의해 에어백이 터지면 차에 내장된 GPS 는 인공위성을 통해 얻어진 차량 위치를 영국에 있는 온스타 루톤 기지로 전송한다. 기지 내 콜센터에 있는 직원은 4G 커넥션을 통해 차량 운전자와 즉각 연락을 취해 운전자의

31) 공조설비용어사전 편찬회, ‘광전식 연기 감지기’, 공조설비용어사전, 일진사, 2011
(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=715761&cid=42319&categoryId=42319>)

상태를 확인한다. 응급 서비스가 재빨리 출동하여 사고 차량을 찾는 동안 온스타 개인 관리자는 온라인에 연결된 상태에서 구조대가 사고 차량을 빨리 찾을 수 있도록 원격으로 경적을 울리고 라이트를 켜다.³²⁾ 재난 상황에서의 스마트기기 연결은 이처럼 사람의 행동에 제약이 있는 상황에서도 구조를 요청할 수 있다는 점에서 사물인터넷 기술의 발달에 있어 반드시 담보되어야 하는 요소로 꼽힌다.

나. 재난대응 시스템에의 적용

사물 인터넷의 도입은 크게 두 가지 점에서 현재의 재난 대응 시스템의 변화를 가져올 수 있다. 첫 번째는 재난 상황에 따른 맞춤형 대피 전략을 제시하는 것이다. 광대한 건물 내부 어디에서 재난이 발생했는지 개인이 알 수 있는 정보량이 제한되어 있기 때문에 사람들은 직관에 의존한 대피 전략을 세울 가능성이 높아 인명 피해로 이어질 위험이 높다. 두 번째로 재난 발생 시 구조가 필요한 사람들의 위치를 구조대원들에게 적시에 전달해 골든타임 이내에 신속한 구조가 이루어지도록 돕는 것이다. 사람들이 가지고 있는 각종 스마트기기들과 접속할 수 있는 센서를 건물 적재적소에 부착하여 위급 상황 발생 시 구조가 필요한 사람들의 위치를 구조대원들에게 알려주는 역할을 하는 것이다.

예를 들어 50 층 건물의 30 층에서 화재가 발생했다고 가정하자. 30 층의 일부 비상구는 불길 및 연기로 인해 안전한 탈출이 불가능한 상황이고, 퍼진 연기로 인해 건물 내부에 있는 사람들은 화재가 발생한 층을 정확히 추정하기 어려운 상황이다. 이때 31 층 이상에 있는 사람들은 불길이 닿지 않은 쪽의 비상구를 통해 탈출을 시도하거나 옥상 쪽으로 대피해야 한다. 반면 30 층보다 아래에 있는 사람들은 가까운 비상구를 통해 1층까지 내려가 대피하는 것이 현명한 탈출 방안이다. 하지만 실제로 화재가 발생했을 때 사람들은 정확한 화재 발생 위치를 가늠하기 어려워 건물의 꼭대기로 대피해야 할지, 1층으로 대피해야 할지 운에 의해 결정하는 양자택일의 상황에 놓인다.

본 보고서는 사물 인터넷을 적용해 고층 건물의 재난 상황에서 건물 이용자들에게 현재 상황을 전파하고 가장 안전한 탈출 경로를 제공하는 시스템을 구축하는 방법을 제안한다. 이는 정부에서 진행하는 재난 알림 문자 서비스 이외에도, 재난의 직접적인 영향권 내에 있는 국민에게 즉각적인 행동요령을 알려주는 투-트랙(two-track) 전

32) 제임스 테일러(James Taylor) 외 1인, “진화하는 자동차”, ARENA 2015년 9월호, 2015
(http://navercast.naver.com/magazine_contents.nhn?rid=1636&contents_id=99453)

락을 기반으로 하고 있다.

최근 고층 건물이 증가하면서 많은 국민들의 일상적인 주거 및 사무 공간 환경이 급격하게 변화하고 있지만 재난에 대비 및 대응하는 매뉴얼은 그 흐름에 발맞추고 있지 못하다. 예를 들어 보편적으로 권장하는 지진 발생 시 대응 방안으로는 ‘책상 아래 들어가 머리를 보호하는 것’ 정도의 행동요령이고³³⁾, 각각의 건물은 지진에 대응할 수 있는 개별 매뉴얼이 있더라도 이를 건물 이용자들에게 알리고 교육하는데 소극적이다. 따라서 건물 개별적으로 내부에 있는 사람들에게 정확한 상황을 알리고 비상 대피로를 안내할 수 있는 시스템을 구축해야 한다. 건물의 관리 측면에서는 건물의 상태를 수시로 파악하고 사고 발생 시 피해상황을 집계하여 안전한 탈출경로를 제공할 수 있는 센서를 설치해야 한다. 사고가 발생한 직후 한 두 사람의 힘으로 사고의 규모를 파악해 건물 내 이용자들에게 탈출 경로를 안내할 수 없기 때문이다. 특히 한 번의 지진이나 화재 발생으로 큰 피해를 초래할 수 있는 대형 건물부터 우선적으로 센서의 부착을 의무화해야 한다. 이러한 센서로는 건물의 기둥에 가해지는 압력의 변화를 인지할 수 있는 압력변화측정기, 지진이 발생했을 때 중앙에서 가스 공급을 중단할 수 있는 센서, 우리나라 곳곳에 퍼져있는 건물들 사이 이상 징후 발생 시 단시간 내에 전파할 수 있는 센서 등이 있으며, 궁극적으로는 센서에서 얻은 정보를 종합해 재난 대응 서비스를 제공하는 서버를 구축하는 것을 목적으로 한다.

현재 우리나라 기업 중에서도 위에서 언급한 고층 건물 사고의 취약점을 극복하기 위해 서비스를 제공하는 곳이 있다. SKT 에서 2012년 개발한 ‘차세대복합측위시스템’(enhanced Hybrid Positioning System, 이하 eHPS) 이 그것이다. eHPS 는 기존의 GPS 시스템이 평면좌표에서 개인의 위치밖에 식별할 수 없다는 한계점에 착안해, 건물의 층수를 고려한 이용자의 위치식별 서비스를 제공하는 시스템이다. 통신사의 강점을 살려 와이파이, 기지국 정보를 이용해 이용자가 위치한 건물 내 층수까지 파악할 수 있다.

2. 사물 인터넷 기반 재난대응 시스템 방안 제시

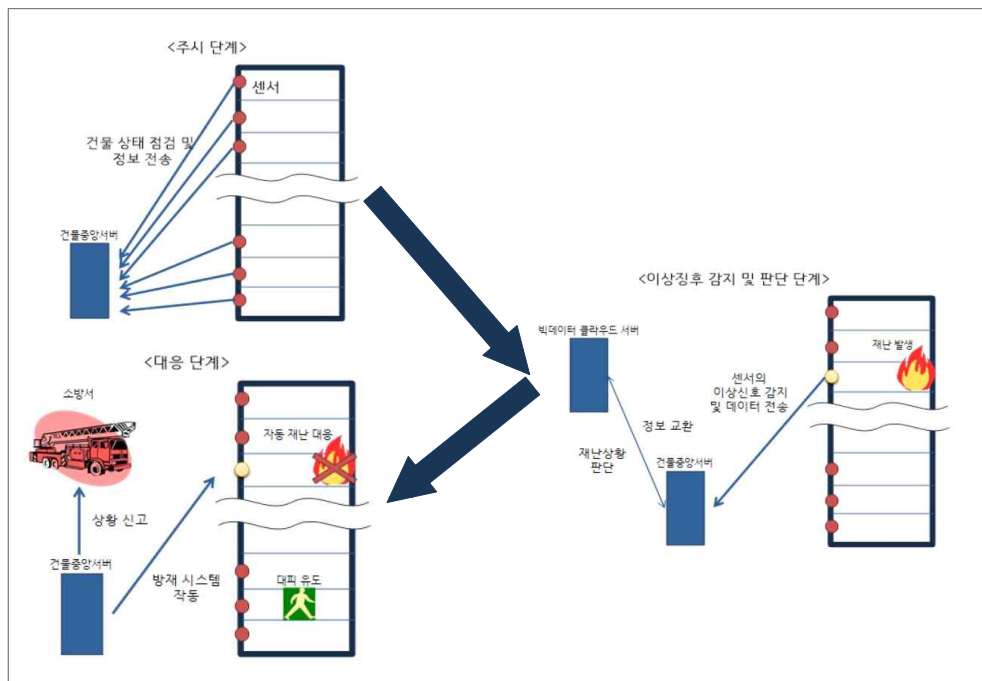
가. 재난대응 단계별 사물 인터넷의 작동 양상

본 보고서가 제안하는 재난 관리 시스템은 예방 및 대비 단계인 주시 단계, 이상

33) 국민재난안전포털, “자연재난행동요령”(http://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/index.jsp)

징후 포착 및 전파 단계, 재난 대응 단계의 세 가지 단계를 거쳐 작동하게 된다. 각 단계별 작동 양상을 그림으로 표현하면 아래와 같다.

[그림 4] 사물 인터넷 기반 고층건축물 재난대응 시스템 개념도



자료 : 자체 작성

1) 주시 단계

방재서버는 재난 징후가 포착되지 않은 평시에는 건물의 안전과 관련된 데이터를 누적하고 이상치를 포착하기 위해 센서로부터 데이터를 전송받는다. 전송받는 데이터에는 건물에 가해지고 있는 압력, 화재 감지기 및 방연벽 센서의 작동여부, 가스 밸브의 누출 여부 등의 확인과 함께 재난 발생 시 시스템이 안정적으로 대피로를 구성할 수 있는지 여부 또한 점검하게 된다.

2) 이상징후 감지 및 판단 단계

다음으로 재난 이상징후 감지 및 판단 단계가 있다. 태풍, 폭설 등의 예보가 가능

한 재해 뿐 아니라 화재와 지진도 징후를 포착하면 일부 조기 경보가 가능하다. 태풍과 폭설 예보 시, 바람의 세기나 강수량 예측치 등은 기상청을 통해 전달받는다. 위와 같이 사전에 얻어진 자료를 기반으로 건물의 축대 등 위험 발생 예상 지역을 미리 보수하는 것만으로도 재해의 피해를 일부 예방할 수 있다. 화재의 경우, 불길의 번지기 전 초기 단계에서 화재 발생 여부를 파악함으로써 소화 작업과 건물 이용객 대피 활동이 동시에 진행될 수 있도록 한다. 건물 이용객 대피 작업은 불길 및 연기로 인해 피해가 예상되는 경로를 배제하고 안전한 비상구로 이용객을 대피시킬 수 있도록 시스템을 구성한다는 점이 기존의 화재 대피 매뉴얼과 차별화 된다. 마지막으로 지진은 P파와 S파의 형태로 에너지를 전달하는데 진앙에서 각 도시까지 도달하는 시간에 차이가 있다는 점에 착안하여 시스템을 고안할 수 있다. 지진파는 지각의 구성물질에 따라 이동 속도가 조금씩 달라지는데 P파의 경우 화강암에서 초속 6 km 의 속도로 이동한다.³⁴⁾ 화강암은 우리나라 대륙지각을 구성하는 대표적인 광물 중 하나이다.

지난 9월 12일 경주에서 발생한 리히터 규모 5.8 지진의 경우 진앙의 깊이가 지표면으로부터 약 12 km 떨어져 있었으므로 지진이 도달하기까지 2 초가 소요됐다. 반면 서울에서 경주까지 직선거리로 약 276 km 가 떨어져 있고³⁵⁾ 지구 반지름 6,378 km 에 비하면 두 지역 사이 거리 중 곡률에 따른 영향은 무시할 만한 수치이므로 지진이 서울에 실제로 도달하기까지 걸린 시간은 46 초임을 알 수 있다. 따라서 경주에 지진이 발생했을 때 지역의 소방서 등 방재 작업을 전담하는 곳에서 서울 지역의 방재 담당 기관으로 지진 발생 사실을 즉각 전파했다면 44 초의 골든타임을 확보할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다. 서울 지역의 방재 서버는 다시 고층 건물이나 피해가 예상되는 곳으로 신호를 보내 재난을 조기에 알릴 수 있다. 이러한 과정을 자동화함으로써 최단시간 내에 재난 발생 사실이 방사형으로 퍼져 나갈 수 있게 하는 것이 핵심이다. 위와 같은 과정을 통해 최초로 재난이 발생한 곳이 신속하게 조기 경보 역할을 수행함으로써 타 도시의 피해를 최소화할 수 있는 시간을 벌어준다는 점에서 의미 있는 작업이 될 것으로 보인다.

34) 두산백과, 'P파'(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1245476&cid=40942&categoryId=32297>)

35) 네이버 지도의 길이재기 기능을 이용해 측정. 서울과 경주 두 지점 사이의 거리는 각각 시청을 기준으로 하여 측정함.

3) 재난 대응 단계

마지막으로 재난 대응이다. 고층건물에서 갑작스럽게 큰 화재가 발생하여 사람들이 급히 대피해야 하는 상황을 가정하자. 건물의 중층에서 화재가 발생했을 경우 화재 대피 전략은 화재 발생 층을 기점으로 저층부, 해당층부, 고층부로 나눌 수 있다. 저층부는 건물의 출입구로 대피하는 것이 가능하지만 고층부의 경우에는 이러한 전략이 불가능한 경우가 많다. 하지만 화재가 발생한 것을 인지한 시점에서 대다수는 직관에 의존해 대피 경로를 특정하게 된다. 신속한 대피가 필요한 시점에서 잘못된 대피 방향의 선택은 생존을 위한 골든타임을 소모하여 치명적인 결과로 연결되기 부지기수다. 현재의 화재 발생 시 대피 매뉴얼은 비상구를 통해 신속하게 대피할 것만을 주문하고 있으나 정밀한 탈출 경로를 알려줄 수 없는 지금과 같은 시스템은 반쪽자리 탈출 전략이라고밖에 볼 수 없다. 따라서 건물 자체적으로 제한된 비상구를 가정하여 탈출 경로를 유도할 수 있는 시스템을 평소에 구축해야 하는데, 한눈에 비상구를 찾기 어려울 만큼 넓은 쇼핑몰이나 백화점 등에서 위와 같은 전략이 큰 효과를 거둘 수 있다. 건물의 지리가 익숙지 않은 이용객이나 쇼핑몰을 목적으로 방문한 외국인 관광객과 같이 외부인의 이용 비중이 높은 건물의 경우 탈출 경로를 파악하는 데 어려움을 겪을 가능성이 크기 때문이다.

나. 사물 인터넷과 연계하여 작동하는 방재 설비 예시 및 구조 지원 방안

본 보고서는 위기 상황에서 사람들의 움직임을 쉽게 유도하기 위해 직관적인 시각적 정보를 제공하는 방법을 제안한다. 예를 들어 위기 상황 발생 시 건물의 기둥에 안전한 탈출구로 향하는 초록색 화살표를 점등하는 것이다. 모양은 부등호 두 개를 붙여놓은 모양으로 간단하게 생각할 수 있다. 그림으로 표현하면 <> 와 같다.

화살표는 갈림길에서 최적의 탈출 경로로 안전하게 탈출할 수 있는 방향을 제시한다. 최적의 탈출 경로란 건물 이용객이 위치한 분기점에서 목적지인 안전한 비상구로 향하는 최단 경로를 의미한다. 이를 계산하기 위해 건물 내부의 갈래길을 분기점으로, 안전한 비상구를 목적지로 하는 행렬을 만들면 분기점과 목적지는 노드(node)로 표현된다. 통행할 수 있는 복도, 또는 통로는 행렬의 선에 대응된다. 분기점 노드에서 가장 가까운 목적지 노드까지의 경로를 계산하기 위해서는 선형 계획법(Linear Programming)을 이용한다. 또한, 방재센터에서는 탈출할 수 없는 비상구를 식별하는데 이는 센서를 통해 얻어진 데이터를 기반으로 한다. 분기점의 온도가 너무 높거나

나 인근 기둥에 가해지는 압력이 임계치를 넘어 붕괴 가능성이 높은 경우 자동으로 탈출경로에서 제한하게 된다.

탈출을 유도하는 화살표를 설계하고 운영하는 단계에서는 다음과 같은 요소를 고려해야 한다.

- 1) 화재 발생 시 허리를 숙이고 대피한다는 점을 반영해 서 있을 때와 허리를 숙이고 있을 때 모두 쉽게 인지할 수 있도록 인간공학적으로 화살표의 높이를 최초 설계한다.
- 2) 탈출 경로의 혼란을 방지하기 위해 화살표는 한 방향으로만 점등하는 것으로 한다.
- 3) 비상등이 한 눈에 들어올 수 있도록 건물의 조도를 낮춘다.

첫 번째로, 최초 설계 시 화살표의 높이를 결정해야 한다. 화재가 발생했을 때 연기가 없는 경우에는 허리를 세우고, 연기가 날 때는 허리를 숙이고 대피한다는 점을 고려해 두 경우 모두 명확히 볼 수 있도록 인간공학적 설계 원칙을 적용해야 한다. 화살표의 모양은 세로방향으로 잘린 마름모꼴(<>)로, 두 방향 중 한 쪽 방향의 불만 점등하여 탈출방향을 유도한다. 한 쪽 방향의 불만 점등하는 이유에 대해서는 다음 문단에서 서술하도록 한다. 또한 화살표의 밝기는 연기가 차오르는 경우에도 쉽게 인지할 수 있도록 조도의 기준을 두어 시인성을 확보해야 한다.

화살표의 한쪽 방향 점등 원칙은 위기 상황에서 직관적인 대피를 위해 적용하였다. 하나의 분기점에서 복수의 최적 탈출 경로가 존재한다고 하더라도 화살표를 두 개 다 켜는 것보다 하나의 탈출 경로를 정해 알려주는 것이 위기 상황에서 균중을 통제하는데 유용하게 작용할 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 세 번째 안의 경우 비상등이 일정 조도 이상을 충족해도 건물의 자체 조명이 지나치게 밝을 경우 탈출구 유도등으로서의 효과가 반감될 수 있다. 대형 쇼핑몰 대부분은 장소의 특성상 밝은 조명을 사용하는 경우가 잦다. 비상 상황에서 탈출 유도등에 시선을 집중시키기 위해서는 쇼핑몰 전체의 조명을 낮추는 정책이 필요하다. 다만 건물 전체가 암전될 경우 이용객들이 패닉을 일으킬 수 있으므로 최소한의 조명은 유지해야 한다. 이와 같은 방법은 재난 상황 발생 시 전력 사용을 최소화

하여 전기로 인한 2차 사고를 일부 예방하는 효과도 있다.

다음으로는 재난 구조 활동을 펼치는 구조대의 관점에서 적용할 수 있는 사물 인터넷 기술이다. 스마트폰을 필두로 한 스마트기기의 보급이 급속하게 이루어져 사람들은 집을 나서면서부터 자기도 자신의 이동 경로를 남기고 있다. 하지만 GPS 기반 기술의 경우 평면 좌표에서 사용자의 위치를 표현해주는 수준에서 그치고, 오차가 20-30m 수준으로 건물 내부에서 사용하기에는 부적절하다는 기술적 한계를 가지고 있다. 건물 내부에서 사용자의 위치는 평면 좌표 외에도 고도 및 층수를 포함하는 이른바 “구역 정보”를 포함해야 한다. 재난 상황 발생 시 구조대가 어느 층 어떤 곳에 사람이 있는지 식별하는 것만으로도 구조 활동의 효율성이 높아지므로 건물을 일정 구획으로 나누어 스마트기기의 신호를 감지할 수 있는 센서를 부착할 것을 제안한다.

각 층마다 건물을 일정 구획으로 나누고 각각의 구역들을 섹터(Sector) 라고 명명한다. 예를 들어 지하 B 층, 지상 H 층으로 이루어진 건물에서 각 층을 $m \times n$ 개의 섹터로 나눈다고 가정하자. 이 때 h 층의 (i, j) 섹터에 연결된 l 개의 스마트기기 수의 정보는

$s_{h,i,j} = l$ (단, $-B+1 \leq h \leq H, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$) 으로 표현할 수 있다.

높이 정보 h 의 경우 정수로서의 연속성을 확보하기 위해 지하 1층을 0층으로 가정하였다. 재난 발생 시 이용자들의 1차적인 대피가 끝나고 구조대가 투입되어 구조 활동을 진행할 때 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 사료된다. 다만, 스마트기기의 존재여부와 구조가 필요한 사람의 존재여부가 동일시되기는 어려운 것이 사실이다. 하지만 다수의 스마트기기 신호를 포착했을 때는 그 지역에 많은 사람들이 조난되어 있을 가능성이 높다.

다. 재난 대응에서 사물 인터넷 도입의 기대 효과

센서를 이용한 위치 정보 파악의 장점으로는 두 가지를 들 수 있다. 첫 번째는 개별 스마트기기의 위치 정보 오차를 제어하여 구조가 필요한 지역을 특정할 수 있다는 점이다. 센서가 평면좌표와 높이 정보를 가지고 있고 이 센서와 연결된 스마트기기들이 근거리에 있다는 사실을 전송하므로 개인의 보안성을 크게 높일 수 있다.

두 번째로는 높은 실현 가능성이다. 앞서 eHPS 기술에 대해 언급했던, 스마트기기를 통해 이용객들의 위치를 건물 내에서 측정할 수 있는 제반 기술이 이미 개발된 상

태다. 또한 SKT 강종렬 네트워크 기술원장이 “eHPS 가 사회 안전망의 효율성 증대에 이용될 수 있도록 적극적으로 기여하겠다.”³⁶⁾라고 밝힌 만큼 정부 사업에서 라이선스 취득 비용을 위한 비용도 합리적인 선에서 결정될 것으로 보인다.

스마트기기의 위치 파악 시스템을 안정적으로 보급하기 위해서는 위치 정보 시스템에 대한 사회적 합의와 더불어 센서와 스마트기기 사이의 자유로운 연결을 위한 제반 기술이 필요하다. 먼저, 익명화된 정보를 사용하는 이유는 1차적으로 개인의 위치 정보를 보호는 것과 더불어, 개인 식별이 야기할 수 있는 차별 대우 논란에서 자유롭기 위한 것이다. 구조를 기다리고 있는 여러 명의 사람들의 신원을 식별할 수 있을 경우 형평성 논란을 자초할 수 있다. 의도적으로 개인을 식별하지 않는 것이 하나의 대안이 될 수 있다. 하지만 여전히, 익명화된 개인의 위치 정보 수집 및 활용에 대해서도 사회적으로 완벽히 합의된 바가 없다. 고층 건물이나 대형쇼핑몰과 같은 민간 기업이 위치 정보를 활용할 수 있도록 만들기 위해서는 정부부처 및 기업, 민간의 의견을 더 적극적으로 수렴해 토론할 수 있는 장이 필요하다.

스마트기기와 접속할 수 있는 센서의 경우 기존의 통신사 기지국과 핸드폰을 연결하는 중계 시스템과 유사점이 있음을 주목할 필요가 있다. 각 통신사는 핸드폰이 한 중계기의 서비스 지역을 벗어나기 전 더 신호가 강한 인근 중계기와의 접속에 연착륙 하도록 할 수 있는 기술을 가지고 있다. 이와 같은 중계기 이양 기술을 건물 내부 스마트기기 감지 센서에 적용할 수 있다. 하지만 스마트기기의 종류가 점점 다양해지고 있고 각각의 기기 또는 통신사별로 사용하는 주파수 대역이 다르다는 점이 해결과제로 꼽힌다. 이 부문의 국제표준을 제정하는데 한국 정부의 투자가 이루어진다면 국제적인 성과뿐 아니라 스마트기기의 자유로운 연동을 이끌어냈다는 평가를 받을 수 있을 것으로 보인다. 현재로서는 이에 대한 대안 중 하나로 블루투스를 이용한 서비스를 생각할 수 있다. 블루투스의 경우 도달 범위가 곧 사용자의 대략적인 위치가 된다는 점에서 하나의 대안으로 평가할 만 하다. 하지만 평소 블루투스를 이용하지 않는 사람들이 많고 스마트기기에서 다른 기기와의 접속을 허용해야만 연결 상태가 되는 블루투스의 작동방식은 재난 상황에서 사용하기에 부족함을 드러내고 있다. 따라서 위기 상황에서 이들의 위치를 파악하기 어렵다는 점은 여전히 해결해야할 문제로 남아있다.

36) 보드나라, “SKT, 건물 층까지 알려주는 위치정보 기술 eHPS 개발”, 2012년 12월 24일.
(<http://m.bodnara.co.kr/article/view.html?num=95167>)

IV 사물 인터넷 기반 재난대응 시스템의 비용-편익 분석

1. 비용 분석

비용 분석에 앞서 본 시스템을 통한 재난 대응률을 산출하도록 한다. 김영진 의원이 국민안전처로부터 제출받은 ‘휴대폰 개통수효 현황³⁷⁾’에 따르면, 긴급문자메시지 서비스가 지원되지 않는 3G 휴대전화 개통수효는 5월 기준 1203만 4709명으로 전체 가입자인 5988만 9055명의 약 20% 정도로 집계되었다. 2G 휴대전화 개통수효인 409만 2901명까지 합하면 26%에 달한다. 이 중 문자메시지 서비스를 받기 위해 설치해야 하는 ‘안전디딤돌 앱’ 다운로드 건수는 2014년 4월 18일 개시 이래 6월 30일까지 87만 4395건에 그쳤다. 증가율을 감안했을 때 약 97만의 다운로드 건수가 나오게 된다. 기존의 ‘안전디딤돌 앱’의 재난 알림서비스와 비슷한 문자 전달과정을 거친다고 가정할 때 4431만의 LTE 휴대전화 이용자와 3G 이하의 휴대폰 이용자 중 앱을 설치할 용의가 있는 97만명을 합해 약 4521만 명에게 정보전달을 할 수 있게 된다. 약 75.4% 정도의 전과율이 생존율로 이어진다고 가정하고 차후 내용에 적용하도록 한다.

본 시스템의 정상적인 작동을 위해 필요한 비용은 ① 센서 설치비용 ② eHPS 기술 이전 비용 ③ 유지 및 보수 비용 등으로 세분화 할 수 있다.

우선 필요 센서는 ‘화재감지센서’, ‘구조물 붕괴 예측 센서’ 등이 있다. 화재감지센서는 기존의 화재감지기를 이용한 것으로 실시간으로 화재 경보관련 정보를 중앙 서버에 전송할 수 있는 구조이다. 구조물 붕괴 예측 센서를 통해서도 건축물의 압력 변화량 등 각종 붕괴 징후를 예측할 수 있다. 기 설치된 화재경보기의 경우 수신기를 통해 작동 여부에 대한 정보 습득이 가능하다. 중계기에 기록된 정보를 중앙 서버에서 실시간으로 받게 될 경우 추가적인 비용부담 없이 정보를 제공받을 수 있다. 구조물 붕괴 예측 센서는 층별로 약 1개 정도 설치를 요한다. 국내 총 건축물 수가 2015년 기준 약 6,986,913개³⁸⁾ 이고 평균 10층이라고 가정할 때, 시스템에서 필요한 것은 총

37) 국민안전처, “휴대폰 개통수효 현황”, 2016 (<http://news1.kr/articles/?2722546>)

38) 국가지표체계, “건축물 현황”, 2016 (http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1226)

69,869,130개의 센서이다. 개별 센서의 가격이 1,000원이라고 할 때 약 69,869,130천 원의 비용이 발생하게 된다.

2. 편익 분석

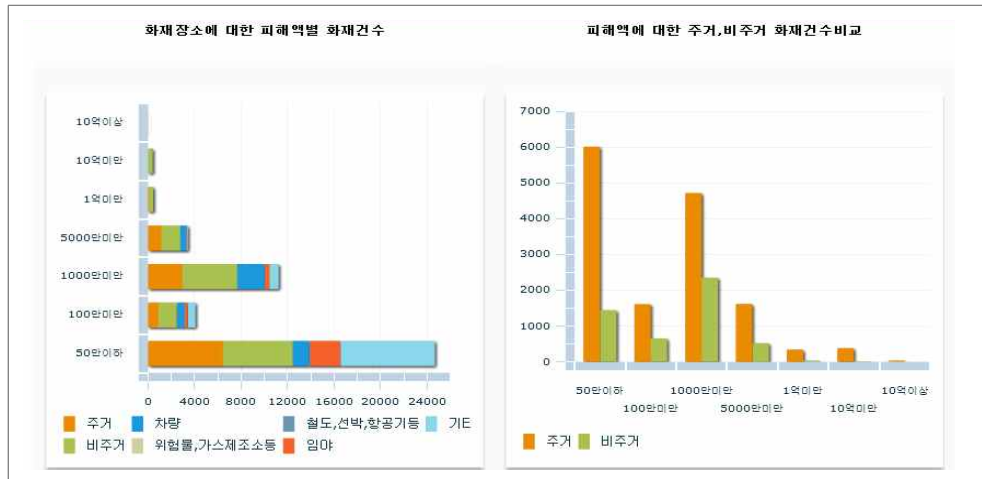
eHPS³⁹⁾를 통해 매몰된 건물 혹은 화재 상황으로 인해 갇힌 사람도 구조할 수 있다. 현재 SKT에서 갖고 있는 이 ‘차세대 복합 측위 시스템’은 자기장의 변화를 통해 고도 위치를 세밀하게 감지할 수 있는 기술이다. 특허법 106조의 2의 1항에 따르면, 정부는 특허발명이 국가 비상사태, 극도의 긴급상황 또는 공공의 이익을 위하여 비상업적(非商業的)으로 실시할 필요가 있다고 인정하는 경우에는 그 특허발명을 실시하거나 정부 외의 자에게 실시하게 할 수 있다.⁴⁰⁾ 그러나 3항에 따르면 특허권을 수용할 경우 특허권자에게 정당한 보상금을 지급해야 하는데, 정부에서는 기술발전에 대한 명목으로 이 기술료를 지급하고 사고 예방 및 인명 구조 시스템의 핵심 기술로 사용할 수 있을 것이다. 이 비용은 정부와 특허권자의 협의가 필요한 사항이기 때문에 직접적인 산출이 불가하므로 a로 잡도록 한다.

본 시스템을 유지하기 위해서는 새로 증축되는 건물에 대한 센서 설치 및 기 설치 센서에 대한 관리 비용, 중앙 서버 관리비용 등이 필요하다. 그러나 신축 건물에 대한 안전성 기준 통과 항목으로 센서 설치에 대한 항목을 넣어 건축자가 비용을 부담하도록 하고 관리한다면 신축 건물에 대한 센서 설치비용이 소요되지 않게 된다. 관리비용 역시 인프라 구축에 대한 비용이나 편익 대비 상당히 미미한 수준이기 때문에 무시할 만한 것으로 판단했다. 소모적인 부품들에 대한 관리만 꾸준히 이루어진다면 큰 관리비용 없이 시스템을 유지할 수 있다는 장점을 보인다.

39) Moneys, “SKT, LG히다찌와 ‘종합 자산 관제 서비스’”, 2014년 4월 4일
(<http://www.moneys.news/news/mwView.php?type=1&no=2014040411208064631&outlink=1>)

40) 법제처, “특허법”, (<http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&subMenu=1&query=%ED%8A%B9%ED%97%88%EB%B2%95#undefined>)

[그림 5] 화재장소 및 피해액별 화재건수



자료 : 국민안전처, 2015

[표 1] 피해액별 주거, 비주거 화재 건수

(단위 : 천 원)

	500원	1,000원	10,000원	50,000원	100,000원	1,000,000원
주거	6,007	1,611	4,715	1,618	346	419
비주거	1,443	653	2,350	525	36	21
계	3,725,000원	2,264,000원	70,650,000원	107,150,000원	38,200,000원	440,000,000원

자료 : 국민안전처, 2015

감축할 수 있는 비용은 (1) 빠른 대처를 통한 화재 피해액 규모 감축 (2) 화재로 인한 사망인원 감축 (3) 오신고로 인한 출동비용 감축 (4) 건축물 안전성 평가 비용 감축 등으로 나누어 분석할 수 있다.

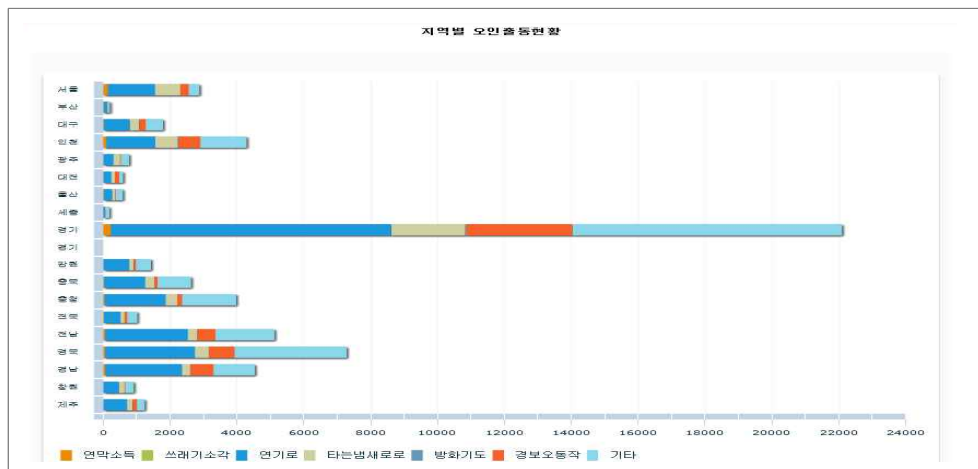
2015년도에는 건축, 구조물화재의 발생건수가 26,303건으로 전체 화재건수의 59.2%를 차지하고 있으며, 사망자 205명(81%), 부상자 1,517명(82.6%), 3,331억원(88.4%)의 재산피해를 넘으로써 유형별 화재 중 매년 가장 큰 인명, 재산피해 규모를 차지하고 있다.⁴¹⁾ 2014년 대비 건축, 구조물 화재건수, 인명피해, 재산피해 모두 증가하였다. 산업사회의 고도화가 지속적으로 증가 하고 있는 것을 감안하면 당분간 이러한 현상은 지속 될 것으로 보인다.

41) 국가지표체계, “화재 현황”, 2015 (http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1632)

또한, 사망률은 2015년 기준 총 화재발생 대비 주거 약 66%(167명), 비주거 15%(38명), 기타 19%(48명)를 기록했다.⁴²⁾ 이를 통해 주거 및 비주거 건축, 구조물화재에서의 사망자가 약 205명 정도 됨을 알 수 있다. 본 시스템을 활용해 75.4% 가량의 예방 및 구조를 통한 인명 보호를 가정한다면 연간 약 155명의 생명을 지켜낼 수 있다는 결론이 나온다. 상대적으로 발생 및 피해 빈도가 낮은 지진이나 강풍 등의 재해로 발생하는 사상자를 감안한다면 인명 구조 효과는 실로 막대하다.

연간 화재 피해액의 경우 [그림 4]와 [표 1]에서 알 수 있는 것처럼 약 661,989,000천 원으로 나타났다. 이는 주거와 비주거 건축물에서의 2015년 기준 피해액을 합한 것으로, 본 시스템을 통해 피해액 규모를 75.4% 정도 감축할 수 있다고 가정하면 약 4,991억 정도의 재산피해를 줄일 수 있게 된다.

[그림 6] 지역별 오인출동현황



자료 : 국민안전처, 2015

오인 신고로 인한 출동 비용의 감축 역시 가능해진다. 오인 신고로 인해 소방차 1대가 출동할 때 드는 비용은 약 314,000원, 앰블런스 1대 약 60,000원, 헬기 1대 약 1,707,000원이다.⁴³⁾ 특수 상황에서 출동하는 헬기를 제외하고 평균적으로 소방차 1대와 앰블런스 1대가 출동한다고 가정할 때 1회 출동에 소모되는 비용은 약 374,000원

42) 국민안전처, “화재 사망률 현황”, 2015

43) MBC, “119 소방차 1대 출동 비용 30만원 소요”, 2003년 3월 14일
(http://imnews.imbc.com/20dbnews/history/2003/1901763_19578.html)

이다. 국민안전처 국가화재정보 자료에 따르면 2015년 기준 지역별 오인출동현황은 61,582건이었다.⁴⁴⁾ 연간 기회비용 포함 23,031,668천 원의 비용이 지출된다는 결과를 얻어낼 수 있다. 이 역시 75.4% 정도 감축할 수 있다고 가정할 때 17,365,877천 원가량의 비용을 감축할 수 있게 된다.

국토부와 한국시설안전공단에서 시행하는 건축물 안전성 평가 역시 직접적인 방문 전에 구조물 붕괴 예측 센서 등의 정보를 통해 요주의 건축물에 대한 분류를 용이하게 할 수 있고, 이를 통해 답사에 대한 비용을 일정 부분 절감할 수 있을 것이다. 노후화된 건축물이나 부실 건축물에 대한 실시간 감시를 할 수 있으며, 이를 통해 미래에 발생할 수 있는 붕괴 사고에 대한 감시체계 및 정보 체계를 마련할 수 있다.

정리하면, 소요되는 비용인 69,869,130,000 + a(임의의 기술이전료)에 비해 감축할 수 있는 비용인 약 516,465,877천 원과 인명 구조 효과가 훨씬 크다는 사실을 알 수 있었다.

V 향후 과제

1. 초기 인프라 구축 문제

여느 시스템에도 한계점이 존재하듯 본 시스템에도 장차 해결해야 할 과제들이 존재한다. 우선 초기 인프라에 대한 설치 강제성과 운영 관리에서의 과제가 있다. 본 플랫폼은 최대한 기존에 건축물에 설치되어 있는 센서 정보를 활용하는 것을 목표로 하나 구조물 붕괴 예측 센서 등의 경우 미설치된 건축물이 대다수이다. 인프라를 보다 빠르고 확실하게 구축하기 위해서는 정부에서 인센티브 제공을 통해 유인책을 마련해야 할 것이다. 한국환경산업기술원(이하 기술원)에서 시행하고 있는 ‘녹색건축인증’을 통한 인센티브 제시가 참고사안이 될 수 있을 것이다. 현재 기술원에서는 4단계의 녹색건축인증을 제시하며 각 단계를 충족할 경우 지방세 감면 혜택, 건축물 기준 완화, 환경개선 부담금 경감 등의 혜택을 제공하고 있다.⁴⁵⁾ 또한, 기존의 건축물이 아닌

44) 국민안전처, “국가화재정보”, 2015 (http://www.nfds.go.kr/fr_act_0101.jsf)

45) 한국환경산업기술원, “녹색건축인증” (<https://www.gbc.re.kr/app/info/outline.do>)

신축 건물에 대해서는 관련 법규 개정을 통한 안전기준 강화로 본 시스템 운용을 위한 인프라를 구축할 수 있을 것이다.

2. 전과 수단의 제한 문제

다음으로 가장 근본적인 문제점인 휴대폰 미소지자에 대한 문제점이다. 플랫폼의 핵심은 빠른 재난 상태 파악 및 전파를 통한 시민의 안전 보장과 재난 상황 시 구조의 용이성이다. 그러나 핵심적인 역할을 할 휴대폰을 소지하고 있지 않다면 플랫폼의 혜택을 받지 못하게 됨이 당연하다.

[표 2] 휴대폰 보유율

조사년도	2011년 (n=12,000)	2012년 (n=10,319)	2013년 (n=10,464)	2014년 (n=10,172)	2015년 (n=9,873)
전체	89.2	91.2	91.8	92.4	93.2
-스마트폰 (3G, LTE, LTE-A)	24.2	54.0	71.9	79.5	83.2
- 일반 휴대폰 (2G, 3G일반휴대폰, PDA폰, 키즈폰)	75.8	46.0	28.1	20.5	16.8

자료 : 정보통신정책연구원, 2015

[그림 7] 어린이 및 청소년 휴대폰 보유 현황



자료 : 정보통신정책연구원, 2015

[그림 8] 고령자 휴대폰 보유현황



자료 : 정보통신정책연구원, 2015

[그림 6]은 2011년부터 2015년까지 휴대폰 보유율 변화를 나타낸 자료이다.⁴⁶⁾ 2015년 기준 약 93.2%의 상당히 높은 수준의 보유율을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 세부지표를 살펴보면 여전히 휴대폰 보급 사각지대에 놓인 연령대가 있다는 사실을 알 수 있다. [그림 7]과 [그림 8]을 살펴보면 초등학교 저학년(1~3학년)의 경우 보유율이 약 40.8%로 나타났으며, 고령자의 경우 65~74세 보유율이 91.4%였으나 스마트폰 보유율이 32.8%에 불과했고, 75세 이상의 경우 보유율 자체가 66.6%로 크게 줄었다. 연령층의 양극단으로 향할수록 보유율이 낮아진다는 것을 알 수 있으며, 신체적 취약 계층인 이들이 재난상황에 직면했을 때도 휴대폰 미소지로 인해 재난 신호를 받거나 구조 상황에서 위치 파악을 해야 할 경우에도 그 혜택을 받지 못할 가능성이 높다는 사실을 알 수 있었다. 이러한 문제는 건축물 내부 안내 방송 강화를 통해 일정부분 해소할 수는 있지만 근본적인 문제를 해결할 수 있는 해결책은 아니라는 한계점이 있다.

3. 신뢰성 문제

마지막으로 신뢰성의 문제가 산재한다. 기존의 긴급 재난 문자 서비스에 대한 국민 신뢰도가 높지 않았던 것은 ① 큰 주의를 요하지 않는 상황에 대한 알림 ② 지나치게 늦은 알림 ③ 큰 주의를 요하는 상황에서의 미 알림 등의 이유 때문이었다. 첫

46) 정보통신정책연구원, “2015년 미디어 보유와 이용행태 변화”, 2015, p. 2

번째의 경우 잦은 발송으로 인한 위험 자각도 저하가 문제점으로 작용할 수 있다. 본 시스템은 그로 인해 3단계 등급 구분을 통해 반드시 필요한 상황에서만 알림 서비스를 해서 효율성을 높이려 했다. 두 번째의 경우 알림 시간의 지체현상이 문제점이다. 이 또한 자동화 시스템을 통해 충분히 극복할 수 있다. 마지막의 경우 ‘큰 주의를 요하는 긴급 재난’을 정확히 식별하는 것이 관건이다. 보다 정확한 센서정보 관리가 필요할 것으로 보이며 이 부분에서의 정보 정확성을 높이는 것이 전체 플랫폼의 신뢰성 확보에 큰 영향을 미칠 것이다. 이는 기술적인 문제이므로 현 상황에서는 한계점으로 작용할 수 있으나 추후 충분히 해결 가능한 과제로 인식되는 바이다.

VI 결 론

최근 경북 경주 지역에서 크고 작은 지진이 발생하며 국민들의 불안감이 증대되었다. 가장 큰 문제점은 근본적으로는 건축물에 대한 내진설계 부족으로 인해 붕괴 위험이 높다는 사실이고, 나아가 재난 상황에 대한 빠르고 확실한 경보 시스템이 구축되어 있지 않다는 점이다. 이는 최근 급속도로 증가하는 고층 및 초고층 건축물의 비중과도 궤를 함께할 수 있을 것이다. 여타 재난에 대한 대응 매뉴얼에 비해 고층 및 초고층 건축물에서 발생할 수 있는 재난상황에서의 경보 및 대응 매뉴얼은 사실상 유명무실한 상황이다. 지난 9월 12일 경북 경주에서 발생한 지진으로 인해 부산의 80층 아파트가 흔들렸으나 명확한 대응 및 경보 알림이 없어 주민들은 혼비백산했다.⁴⁷⁾ 전국 30층 이상의 고층 건물이 1천 500개 이상인 것으로 파악되는 가운데 변변한 대피 요령 하나 존재하지 않는다면 상상 이상의 대참사가 발생할 가능성도 배제할 수 없다.

이러한 문제점의 근원은 비단 지진에만 국한되는 것이 아니다. 전반적인 재난 대응 시스템의 미비와 실효성에 대한 의문이 바로 근본적인 문제점이 될 것이다. 본 플랫폼은 이러한 재난 대응에 상당히 큰 기여를 할 수 있을 것으로 생각된다. 재난 발생 지역 단위로 전송하던 문자 알림 시스템에서 한 단계 나아가 시민의 위치를 기반으로 한 알림을 통해 보다 효율적으로 대응을 할 수 있도록 만들 것이며, 재난 상황에서도 빠르고 정확한 위치 파악을 가능케 할 것이다. 또한, 현재까지 미비한 고층 건물

47) 연합뉴스, “부산 고층 건물 흔들...주민들은 혼비백산”, 2016년 9월 12일

(<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/09/12/02000000000AKR20160912212200051.HTML?input=1195m>)

부에서의 재난 대응 역시 용이하도록 해 면적 대비 인구 밀도가 높아 고층 건물이 증가할 수밖에 없는 앞으로의 대한민국에 적합한 시스템으로 작용할 수 있을 것으로 기대한다.

본 플랫폼을 통해 각종 비용 절감뿐만 아니라 사전 예방 및 사후 대응을 통해 가장 중요한 인명 피해를 줄일 것으로 보인다. 안전 대한민국을 만들기 위해서는 확고한 시스템이 구축되어야 함을 잊어서는 안 된다.

참 고 문 헌

<국내 자료>

- 고기봉 등 3명, “소방의 재난대응체계 개선방안에 관한 연구 - 춘천시 신북읍 산사태 대응사례를 중심으로”, 한국화재소방학회 논문지 제 26권 제 2호, 2012, p. 18.
- 김윤중 등 4명, “서울시의 새로운 재난관리체계 구축”, 서울연구원 정책과제연구보고서, 서울연구원, 2009.
- 김태환, “고층빌딩에 대한 방재대책 방안에 관한 연구 - 미국 무역센터(WTC) 빌딩 폭발·붕괴의 사례”, 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 한국화재소방학회, 2001, p. 177.
- 박효근, “재난 및 안전관리 기본법 상 재난관리 체계에 대한 법정정책 개선방안”, 법과 정책연구 제 15집 제 4호, 2015, p. 1501 ~ 1502.
- 손봉세, “초고층 건축물의 화재안전에 대한 소고”, 설비저널, 44(5), 2015, p. 16.
- 윤아영, “초고층 빌딩의 최적 방재시설 설계방안에 관한 연구”, 한국화재소방학회지 3(1), 한국화재소방학회, 2007.
- 윤여송 등 5명, “초고층 복합빌딩의 방재정보센터 적용방안에 관한 연구”, 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 한국화재소방학회, 2010.
- 정보통신정책연구원, “2015년 미디어 보유와 이용행태 변화”, 2007, p. 2.
- 최두찬, “초고층 건축물의 화재피난안전과 재난관리”, 건축환경설비 9(4), 한국건축친환경설비학회, 2015.
- 최미옥, “재난관리 체계에 대한 한국과 독일의 비교 연구”, 한독사회과학논총 제 20권 제 2호, 2010, p. 116.

<해외 자료>

- FEMA, “Are You Ready? An In-depth Guide to Citizen Preparedness”, FEMA, 2004, p. 1.
- Jason Gabel, three, "CTBUH Research Report 2015 Year In Review", CTBUH, 2015, p. 9.