

## 고층 건물 화재 관련 R&D 위상 분석 및 신기술 탐색 연구

### R&D Monitoring and Novel Technology Exploration Concerning Research Area about Fire in High-rise Building

심위<sup>1</sup>, 최재경<sup>2</sup>, 정현상<sup>3</sup>, 허요섭<sup>4</sup>, 서성호<sup>5\*</sup>

We Shim<sup>1</sup>, Jaekyung Choi<sup>2</sup>, Hyunsang Chung<sup>3</sup>, Yoseob Heo<sup>4</sup>, Seongho Seo<sup>5\*</sup>

#### 〈Abstract〉

Due to the development of the urban economy, high-density buildings and skyscrapers have continued to increase in order to alleviate high population densities and to make efficient use of urban space. However, a fire in a high-rise building is a disaster that can lead to massive casualties and property damage because of the difficulty of firefighting and escaping. Various studies have been conducted on these high-rise buildings because they are sympathetic to these difficulties all over the world. In this paper, trends of researches and technologies related to fire in high-rise buildings are analyzed synthetically through thesis and patent data. In other words, we explored the trends of various studies that have been carried out so far through the thesis, and performed technical monitoring on actual implemented technology and newly implemented technologies through patent data. Through this research, we have studied the present and the future of technology for high-rise building fire.

*Keywords : High-rise building, Fire, R&D monitoring, Novel technology, Scientometrics*

1 주저자, 한국과학기술정보연구원 부산울산경남지원  
선임연구원

2 한국과학기술정보연구원 부산울산경남지원 선임연구원

3 한국과학기술정보연구원 부산울산경남지원 책임연구원

4 한국과학기술정보연구원 부산울산경남지원 박사후연구원

5\* 교신저자, 한국과학기술정보연구원 부산울산경남지원  
책임연구원 E-mail: shseo@kisti.re.kr

1 Researcher, Busan · Ulsan · Gyeongnam Branch, Korea  
Institute of Science and Technology Information

2 Researcher, Busan · Ulsan · Gyeongnam Branch, Korea  
Institute of Science and Technology Information

3 Senior Researcher, Busan · Ulsan · Gyeongnam Branch,  
Korea Institute of Science and Technology Information

4 Post-Doc., Busan · Ulsan · Gyeongnam Branch, Korea  
Institute of Science and Technology Information

5\* Corresponding Author, Senior Researcher, Busan · Ulsan ·  
Gyeongnam Branch, Korea Institute of Science and  
Technology Information, E-mail: shseo@kisti.re.kr

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

국도교통부 소망청 자료[1]에 따르면 2017년도를 기준으로 국내 30층 이상의 고층 건축물은 총 2,315동이며, 용도는 아파트가 92.3% (2,138동)을 차지하고 있다. 이러한 고층 건축물은 화재사고 시 필연적으로 대규모의 인명피해로 이어지기가 쉽기 때문에 화재에 대한 철저한 대비가 필요하다.

그러나 고층 건물 및 초고층 건물의 경우, 화재 시 다른 건물들에 비해 수직으로 이동해야 하는 거리가 길기 때문에 건물 내 전원이 대피할 경우 평균 1시간 이상이 소요된다. 또한 20-30층 이상의 건축물의 경우에도 특정 전략 수립을 통해 재난에 신속하게 대응하는 것은 매우 어려운 일이다[2]. 뿐만 아니라 고층 건축물에서 화재와 같은 재난이 일어났을 경우, 재실자들은 피난 시 선두로 도망가는 사람들 따라가는 추종본능이나 밝은 곳으로 도망가는 지광본능에 따라 움직이게 되어, 피난 경로 상에서 몰림 현상이 나타나게 된다. 이러한 몰림 현상은 통제를 더 어렵게 만들게 되고 더 큰 인명피해로 발전하기도 한다[3].

도시 경제의 발달로 고밀도 건축물과 초고층 빌딩은 높은 인구밀도를 해소하고 도시공간의 효율적 이용을 위해 지속적으로 증가해 왔다[4]. 증가하는 현대 고층 건물들은 복잡한 기능들이 포함된 다양한 시설들을 갖추고 있어 고층 건축물의 화재 방지는 전세계적으로도 어려운 문제이다[5]. 이에 따라 현재 고층/초고층 건축물의 화재를 예방하거나, 화재 발생 시 빠르게 대응할 수 있는 조치들에 대한 연구들이 다양한 방향으로 이루어지고 있다.

본 논문에서는 고층/초고층 건축물의 화재와 관련된 연구와 기술의 트렌드를 논문과 특히 데이터

를 통하여 종합적으로 분석하고자 한다. Porter는 R&D와 혁신에 대한 관리를 데이터 기반으로 수행하는 테크 마이닝(tech-mining)에 대한 개념을 정립하고 다양한 분석방법들을 제시하였다[6]. 이러한 테크 마이닝을 통한 연구 트렌드 분석은 특정 분야 혹은 기술에 대한 현재의 상태를 객관적으로 진단해보고 미래에 나아가야 할 방향을 모색하는 과정이다. 따라서 본 연구에서는 논문을 통해 지금까지 진행되어온 다양한 연구들의 트렌드를 탐색해보고, 특히 데이터를 통해서 실제 구현된 기술과 최근에 새롭게 구현된 기술들에 대한 기술 모니터링(monitoring)을 수행하고자 한다. 이를 통하여 고층 건물 화재에 대한 기술의 현재와 미래를 조망해볼 수 있을 것이다.

### 1.2 고층 건축물 화재 관련 연구

Hall[7]에 따르면 2007년부터 2011년 사이에 연간 약 15,400건의 고층 구조 화재가 발생하여 민간인 사망자는 46명, 민간인 피해자는 530명, 연간 직접 재산 피해액은 2억 1,900만 달러로 집계되었다. 이중 2007-2011년 보고된 모든 구조물 화재의 약 3%는 고층 빌딩에 발생했다.

Liu et al.은 고층 건물의 특징을 세 가지로 정리하였다[5]. 첫 번째는 건물의 구조가 복잡하다는 것이다. 이를테면 높이가 높고, 많은 층과 기둥을 가지고 있다는 것이 이에 해당한다. 둘째로는 건물의 기능이 복잡하고 인구밀도가 높다는 것이다. 여기서 건물의 기능은 주거, 호텔, 사무실, 상점 등을 포함한 광범위한 기능을 의미한다. 셋째로 건물 내외부에 가연성 물질이 존재하고 그에 따른 화재 하중(fire load)이 크다는 것이다[8].

아울러 이러한 고층 건물의 특징 때문에, 고층 건물에서 발생하는 화재의 특성은 다음과 같은 세 가지로 정리할 수 있다[9, 10]. 첫째로 화재가 빠

르게 퍼진다. 고층 건물은 계단이 많고 수직 통로 (shaft)가 많아 화재가 수직축으로 빠르게 퍼지게 된다. 또한 가연성 물질들로 인해 연소가 빠르게 확산되고 강도 또한 빠르게 커지는 특징이 있다. 첫 번째 특징 때문에 수반되는 두 번째 특징이 바로 화재 대피가 어렵다는 점이다. 수직층을 따라 대피를 하는 것은 상당한 시간을 소요하게 된다. 또한 빠르게 퍼지는 화재는 공기의 흐름을 차단시키고 연기를 빠르게 퍼뜨리게 되어 재실자의 피난을 어렵게 만든다. 마지막으로 화재 진화가 매우 어렵다. 고층 건물의 높이는 수십 미터에서 수백 미터까지 달하기 때문에 외부에서 화재를 진압하는 것이 매우 어렵다. 즉 실내 화재 진압 장치에 대부분의 진화 작업을 의존해야한다는 것이다. 하지만 이는 경제적 문제뿐만 아니라 기술적 문제도 한계가 있을 수밖에 없다.

따라서 고층 빌딩의 화재와 관련한 연구들은 화재 발생 시 신속하고 안전한 피난을 가능하게 하는 경보시스템에 관한 연구[11], 고층 빌딩 화재 시뮬레이션[4], 재난재해 대응 통합 정보 플랫폼[2], BIM(Building Information Modeling)[3, 12], 초고층 건물 화재 시나리오 개발[13], 화재피난안전 및 재난관리[14]와 같은 연구들이 국내에서 진행되었다.

Kobes et al.의 경우, 고층 빌딩의 화재 상황 시 인간 행동에 관한 문헌을 광범위 하게 검토하여 고층 화재 위험 평가 요소 설정에 대한 연구를 수행하였다[15]. Hu and Liu는 그래프 이론 및 전산 실험을 기반으로 고층 빌딩 화재의 대피 전략을 최적화하는 것에 관한 연구를 수행하였고 [16], 고층 건물의 화재 시 연기 퍼짐을 방지하기 위한 환기 시스템 모델링이나 [17] 화목 연료를 통한 난방 설비의 화재 위험 감소 방안에 관한 연구 [18], 화재 자체의 진압을 위한 환기 시스템에 관한 연구[19]도 최근 진행 된 것을 확인할 수 있었다.

국내외의 연구동향을 전반적으로 살펴보았을

때, 도심 고층빌딩의 화재관련 연구는 대체적으로 화재 예방을 위한 시스템적인 구축, 화재 진압의 효율적 설계, 신속하고 안전한 피난에 대한 시뮬레이션 관련 연구들이 주를 이루고 있다는 것을 확인할 수 있다.

## 2. 연구 방법론

### 2.1 데이터 수집

본 연구에서는 고층 건물의 화재와 관련된 기술 정보들을 수집하여 지금까지 진행되어온 연구 동향을 파악하고, 보다 최근에 발생한 신기술에 대한 기술 모니터링을 수행하고자 하였다. 이에 따라 고층 건물 화재와 관련된 기술 정보들은 논문 정보를 통하여 수집하였고, 신기술 모니터링은 특허 자료를 활용하였다.

관련 논문 데이터는 Web of Science(WoS, Clarivate Analytics, Philadelphia, USA) 데이터베이스로부터 수집하였다. 고층 건물 화재와 관련된 논문들을 선택적으로 수집하기 위하여 Table 1에 나타난 쿼리를 통하여 논문 정보를 다운로드 받았다. 논문의 수집기간은 2010~2018년도이고, 총 461건의 논문을 수집하였다.

특허 데이터의 경우 미국 특허청(USPTO)에 출원된 특허 정보 데이터베이스를 갖춘 KISTI에서 구축한 COMPAS 시스템을 통하여 수집하였다. 역시 Table 1에 나타난 쿼리를 작성하여 고층 건물 화재 관련된 특허들만을 수집하였다. 수집된 특허의 기간은 출원년도 기준으로 1991~2018년이고, 총 57건의 특허를 수집하였다. 특허의 경우 수가 논문에 비해 적었기 때문에 넓은 시간 범위에서 수집하였다.

Table 1. Search Query about fire in high-rise building

분류	검색식
논문 (WoS)	(TS = ((skyscraper* OR "high stor*" OR "upper floor*" OR "tall building*" OR "high-rise building*" OR "super-tall building*" OR tower*) AND (fire OR fires OR conflagration OR FDS)))
특허 (COM PAS)	((ttl:(skyscraper* OR "high stor*" OR "upper floor*" OR "tall building*" OR "high-rise building*" OR "super-tall building*" OR tower*) AND (fire OR fires OR conflagration OR FDS))) OR (abst:(skyscraper* OR "high stor*" OR "upper floor*" OR "tall building*" OR "high-rise building*" OR "super-tall building*" OR tower*) AND (fire OR fires OR conflagration OR FDS)))

## 2.2 R&D 위상 분석

R&D 위상분석은 연구개발 현황을 파악하기 위한 것으로 WoS로부터 수집한 논문 데이터를 활용하였다. 보편적으로 학술논문은 기초기술 연구 활동의 성과를 의미한다. 따라서 현재까지 진행되어 온 고층 건물 화재 관련 기술들의 연구 성과를 파악하기 위하여 연구 지형도를 구현하는 방법으로 R&D 위상분석을 수행하였다.

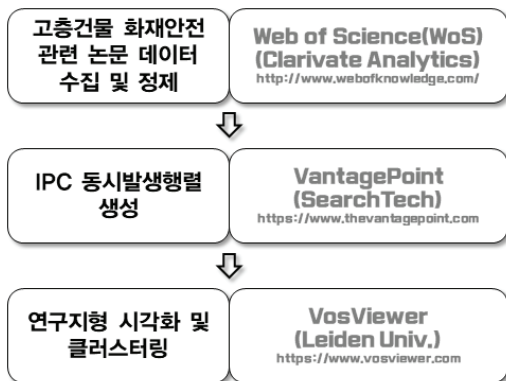


Fig. 1 R&D Monitoring Process

연구개발지형을 구현할 때에는 논문마다 부여된 키워드 기반 동시발생분석방법을 적용한다. 이는 과학계량적 방법 중 하나로, 분석형 데이터에서 특정 필드가 동시에 발생하는 요소들끼리 유사도를 측정하고 이를 바탕으로 자료를 시각화하는 방법이다. 각 필드에 대응되는 성분 추출과 정제 및 데이터를 최적화하는 작업은 Vantage Point® (Search Tech, Inc., U.S.) 소프트웨어를 활용하였으며, 유사도 측정과 클러스터링 기법의 동시 구현이 가능한 시각화 시스템인 VOSviewer 시스템 (Leiden University, the Netherlands)을 통해 연구지형도를 도출하였다. 연구지형도 시각화 분석 관련 수리모형은 Van Eck and Waltman의 연구 [20]에서 차용하였으며, 상세 내용은 다음과 같다.

$$s_{ij} = \frac{2ma_{ij}}{k_i k_j} \tag{1}$$

$s_{ij}$ 는 노드  $i$ 와  $j$ 의 연결강도이며,  $k_i, k_j$ 는 각 키워드  $i, j$ 와 연결된 모든 선에 대한 가중치의 합산값이다.  $m$ 은 네트워크 내 모든 선의 가중치를 더한 값이며,  $a_{ij}$ 는  $i$ 와  $j$  간, 즉 선의 가중치로 표현된다. 따라서  $s_{ij}$ 는  $i$ 와  $j$  연결선의 가중치가 높을수록, 그 이외 다른 키워드와  $i, j$ 의 연결 가중치가 낮을수록 그 값이 증가한다.

노드 간 연결 강도  $s_{ij}$ 를 통해 각 노드의 위치를 정하는 수식은 다음과 같다.

$$V(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i < j} s_{ij} \|x_i - x_j\|^2 \tag{2}$$

2차원 공간 내에서  $x_1$ 은 1번 노드의 위치를 나타낸다.  $n$ 은 네트워크 내 전체 노드의 개수이며,  $\|x_i - x_j\|$ 은 노드  $i$ 와  $j$  간 유클리드 거리이다. 전체 노드의 위치를 지정하는 방식은  $\min(V(x_1, \dots, x_n))$ , 즉 수식 (2)를 최소화하는 것

이며, 해당 수식이 최소화되는 상황은 모든 노드가 동일한 한 점에 위치할 경우이다. 따라서 네트워크 상 노드의 위치가 겹치는 것을 배제하기 위해 특정 조건이 추가되어야 하며, 이때의 조건은 다음과 같다.

$$\sum_{i < j} \|x_i - x_j\| = \frac{n(n-1)}{2}. \quad (3)$$

$n(n-1)/2$ 는 전체 네트워크의 모든 노드를 연결했을 때의 연결선 개수라 할 수 있다. 만약 노드  $i$ 와  $j$ 가 같은 위치에 있을 경우 유클리드 거리는 0의 값을 가지게 되며, 모든 노드가 같은 위치에 있다면 전체 유클리드 거리의 합은 0이다. 이와 같은 경우 수식 (3)의 조건에 위배되며, 따라서 노드  $i$ 와  $j$ 는 본 조건에 따라  $i$ 와  $j$ 는 동일한 좌표에 위치할 수 없다.

수식 (2)를 최소화하는 과정에서 연결 강도가 강한 두 노드는 가까운 곳에 위치하게 된다. 이에 따라 연관성을 가지는 노드들은 밀접한 공간으로 모이며, 해당 범위를 하나의 군집으로 보아 이에 대한 의미를 해석함으로써 연구 영역을 특정할 수 있다.

### 2.3 특허 데이터를 통한 신기술 탐색

특허는 산업 활동의 성과를 대표하는 데이터로 활용될 수 있다. 따라서 기술 모니터링 활동에 있어서, 특허의 형태로 나타난 기술 개발의 내용을 시간의 순서대로 관찰하면 기술혁신 방향을 확인하는 것과 신기술에 대한 탐색이 가능하다 [21]. 이에 따라 본 연구에서는 시계열 상에서 최근에 새롭게 나타난 국제특허분류(International Patent Classification, 이하 IPC) 코드를 파악하는 방법으로 고층건물 화재 안전 관련 신기술 탐색을 수행하였다.

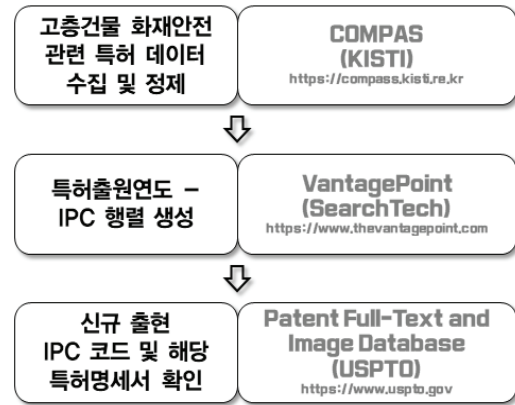


Fig. 2 novel technology exploration Process

먼저 한국과학기술정보연구원의 경쟁정보분석서비스(COMPetitive Analysis Services, COMPAS)를 활용하여 고층건물 화재안전 관련 특허 데이터를 수집하고, 연도별 IPC 분포를 확인하기 위해 Fig. 3과 같이 특허출원연도 - IPC의 2차원 행렬을 생성하였다.

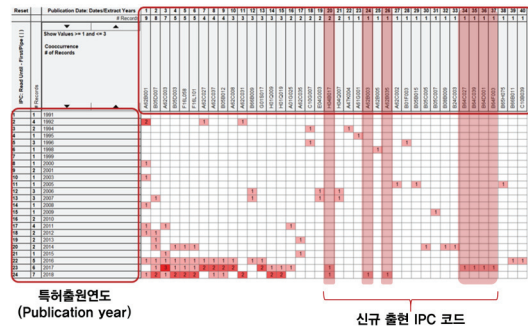


Fig. 3 Publication Year - IPC Matrix

이를 통해 연도별 IPC의 분포를 살펴보고, 연도별 출현 IPC 중 2016년 이후 최초 출현한 코드를 해당 분야의 최신 R&D 아이템으로 간주하였다. 따라서 신규 IPC를 포함한 특허를 분석함으로써 고층 건물 화재 관련 신기술을 탐색하는 모니터링 작업을 수행하였다.

### 3. 연구결과 및 해석

#### 3.1 고층 건물 화재 관련 R&D 위상 분석

먼저 고층 건물 화재관련 R&D의 연도별 논문 건수는 Fig. 4와 같다. 2010년 이후로 논문은 전반적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

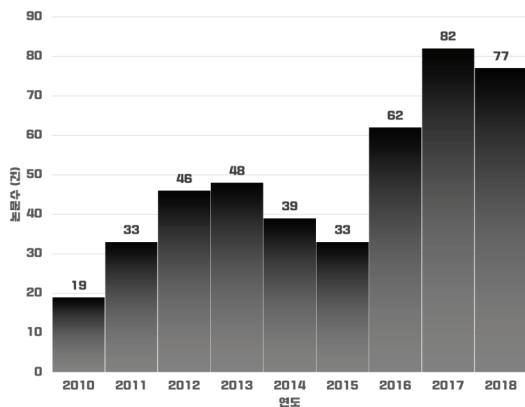


Fig. 4 The number of articles about fire in high-rise building

Table 2. The number of papers by subject category

Subject Category(학제)	# of Records
Engineering(공학)	236
Materials Science(재료과학)	95
Energy & Fuels(에너지 및 에너지원)	79
Environmental Sciences & Ecology (환경과학 및 생태학)	71
Thermodynamics(열역학)	68
Construction & Building Technology (건설 및 건축기술)	59
Mechanics(역학)	37
Meteorology & Atmospheric Sciences (대기학)	37
Geology(지질학)	21
Forestry(임학)	13

고층 건물 화재와 관련된 논문의 분야별 개수 기준 상위 10개 WoS 분류(Subject Category)는 Table 2와 같다.

논문의 학제분야를 살펴보면, 공학이라는 일반적인 대분류를 제외했을 때 재료, 에너지, 환경 등 화재의 원인과 결과에 대해 포괄적·체감적인 분야와 관련된 연구가 대다수를 차지하며, 뒤를 이어 열역학, 건설 및 건축, 대기, 지질, 임학 등 화재의 세부적 원인 및 결과에 대한 분야가 도출되고 있다.

다음으로, 수집한 고층 건물 화재와 관련된 논문 총 461건을 대상으로 R&D 위상을 분석하기 위하여 Fig. 5와 같이 연구개발 지형도를 구현하였다.

고층 건물 화재 관련 기술의 연구개발 지형도는 크게 5개의 부분으로 클러스터링 된 것을 확인할 수 있다. 클러스터 1은 Evacuation, Egress, Emergency communication, Human behavior, Stair simulation 등의 키워드로 구성된 클러스터로 고층 건물 화재 시 대피 및 피난과 관련된 연구 분야로 볼 수 있다. 클러스터 2는 Airflow, Fire safety, Stack effect, Smoke control system, Flame measurement, Fire model 등의 키워드들로 이루어져 있으며 이로 미루어볼 때 화재 발생 시의 경보 시스템이나 화재 발생 시뮬레이션 혹은 모델링 관련 연구 분야라고 정의할 수 있다. 클러스터 3은 Steel, Concrete, Fire resistance, Thermal analysis, Performance-based design, Fire test 등의 키워드들로 구성되어 있고, 이는 클러스터 3이 건축 내외장재들의 내화능력, 화재 방지능력과 관련된 연구 분야임을 추측할 수 있게 해주는 단서가 된다. 이 클러스터 1~3은 서로 밀접하게 연관되어 키워드들의 위치가 교차하는 것 역시 확인할 수 있으며 본 논문에서 살펴보고자 하는 가장 핵심적인 연구 주제인 High rise

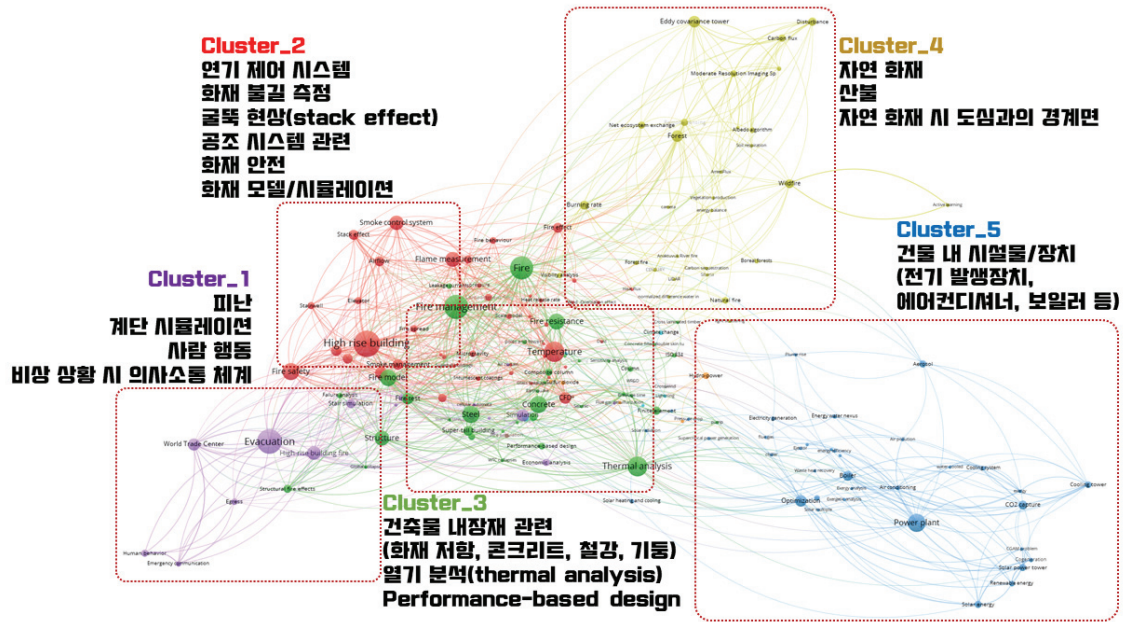


Fig. 5 R&D map about fire in high-rise building

building, Super-tall building, Fire와 같은 핵심 키워드와 밀접한 연관성을 맺고 있다.

한편 클러스터 4번과 5번은 각각 자연화재와 건물 내 시설물 및 장치에 관한 연구주제로 클러스터 1~3에 비해 연구 강도가 약하고 연관성도 다소 떨어지나, 고층 건물 화재와 관련된 연관 주제로서의 연구 분야로 볼 수 있다.

### 3.2 고층 건물 화재 관련 신기술 탐색

신기술 탐색을 위해 고층 건물 화재 관련 기술에 대응되는 미국 등록 특허 57건을 대상으로 연도별 특허기술 분류코드(IPC)에 대한 발생 건수를 매트릭스 형태로 구현하였다. 그리고 최근 3년(2016~2018년) 사이에 신규 등록특허에 새롭게 부여된 IPC 코드를 파악하여 추출하였다. 신규로

발생한 IPC 코드는 H04B017, A62B003, A62B035, B64C027, B64C039, B64D001, B64F003, B66B011, C10B039, E02F009, E04H001, E04H012, F03D009, F03D013, F03D080, F16M011, F16M013, F28C001, F42B012 등 총 20개의 IPC코드로 구성되어 있다. 이에 대한 IPC 설명은 Table 3와 같다.

최신 R&D 아이템이라 할 수 있는 IPC를 파악한 후 이를 포함한 특허를 분석하였고, 결과는 Table 4와 같다. 휴대용 양방향 증폭기를 이용한 건물 내 통신 장치, 연기 제거 장치, 유아용 화재 탈출 장치, 소방용 무인 항공기, 고층 빌딩 화재 피난 시 비상 탈출 장치, 발전된 형태의 급냉탑 시스템 설계, 고층 및 초고층 빌딩에서 소방에 적합한 소방차, 타워의 변압기용 소방 모듈을 갖춘 풍력 발전소, 자동 소방용 타워, 화재 차단재를 가진 냉각탑 등 총 10개의 기술이 도출되었으며,

이는 연구개발 지형도의 내용과 유사한 형태, 즉 화재 진압과 피난에 관련된 기술들로 나타났다.

Table 3. Emerging IPC description

IPC	Desc.
H04B017	전송 시스템 모니터링 및 테스트
A62B003	건조물 등으로부터의 피난을 용이하게 하기 위한 기구 또는 간단한 도구
A62B035	안전벨트 또는 신체 장착구; 특히 운동의 급격한 변화가 있는 경우에 신체의 이동을 제한하기 위한 장치
B64C027	회전의 항공기, 회전의 항공기 특유의 회전의
B64C039	달리 분류되지 않는 항공기
B64D001	항공기에서 물품, 액체 등의 투하, 발사, 해방, 수입
B64F003	계류 항공기에 특히 적합한 지상 설비
B66B011	건물 또는 다른 구조물내에 또는 이것들에 부설되는 리프트의 주 구성 부재
C10B039	코크스의 냉각 또는 소화
E02F009	굴착기 또는 토사 이송기계의 부품
F42B012	탄두, 특정효과 또는 재료에 특징이 있는 발사체, 미사일 또는 지뢰, 기뢰
E04H001	거주(居住) 또는 사무 목적에 대한 건축물 또는 건축물의 그룹
E04H012	탑(塔); 마스트(기둥) 또는 폴(Pole); 굴뚝; 급수 탑(塔); 그러한 구조물을 건조하는 방법
F03D009	풍력 원동기의 특수 용도로의 적용; 풍력 원동기와 그것에 의해 구동되는 장치와 조합; 특정 위치에 설치하기 위해 특별히 적용되는 풍력 원동기
F03D013	조립체, 풍력 원동기의 설치 또는 시운전
F03D080	세부 요소 또는 부속물
F16M011	물품을 지지하는 스탠드 또는 받판
F16M013	장치 또는 물품의 위치 결정을 위한 다리 지지체
F28C001	직접접촉에 의한 살수식 냉각기

#### 4. 결론

본 논문에서는 논문과 특허 데이터를 통하여 고층 건물 화재와 관련된 기술 동향을 탐색하고 신기술을 모니터링하는 연구를 수행하였다. 고층 건물 화재와 관련된 R&D의 위상 분석을 위해 연구개발 지형도에서 고층 건물 화재와 관련된 R&D가 5개의 영역에서 이루어지고 있음을 확인하였고, IPC 코드를 활용한 특허 분석을 통해 신기술 영역을 탐색하였다.

이러한 과학계량학에 기반을 둔 R&D 분석 및 신기술 탐색은 해당 분야 전체를 조망하고, 넓은 범주에서의 연구 성과들을 분류하며, 체계적인 방법으로 새로운 분야를 탐색하는 과정을 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다. 이는 앞서 언급한 Porter(2007)의 견해와 일치하며 본 논문에서 분석한 결과를 통해 다시 한 번 과학계량학적 방법의 효용성을 확인할 수 있었다.

고층 건물의 화재는 특정 개인이나 개별 기업이 대비하기보다는 국가적 차원에서 정책적으로 대비해야하는 재난의 성격이 있다. 따라서 이러한 기술 모니터링은 해당 당국의 정책 입안자에게도 좋은 자료가 될 것이다. 또한 화재 방지나 진압과 관련된 국가 기관 혹은 기업들에게도 좋은 정보로 작용하여 향후 R&D나 기술 도입에 있어 참고할 수 있는 연구 결과가 될 것으로 판단된다.

본 연구는 분야를 특정하여 고층 건물의 화재와 관련된 R&D 및 신기술을 탐색하였으나, 보다 다양한 산업군이나 다양한 연구 분야에 적용해 본다면 보다 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.



Table 4. Novel Technologies about fire in high-rise building

특허번호 (미국공개)	등록일자	신규 IPC	특허내용 및 용도
9905933 9711868	2018-02-27 2017-07-18	H04B017	- 휴대용 양방향 증폭기(BDA, bi-directional amplifier)를 이용한 건물 내 통신 장치 - 화재, 지진, 테러 시에나 라디오 수신 범위 개선이 필요한 경우 통신 복원이 용이
9925402	2018-03-27	A62B003	- 연기 제거 장치 - 소방관이 재실자를 보다 용이하게 구출하고 화재를 빠르게 진압할 수 있도록 고안된 장치
9901756	2018-02-27	A62B035	- 유아용 화재 탈출 장치 - 유아를 건물 상부로부터 지면까지 안전하게 내려갈 수 있도록 고안된 하강 장치
9764839	2017-09-19	B64C027 B64C039 B64D001 B64F003	- 소방용 무인 항공기
9409042	2016-08-09	B66B011	- 고층 빌딩 화재 피난 시 비상 탈출 장치
9273250	2016-03-01	C10B039	- 발전된 형태의 급냉탑(quench tower) 시스템 설계
9566459	2017-02-14	E02F009 F42B012	- 고층 및 초고층 빌딩에서 소방에 적합한 소방차
9650795	2017-05-16	E04H001 E04H012 F03D009 F03D013 F03D080	- 타워의 변압기용 소방 모듈을 갖춘 풍력 발전소
10065059	2018-09-04	F16M011 F16M013	- 자동 소방용 타워(firefighting tower)
9341413	2016-05-17	F28C001	- 화재 차단재를 가진 냉각탑(cooling tower)

## 사 사

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 안전기술 상용화플랫폼구축사업(P0003951)의 지원을 받아 수행된 연구임.

## 참고문헌

[1] 국토교통부·소방청, “고층 건축물 화재안전대책”, (2017).

[2] 박승화·홍창희·윤천주·김지은, “초고층·복합시설물의 재난재해 대응 통합정보 플랫폼 구축방안: 지진, 화재, 침수를 중심으로”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(2): 696-701, (2017).

[3] 정상필·이호용·김진욱, “초고층 건축물의 화재기반 BIM 라이브러리 개발연구 : 라이브러리 개체 정의를 중심으로”, 2017년 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 38(2): 28-31, (2018).

[4] 서민지·이양주·안성호·황철홍·최준호, “B 도시지역 고층 주상복합건축물 성능위주설계도서 분석을 통한 화재 시뮬레이션 분야 개선방안에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, 13(4): 80-85, (2017).

- [5] Liu, X., Zhang, H., and Zhu, Q., "Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures", *Procedia Engineering*, 45: 643-648, (2012).
- [6] Porter, A. L., "How "tech mining can enhance R&D management", *Research-Technology Management*, 50(2): 15-20, (2007).
- [7] Hall, J. R., High-rise building fires, NFPA (National Fire Protection Association), Fire Analysis and Research Division, (2000).
- [8] Zhao, J. P., Feng, W. X., and Wu, L. X., "Numerical simulation on the spreading rule of CO in building fire by FDS", *China Safety Science Journal*, 6: 18, (2008).
- [9] Chow, W. K., "A comparison of the use of fire zone and field models for simulating atrium smoke-filling processes", *Fire Safety Journal*, 25(4): 337-353, (1995).
- [10] Zhu, J., Huo, R., and Fu, Y., "Smoke control in super tall buildings", *Fire Science and Technology*, 1: 59-62, (2007).
- [11] 김은지 · 김령현 · 박재은 · 안영철, "고층건축물 화재 시 신속하고 안전한 피난을 위한 최적 경보시스템에 대한 연구: 건축물 외장재에 따른 우선경보 층수 선정", 2017 대한토목학회 정기학술대회, 1565-1566, (2018).
- [12] 정상필 · 이호용 · 송진영 · 김진욱, "초고층 건축물의 BIM 라이브러리 개발을 위한 화재기반 객체구현 정립 융합연구", 「한국과학기술융합학회」, 36: 351-365, (2018).
- [13] 박준 · 윤성욱 · 김효근 · 하희상 · 이상필, 한국 화재소방학회 학술대회 논문집, 262-265, (2011)
- [14] 최두찬, "초고층 건축물의 화재피난안전과 재난관리", *건축환경설비*, 9(4): 30-35, (2015).
- [15] Kobes, M., Post, J., Helsloot, I., and Vries, B., "Fire risk of high-rise buildings based on human behavior in fires", In *Conference Proceedings FSHB*, 7-9, (2008).
- [16] Hu, Y. and Liu, X., "Optimization of grouping evacuation strategy in high-rise building fires based on graph theory and computational experiments", *IEEE/CAA journal of automatica sinica*, 5(6): 1104-1112, (2018).
- [17] Li, M., Gao, Z., Ji, J., and Li, K., "Modeling of positive pressure ventilation to prevent smoke spreading in sprinklered high-rise buildings", *Fire Safety Journal*, 95: 87-100, (2018).
- [18] 박경진 · 이봉우 · 이근철 · 남기훈, "화목 연료 난방설비의 화재 위험 감소 방안에 관한 이론적 연구", *한국산업융합학회논문집*, 22(2): 163-171, (2019).
- [19] Panindre, P., Mousavi, N. S., Kumar, S., and Ceriello, J., Positive Pressurization and Ventilation for Fighting Fires in High-Rise Structures with Multiple Stairwells, In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1107, No. 4, p. 042037). IOP Publishing, (2018).
- [20] Van Eck, N. J., and Waltman, L., *Visualizing bibliometric networks*, In *Measuring scholarly impact*, Springer, Cham, pp. 285-320, (2014).
- [21] 강종석, "신기술 발굴과 제품화 실현징후 탐색 : DSSC To QDSC", 서울: 한국과학기술정보연구원, (2013).

(접수: 2020.02.28. 수정: 2020.03.26. 게재확정: 2020.04.03.)