

# 재난 대응을 위한 시스템 기반 표준운영절차(S-SOP) 운영 도구 구축 연구

김지은

한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

## Study on System-based Standard Operating Procedure(S-SOP) Tool for Disaster Response

Ji-Eun Kim

Department of Future & Smart Construction Research, Korea Institute of Civil engineering  
and Building Technology

**요약** 최근 대형 화재, 침수 등으로 인한 인명, 재산 피해가 늘어나면서, 건물 자체의 재난 대비와 함께 재실자의 빠른 재난 인식 및 대응에 대한 필요성이 이전 대비 증가하고 있다. 그러나 초고층 건물과 최근에 지어진 다중복합시설, 국가 주요시설 등 일부 건축물을 제외하고는, 대다수 건물의 경우, 재실자 및 관리자들이 해당 건물의 간단한 비상구 도면이 포함된 문서 형태의 매뉴얼을 단순 지참하거나 벽에 게시하는 수준이다. 이러한 소극적 대응에서 비롯되는 대형 재난을 최소화하고 건물 자체에서부터 적극 대응하기 위해, 본 연구는 재난 대응 체계(Standard Operating Procedure, SOP)를 건물 내 재난 관련 다양한 IoT, 센서와 연계하여 시스템화(System-SOP) 하고 이를 운영하기 위한 시스템 모듈을 설계 구현하였다. 본 연구의 대상범위는 해당 환경이 갖춰진 고층 주거시설에서의 화재 재난발생으로 선정하였다. 이후 해당 건물 특성이 반영된 화재 재난 시나리오를 작성하고, S-SOP 운영도구 설계 및 개발을 통해 시사점을 도출하였다. S-SOP 운영도구는 건축물의 환경 변화에도 해당 시스템을 통해 간단하게 변경사항을 반영하고, 시설물 용도별 공통사항을 구축함으로써 신규 사이트에도 용이한 맞춤형 적용이 가능하다.

**Abstract** Recently, damage to people and property caused by large fires and flooding has increased, and so has the need for disaster preparation of buildings and rapid disaster recognition/response by residents. However, most of the buildings are simply carried by occupants/managers or posted on walls in the form of documents containing emergency exit drawings except for some skyscrapers, recently constructed multi-complex facilities, and major national facilities. In addition, even when conducting fire drills or safety education, it is difficult to respond to the minimum due to people's indifference, lack of detailed information, and fear of actual fire occurrence. In order to minimize large-scale disasters resulting from this passive response, this study designed a system module to systemize and operate an SOP in connection with IoT and sensors related to disasters in buildings. The targets were selected as a high-rise residential facility with a relatively well-equipped disaster response environment and a fire disaster scenario reflecting the characteristics of the building. Implications were drawn up through the design and development of S-SOP operating tools. The S-SOP operation tools can easily reflect changes through the system despite environmental changes in buildings, and can be easily customized for new sites by establishing common information for each use of facilities.

**Keywords** : Facility Management, Standard Operating Procedure, System SOP, Disaster Response, Disaster Response Scenario

---

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20220189-001, 미래 건설산업 견인 및 신시장 창출을 위한 스마트 건설기술 연구).

\*Corresponding Author : Ji-Eun Kim(KICT)

email: jekim@kict.re.kr

Received May 6, 2022

Revised July 11, 2022

Accepted August 3, 2022

Published August 31, 2022

## 1. 서론

초고층 건물/지하 연계 복합시설물과 같이 재실자가 집중되어 모여 있거나 유동인구가 많은 공간에서 화재, 지진과 같은 재난 발생 시 빠른 상황 판단과 소방대 도착 이전까지 신속한 초기 대응이 없다면 인명/물적 피해가 매우 커질 수 있다. 재난 현장의 위험은 불확실하여 가용 시간 내 체계적 대응이 필수적인 사항으로, 직관적이고 신속한 판단을 위해서는 사전 교육 및 조직적 훈련을 통해 개인적으로 역량을 확보해야 한다. 이러한 재난 발생 상황에서의 행동 요령 및 업무 프로세스를 정의하는 SOP는 「재난 및 안전관리 기본법」에 근거하여 재난 유형별 현장 대응 및 상호 협력에 대한 프로세스 표준화 작성 요구에 따라 각 현장마다 인력 기반의 단순 초기대응 업무 매뉴얼 형태로 작성되고 있다.

미국, 캐나다, 호주 등 해외 SOP 구축 사례의 경우, 일반적으로 재난대응계획과 연계하여 목적과 임무를 명시하고, 조직체계, 대응절차, 대응 체크리스트 등 세부직무별 행동지침을 제시하고 있다[1-3]. 이는 직관적 이해를 위해 다양한 형태의 도식화로 표현되며, 직무카드, 수첩 등 문서 형태로 개인별 행동을 작성하여 활용된다. 국내의 구축 사례는 대부분 중앙재난안전대책본부 중심의 기관별 협력체계 및 역할에 대한 내용으로 구성되어, 실제 단일 건물 혹은 사이트에서 재난 발생 시 내부 초기 대응에 대한 구체적 임무 정의가 부족한 실정이다[4]. 또한 방재실의 총괄재난관리자가 실시간 상황을 파악하고 지휘하도록 신속한 의사결정을 할 수 있는 모니터링 정보가 요구되나, 현장과의 커뮤니케이션 부재로 어려운 상황이다[5,6]. 특히 국내에서 발생한 대구 지하철 화재, 세월호 사건 등 대형 재난 사례의 이슈를 살펴보면, 재난 대응 매뉴얼의 개선, 실시간 모니터링 체계 구축, 신속 대응 및 정확한 정보 시스템 공유, IT 기술 접목 등 대응의 개선에 대한 다수의 시사점들이 도출되었다[7,8].

재난상황 발생 시 보다 효과적으로 운영체계를 수립하고 실시간 상황을 관리하기 위하여 이를 정의하거나 시스템화한 선행 연구들이 있다. 박성균[9]과 이상직 외 [10]는 실제적으로 재난통신 시스템을 활용하기 위한 SOP 개발을 위해 다양한 요소를 정의/분석하고, SOP 교육훈련 모델 개발 및 활용 방안을 제시하였다. 홍성표 외[11]는 재난 대응과 재난상황관리에서 효과적으로 활용할 수 있는 재난대응 매뉴얼을 절차로 구성하여 eSOP 시스템을 제시하였다. 해당 시스템은 계획수립을 시작으로, 실시간 재난 대응, 모니터링이 가능한 상황관리 기능

등으로 구성된다. 국립재난안전연구원[12]과 윤용선 외 [13]는 실시간 재난위험 분석으로 상황을 예측하고, 스마트 빅보드 기반 재난상황별 시스템 운영 및 연계방안 및 재난현장의 통합적 재난대응체계를 제시하였다. 대부분의 연구들은 실시간 재난상황 모니터링 시스템 구축, 혹은 SOP의 전자문서화, 재난발생 시 통신망을 활용한 SOP 체계 등을 제시하였으나, 건물 특성에 적합한 체계적 대응을 위해서는 실제 재난 대응에 필요한 주제와 행위가 반영된 SOP와 현장 모니터링이 상호 연계된 총괄 재난관리가 요구된다.

따라서 본 연구는 기존의 소극적 대응 매뉴얼인 SOP의 한계점을 극복하기 위해, 기존 SOP를 바탕으로 센서/설비 등의 재난 대응 기술이 상호 연계하여 반영된 대응체계 및 운영 도구를 ‘System SOP 운영 도구(이하 S-SOP 운영 도구)’이라 정의하고, 상세 구성 모듈별로 이를 구현하였다. 본 연구에서는 고층 주거시설을 대상으로 화재 재난 케이스를 선정하여 일련의 구축 프로세스를 진행하였다.

## 2. S-SOP 정의

### 2.1 개요

기존 SOP는 인력 중심의 단순 매뉴얼 형태로 작성되어, 실제 재난 발생 시 실시간 진행 상황을 반영할 수 없고 사전에 일괄적으로 정의된 프로세스 대응만 가능하다. 또한 비상대응조직이 개별 임무를 숙지하고 있으나 종합적 상황을 컨트롤하는 방재실과의 커뮤니케이션 부재로, 재난 현장에서의 해당 임무 수행 및 성공 여부에 대한 전반적 파악이 쉽지 않다.

최근 SOP의 데이터화 개념으로 등장한 eSOP는 업무 매뉴얼을 전자화한 형태로, 시스템을 통한 계획 수립/업

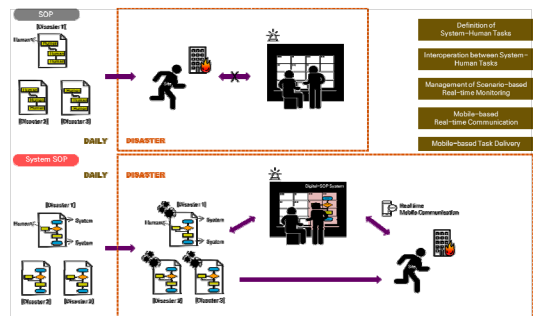


Fig. 1. S-SOP concept

무 가시화/업무 전달 등의 기능을 제공한다[10]. 또한 WebEOC는 재난상황실에 웹 기반 통합 모니터링 및 의사결정을 지원하는 시스템으로, 현장과의 소통보다는 방재실에서의 단방향 정보 전달 체계로 구성되어 있다.

Fig. 1과 같이 본 연구에서 제안하는 시스템 표준운영절차(S-SOP)란 사이트 내 재난 발생 시 골든타임 확보 및 신속한 대응을 위해, 센서/설비 등의 재난 관련 기술과 기존의 SOP를 재구성하여 재난상황에서 시스템 중심으로 운영하는 디지털 대응체계를 뜻한다. 이는 센서/설비 등 사이트 내 물리적 시설과 실시간 연동함으로써, 센서의 이상신호 감지를 시작으로 디지털 트윈(Digital Twin) 기반 사이트의 실시간 상황정보 모니터링이 가능하여 재난환경 변화에 따른 유연한 대처가 가능하다. 또한 시스템 형태로 실시간 운영되면서 혼란스러운 상황에서 의사결정 단계의 사람 개입을 최소화하고, 현장 대응팀의 모바일 지원 도구를 활용하여 임무 진행 상황을 실시간 방재실에 피드백함으로써 방재실의 총괄 재난상황 관리를 효과적으로 지원할 수 있다. Table 1은 기존 SOP와 S-SOP의 비교분석 내용이다. 본 연구는 S-SOP 체계 구축 및 구성, 시나리오, 운영 도구에 중점을 두었다.

Table 1. Analysis of SOP and S-SOP

Factor	SOP	S-SOP
Activity	Principal of Action	Emergency Response Organization Sensor/Facility/System
	Human-based	Facility Operation Team & Resident
	System-based	X Link to Facility Maintenance System
	Detail of Activity	Briefly Organize in detail according to subject
	Max. Allowable Time per Activity	Not required Required for optimized scenario configuration
Scenario	Per Disasters	Fire, Earthquake, Flood, etc
	Per Disaster Occurrence Location/Scale	X Obtain detailed situation information by linking with CCTV according to sensor construction environment
	Start point	Disaster Occurrence (Automatic) Detection of abnormal signals from sensors (Non-automatic) 119 Call/ Emergency bell alarm
	Real-time Linkage	X Development of S/W by linking sensors and CCTV in real time

r a t i o n	Real-time Monitoring	X	Link to Facility Maintenance System
	Communication between Site and Emergency Operation Room	△ (Walkie-Talkie)	Real-time communication with the main control room and personal mobile applications on site
P u r p o s e	Daily	Education/ Simulated Training	Education/ Simulated Training
	Emergency	Reference Manual	Real-time General Situation Management based on System

## 2.2 S-SOP 구성요소

S-SOP는 크게 재난 대응에 대한 행위 주체/임무 등의 정보를 포함하는 1) Activity와 이를 기반으로 시간의 흐름 및 건물의 특성을 반영하여 작성하는 2) 대응 시나리오, 1차 구축된 Activity와 시나리오를 시스템화 하여 실제 건물 내 설비 환경과 연동하고, 재난 발생 시 이를 구동시키는 3) 운영 도구로 구성된다. 각 구성요소에 대한 내용은 다음과 같다.

### 2.2.1 Activity

본 연구에서는 S-SOP의 가장 중요한 구성 요소로 대응 임무의 기본 단위를 Activity(주체\_Activity명)로 정의하고, 이를 기존 비상대응조직이 수행하던 Human Activity와 센서가 1차 연동된 수신기, 방화문, 제연덤편 등의 설비, 단위 시스템 등 관련 대응기술을 포함하는 System Activity로 구분하였다(Fig. 2).

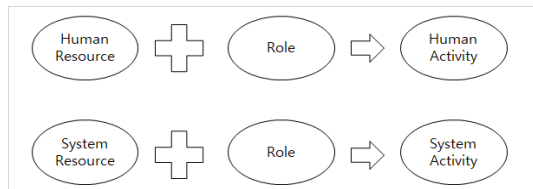


Fig. 2. Definition of system and human activity

System Activity의 경우, 실시간성을 확보하여 센서/설비와 연동함으로써 [System 이상신호 감지]를 시작으로 기존 SOP 보다 빠른 조기 화재예측 및 상황 판단이 가능하다. 또한 자동화재탐지설비, 자동화재속보설비 등 기존 소방법에 정의된 센서/설비뿐만 아니라, 추가적으로 제연덤편, 방화셔터, 방화문, 스프링클러 등 재난 대응 활동에 관련된 기술들을 확장 연동하여 구성할 수 있

다. Human Activity는 긴급한 상황에 판단력이 흐려질 수 있는 위험요소를 줄이기 위해 해당 조직원의 모바일로 기존에 숙지한 업무를 전달하고, 필요에 따라 현장 임무수행 여부를 Feed-back함으로써 방재센터에서 전반적 진행 상황에 대한 판단 지원이 가능하다.

### 2.2.2 대응 시나리오

S-SOP 시나리오는 재난 발생 시 첫 Activity를 시작으로 실제 재난에 대응할 시간적 프로세스가 반영된 절

차이다. 이는 기존 대상 사이트에서 정의한 SOP를 바탕으로, S-SOP 운영 시스템 목적에 따라 앞서 정리된 Activity로 재구성하여 설계된다. 이때 사이트에 구체적이고 체계화된 맞춤형 대응절차를 수립하기 위해서는, 재난의 종류와 크기, 재난 발생 위치, 대상 건물의 성격 등을 고려하여 Activity 진행 순서를 정의하고 운용하는 것이 중요하다.

시나리오는 기본적으로 이상신호 감지를 포함한 재난 발생을 시작으로 진압 완료 후 상황종료까지 일련의 프

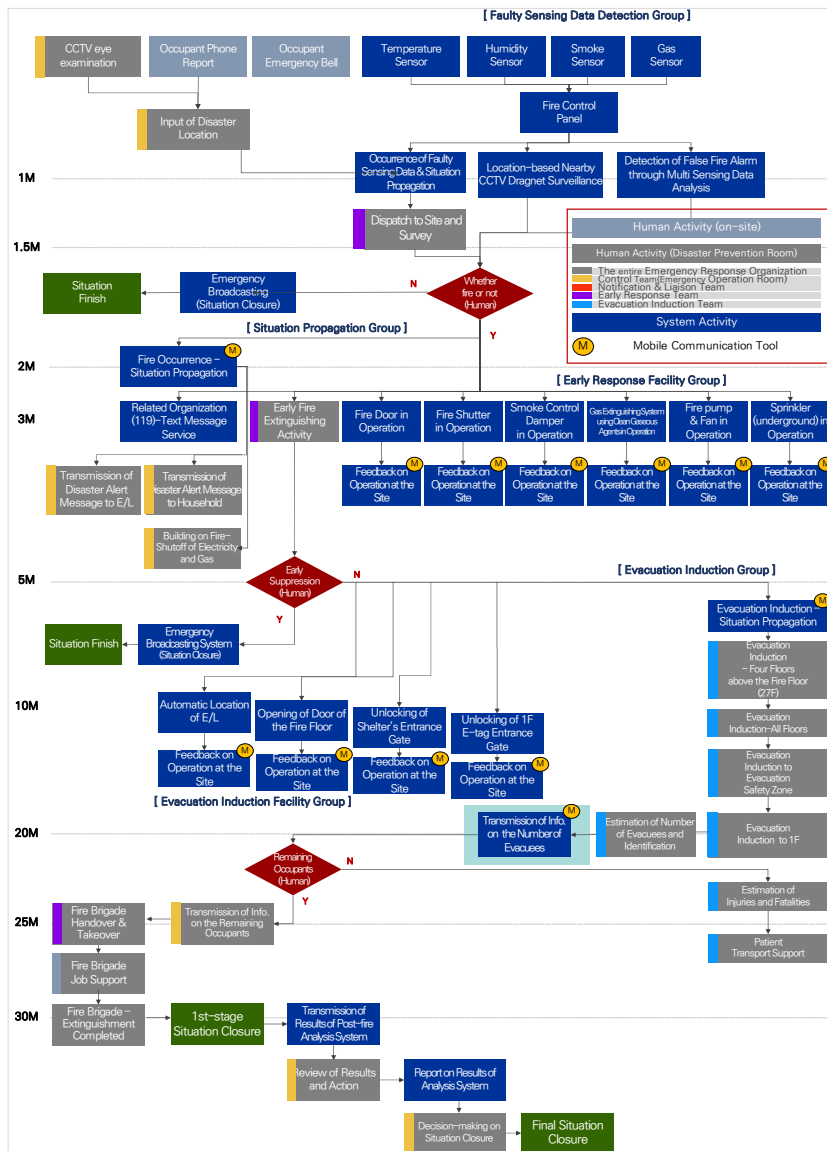


Fig. 3. S-SOP scenario\_fire on the 27th floor of the 59th floor apartment building

로세스에 대한 대응 업무로 구성된다. System/ Human Activity는 전반적인 대응절차 내 각각의 최대 허용시간이 주어지기 때문에, 대응조직의 업무 성격 및 시간의 흐름에 따라 수직/수평적으로 상호 연동되어 배치된다. 완성된 시나리오 초안은 S-SOP 운영 시스템에 의해 모의훈련 혹은 시뮬레이션 형태로 다수의 과정을 반복하면서 운영 절차의 실효성을 모니터링 해야 한다. 전체 재난 대응시간에 따라 개별 Activity의 최대 허용시간의 적합성과 기술 적용의 적절성 검증이 완료되면, 최종으로 사이트에 최적화된 시나리오가 도출될 수 있다. Fig. 3은 59층 초고층 주거시설을 대상으로 27층 화재 발생을 가정하여 작성한 화재 S-SOP 시나리오 예시이다. 해당 시나리오는 초고층 주상복합 아파트를 대상으로 구성되었고, 일반적 초고층 아파트 내 설치된 소방 관련 기본 센서인 연기센서, 열센서 외 가스센서, 습도센서를 추가하여 총 4종, 방화구획 확인을 위한 문개폐 센서, 실시간 주요 구역 파악을 위한 CCTV, 스프링클러 위치(개폐센서 포함)를 대상으로 구성하였다. 이는 시설물 환경에 따라 추가 혹은 삭제될 수 있다.

### 2.2.3 운영 도구

S-SOP 운영 도구는 상기 정리된 시나리오를 토대로 실제 재난발생 시 대응 프로세스 및 관련 환경을 운영하기 위한 도구로, 크게 4개의 모듈로 구성된다.

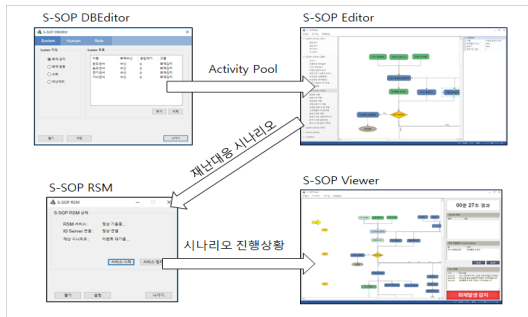


Fig. 4. Operation of S-SOP

Fig. 4와 같이 S-SOP DB 에디터 모듈에서는 사전 정의한 Activity를 생성하고, Activity 간 연계 및 수직/수평 배치를 통해 S-SOP 시나리오 에디터에서 시나리오를 작성 완료하면, 이를 Runtime Service Model (RSM) 모듈에서 실제 해당 시설물의 센서/설비 등 대응기술과의 실시간 연계를 통해 방재실에서는 뷰어 모듈로 실시간 진행 상황을 모니터링하여 판단할 수 있다.

### 2.3 S-SOP 운영 프로세스

S-SOP는 다음과 같은 프로세스로 운영된다(Fig. 5). SOP를 적용할 사이트에 대한 환경 분석(기 구축된 센서/설비환경, 가용 인력, 사이트 면적, 재실자수 등)이 수행되면, S-SOP의 단위 구성요소인 Activity를 정의한다. 작성된 Activity Pool을 활용하여 재난별 대응 시나리오가 문서로 1차 정리되고, S-SOP 운영 도구(DB/시나리오 에디터)를 통해 이를 시스템화하여 구축한다. 이후 재난이 발생하면 S-SOP 운영 도구(RSM)가 작성된 시나리오 기반으로 실시간 사이트와 동기화되어 재난 대응이 이루어지면서 진행 상황이 뷰어를 통해 모니터링 된다.

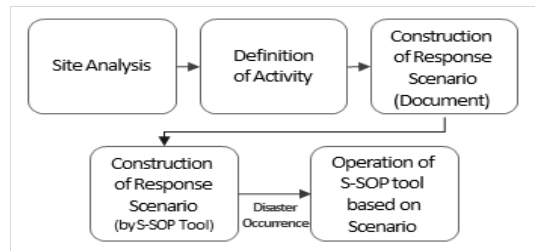


Fig. 5. Operation process of S-SOP

## 3. S-SOP 운영 도구 설계

### 3.1 S-SOP DB 구축

S-SOP 운영도구는 ‘주체’와 ‘행위’를 분리하여 각각을 별도의 목록으로 관리하고, 시나리오 작성 시 이를 조합하여 하나의 Activity를 완성한다. 데이터는 크게 Resource file/Shape file/Activity file로 나뉘어 저장·관리된다.

Resource file은 임무를 수행하는 ‘주체’와 ‘행위’의 목록을 관리하고, 대응 시나리오에서 Activity를 표현할 자원(Resource)을 사용한다(Fig. 6). 이를 위해 S-SOP에서 사용할 방재 설비(System), 팀/사람(Human), 각 팀의 임무(Role) 등의 목록 등 Activity를 표현하기 위한 리소스를 저장한다. S-SOP DB 에디터에 의해 작성된 정보는 버킷구조 형식을 사용하여 파일로 저장되고, 크게 설비 목록을 저장하는 부분, 팀/사람 목록을 저장하는 부분 그리고 임무 목록을 저장하는 부분으로 구분되는데, S-SOP DB 에디터에서 입력한 내용이 반복되는 형식을 갖는다.

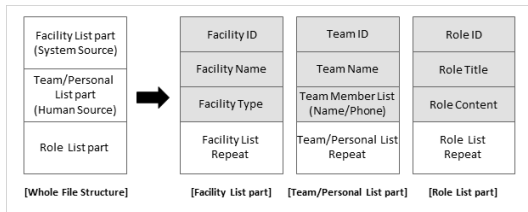


Fig. 6. Structure of resource file

Shape file은 Fig. 7과 같이 플로우차트로 표현된 대응 시나리오의 Drawing 정보를 저장한다. 플로우차트 내 각 노드(Node) 및 연결선(Connection)의 위치, 크기, 모양 및, 색상 등의 정보를 가지고 있으며, 행위(Activity)는 둥근 테두리 사각형, 조건 분기는 마름모, 종료는 타원으로 나타내고 각 노드는 연결선(Connection)으로 이어져 있다.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<FlowChart>
  <Node Caption="화재감지기" Location="1341, 714"
  Color="12615808" Style="1006" Id="145923848" />
  <Node Caption="재연램프" Location="1405, 791"
  Color="12615808" Style="1007" Id="145924904" />
  <Node Caption="엘레베이터" Location="1560, 709"
  Color="8454016" Style="2003" Id="145930712" />
  <Node Caption="설비팀" Location="1638, 781"
  Color="8454016" Style="2004" Id="145926224" />
  <Node Caption="방재팀" Location="706, 723"
  Color="8454016" Style="2001" Id="145926752" />
  <Connection Color="255" Style="0" Dashed="1"
  InputNode="109228832" OutputNode="109232416"/>
  <Connection Color="255" Style="0" Dashed="1"
  InputNode="109228384" OutputNode="39805936"/>
  <Connection Color="255" Style="0" Dashed="1"
  InputNode="109227712" OutputNode="109231968"/>
</FlowChart>
  
```

Fig. 7. Structure of shape file

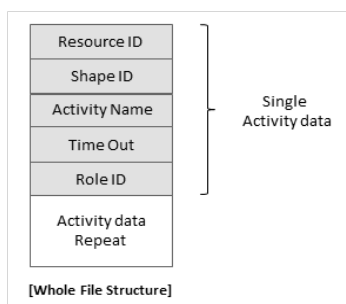


Fig. 8. Structure of activity file

Activity file은 플로우차트로 표현된 각 Activity의 정보를 저장하고, 이는 System/Human 주체가 어떠한 임무를 수행하는지에 대한 정보가 포함된다. 각각의 Activity는 버킷 구조로 속성값을 갖고, 하위 버킷으로 순차적으로 나열되어 저장 관리된다(Fig. 8).

### 3.2 S-SOP 구성 모듈 설계

#### 3.2.1 DB/시나리오 에디터 모듈

에디터 모듈은 크게 DB와 시나리오로 구성된다. DB 에디터는 대응 시스템(설비/센서/단위 시스템 등), 대응 인력, 수행 임무를 Activity 단위로 작성한다. 이외에도 시나리오 진행을 위해 조건 분기 역할을 하는 조건 Activity, 시나리오 종료를 의미하는 상황종료 Activity 등이 추가로 존재한다. DB 에디터는 공통된 속성을 갖는 상위 Activity를 작성하고, 타입에 따른 개별 속성을 갖는 Activity들은 상위 Activity로부터 공통 속성을 상속 받는 구조이다(Fig. 9). 작성된 Activity는 Activity Pool로 저장된다.

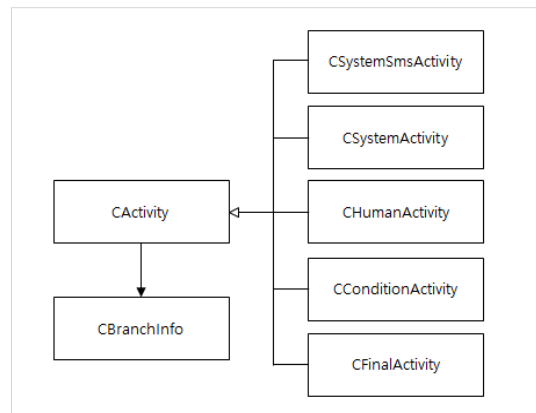


Fig. 9. Definition of activity module

시나리오 에디터는 앞서 정리된 System/Human/임무 Activity Pool/Resource Pool을 활용하여 대응 시나리오를 시간 개념이 추가된 플로우차트 형식으로 작성한다. 새로 생성된 Activity는 타입에 따라 내부적으로 정보를 관리할 CHumanActivity, CSystemActivity 및 CFinalActivity 등 해당 모듈의 기본값으로 초기 세팅되고, 이후 속성창을 통해 상세 속성값을 변경하거나 임무 내용을 변경하는 작업을 수행한다. 각각 배치된 Activity는 연결선을 통해 실행 순서를 지정하게 되며 상황종료



Activity를 마지막으로 시나리오 작성이 마무리 되면 최종 시나리오 파일을 저장한다. 에디터 화면에 시나리오의 플로우차트로 그리는 기능은 CXTFlowGraphControl 하나로 대체 표현하고, 사용자가 작성한 시나리오를 화면에 출력하고 상세 정보 수정이 가능한 모듈은 CDSOPeDitorView로 구성하였다(Fig. 10).

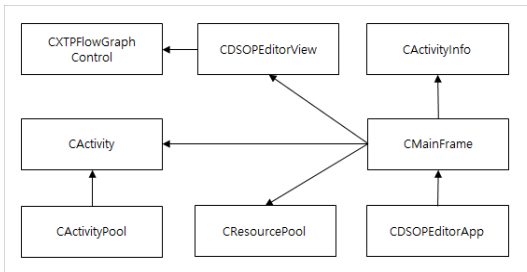


Fig. 10. Design of S-SOP editor module

### 3.2.2 Runtime Service Model(RSM) 모듈

RSM 모듈은 재난 발생 시 에디터에서 작성한 DB와 연계하여 대응 시나리오를 읽어오고, 시나리오에 따라 Activity를 동작시킨다. 또한 실시간 센서/설비 상태 조회 및 자동 동작 명령 전달, Human Activity 관련 개별 SMS 임무 전달 등 대응 업무가 실시간 유기적으로 수행할 수 있도록 하는 기능을 제공한다. Fig. 11과 Table 2는 각각 RSM 모듈의 구성도와 각 기능에 대한 상세 내용을 설명한다.

Table 2. Main functions of S-SOP RSM module

No.	Function	Contents
1	CActivityPool	Call activity information created in the S-SOP Editor for use in replaying scenarios
2	CSenarioPlayer	Once the scenario is started, perform the function of Activity according to the scenario
3	CSenarioQueue	Information such as activity results, quarterly contents, logs, etc. are sent to the CViewerThreadPool module
4	CSockStream	Perform TCP/IP communication so that the RSM can send and receive data with the Viewer/IO Server
5	CViewerListener	Wait for the connection from the viewer and process the request from the viewer if the connection is made
6	CViewerThread Pool	Deliver scenario status/Activity change status, etc. to the viewer
7	CLogManager	Manage logs of activity performance results

No.	Function	Contents
8	CTagMapper	Manages the tag information table and maps the tag id and associated activity to each other
9	CTagReadWriter	Receive disaster events from IO-Server
10	CTagCmdParser	Organize data in Kafka format
11	CLogMan	Saves logs that are RSM-enabled to a file and uses them to respond to future failures
12	CRmsResp Bucket	Deliver the Change of Activity Status and Branch Information between Activity to Viewer
13	CRsmService	Starts and initiates related functions at the start and end of the service in the RSM
14	CRegInfoDlg	User manages information such as resource file/Activity information file/tagtable file path, IO-Server connection address, and connection port
15	CRsmRegInfo	Store/manage inputs from the CregInfoDlg module for use in RSM operation
16	CServiceUIDlg	Screen UI showing service start/end and service status of the RSM
17	CMainFrame	Manage instances of each module
18	CDSOPRsmApp	Allocate or disable the resources that you want to use at the start/end of a program

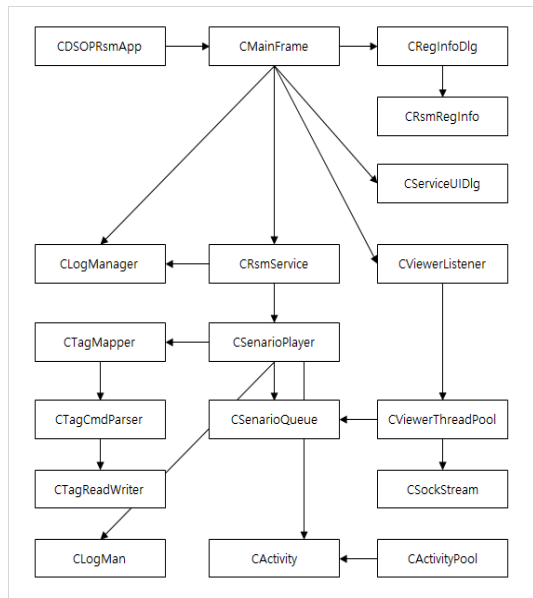


Fig. 11. Design of S-SOP RSM module

IO-Server로부터 전달되는 센서/설비/단위 시스템 정보는 Tag ID 및 상태값으로 존재하기 때문에, S-SOP

운영 도구에서 시나리오를 진행하기 위해서는 해당 Tag ID에 대한 설비 종류, 설치 위치 등에 대한 추가적인 정보가 필요하다. 따라서 S-SOP RSM에서는 아래와 같이 센서/설비/단위 시스템의 Tag ID별 해당 타입, 위치, 기타 관리 정보를 테이블 형태로 관리하고, 실제 대응 시나리오 상의 System Activity를 상호 연동 시 활용한다. 이때 IO-Server로부터 받은 Tag ID값의 RES\_ID를 사용하여 관련 Activity를 검색하고, LOC\_DONG 및 LOC\_STORY 필드를 사용하여 이벤트가 발생한 위치를 판단할 수 있다. 또한 VAL\_NOM 필드와 VAL\_EVENT 필드값을 사용하여 Activity의 상태 판단이 가능하다. Table 3는 105동 27층에 설치된 센서/설비의 Tag 파일 예시이다.

Table 3. Example of tag file

Tag ID	Type	RES_ID	RES_NAME	LOC_DONG	LOC_STORY	VAL_NOM	VAL_EVENT
10001	1	1001	Fire Detector	105	27	0	1
10002	1	1002	Smoke Sensor	105	27	0	1
10003	1	1003	Temperature Sensor	105	27	0	1
10004	1	1004	Gas Sensor	105	27	0	1
10005	0	1005	Clean Fire Extinguishing Gas	105	27	0	1
10006	0	1006	Smoke Screen	105	27	0	1
10007	0	1007	Fire Shutter	105	27	0	1
10008	0	1008	Fire-fighting Pump	105	27	0	1
10009	0	1009	Fire Door	105	27	0	1
10010	0	1010	Sprinkler	105	27	0	1
10011	0	1011	Damper	105	27	0	1

### 3.2.3 뷰어 모듈

뷰어 모듈은 재난 발생 시 RSM 모듈을 통해 방재실에서 재난 발생을 인지하게 하고, System/Human Activity의 임무 수행여부, 타임라인을 통한 전체 재난 대응 진행도, 재난발생 경과시간 등의 대응 시나리오 기반 실시간 진행 상황을 확인할 수 있다.

RSM 모듈과 뷰어 모듈은 상호간 TCP/IP 기반 2-connection 방식으로 데이터 통신이 이루어진다. 첫 번째 접속(Connection)은 시나리오 종료까지 접속을 유지한 상태에서 지속적으로 시나리오 진행에 따른 Activity

의 상태 변화를 수신하며 뷰어에서 시나리오의 진행 상황을 표시할 때 사용된다. 이는 RSM에서 시나리오 재생 시 발생하는 Activity의 상태 및 로그 정보를 지속적으로 받기 위한 목적으로 사용된다. 뷰어는 접속이 이루어진 이후 시나리오 상태 수신 접속임을 알리는 'Hello' 메시지를 전달한다. 'Hello' 메시지를 받은 RSM은 접속 시 각 Activity의 상태, 분기정보, 로그 목록 등을 뷰어에 전달하며, 이후 시나리오 재생 시 발생하는 변경사항을 지속적으로 전달한다(Fig. 12).

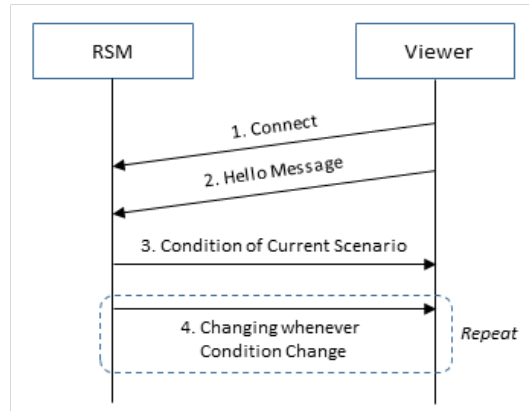


Fig. 12. Receive process of scenario condition

두 번째 접속은 뷰어에서 RSM으로 전달 요청이 있을 경우 접속이 이루어져 요청이 전달되고 결과를 받은 후 접속을 종료한다(Fig. 13). 뷰어는 접속이 이루어지면 'Request' 메시지를 전달하여 뷰어의 명령 처리 접속 상태를 RSM에 알린다. 이후 RSM에서 처리할 명령을 전달하면 RSM은 결과 처리 후 뷰어에 전달한다. 접속은 뷰어가 결과를 수신한 이후 종료된다.

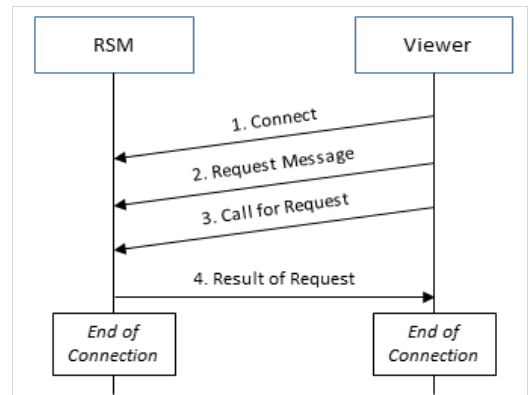


Fig. 13. Delivery process of viewer request



## 4. S-SOP 운영 도구 개발

### 4.1 DB/시나리오 에디터 모듈

본 장에서는 3장에서 정리한 S-SOP 에디터 설계 내용을 바탕으로 프로그램을 다음과 같이 구현하였다. DB 에디터는 Fig. 14와 같이 System/Human/임무 리소스를 각각 작성하여 Activity 팔레트를 구성한다. System 리소스의 경우 센서/설비/단위 시스템의 타입, 임무형 그룹, 응답대기 여부 등을 구성하고, Human/임무 리소스는 비상대응조직 기반 해당 팀원과 할당 임무 내용을 매칭하는 역할을 한다.

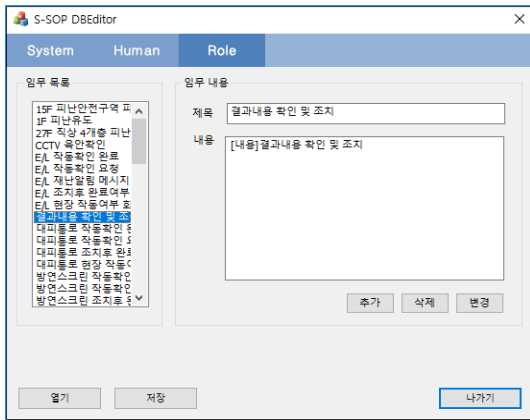


Fig. 14. Creation of Role resource

시설물의 Activity 팔레트가 완성되면, Fig. 15와 같이 시나리오 에디터에서 이를 활용하여 사전에 문서 형태로 정의한 대응 시나리오를 전자화 한다. 팔레트에서 Activity를 끌어와 메인 화면에 배치시키고 상세 속성정보를 지정한 후, 수평(동시시간대 수행)과 수직(시간의 흐

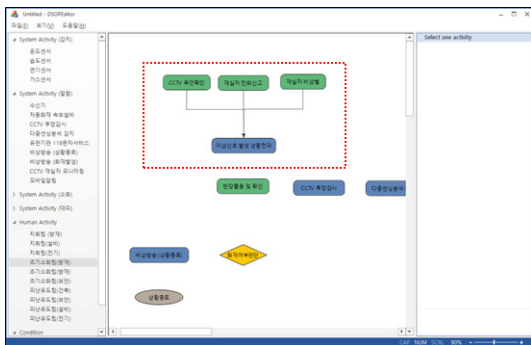


Fig. 15. Creation of response scenario

름에 따라 수행) 개념을 화살표 형태의 연결선을 통해 Activity 간 관계성을 정의한다. 향후 시설물의 환경 변화(증축/개축/리모델링 등)에 따라 대응 시나리오가 수정되어야 할 경우는 1차로 문서 형태의 시나리오를 재구성하고, 2차로 본 에디터를 사용하여 운영 환경을 업데이트 한다.

### 4.2 RSM/뷰어 모듈

RSM은 서비스 형태로 운영되고 시나리오 진행 내용은 뷰어를 통해 확인할 수 있다. 따라서 RSM 구현화면은 서비스의 시작 및 종료 그리고 각 연동 시스템과의 접속 상태에 대해서만 표시한다. 상세 설정 창에서는 시나리오 재생을 위해 필요한 Activity 리소스 파일 경로, 시나리오 파일 경로, Tag 테이블 정보 파일 경로 등의 각종 파일 경로를 설정하고, 뷰어에 대한 서비스 포트를 설정한다.

[재난대응\_RSM 접속]을 수행을 수행하면, 뷰어는 RSM에 접속하고, 재난 발생 시 대응 시나리오의 재생을 준비한다. 뷰어는 크게 실제 재난 발생 시 자동 작동되거나, 모의훈련 등 시나리오 점검 및 사전 시뮬레이션 목적으로 수동 작동이 가능하다. 자동 작동에서도 센서의 이상신호 알람이 아닌 비상벨, 전화 신고 등 사람에 의한 발생의 경우 방재실에서 총괄관리자가 발생 위치, 재난 종류를 선택하여 즉시 뷰어 기반 S-SOP 시나리오를 실행할 수 있다(Fig. 16).

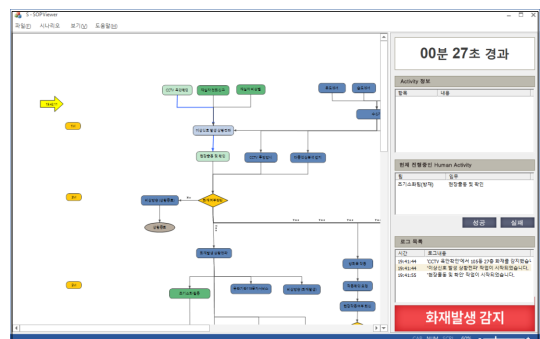


Fig. 16. Real time service screen of viewer

Fig. 17과 같이 수행 중인 Activity는 깜빡임으로 표시하고, 수행 완료된 Activity는 결과에 따라 실패 시 주황색으로 표시한다. 시나리오가 진행되는 동안 Activity의 수행 내용은 좌측 하단 로그 창에 표시되고, 로그 창에서 특정 로그를 선택하면 해당 Activity가 시나리오 화

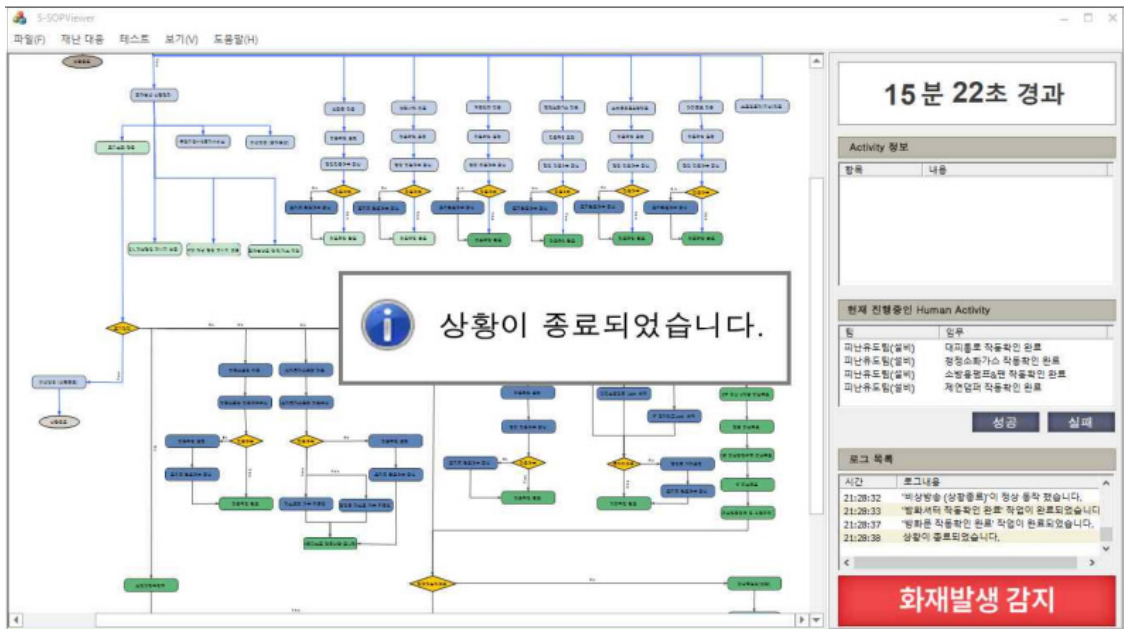


Fig. 17. Finish screen of disaster event

면에서 선택되어 사용자가 이전 진행상황까지 쉽게 찾을 수 있다. 시나리오의 진행이 완료되면 상황종료 안내를 표시하고, 시나리오 재생을 종료한다.

### 4.3 시사점 분석

본 연구에서 제시하는 S-SOP 운영 도구의 물리적 연동 환경은 시설물에 구축된 센서/설비/단위 시스템과의 연동으로 보다 자동화된 대응체계를 구축하고자 함이다. 비상대응조직의 숙련 여부와 긴박한 상황이 주는 불안요소에 상관없는 시스템 기반의 기밀하고 시의 적절한 대응이 가능하다. 그러나 S-SOP 프로세스 내 119 전화 신고를 통한 재난 발생, 육안 확인으로 정확한 화재 확정 등의 상황 판단은 사람에 의한 Activity로서, 현재 수동 작동과 관련된 임무들을 고려하여 개발 중에 있다.

또한 보다 자동화된 첨단 설비가 구축된 시설물의 경우 효과적으로 작동할 수 있겠지만 시설물의 환경 특성에 따라 물리적 연동이 미흡하다더라도, 디지털 SOP의 본질적 목표 중 하나인 적시적소에 비상대응조직에 해당 업무를 전달하고 피드백 받음으로써 방재센터에서 전반적 상황을 모니터링 하는 것에 의의를 가진다. 이는 센서/설비 등을 연동하고 관리하는 RSM 모듈이 IoT 표준을 포함하여 프로토콜 종류에 상관없이 시설물의 다양한 특성을 반영하고 손쉽게 시나리오를 구축할 수 있도록 시스템 구성이 요구된다.

### 5. 결론

본 연구는 재난 발생에서 소방대 도착 전까지 시설물 내 자체 초기대응을 위해 매뉴얼로 활용되던 기존의 SOP의 소극적 대응 체계를 개선하기 위해, 시설물 현장과 실시간 연동되고 임무 관리 및 모니터링이 가능한 시스템 기반의 SOP 운영 도구를 제안하고 이를 구축하였다. S-SOP 운영 도구는 재난 발생 시 효과적 대응뿐만 아니라, 비상대응조직 변경, 센서/설비 증설, 내부 리모텔링으로 인한 공간용도 변경 등 시설물의 환경 변화 시 해당 시스템을 통해 관리자 차원에서 간단한 수정/변경이 가능하다. 또한 시설물의 용도마다 공통으로 구축되어 있는 System/Human Activity를 조사하여 [일반 Activity Pool]을 구성하고 이를 바탕으로 시설물의 [기본 S-SOP 시나리오 Framework]를 도출함으로써, 새로운 시설물 혹은 사이트에도 S-SOP 적용이 용이하다.

S-SOP 시스템이 효과적으로 작동하기 위해서는 평소 비상대응조직의 개별/팀별 임무 숙지 및 재난 관련 센서/설비들의 상시 유지관리 등이 수반되어야 한다. 이는 S-SOP 기반 주기적인 모의훈련을 통해 현장에 최적화된 Activity의 최대 허용시간을 도출하여 적용함으로써, 사이트에 최적화된 SOP 시나리오를 구축해야 할 것이다. 또한 기상청 데이터 등 외부 데이터 연계를 포함하여 사용자 서비스 중심의 정보 위주의 효과적 대시보드를 구

성함으로써, 긴급한 상황에서 효과적으로 활용될 수 있는 방안을 마련해야 한다.

## References

- [1] University of Northern British Columbia, Emergency Action Plan (EAP) and Standard Operating Procedure (SOP) Development Resources, Technical report, 2021.
- [2] The State of Queensland(Queensland Health), Standard operating procedure for border measures-pandemic influenza, Technical report, 2014.
- [3] FEMA, Public Assistance SOPs and Operations Manuals, 2020.
- [4] National Disaster Management Institute, Reinforcement of collaboration function and development of improvement of manual for user understanding Reports, Research report, 2015.
- [5] Seoul Metropolitan Government, Guideline for Seoul Disaster Management Communication, Research report, 2014.
- [6] C. H. Han, S. H. Park and M. O. Yoom, "A Study on the U.S Emergency Communications Operating System and Standard Operating Procedures Analysis", Journal of Korean Institute of Fire Science& Engineering, Vol.13, No.5, pp.78-86, Oct. 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.5.078>
- [7] Ministry of Public Safety and Security, Analysis model of disaster and analysis of cases, Research report, 2014.
- [8] Ministry of Public Safety and Security, Development of the Korean Standard System for the Reaction of Disaster, Research report, 2015.
- [9] S. G. Park, "A Study on Model for Developing SOP with Public Safety Communications", Journal of Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers, Vol.23, No.1, pp.214-1,223, Mar. 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2019.23.1.214>
- [10] S. J. Lee, S. G. Park, C. M. Ki, J. H. Park and H. J. Jo, "Development of Standard Operating Procedure (SOP) Training Model Using Disaster Safety Communication Network Based on Public Safety Long Term Evolution (PS-LTE)", Journal of Disaster Management, Vol.21, No.6, pp.53-61, Dec. 2021.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9798/KOSHAM.2021.21.6.53>
- [11] S. P. Hong and C. S. Cheung, "The Study on the Utilization of eSOP System for Disaster Response & Situation Management Based on the Planning", Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.17, No.6, pp.115-120, Dec. 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9798/KOSHAM.2017.17.6.115>
- [12] National Disaster Management Institute, Development

of the Decision Support Technology for Disaster Management, Research report, 2014.

- [13] Y. S. Yoon, S. W. Bae and S. K. Rheem, "Establishing a Standardized Response System for Organic Linkage of On-Scene Disaster Management System", Journal of Crisisonomy, Vol.12, No.12, pp.37-46, Dec. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14251/crisisonomy.2016.12.12.37>

김 지 은(Ji-Eun Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 경희대학교 건축공학과 (공학사)
- 2012년 8월 : 경희대학교 건축학과 (공학석사)
- 2017년 12월 : 경희대학교 건축학과 박사수료
- 2013년 11월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

<관심분야>

건설 ICT 융합, Digital Twin, BIM/GIS, 3차원 드론 자율 비행, 시스템 기반 재난 대응