

재난 빅데이터를 활용한 대형복합재난 피해확산예측 시스템 구현에 관한 연구

정우석*, 오승희*, 이용태^o

A Study on the System Implementation of Mega Complex Disaster Damage Evaluation and Estimation Using Disaster Bigdata

Woo-Sug Jung*, Seung-Hee Oh*, Young-Tae Lee^o

요약

본 논문은 복수개의 자연 및 사회재난이 상호 연계되어 발생하는 복합재난 확산예측 시스템 구현에 관한 것이다. 복합재난 확산예측 시스템은 시나리오 자동생성, 통합모델링 및 가시화 기능으로 구성된다. 시나리오 자동생성은 STEEP, 델파이기법, 과거 재난발생 사례 분석기법을 활용하여 국내 상황에 부합하는 재난연계성 매트릭스와 지역특성 지수를 산정하고 시나리오를 자동 생성하는 모듈을 구현하였다. 통합모델링은 개별재난 확산예측 결과를 활용하여 복합재난 확산예측 범위를 산정하고 Natech에서 정의한 인명, 경제, 사회 및 환경적 피해로 세분화하여 피해를 산정하였다. 본 논문에서 복합재난 피해 규모를 산정하기 위해 잔존자원가치 기반 피해규모 산정 방법을 제안하였다. 본 논문에서 통합모델링 결과는 OpenGIS 엔진을 활용하여 2D 형태로 가시화하며, 국토교통부의 V-World를 활용하여 3D 가시화하였다.

키워드 : 복합재난, 자연재난, 사회재난, 시나리오 자동생성, 잔존자원가치

Key Words : Complex Disaster, Nature Disaster, Social Disaster, Automatically Scenario Generation, the value of remained resource

ABSTRACT

This paper describes the system implementation of a mega complex disaster prediction and diffusion in which multiple natural and social disasters are combined. The system of mega complex disaster prediction and diffusion consists of a function of scenario automatic generation, integrated modeling and visualization. Scenario automatic generation uses methods of STEEP, Delphi technique and an analysis of past disaster case. We make the disaster connectivity matrix and the regional characteristic index that meet the domestic situation and this module are automatically generates the scenario. The integrated modeling for mega disaster prediction and diffusion uses the

※ 본 연구는 행정안전부 극한재난대응기반기술개발사업의 연구비 지원(2017-MOIS31-001)에 의해 수행되었습니다.

※ 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 - 재난안전플랫폼기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018M3D7A1084820).

♦ First Author : Electronics Telecommunication Research Institute, wsjung@etri.re.kr, 정희원

° Corresponding Author : Electronics Telecommunication Research Institute, ytlee@etri.re.kr, 정희원

* Electronics Telecommunication Research Institute, seunghee5@etri.re.kr, 정희원

논문번호 : 201901-425-D-RN, Received January 14, 2019; Revised March 18, 2019; Accepted March 18, 2019

results of individual disaster diffusion forecasts to estimate the range of the mega complex disaster prediction and diffusion and to classify the damage into human, economic, social and environmental damage as defined by Natech. In this paper, we propose a method for estimating the amount of damaged resource based on the remained resource value in order to estimate the complex disaster damage scale. In this paper, integrated modeling results are visualized in 2D form using OpenGIS engine and 3D visualization using V-World which is support by MOLIT(Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

I. 서 론

오늘날 발생하는 재난은 자연과피 및 환경오염으로 인한 생태계 변화에 따른 기상이변, 급속한 도시화에 따른 인구 및 클라우드 인프라의 도심 집중화가 가속 화됨에 따라 자연재난과 사회재난이 상호 연계되어 복합화되고 대형화됨에 따라 재난간의 상호 작용성 (Interaction) 및 복잡성(Complexity)이 급격히 증가하고 있다^[1].

국내에서는 개별 재난 중심으로 연구가 진행되고 있으며, 두 재난이 상호 연계된 재난에 대해서는 초보 적인 연구 수준에 머무르고 있다. 미국에서는 HAZUS-MH^[2] 프로젝트를 통하여 5개 자연재난이 상호 연계된 시스템을 운영하고 있으며, 유럽에서는 MATRIX^[3], RASOR^[4], HEIMDALL^[5] 프로젝트를 통하여 연속성을 가지고 관련 연구를 수행하고 있다. 특히 HEIMALL 프로젝트에서는 복합재난 예측을 위한 시나리오에 대한 연구를 수행하고 있다.

본 논문에서는 복합재난이 발생 가능한 시나리오를 생성하여 자연재난과 사회재난이 상호 연계되어 확산 되고 발생하는 확산 예측하는 시스템 구조를 제안하고 구현하였다. 복합재난 확산 예측 시스템은 빅데이 터 분석, 고속 네트워크를 통한 실시간 정보 수집 등 ICT 기술과 기수행된 자연재난 및 사회재난 결과물을 활용하여 시나리오 기반 복합재난 확산예측 방법에

대해 연구하고 구현하였다.

본 논문의 2장에서는 복합재난을 정의하고 복합재 난 확산예측을 위한 시나리오 자동생성 방법, 통합모 델링 방법에 대해 기술하였다. 3장에서는 복합재난 확 산예측 시스템 구현에 대해 기술하고 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술하였다.

II. 복합재난 확산예측 방법

2.1 복합재난 정의

대형복합재난이란 동시 또는 순차적으로 두 개 이 상의 자연/사회 재난이 발생하고 그 영향이 복합화되 어 인명, 재산, 기반시설 마비 등 피해가 극심해서 국 가적 위협이 되어 범부처의 통합적 대응이 필요한 재 난^[6]을 의미한다. 본 논문에서는 대형복합재난을 편의 상 복합재난이라고 한다.

복합재난의 대표사례로는 2011년 3월에 발생한 동 일본 대지진이 있는데, 해저에서 발생한 진도 9.0 지 진은 지진해일을 발생시키고 이는 후쿠시마 원자력 발전소를 파괴하여 막대한 방사능 유출로 인한 커뮤 니티 붕괴로 약 300조 이상의 피해가 발생한 바 있다.



그림 1. 자연 및 사회 환경 변화에 따른 복합화 현상
Fig. 1. Complexity phenomenon by change of nature and society environment

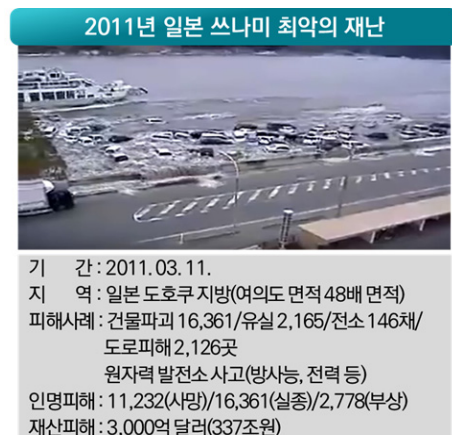


그림 2. 복합재난 사례(동일본 대지진, 2011.03.)
Fig. 2. Case study of complex disaster (earthquake on east Japan, 03.2011)

또한, 2017년 발생한 허리케인 하비는 미국 남부에 상륙하여 강풍과 집중호우가 발생했고 이로 인한 홍수로 사회인프라가 유실되어 화학공장이 폭발하는 등 막대한 직간접 피해를 유발하였다. 국내 복합재난의 대표적인 경우는 주로 태풍에 의한 것이고, 그 외에도 우면산 산사태 및 청주 집중호우 등이 있다. 최근에는 지진 등 신규 복합재난 사례가 발생하고 있어 국내 우수한 ICT 기술을 활용하여 복합재난을 예측함으로써 예방을 통해 대국민 안전권 보장할 수 있다

2.2 복합재난 확산 예측 프로세스

복합재난 확산예측을 위해서는 3가지 과정을 수행한다. 첫 번째 단계는 다양한 자연 및 사회재난들의 연계성을 분석하여 발생 가능성이 높은 재난들이 상호연계된 복합재난 시나리오를 생성한다. 본 논문에서는 복합재난 시나리오를 편의상 시나리오라고 한다. 두 번째 단계인 통합모델링은 시나리오에 포함된 재난들과 상관관계 정보를 활용하여 개별 재난 위험성을 산정한다. 산정된 개별 재난 위험성 정보는 통합모델링을 통해 위험성 정보를 통합하고 복합재난 확산예측 정보를 산정하여 통합 데이터베이스(Database: DB)에 저장한다. 세 번째 단계는 통합 DB에 저장된 통합모델링 정보를 GIS 시스템을 통하여 가시화하는 단계이다. 이러한 절차를 통하여 복합재난 확산예측을 위해서는 시나리오 생성과 통합모델링 과정이 매우 중요하다. 그림 3은 복합재난 확산예측 과정을 도식한 것이다.



그림 3. 복합재난 확산예측 프로세스
Fig. 3. Diffusion and evaluation processor for complex disaster

2.3 시나리오 자동 생성

본 절에서는 개별 재난들이 상호 연계되어 발생할 수 있는 조합들을 생성하는 시나리오 자동생성에 대해 설명한다. 자연/사회현상, 시간 및 공간을 분석하여 연계성이 없는 재난들에 대해 확산-예측하는 것은 비효율적이다. 예를 들면, 여름에 발생하는 폭염과 거

울에 발생하는 한파가 서로 동시에 발생할 수 없으며, 한파가 발생한 상황에서 높은 기온과 습도가 동반되는 조건에 주로 생성되는 태풍은 발생할 수 없다. 따라서 복합재난 확산예측을 위해서는 과거 발생한 재난사례를 분석하여 상호연계성을 분석하고 연계지수를 산정하여 시나리오를 자동 생성하거나 사용자가 원하는 형태의 시나리오^[7]를 생성하는 것이 중요하다. 그림 4는 복합재난 확산예측을 위한 시나리오 필요성을 도시하였다

본 논문에서는 시나리오를 자동생성하기 위해 거시적 환경분석 기법인 STEEP(Social, Technology, Economy, Ecology, Politics)분석, 전문가 설문조사 기반 델파이기법, 과거재난 사례분석 기법을 활용하여 재난간 연계성 기반 시나리오 자동생성 알고리즘을 도출하였다.

STEEP분석은 재난에 의해 영향을 받는 외부적 요인을 파악하는 방법으로 사회, 기술, 경제, 환경과 자원, 정치의 5가지 요소로 질문한 결과를 토대로 초대형 중대재난에 해당하는 재난에 대한 의견을 수집하여 정리한다.

재난관리는 다양한 자연/사회현상이 복잡하게 연계된 복잡성(Complexity)에 관련된 것으로 수치 해석 방법만으로는 문제를 해결하기에는 한계가 있기에 다양한 경험을 보유하고 있는 재난전문가들의 의견수집·반영이 중요하다. 델파이 기법은 재난 전문가 설문조사에 기반한 검증방법이다. 본 논문에서는 초대형 중대재난에 대한 정의를 위해 진행한 분석 방법으로 델파이 1, 2차 조사를 통해 재난 분야 전문가들의 다양한 의견을 분석하는 방식을 적용하였다. 델파이 1차 조사의 경우 초대형 중대재난 개념에 대한 전문가들의 응답을 분석하였으며, 델파이 2차 조사를 통해 초대형 중대재난으로 판단할 수 있는 구체적 기준 단위 및 수치에 대해 분석하였다.

과거재난 사례분석 기법은 실제 발생한 과거재난들을 분석하여 재난간의 연계 강도를 분석하기 위한 것



그림 4. 복합재난 확산예측을 위한 시나리오 필요성
Fig. 4. The necessary of automatically scenario generation for complex disaster

이다. 과거재난 사례분석 관련하여 Gill^[8]은 시간, 공간 및 재난확산 유형에 따른 분류 등을 통하여 재난 연계지수 산정 방법을 제안하였다. 본 논문에서도 Gill^[8]을 참고하여 국내에서 발간된 재난사례 보고서인 재해연보, 재해연감, 태풍백서, 지진 분석 보고서 등 재난관련 보고서들과 온라인으로 수집된 SNS, 뉴스, 정치영상, 동영상 등과 같은 재난 빅데이터에 대한 분석 및 수치화 과정을 통하여 국내 환경에 적합한 재난연계성 매트릭스를 생성하였다.

그림 5는 태풍백서에 기술된 1994년부터 2016년까지 국내에 영향을 미친 24개 태풍에 대해 발생시점, 경로, 확산범위, 피해규모 등에 대해 분석한 내용을 도시한 것이다. 본 논문에서는 태풍 뿐 아니라 지진, 한파, 폭염, 산사태, 낙뢰 등 국내에서 발간된 재난사례 보고서와 국내외 뉴스, SNS 등 정보를 수집·분석하여 재난간 연계 지수를 산정을 위한 보조 자료로 활용하였다. 연계지수를 산정하기 위해 분석된 자료들은 복합재난 확산예측 시스템에서 사용자에게 재난발생 사례형태로 제공된다. 분석된 개별 재난과 연계 재난간의 연계성은 방향성을 가지고 수치화 하였다.

그림 6은 발생한 재난과 연계되는 재난들을 항목별로 0-100까지의 연계성 수치를 설정하고 이를 매트릭스 형태로 도시한 것이다.

본 논문에서는 시나리오 자동생성을 위하여 재난간 연계성 지수 뿐 아니라 공간적인 분석을 위하여 지역 특성을 고려하였다. 지역 특성은 해당 공간에 거주하는 전체 인구수, 연령별 인구수, 해안가 강·저수지·산악 등 자연재난을 유발하는 자연적 재난유발 요소와 가축사육유두수·원자력시설·교통시설·발전소 등 사회적 재난유발 요소 등 약 76종의 인벤토리를 구축하고 분석하여 지역특성을 고려한 공간적인 위험요소를 수치화 하였다. 지역특성을 고려한 공간적인 위험요소는 정부에서 표준으로 제공하고 있는 행정동·법정동 코

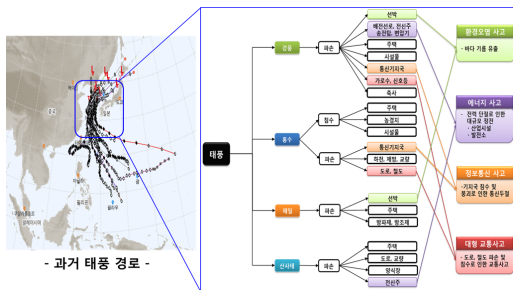


그림 5. 복합재난 사례분석(모재난: 태풍)
Fig. 5. Case analysis of complex disaster (parent disaster: Typhoon)

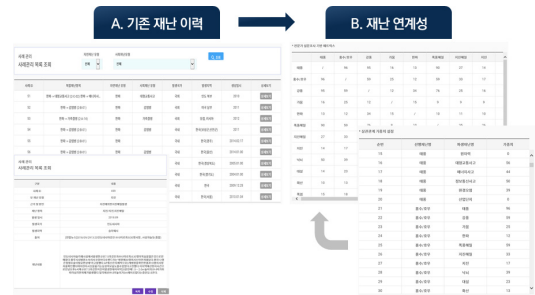


그림 6. 시나리오 자동생성을 위한 재난 연계성 매트릭스
Fig. 6. The matrix of disaster relationship for automatically scenario generation

드 기준으로 시군구 기준으로 분류하고 1-5등급으로 수치화 하였다.

그림 7은 시나리오 자동생성을 위한 지역특성 지수를 도시한 것이다. 시나리오 자동생성은 상기에 기술한 시나리오 자동생성을 위한 재난간 연계성 지수와 지역특성 지수를 고려하여 자동생성된다. 시나리오 자동생성 알고리즘은 두가지 단계를 가진다. 첫 번째 단계는 사용자가 선택한 최초의 재난으로부터 연계지수 기반으로 임계치를 초과하는 파생 재난들을 선정하여 1차 시나리오를 생성한다. 두 번째 단계는 1차 시나리오를 공간적으로 자연·사회적 위험요소를 고려하여 위험적 요소가 없는 불필요한 파생 재난들을 제거하여 최종 시나리오를 자동생성하게 된다. 예로 2011년 서울 우면동 산사태는 호우에 의해 산사태가 발생한 경우로 만약 해당 지역이 산야가 없는 평야지대였다면 호우에서 산사태로 재난이 확산될 수 없다. 이런 경우에는 지역특성을 고려하여 1차 시나리오로부터 산사태를 제거한 후 최종 시나리오를 생성한다.

	인구밀도	해안	농수림장	간수량	산악	가축사육	원자력	교통시설	발전소	연안시설	풍간시설	연안시설
1 서울특별시	5	1	1	4	1	2	0	0	4	0	1	1
2 서울특별시	홍남구	2	1	1	5	4	1	2	0	0	2	1
3 서울특별시	문구	2	1	1	3	1	1	2	0	0	2	1
4 서울특별시	문안구	3	1	1	3	1	1	2	0	0	2	1
5 서울특별시	명동구	4	1	1	3	2	1	2	0	0	2	1
6 서울특별시	문안구	4	1	1	3	3	1	2	1	1	2	1
7 서울특별시	홍남구	4	1	1	3	2	1	2	0	0	2	1

그림 7. 시나리오 자동생성을 위한 지역특성 지수
Fig. 7. The Index of local specialty for automatically scenario generation

2.4 복합재난 통합모델링

복합재난 확산예측 시스템은 개별 자연·사회재난 모델 수행결과를 기반으로 복합재난 확산예측 범위와 피해 규모를 산정한다. 본 논문에서는 이를 통합모델링이라고 한다. 통합모델링은 재난 확산예측과 피해규모 산정 단계로 구성된다. 본 연구에서는 재난확산 유형은 아래와 같이 구분하였다.

- 1) 유지형: 1차 재난 강도가 일정하게 유지되나, 2차 재난으로 확대되지 않은 재난확산 유형
- 2) 연속확산형: 1차 재난이 2차 재난을 유발하며, 1차 및 2차 재난 강도가 지속적으로 상승하는 재난확산 유형
- 3) 연속유지형: 1차 재난이 연속형으로 재난의 강도가 지속적으로 상승하지만 2차 재난은 재난 강도가 일정하게 유지되는 재난확산 유형

본 논문에서는 격자 단위로 확산예측 과정을 수행하며, 단일 재난이 발생하는 지역은 유지형으로 산정하고 복수개의 재난이 중첩될 지역은 연속유지형으로 산정하였다. 연속확산형은 많은 계산량이 발생하여 시스템 최적화를 위하여 배제하였다. 예를 들면 위험도가 3과 4를 가지는 재난이 중첩될 경우 연속유지형으로 분류하여 위험도는 4로 설정하여 확산예측한다.

본 논문에서는 전체 자원량에서 1차 재난 피해액을 감산한 잔존 자원량을 기준으로 2차 피해를 계산하는 잔존자원가치 기반 피해산정 방식을 제안하였다. (식 1)은 잔존자원 피해산정방식 수식에 관한 것이다. 아래 내용은 잔존자원가치 기반 피해산정을 위한 인자에 대한 설명이다.

통합모델링 피해 자원량은 모재난 및 파생재난의 피해 자원량의 합으로 표시할 수 있다. 여기서 파생재난의 피해 자원량은 피해가 발생할 때 잔존자원을 기준으로 산정함으로써 통합모델링 피해 자원량은 초과할 수 없도록 하였다. 모재난의 피해 자원량은 $D_r(0)$ 로 표기하며, 파생재난에 의한 피해 자원량은 $D_r(i)$ 으로 표기한다. $D_r(i)$ 은 피해지역의 잔존 자원량 $R_r(i-1)$ 과 개별재난 손실률 $L_r(i)$ 의 곱으로 계산할 수 있다. 여기서 개별재난 손실률 $L_r(i)$ 는 전체 자원량을 기준으로 개별재난을 통해 발생한 자원량의 백분율로 표기할 수 있다. 통합모델링 피해 자원량은 $D_r(i)$ 과정을 i 번을 반복한 합과 모재난 피해자원량 $D_r(0)$ 의 합으로 통합모델링 피해 자원량을 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_t &= R_t - (D_r(0) + \sum_{i=1}^n D_r(i)) \\
 &= R_t - (D_r(0) + \sum_{i=1}^n (R_r(i-1) * L_r(i))) \\
 &= R_t - ((L_r(0) * R_t) + \sum_{i=1}^n (R_r(i-1) * L_r(i)))
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

D_t : 통합모델링 피해 자원량
 R_t : 피해지역 전체 자원량
 $R_r(i-1)$: 피해지역 잔존 자원량

$D_{r(i)}$: i 번째 파생재난 피해 자원량

$L_r(i)$: 개별 재난 손실률

그림 8은 잔존자원 가치 기반 피해산정 방식에 의한 통합모델링 피해산정 순서를 도시한 것이며, 거주민 1,000명과 경제규모가 1,000원을 보유한 지역에 호우, 강풍, 산사태 및 대규모 정전사태가 연계된 복합재난이 발생할 경우 개별재난 피해율을 계산한다. 호우의 경우 600명 인명피해와 300원 경제 손실이 발생하였으므로 인명 손실율은 60%이고 경제적 손실율은 30%이다. 이러한 형태로 개별재난 피해를 산정한다. 호우에 의한 피해를 산정하기 위해 전체 자원량과 손실율을 곱하게 되면 잔여자원량은 400명과 700원이다. 강풍에 의한 인명손실율은 10%이고 경제적 손실율은 20%이므로 호우에 의한 잔존 자원량을 개별재난 손실율과 곱하게 되면 호우와 강풍에 의한 해당 지역의 잔존 자원량은 360명과 560원이 된다. 산사태와 대규모 정전사태에 대해서도 동일한 연산 과정을 수행하게 되면 피해지역의 잔여 자원량은 216명과 196원이 된다. 따라서 호우, 강풍, 산사태 및 대규모 정전사태가 연속 발생하는 시나리오에 의한 통합모델링 피해는 전체 자원량에서 최종 잔여 자원량을 감산하게 되면 784명 인명피해와 804원의 경제적 피해가 발생한다.



그림 8. 잔존자원가치 기반 피해산정 방식 절차
 Fig. 8. The value of remained resource based on damage evaluation

III. 구 현

3.1 복합재난 확산예측 시스템 구조

본 논문에서 제안하고 구현한 복합재난 확산예측 시스템(K-MDDS: Korea Mega Disaster Damage and evaluation System)은 9개 모듈로 구성된다. 외부시스템연동 모듈은 실시간으로 재난 정보를 수집 분석하고 위험성을 산정하기 위해 재난정보공유플랫폼과 위

협성 평가 시스템과 연계된다. 자연재난 시스템 API 는 현재 국내에서 개발 운영되고 있는 지진재해대응 시스템과 풍수해피해예측시스템과 연계하기 위한 표준 입출력 인터페이스이다. 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 복합재난 확산예측을 위한 기초정보를 입력하게 된다. 예를 들면, 피해지역, 재난강도 등이 이에 해당된다. 2D/와 3D 가시화 모듈은 복합재난 확산예측 정보를 가시화하기 위한 모듈이며 복합재난 확산예측 시스템은 확산예측 범위를 OpenSource인 OpenGIS^[9]를 사용한다. 공간모델 인벤토리는 3D 가시화를 위한 공간정보를 포함하고 있는 인벤토리로서 상기에 설명한 시나리오 생성을 위한 인벤토리와는 별개로 구성된다. 아래 내용은 복합재난 확산예측을 위한 핵심 모듈이다.

- 1) 시나리오 자동생성 모듈: 재난연계성 매트릭스와 지역특성 지수 기반으로 시나리오 자동생성
- 2) 자연재난 확산예측 모듈: 개별 자연재난의 확산예측을 위한 모듈로 사전학습된 위험지도를 DB에 저장하고 과학적 보간법인 SIND 모델을 통해 재난 위험도 산정
- 3) 사회재난 확산예측 모듈: 개별 사회재난의 확산예측을 위한 모듈로 시스템 동적 모델 도구인 VENSIM을 이용하여 물리모형 구현
- 4) 통합모델링: 복합재난 확산예측 및 피해 규모 산정

그림 9는 복합재난 확산예측 시스템 구조를 간략하게 도시한 것이다.

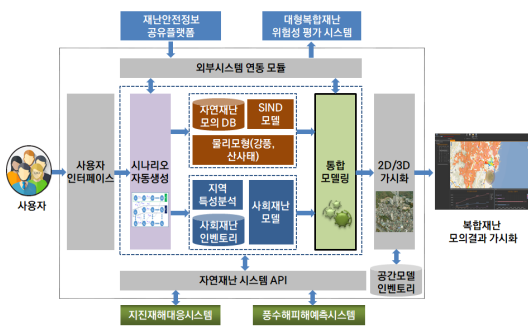


그림 9. 복합재난 확산예측 시스템 구조도
Fig. 9. The block diagram of K-MDDS

3.2 통합 인벤토리 및 데이터베이스

복합재난 확산예측을 위한 개별 재난 모델을 실행하기 위해서는 재난별 기초정보를 인벤토리 형태로 구축한다. 복합재난 확산예측 시스템은 상기에 기술한 바와 같이 인구, 기반 시설, 지역 정보 등 76종 인벤토

리를 구축하였으며, 고속 자연재난 확산예측을 위해 자연재난 사전학습 자료를 별도의 인벤토리로 구축하였다. 또한 개별 재난 및 시나리오를 별도의 데이터베이스를 구축하였다. 그림 10은 기본 및 사회재난 인벤토리 정보 종류를 도시한 것이며, 그림 11은 지진에 대한 자연재난 모델링을 위한 개체관계 다이어그램(ERD: Entity- Relationship Diagram)을 도시한 것이다. 복합재난확산 예측 시스템은 인벤토리와 개별 및 복합재난 모델링을 위한 통합 데이터베이스를 구축하였다. 또한, 중앙부처 및 지방자치단체에서 보유하고 있는 재난관련 정보를 관리하고 있는 재난안전정보공유플랫폼과 고속 폐쇄망을 통하여 연계하여 대형복합재난 확산예측을 위해 필요한 정보를 온라인으로 실시간 정보를 수집한다.

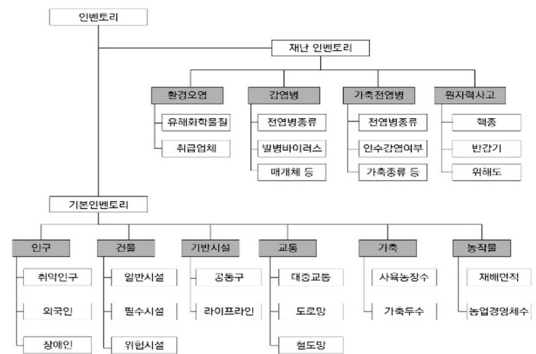


그림 10. 기본 인벤토리 및 사회재난 인벤토리 구성
Fig. 10. The base and social inventory

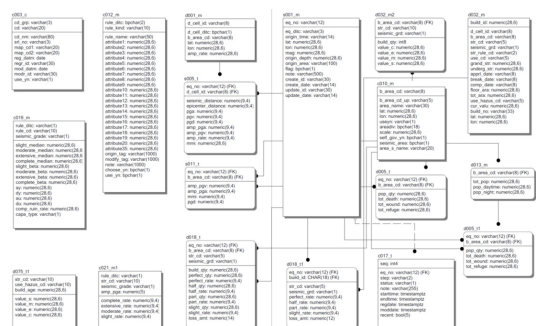


그림 11. 복합재난 확산예측 시스템 ERD(예:지진)
Fig. 11. Earthquake ERD Structure on K-MDDS

3.3 복합재난 확산예측 시스템

3.3.1 웹기반 복합재난 확산예측 시스템 접속

복합재난 확산예측 시스템은 WAS(Web based Application Server) 형태로 개발되었다. JAVA,

Python 등을 이용하여 기능이 개발되었으며 크롬 웹 브라우저를 기본으로 지원하며, IE11 및 파이어 폭스도 함께 지원한다. 라이선스 비용 절감을 위하여 PostgreSQL DB를 사용하였다.

복합재난 확산예측 시스템은 시나리오 생성 및 관리하기 위한 복합재난 시나리오, 복합재난 시뮬레이션 결과를 조회하기 위한 복합재난 시뮬레이션 결과조회, 시나리오 공모 및 전문가 자문을 통한 대표재난에 대한 시나리오 및 복합재난 확산예측 결과를 조회할 수 있는 복합재난 피해 시뮬레이션 결과 항목 및 외부시스템 연계 항목으로 구성된다. 그림 13은 복합재난 확산예측 시스템 접속 초기화면이다.

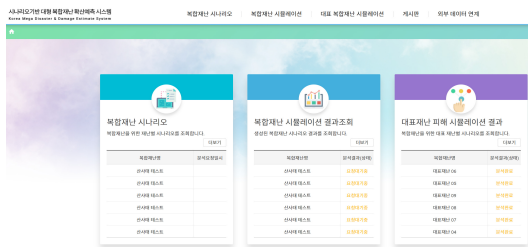


그림 12. 복합재난 확산예측 시스템 초기 화면
Fig. 12. Intro page on KMDDS

3.3.2 시나리오 자동 생성 모듈

시나리오 자동생성 모듈은 시나리오를 자동생성하기 위한 데이터베이스를 가지고 있다. 시나리오 자동생성 DB를 시나리오 생성이력, 재난정보, 사용자 입력정보 등 10가지 범주(Category)를 가진다. 각 범주는 개별 테이블 및 엔트리를 가진다. 또한 상기에 기술한 재난연계성 매트릭스와 지역특성 지수를 별도의 테이블 형태로 저장하고 있다. 재난연계성 매트릭스와 지역특성 지수는 자연·사회 환경 변화에 값이 변경될 수 있어 관리자가 수정할 수 있다.

시나리오 자동생성 모듈은 사용자의 요구에 따른 다양한 시나리오 생성을 위하여 수동생성 모드도 함께 제공한다. 시나리오 자동생성을 위해서는 시나리오 생성 화면에서 복합재난 확산예측 지역, 자동생성 아이콘을 선택하면 자동생성을 위한 팝업 창이 생기며, 팝업 창에서 모재난, 생성되는 시나리오 규모, 재난연계성 지수 결합도 정보(상,중,하)를 입력한다. 해당 정보를 입력하게 되면 시나리오 자동생성 모듈은 내부에 저장된 재난연계성 매트릭스 및 지역특성 지수 정보를 활용하여 시나리오를 생성하게 된다.

표 1은 시나리오 자동생성 DB 테이블을 도시한 것이며, 그림 13은 시나리오 자동생성 DB 테이블의 각

표 1. 시나리오 자동생성 DB 테이블
Table 1. DB Table for automatically scenario generation

ID	내용
1	생성이력
2	노드 정보
3	노드 부가 데이터
4	지역특성 재난등급
5	노드 상관관계
6	복합재난 사례
7	전문가 조사 상관관계
8	사례조사 상관관계
9	재난별 지역특성
10	행정동 코드

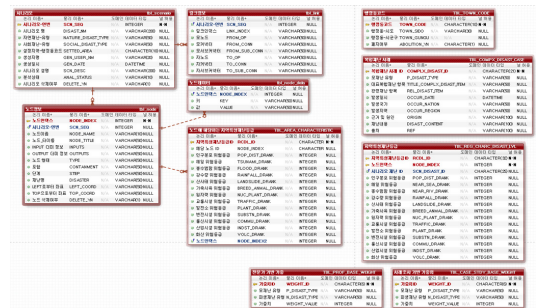


그림 13. 시나리오 자동생성 DB 테이블
Fig. 13. DB table for automatically scenario generation

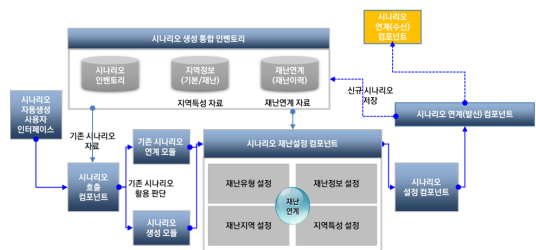


그림 14. 시나리오 자동생성 모듈 구조
Fig. 14. The block diagram of automatically scenario generation

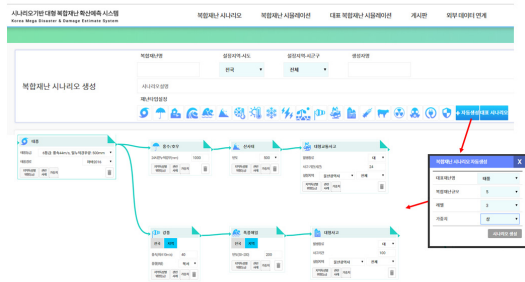


그림 15. 시나리오 자동생성 결과(모재난: 태풍)
Fig. 15. The result of automatically scenario generation

ID에 해당되는 하위 항목을 도시한 것이다. 그림 13의 하위 항목들은 별도의 하위 항목을 가진다. 그림 14는 시나리오 자동생성 모듈의 내부 구조를 간략하게 도시한 것이며, 그림 15는 시나리오 생성 화면을 도시한 것이다.

3.3.3 복합재난 통합모델링 확산예측 결과 가시화

복합재난 확산예측 시스템은 통합모델링에 의한 복합재난 확산예측 결과를 2D 또는 3D 형태로 지도상에 가시화한다. 복합재난 확산예측 결과를 가시화하기 위해 표준지도 및 격자체계를 구축하였다. 전국지도는 1Km x 1Km 격자를 가지며, 지역지도는 10m x 10m의 격자로 구성되어 지도당 수백만 개의 격자를 가지고 있다. 복합재난 확산예측 시스템은 2D 가시화를 위해서 OpenGIS엔진을 사용하며, 3D 가시화를 위해서는 국토부의 V-World와 연계되도록 구현하였다. OpenGIS는 개방형 공간정보 컨소시엄(OGC: Open Geospatial Consortium)에서 세계 지리 공간 공동체를 위해 제정한 개방형 표준을 기반으로 한 GIS 엔진이다. 그림 16은 그림 15에서 도시된 시나리오를 활용하여 2016년 발생한 태풍 차바 경로로 강력한 6등급 태풍이 남해안을 거쳐 동해안으로 빠져나갈 경우 국내 광역시 A에서 발생하는 확산예측 결과를 가시화한 것이다. 그림 16에서 적색계열 원으로 표시된 부분이 태풍에 의해 피해가 발생하는 지역을 작은 원으로 표시된 지역이 복합재난 확산예측을 모의한 A 광역시에서 발생한 복합재난 확산예측 결과이다. 여기서 태풍은 호우/홍수 및 강풍 재난으로 구성되어 모의 하였다. 그림 17은 그림 16에서 태풍 관련 정보를 삭제하고 A 광역시에서 발생한 복합재난 확산예측 결과를 확대하여 도시한 것이다. 해안가 저지대는 호우에 의한 침수뿐 아니라 폭풍해일에 의해 침수가 발생하여 중복되는 지역이 나타나 해당 지역에 대한 침수시설 보완이 필요하다는 정보를 제공한다.

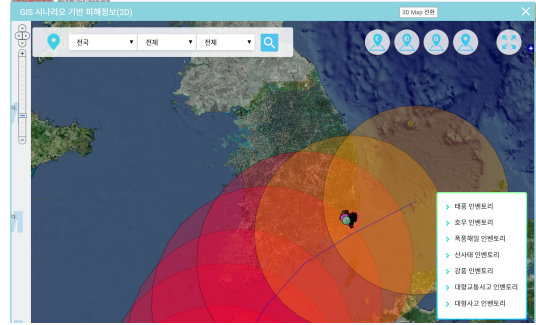


그림 16. 복합재난 통합모델링 예측 결과(모재난: 태풍, 전국)
Fig. 16. The diffusion evaluation of complexed disaster(parent disaster: Typhoon, nationwide)

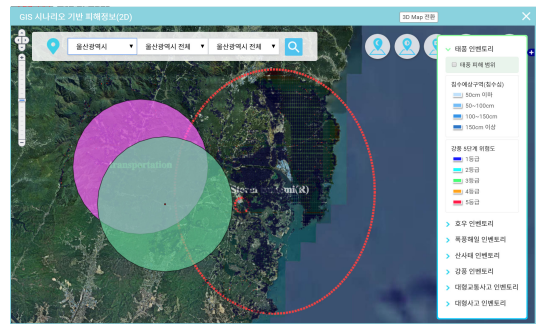


그림 17. 복합재난 통합모델링 예측 결과(모재난: 태풍,지역)
Fig. 17. The diffusion evaluation of complexed disaster (parent disaster: Typhoon, local)

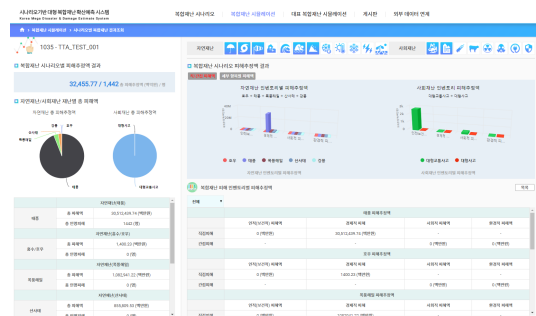


그림 18. 복합재난 통합모델링 피해예측 결과(모재난: 태풍, 지역)
Fig. 18. The evaluation result of complexed disaster(parent disaster: Typhoon, local)

그림 18은 본 논문에서 제안한 잔존자원 기반 피해 규모 사정 방법에 의한 피해 규모를 도시한 것이다. 피해 규모는 Natech에서 정의한 자연재난은 직접 피해(인명 및 경제적 피해)로 산정하며 사회재난은 간접 피해(환경 및 사회적 피해)로 구분하여 산정하였다. 직접 피해는 자연 재난이 발생한 시점에 인명 및 경제 피해를 산정하기 때문에 단시간 발생하는 피해 규모

이다. 간접 피해는 사회적 혼란이 안정화되는 시점을 기본으로 피해를 산정하기 때문에 장기간 발생하는 피해 규모를 산정한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 다수 재난이 동시 또는 순차적으로 발생하는 복합재난에 대해 시나리오 기반으로 확산예측하고 해당 결과를 OpenGIS를 활용하여 가시화하는 복합재난 확산예측 시스템 구조를 제안하고 구현하였다. 과거 발생한 재난 사례 분석을 통하여 재난간 연계지수를 산정하고 델파이 기법을 활용한 보완된 연계지수 기반 복합재난 시나리오를 자동생성하는 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 또한, 자연재난과 사회재난이 복합적으로 발생하는 지역의 위험도 확산예측하고 잔존가치 기반 피해규모 산정방식을 제안하고 구현하였다. 본 논문에서는 개별 재난 모델을 수행함으로써 자연재난과 사회재난 확산범위가 상호 연계되지 않는 한계점을 가지고 있어 향후 이에 대한 연구가 필요하다. 또한 향후 인공지능 및 기계학습 등 첨단 ICT 기술을 활용하여 복합재난 확산예측 자동학습에 대해 지속적으로 연구할 예정이다.

References

[1] Y. T. Lee, "Risk assessment technology for urban core facility related to multiple disasters," 월간 국토, vol. 430, pp. 34-40, Aug. 2017.

[2] <https://www.fema.gov/hazus>

[3] https://cordis.europa.eu/project/rcn/96701_en.html

[4] https://cordis.europa.eu/project/rcn/188821_en.html

[5] <http://heimdall-h2020.eu/>

[6] A study on building a large complex disaster legal base, The Korea Institute of Public Administration, Dec. 2015.

[7] W. S. Jung, et al., "The study on scenario generation mechanism for relevant complex disasters," in *Proc. Fall Conf. IEEK*, vol. 1, Nov. 2017.

[8] J. C. Gill and B. D. Malamud, "Reviewing and Visualizing the interactions of natural hazards," *Rev. Geophysics*, vol. 4, no. 52,

Dec. 2014.

[9] <http://www.opengeospatial.org/>

[10] W. S. Jung, et al., "A study on the implementation of mega disaster damage evaluation and estimation systems," in *Proc. Fall Conf. KICS*, vol. 1, Nov. 2018.

[11] S. H. Oh, et al., "The study on scenario generation mechanism for relevant complex disasters," in *Proc. KICS, Fall Conf.* vol. 1, pp. 224-225, Nov. 2018.

[12] B. H. Lee, et al., "A study of extract common I/O parameter for design of complex disaster prediction model," *J. Satellite, Information and Commun.*, vol. 12, pp. 18-25, Dec. 2017.

[13] B. J. Lee, et al., "A study of a system for predicting damages of complex disasters considering the damage of major facilities," *J. Satellite, Information and Commun.*, vol. 12, pp. 18-25, Dec. 2017.

정 우 석 (Woo-Sug Jung)



1992년 2월 : 명지대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1994년 2월 : 명지대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
 2010년 9월 : 충남대학교 컴퓨터공학과 대학원 졸업(박사)
 1994년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 공공안전지능화연구실 책임연구원

<관심분야> 복합재난확산예측기술, 재난정보전달시스템, 스마트미디어기술, AR/VR, 네트워크보안, IoT 응용 기술, 유무선 네트워크 시스템
 [ORCID:0000-0003-0632-9555]

오 승 희 (Seung-Hee Oh)



1999년 2월 : 전북대학교 전자계산학과 졸업(학사)
2001년 2월 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 대학원 졸업(석사)
2001년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 공공안전지능화연구실 책임연구원

<관심분야> 재난정보전달시스템, 스마트미디어기술, 항공 및 해상 관제시스템, 네트워크 보안

[ORCID:0000-0001-5185-8435]

이 용 태 (Yong-Tae Lee)



1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업 (학사)
1995년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 대학원 졸업 (석사)
2007년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 대학원 졸업 (공학박사)

2009년 3월~현재 : 연합대학원대학교(UST) 이동통신 및 디지털방송공학 교수

1995년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 국방·안전ICT 연구단 단장

<관심분야> 디지털방송기술, 스마트미디어기술, 재난정보전달시스템, 무인기 응용 시스템, IoT 응용 시스템