

- (뒷면에 계속)

- (뒷면에 계속)

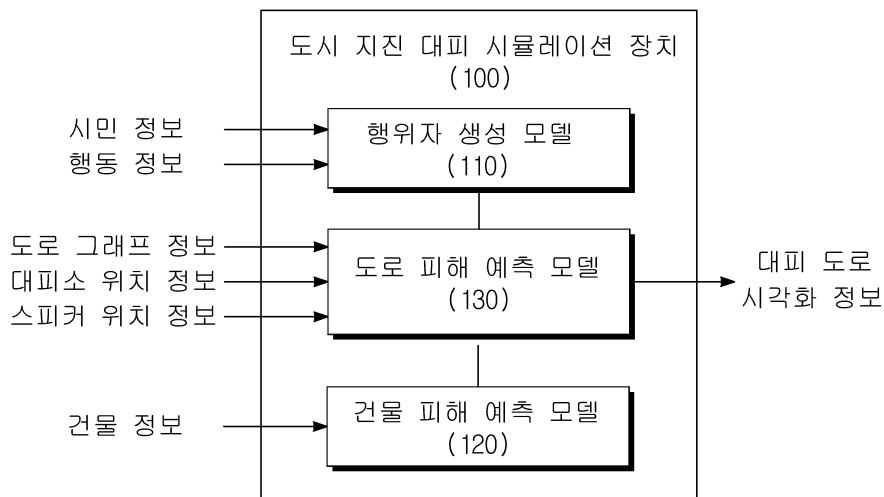
- (74) 대리인  
특허법인우인

심사관 : 유헌욱

(54) 발명의 명칭 그래픽 유저 인터페이스 기반의 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법 및 장치

본 실시예들은 지진 피해 예측 모델링에 따른 건물 피해 정보를 이용하여 지진 피해에 따른 도로 지도 정보를 생성하고, 도로 지도 정보에서 행위자 기반 모델링에 따른 객체 이동 시뮬레이션을 적용하여 지진 발생시 대피 시나리오를 다각도로 분석하고 대피소 확충 및 도로 보강을 시각화하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법 및 장치를 제공한다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 30/20 (2020.01)

G06Q 10/04 (2013.01)

G06Q 50/10 (2013.01)

(72) 발명자

**박재완**

서울특별시 송파구 송파대로 345, 417동 2102호(가락동, 헬리오시티)

**이정은**

서울특별시 강동구 고덕로62길 76, 1동 303호(명일동, 우성아파트)

**최수지**

서울특별시 성북구 창경궁로35다길 36, 1층(성북동1가)

**최복규**

서울특별시 서초구 강남대로30길 55, 4층(양재동)

**갈욱**

서울특별시 성북구 보문로34길 69, 607호

**이지은**

서울특별시 도봉구 도봉로136길 28, 517동 903호(창동, 북한산 아이파크)

(56) 선행기술조사문헌

JP2015041110 A\*

KR101981744 B1\*

KR102019438 B1\*

슈퍼컴퓨터를 활용한 웹 기반 도시 재난 대피 시뮬레이터 개발 연구 (한국HCI학회 학술대회, 2019.2.16)\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1711093262

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

STEAM연구(R&D)

연구과제명

도시 재난 대피 관리 시뮬레이션 프로그램 개발

기 여 율

1/1

과제수행기관명

연세대학교

연구기간

2019.03.01 ~ 2019.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨팅 디바이스에 의한 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에 있어서,

시민 정보 및 행동 정보로부터 행위자 생성 모델을 이용하여 시민 행동 정보를 출력하는 단계;

건물 정보로부터 건물 피해 예측 모델을 이용하여 건물 피해 정보를 출력하는 단계; 및

상기 시민 행동 정보 및 상기 건물 피해 정보를 도로 피해 예측 모델에 적용하고, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 상기 도로 피해 예측 모델을 이용하여 대피 도로 시각화 정보를 출력하는 단계를 포함하며,

상기 도로 피해 예측 모델은 대피소 도로 지도에서 상기 시민 행동 정보에 대해 시뮬레이션을 수행하여 (i) 일반인, 노약자, 및 인도자의 움직임, (ii) 시간에 따른 대피소의 인원 변화, (iii) 시간에 따른 상기 일반인, 상기 노약자, 및 상기 인도자의 대피 비율, (iv) 시간에 따른 대피 인원, 대피 못한 인원, 및 지진 감지 인원의 현황을 포함하는 대피 결과 시각화 정보를 출력하고,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 대피 결과 시각화 정보를 분석하여 도로의 병목 구간을 검출하고 설계 변경이 요구되는 도로를 출력하고,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 설계 변경이 요구되는 도로의 폭을 늘리거나 파괴될 도로를 연결해주는 다른 도로를 추가하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 행위자 생성 모델은 GAMA (GIS & Agent based Modeling Architecture) 프로그램이 적용되며, 상기 행위자 생성 모델, 상기 건물 피해 예측 모델, 및 상기 도로 피해 예측 모델은 그래픽 유저 인터페이스를 통해 정보를 입력하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 행위자 생성 모델은 상기 시민 정보를 일반인, 노약자, 및 인도자로 구분한 행위자의 수를 설정하고, 상기 일반인, 상기 노약자, 및 상기 인도자에 지진 감지 확률, 두려움 확률, 보행 속도, 및 스피커 영향 범위를 포함하는 행동 정보를 설정하여, 시민 행동 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 도로 그래프 정보에 포함된 개별 그래프의 에지와 노드를 분리하고 복수의 도로의 교차점에 해당하는 새로운 노드를 생성하여 하나의 도로 네트워크 지도로 변환하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 건물 피해 예측 모델은 건축년도, 건물 면적, 건물 높이, 및 위치를 포함하는 건물 정보에 대해서 지진과 데이터를 기반으로 건물 손실 비율, 수리 비용, 수리 시간, 적색 태그 확률, 및 최대 지반 가속도(Peak Ground Acceleration, PGA)를 포함하는 건물 피해 정보를 출력하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 건물 피해 정보를 기반으로 상기 건물 손실 비율, 상기 건물 면적, 상기 건물 높이, 및 가중치를 곱하여 피해 영역을 산출하고, 상기 피해 영역을 지나가는 도로 부분을 삭제하여 상기 도로 네트워크 지도를 수정하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 수정한 도로 네트워크 지도에 상기 대피소 위치 정보 및 상기 스피커 위치 정보를 반영하여 상기 대피소 도로 지도를 생성하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법.

## 청구항 8

삭제

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

시민 정보에 행동 정보를 적용하여 시민 행동 정보를 출력하는 행위자 생성 모델;

건물 정보에 지진과 데이터를 적용하여 건물 피해 정보를 출력하는 건물 피해 예측 모델; 및

상기 시민 행동 정보 및 상기 건물 피해 정보를 이용하여, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 대피 도로 시각화 정보를 출력하는 도로 피해 예측 모델을 포함하며,

상기 도로 피해 예측 모델은 대피소 도로 지도에서 상기 시민 행동 정보에 대해 시뮬레이션을 수행하여 (i) 일반인, 노약자, 및 인도자의 움직임, (ii) 시간에 따른 대피소의 인원 변화, (iii) 시간에 따른 상기 일반인, 상기 노약자, 및 상기 인도자의 대피 비율, (iv) 시간에 따른 대피 인원, 대피 못한 인원, 및 지진 감지 인원의 현황을 포함하는 대피 결과 시각화 정보를 출력하고,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 대피 결과 시각화 정보를 분석하여 도로의 병목 구간을 검출하고 설계 변경이 요구되는 도로를 출력하고,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 설계 변경이 요구되는 도로의 폭을 늘리거나 파괴될 도로를 연결해주는 다른 도로를 추가하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 행위자 생성 모델은 상기 시민 정보를 일반인, 노약자, 및 인도자로 구분한 행위자의 수를 설정하고, 상기 일반인, 상기 노약자, 및 상기 인도자에 지진 감지 확률, 두려움 확률, 보행 속도, 및 스피커 영향 범위를 포함하는 행동 정보를 설정하여, 시민 행동 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치.

## 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 도로 그래프 정보에 포함된 개별 그래프의 에지와 노드를 분리하고 복수의 도로의 교차점에 해당하는 새로운 노드를 생성하여 하나의 도로 네트워크 지도로 변환하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치.

## 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 건물 피해 예측 모델은 건축년도, 건물 면적, 건물 높이, 및 위치를 포함하는 건물 정보에 대해서 지진과 데이터를 기반으로 건물 손실 비율, 수리 비용, 수리 시간, 적색 태그 확률, 및 최대 지반 가속도(Peak Ground Acceleration, PGA)를 포함하는 건물 피해 정보를 출력하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 도로 피해 예측 모델은 상기 건물 피해 정보를 기반으로 상기 건물 손실 비율, 상기 건물 면적, 상기 건물 높이, 및 가중치를 곱하여 피해 영역을 산출하고, 상기 피해 영역을 지나가는 도로 부분을 삭제하여 상기 도로 네트워크 지도를 수정하는 것을 특징으로 하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치.

#### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 그래픽 유저 인터페이스 기반의 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 지진대피소는 지진 발생 초기 일시 대피를 위한 장소인 지진 옥외 대피소와 지진피해가 장기화되어 지진으로 인한 생활주거지가 파손시 장소 제공을 위한 지진 실내 구호소로 구분된다. 국민안전처는 전국 지자체와 함께 지진대피소 7068곳을 지정하였고, 5532곳의 대피소, 1536곳의 구호소를 지정하여 관리한다. 시민들은 국민재난안전포털을 통해 시도, 구, 읍면동 단위로 근처 대피 시설을 검색할 수 있고, 지진 발생했을 때 대피 시설로 이동하게 된다. 국가 차원에서 시민들이 거주지에서 대피소까지 이동하는데 필요한 도로 상황을 미리 파악하여 피해를 미리 예방할 필요가 있다.

#### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2016-0116400호 (2016.10.10)

#### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 지진 피해 예측 모델링에 따른 건물 피해 정보를 이용하여 지진 피해에 따른 도로 지도 정보를 생성하고, 도로 지도 정보에서 행위자 기반 모델링에 따른 객체 이동 시뮬레이션을 적용하여 지진 발생 시 대피 시나리오를 다각도로 분석하고 대피소 확충 및 도로 보강을 시각화하는 데 발명의 주된 목적이 있다.

[0006] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 컴퓨팅 디바이스에 의한 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에 있어서, 시민 정보 및 행동 정보로부터 행위자 생성 모델을 이용하여 시민 행동 정보를 출력하는 단계, 건물 정보로부터 건물 피해 예측 모델을 이용하여 건물 피해 정보를 출력하는 단계, 및 상기 시민 행동 정보 및 상기 건물 피해 정보를 도로 피해 예측 모델에 적용하고, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 상기 도로 피해 예측 모델을 이용하여 대피 도로 시각화 정보를 출력하는 단계를 포함하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법을 제공한다.

[0008] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 시민 정보에 행동 정보를 적용하여 시민 행동 정보를 출력하는 행위자 생성 모델, 건물 정보에 지진과 데이터를 적용하여 건물 피해 정보를 출력하는 건물 피해 예측 모델, 및 상기 시민 행동 정보 및 상기 건물 피해 정보를 이용하여, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 대피 도로 시각화 정보를 출력하는 도로 피해 예측 모델을 포함하는 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치를 제공한다.

[0009] 본 실시예의 또 다른 측면에 의하면, 프로세서에 의해 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 명령어들을 포함하는 비일시적(Non-Transitory) 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램 명령어들이 컴퓨팅 디바이스의 프로세서에 의해 실행되는 경우에, 시민 정보 및 행동 정보로부터 행위자 생성 모델을 이용하여 시민 행동 정보를 출력하는 단계, 건물 정보로부터 건물 피해 예측 모델을 이용하여 건물 피해 정보를 출력하는 단계, 및 상기 시민 행동 정보 및 상기 건물 피해 정보를 도로 피해 예측 모델에 적용하고, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 상기 도로 피해 예측 모델을 이용하여 대피 도로 시각화 정보를 출력하는 단계를 포함한 동작들을 수행하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

### 발명의 효과

[0010] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 지진 피해 예측 모델링에 따른 건물 피해 정보를 이용하여 지진 피해에 따른 도로 지도 정보를 생성하고, 도로 지도 정보에서 행위자 기반 모델링에 따른 객체 이동 시뮬레이션을 적용하여 지진 발생시 대피 시나리오를 다각도로 분석하고 대피소 확충 및 도로 보강을 시각화할 수 있는 효과가 있다.

[0011] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치를 예시한 블록도이다.

도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치의 그래픽 유저 인터페이스를 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법을 예시한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 행위자 생성 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 행위자 생성 모델이 생성한 행위자를 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 건물 피해 예측 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 건물 피해 예측 모델이 처리하는 건물 정보를 예시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.

도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 지도 시각화 정보를 예시한 도면이다.

도 12 내지 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 대피 결과 시각화 정보를 예시한 도면이다.

도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 대피 도로 시각화 정보를 예시한 도면이다.

도 17은 본 발명의 실시예들을 실시하는 컴퓨팅 디바이스를 예시한 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치를 예시한 블록도이다.
- [0015] 도 1에 도시한 바와 같이, 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치(100)는 행위자 생성 모델(110), 건물 피해 예측 모델(120), 및 도로 피해 예측 모델(130)을 포함한다. 도 1에서 예시적으로 도시한 다양한 구성요소들 중에서 일부 구성요소를 생략하거나 다른 구성요소를 추가로 포함할 수 있다.
- [0016] 행위자 생성 모델(110), 건물 피해 예측 모델(120), 및 도로 피해 예측 모델(130)은 도시 지진 발생시 건물, 도로, 대피소 위치, 인구 등의 상황에 따라 시뮬레이션 가능한 컴퓨팅 모델이다. 행위자 생성 모델(110), 건물 피해 예측 모델(120), 및 도로 피해 예측 모델(130)은 ABD(Agent Based Modeling) 기반의 GAMA 플랫폼과 지진 피해규모 예측 프로그램 SimCenter를 기반으로 제작될 수 있다. 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치(100)는 그래픽 유저 인터페이스(Graphic User Interface) 환경을 지원하고 웹 기반 클라우드 컴퓨팅을 통해 모델을 제어할 수 있다.
- [0017] 행위자 생성 모델(110)은 시민 정보에 행동 정보를 적용하여 시민 행동 정보를 출력한다. 행위자 생성 모델(110)은 행위자 생성부 및 행동 설정부를 포함할 수 있다. 행위자 생성부는 시뮬레이션에 참여할 성인, 노약자, 인도자의 인구수를 입력하면 각 인구 객체 클래스를 생성한다. 행동 설정부는 지진 감지 확률, 두려움을 느낄 확률, 노약자 보행 속도 범위, 스피커 영향 범위, 각 인구 클래스를 입력하면 행동 정보가 입력된 인구 객체 클래스를 생성한다.
- [0018] 건물 피해 예측 모델(120)은 건물 정보에 지진과 데이터를 적용하여 건물 피해 정보를 출력한다. 건물 피해 예측 모델(120)은 건물 정보를 입력하면 건물 피해 규모를 출력한다.
- [0019] 도로 피해 예측 모델(130)은 시민 행동 정보 및 건물 피해 정보를 이용하여, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 대피 도로 시각화 정보를 출력한다. 도로 피해 예측 모델(130)은 도로 연결부, 도로 편집부, 대피소 도로 통합부, 대피 시뮬레이터, 및 도로 분석부를 포함한다. 도로 연결부는 오픈 도로 지도 데이터 베이스에서 추출한 파일을 입력하면, 대피 시뮬레이션이 가능한 도로 데이터로 변환한다. 도로 편집부는 건물 피해 규모, 지도를 입력하면, 지진으로 인한 도로 피해 결과를 출력한다. 대피소 도로 통합부는 도로, 대피소, 스피커 등의 파일을 입력하면 대피 시뮬레이션에 사용할 지도를 생성한다. 대피 시뮬레이터는 인구 객체 클래스 및 지도를 입력하면, 객체들이 대피소를 찾아가는 시뮬레이션 결과를 출력한다. 도로 분석부는 인구 객체 클래스 및 지도를 입력하면, 각 도로 교통상황을 파악할 수 있는 결과를 출력한다.
- [0020] 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치에 포함된 구성요소들이 도 1에서는 분리되어 도시되어 있으나, 복수의 구성요소들은 상호 결합되어 적어도 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 구성요소들은 장치 내부의 소프트웨어적인 모듈 또는 하드웨어적인 모듈을 연결하는 통신 경로에 연결되어 상호 간에 유기적으로 동작한다. 이러한 구성요소들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호선을 이용하여 통신한다.
- [0021] 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.
- [0022] 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.
- [0023] 도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치의 그래픽 유저 인터페이스를 예시한 도면이다. 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치는 모듈마다 도 2 및 도 3의 레이아웃과 동일 유사한 그래픽 유저 인터페이스를 제공한다. 메뉴 및 파일을 선택하고 이름 또는 옵션을 설정하고 클릭하여 데이터를 생성하거나 데이터를 전송할 수 있다. 그래픽 유저 인터페이스를 통해 생성 또는 전송되는 파일은 .gaml .csv .shp .zip .png



.mp4 등 호환 가능한 다양한 파일 형식이 사용될 수 있다.

- [0024] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법을 예시한 흐름도이다. 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법은 컴퓨팅 디바이스에 의하여 수행될 수 있으며, 도시 지진 대피 시뮬레이션 장치와 동일한 방식으로 동작한다.
- [0025] 단계 S210에서 프로세서는 시민 정보 및 행동 정보로부터 행위자 생성 모델을 이용하여 시민 행동 정보를 출력한다.
- [0026] 단계 S220에서 프로세서는 건물 정보로부터 건물 피해 예측 모델을 이용하여 건물 피해 정보를 출력한다.
- [0027] 단계 S230에서 프로세서는 시민 행동 정보 및 건물 피해 정보를 도로 피해 예측 모델에 적용하고, 도로 그래프 정보, 대피소 위치 정보, 및 스피커 위치 정보로부터 도로 피해 예측 모델을 이용하여 대피 도로 시각화 정보를 출력한다.
- [0028] 행위자 생성 모델은 GAMA (GIS & Agent based Modeling Architecture) 프로그램이 적용되며, 행위자 생성 모델, 건물 피해 예측 모델, 및 도로 피해 예측 모델은 그래픽 유저 인터페이스를 통해 정보를 입력한다.
- [0029] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 행위자 생성 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0030] 단계 S310에서 행위자 생성 모델은 시민 정보를 일반인, 노약자, 및 인도자로 구분한 행위자의 수를 설정하여 행위자를 생성한다. GAMA의 내장 클래스를 사용하여 객체를 생성할 수 있다.
- [0031] 단계 S320에서 행위자 생성 모델은 일반인, 노약자, 및 인도자에 지진 감지 확률, 두려움 확률, 보행 속도, 및 스피커 영향 범위를 포함하는 행동 정보를 설정하여, 시민 행동 정보를 생성한다. 일반인은 성인 평균 이동 속도로 설정되고, 노약자는 일반인보다 느린 속도로 설정되고, 인도자는 일반인 이동 속도로 설정되면, 재난시 대피소 위치를 알고 있는 객체로서, 인도자 주변에 있는 일반인과 노약자는 방황하지 않고 바로 대피소 위치를 파악할 수 있도록 설정된다.
- [0032] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 행위자 생성 모델이 생성한 행위자를 예시한 도면이다. 네모, 세모, 동그라미는 일반인, 노약자, 및 인도자를 시각적으로 표현한다.
- [0033] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 건물 피해 예측 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0034] 단계 S410에서 건물 피해 예측 모델은 건축년도, 건물 면적, 건물 높이, 및 위치(위도/경도)를 포함하는 건물 정보에 대해서 지진과 데이터를 기반으로 건물 손실 비율, 수리 비용, 수리 시간, 적색 태그 확률, 및 최대 지반 가속도(Peak Ground Acceleration, PGA)를 포함하는 건물 피해 정보를 출력한다. 지진 발생 시뮬레이션 모듈은 SimCenter 프로그램을 기반으로 시뮬레이션에 참여할 도시 건물 데이터를 입력하면 실제 지진과 데이터(예컨대, Hayward 지역 7.0 지진과 데이터)를 기반으로 피해 규모를 예측한다. 건물 피해 규모는 중앙 손실 비율, 중앙 수리 비용, 평균 수리 비용, 표준 수리 비용, 10 백분위 손실, 90 백분위 손실, 평균 수리 시간, 태그, 레드 태그 확률, 최대 PGA를 포함할 수 있다. 레드 태그는 건물 손상 정도에 따라 구분된 색 태그의 하나이다.
- [0035] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 건물 피해 예측 모델이 처리하는 건물 정보를 예시한 도면이다. 건물 정보는 식별번호, 건축년도, 건물 면적, 건물 높이, 건물 유형, 위도, 경도를 포함할 수 있다.
- [0036] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델의 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0037] 단계 S510에서 도로 피해 예측 모델은 도로 그래프 정보에 포함된 개별 그래프의 에지와 노드를 분리하고 복수의 도로의 교차점에 해당하는 새로운 노드를 생성하여 하나의 도로 네트워크 지도로 변환한다.
- [0038] 단계 S520에서 도로 피해 예측 모델은 건물 피해 정보를 기반으로 건물 손실 비율, 건물 면적, 건물 높이, 및 가중치를 곱하여 피해 영역을 산출하고, 피해 영역을 지나가는 도로 부분을 삭제하여 도로 네트워크 지도를 수정한다.
- [0039] 단계 S530에서 도로 피해 예측 모델은 수정한 도로 네트워크 지도에 대피소 위치 정보 및 스피커 위치 정보를 반영하여 대피소 도로 지도를 생성한다.



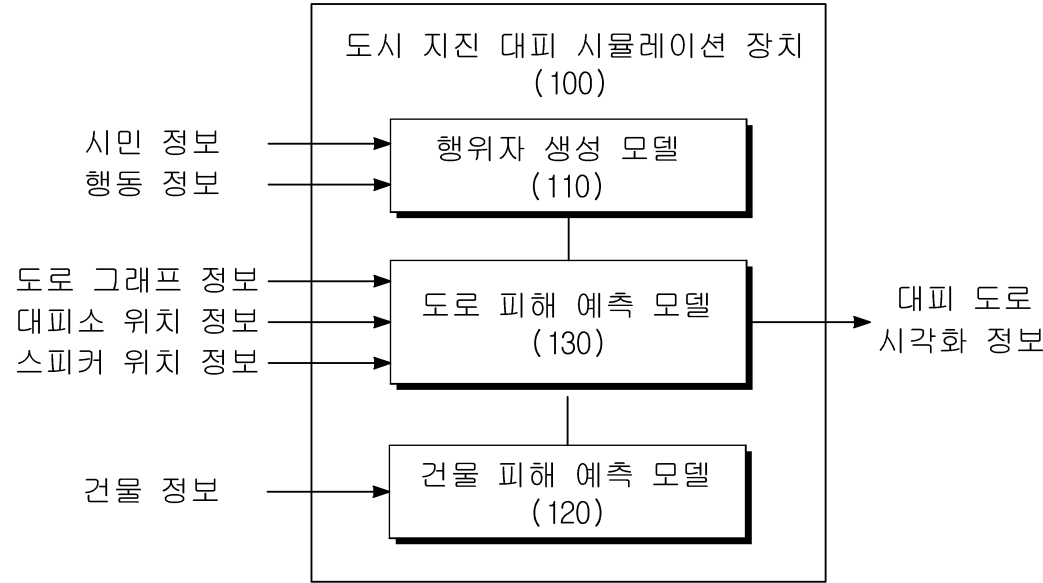
- [0040] 단계 S540에서 도로 피해 예측 모델은 대피소 도로 지도에서 시민 행동 정보에 대해 시뮬레이션을 수행하여 제1 대피 결과 시각화 정보 내지 제4 대피 결과 시각화 정보를 출력한다.
- [0041] 제1 대피 결과 시각화 정보는 도로 네트워크 지도에서 일반인, 노약자, 및 인도자의 움직임을 표시하고, 제2 대피 결과 시각화 정보는 시간에 따른 대피소의 인원 변화를 표시하고, 제3 대피 결과 시각화 정보는 시간에 따른 일반인, 노약자, 및 인도자의 대피 비율을 표시하고, 제4 대피 결과 시각화 정보는 시간에 따른 대피 인원, 대피 못한 인원, 및 지진 감지 인원의 현황을 포함하는 대피 결과 시각화 정보를 출력한다.
- [0042] 단계 S550에서 도로 피해 예측 모델은 대피 결과 시각화 정보를 분석하여 도로의 병목 구간을 검출하고 설계 변경이 요구되는 도로를 출력한다. 도로 피해 예측 모델은 해당하는 도로의 폭을 늘리거나 파괴될 도로를 연결해주는 다른 도로를 추가할 수 있다.
- [0043] 도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 지도 시각화 정보를 예시한 도면이다. 도 10에서 적색 점은 피해 건물을 나타내고 적색 선은 제거된 도로를 나타낸다. 도 11에서 적색 원은 대피소의 위치를 나타내고 녹색 원은 스피커의 영향 범위를 나타낸다.
- [0044] 도 12 내지 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 대피 결과 시각화 정보를 예시한 도면이다. 도 12는 도로 네트워크 지도에서 일반인, 노약자, 및 인도자의 움직임을 표시하고, 도 13은 시간에 따른 대피소의 인원 변화를 표시하고, 도 14는 시간에 따른 일반인, 노약자, 및 인도자의 대피 비율을 표시하고, 도 15는 시간에 따른 대피 인원, 대피 못한 인원, 및 지진 감지 인원의 현황을 표시한다.
- [0045] 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 도시 지진 대피 시뮬레이션 방법에서 도로 피해 예측 모델이 처리하는 대피 도로 시각화 정보를 예시한 도면이다. 도 16에서 적색 원은 대피소이고 청색 선은 설계 변경이 요구되는 도로를 나타내며, 요구되는 도로의 폭 정도에 따라 선의 두께를 다르게 표현할 수 있다.
- [0046] 도 17은 본 발명의 실시예들을 실시하는 컴퓨팅 디바이스를 예시한 블록도이다.
- [0047] 컴퓨팅 디바이스(610)는 적어도 하나의 프로세서(620), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(630) 및 통신 버스(670)를 포함한다.
- [0048] 프로세서(620)는 컴퓨팅 디바이스(610)를 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(620)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(630)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(620)에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 디바이스(610)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0049] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(630)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(630)에 저장된 프로그램(640)은 프로세서(620)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(630)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 컴퓨팅 디바이스(610)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0050] 통신 버스(670)는 프로세서(620), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(640)를 포함하여 컴퓨팅 디바이스(610)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0051] 컴퓨팅 디바이스(610)는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(650) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(660)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(650) 및 통신 인터페이스(660)는 통신 버스(670)에 연결된다. 입출력 장치(미도시)는 입출력 인터페이스(650)를 통해 컴퓨팅 디바이스(610)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0052] 도 4, 도 5, 도 7, 도 9에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 4, 도 5, 도 7, 도 9에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0053] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨

터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

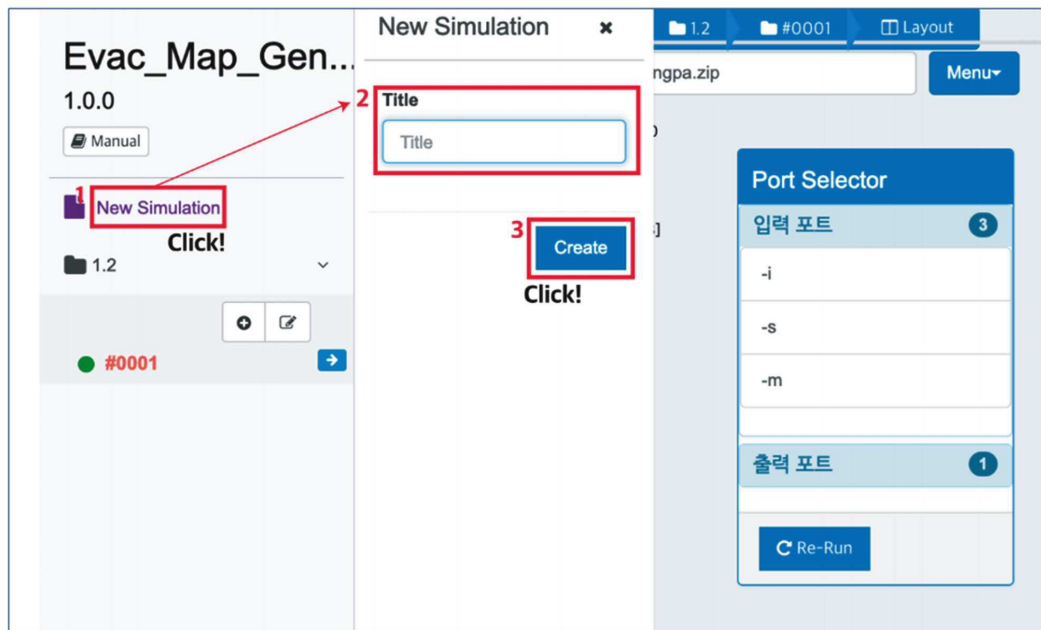
[0054] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

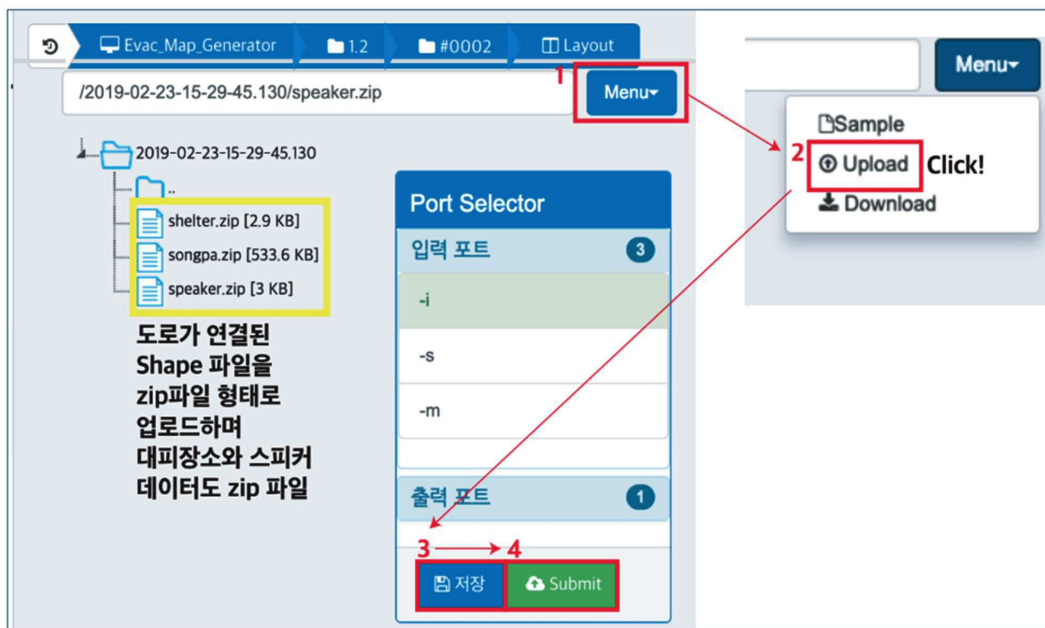
도면1



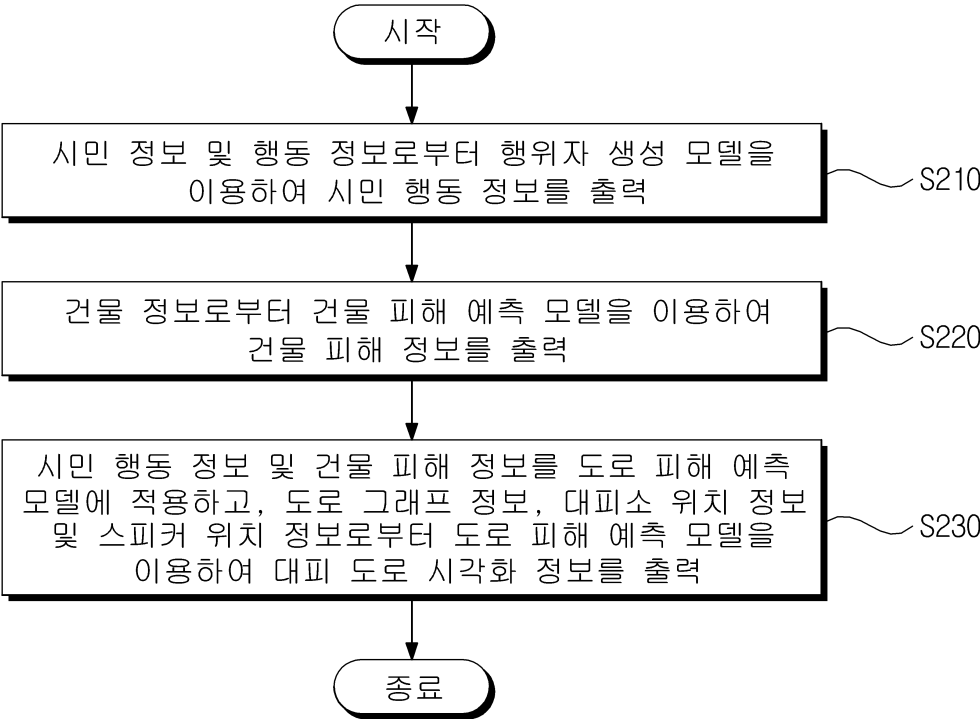
도면2



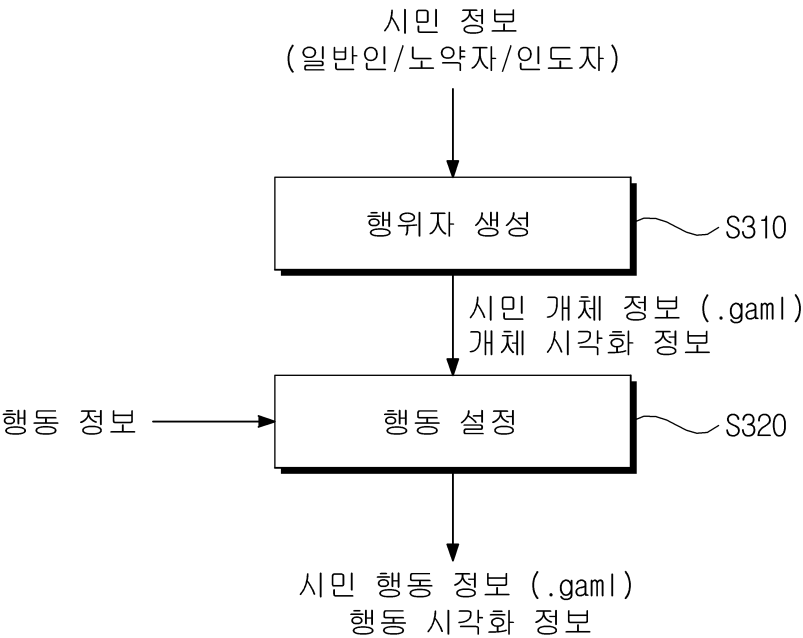
도면3



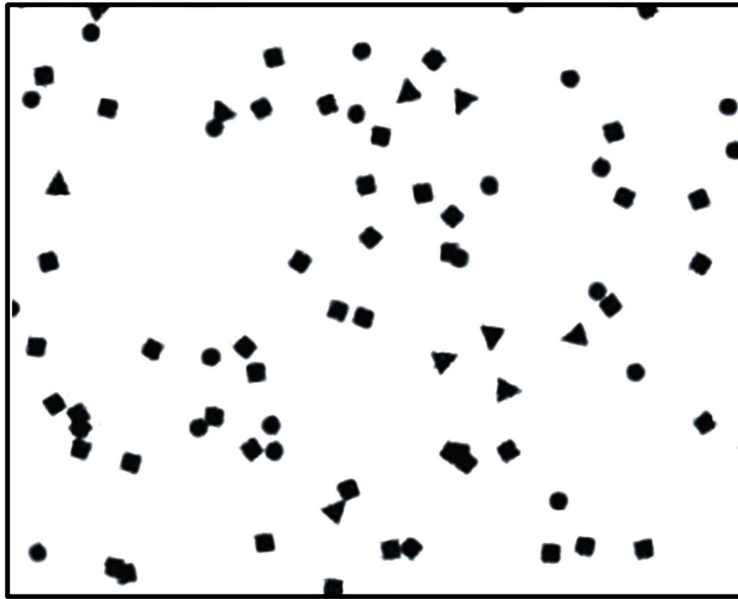
도면4



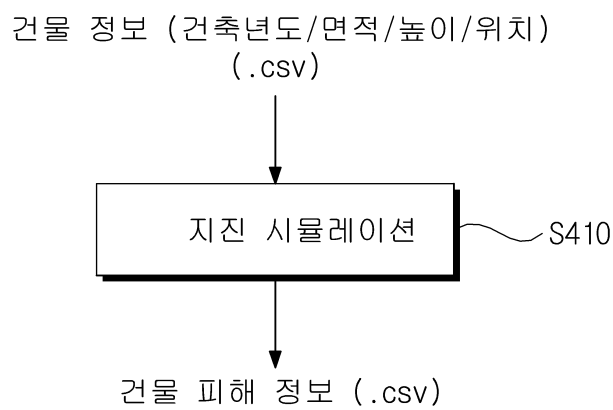
도면5



도면6



도면7

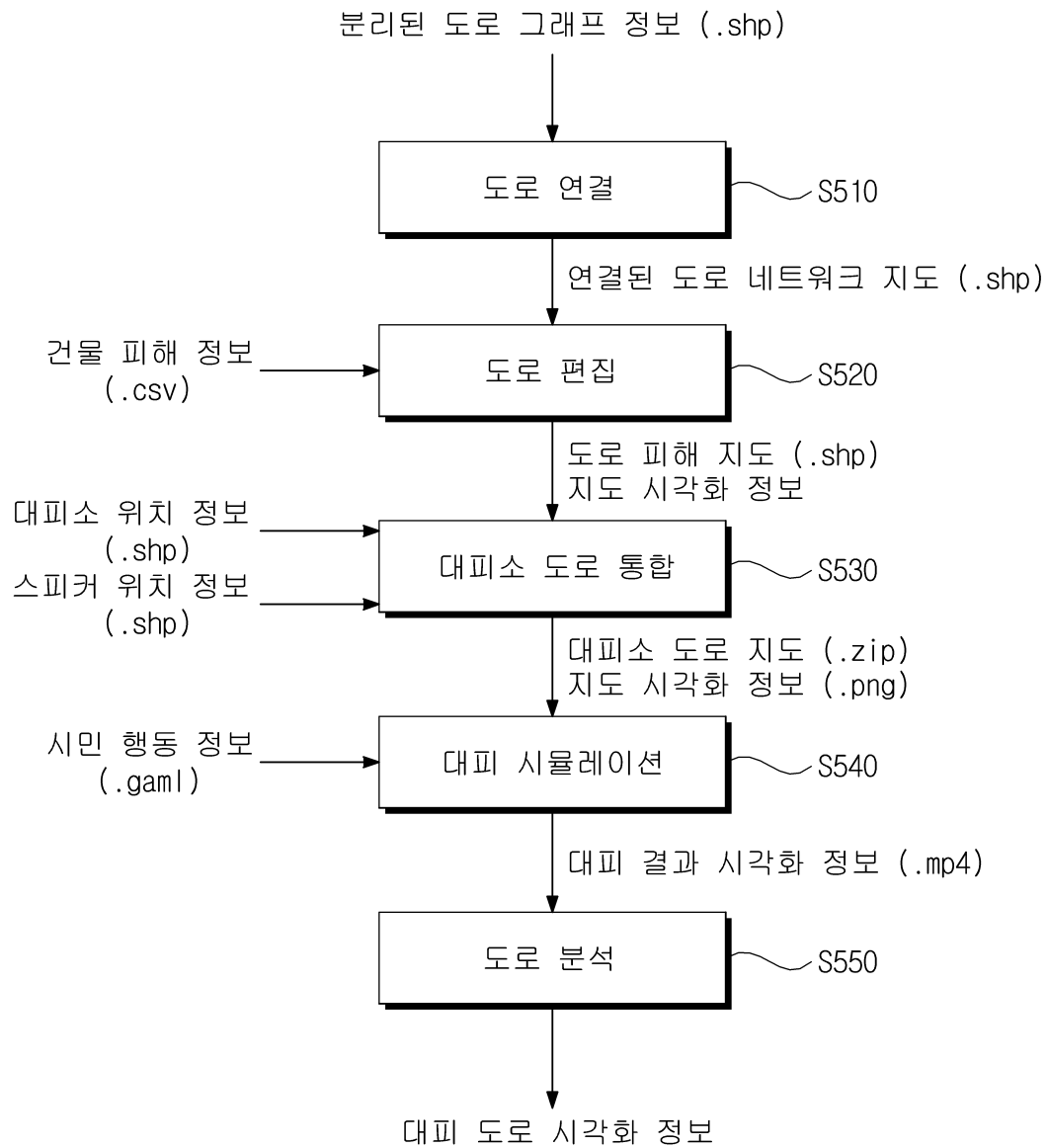


도면8

```

ID,Area,Stories,Year Built,Type ID,Latitude,Longitude
1,2029.42425042,1,1945,1,37.98999094,-122.5986709
2,2029.42425042,1,1965,1,37.97476531,-122.6056875
3,1568.0,1,1964,1,37.34473211,-122.0014662
    
```

도면9



도면10



도면11

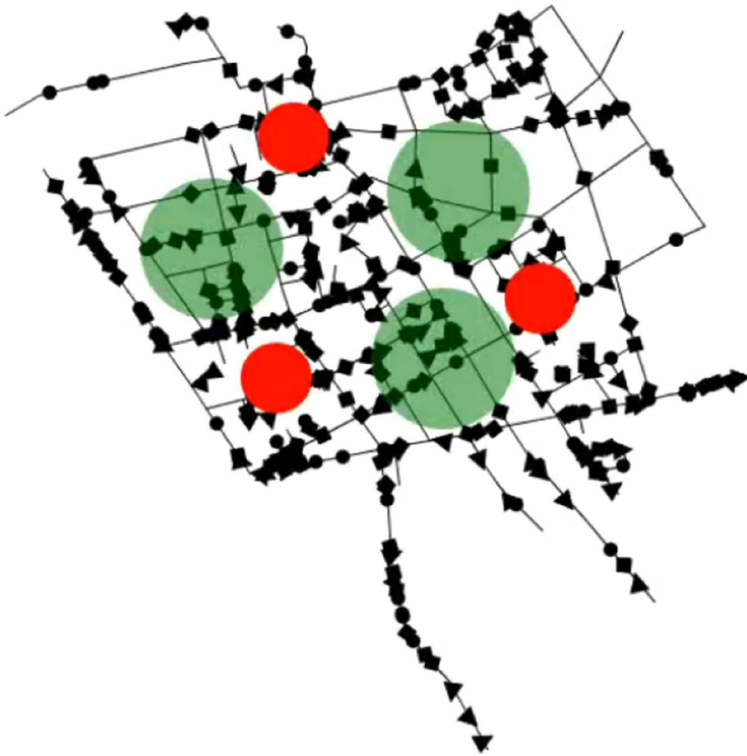
Preview of songpa



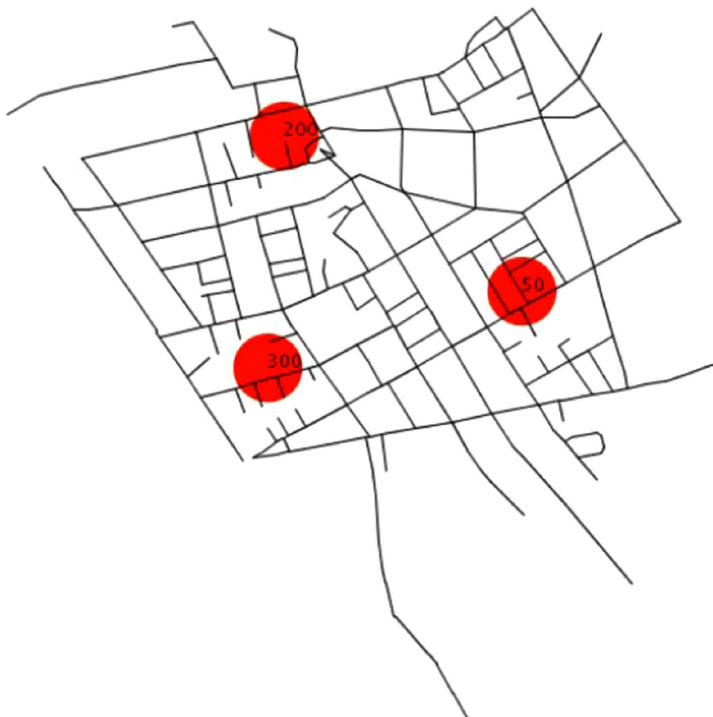
● Speaker ● Shelter



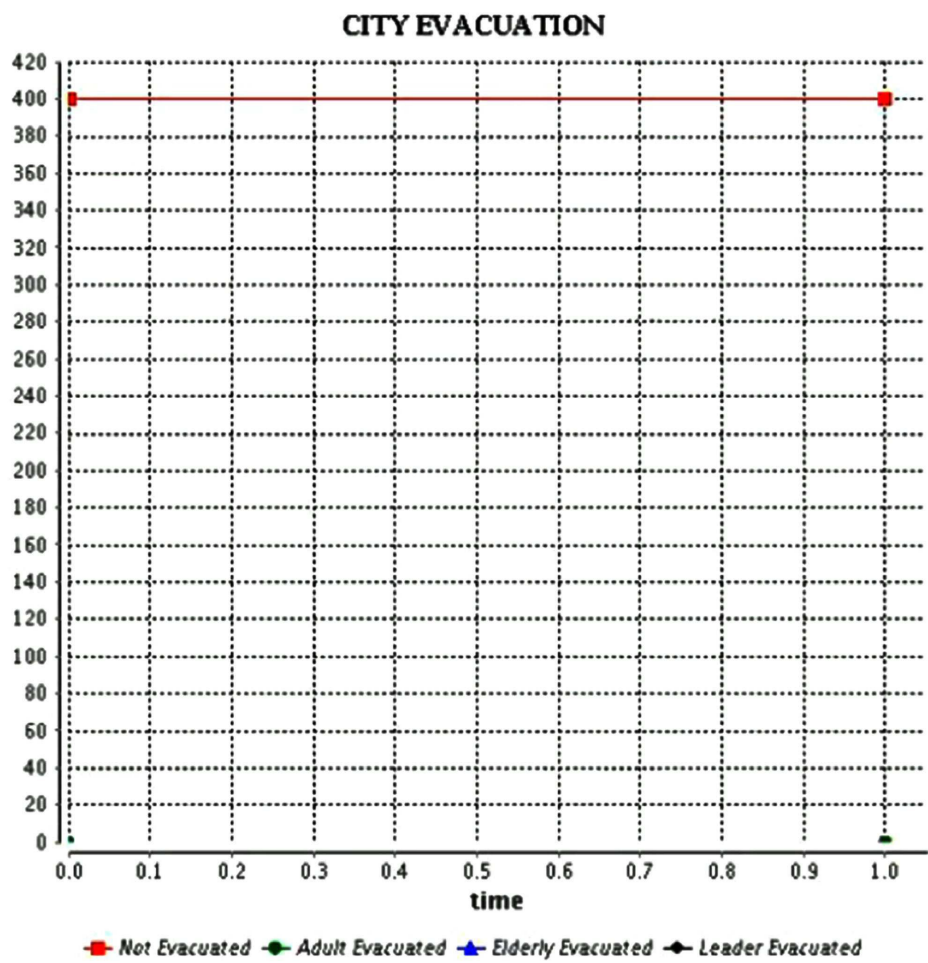
도면12



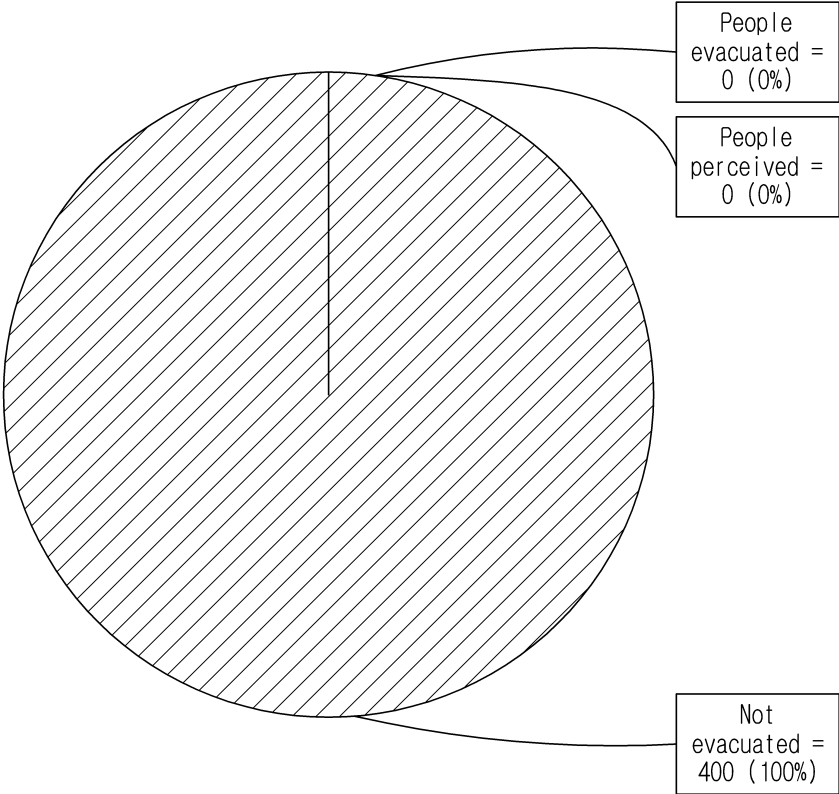
도면13



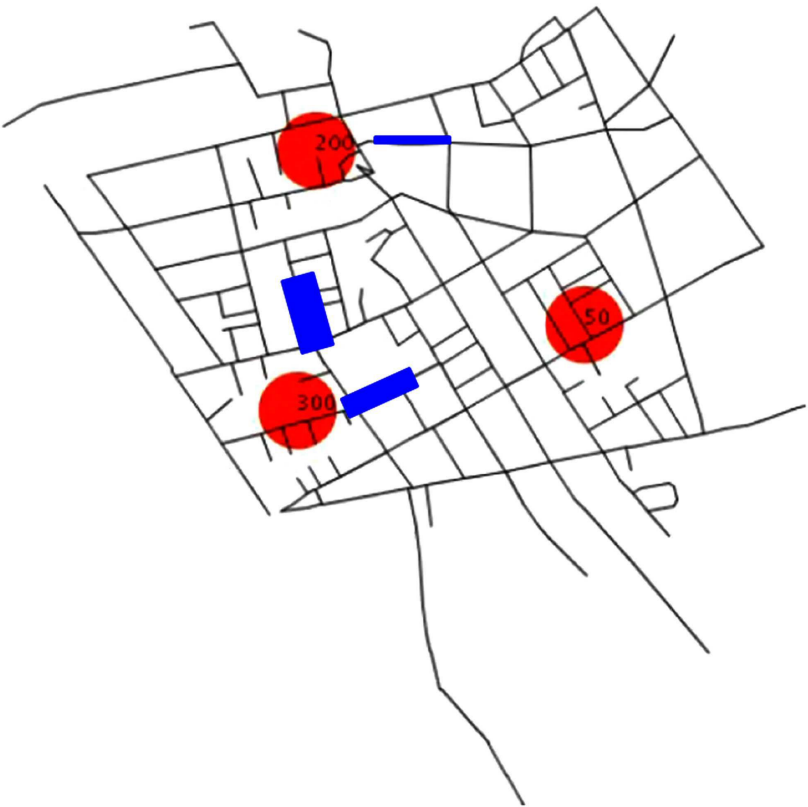
도면14



도면15



도면16



도면17

