

## 성능위주화재위험성평가 프로그램 개발에 관한 연구

이동호, 박종승\*, 이범중\*\*, 김하영\*\*\*

인천대학교 안전공학과, \*인천대학교 컴퓨터공학과,

\*\*인천대학교 컴퓨터공학과 대학원, \*\*\*인천대학교 안전공학과 대학원

### A study on the development of a performance based fire risk assessment program

Dong-ho Rie, Jong-seung Park\*, Bum-jong Lee\*\*, Ha-young Kim\*\*\*

*Department of Safety Engineering, University of Incheon*

*\*Department of Computer Science and Engineering, University of Incheon*

*\*\*Graduate School of Computer Science and Engineering, University of Incheon*

*\*\*\*Graduate School of Safety Engineering, University of Incheon*

#### 1. 서 론

PBD(Performance Based Design)란 이해당사자들의 의견을 종합하여 방호범위 및 정도를 결정한 후, 방재 공학적 분석결과를 토대로 필요한 방재시스템을 구축하는 것으로 관련법규 및 기준을 적용하여 수행하는 기존 CBD (Prescriptive Code Based Design)설계방식에 비하여 보다 효율적이고 다양하다. 또한, 컴퓨터 고성능화와 더불어 화재위험성평가는 보다 정량화가 가능하여 졌으며 시뮬레이션기술의 발달로 정확도가 날로 높아지고 있다. 따라서 선진각국에서는 PBD와 관련된 기초분야에 대한 연구를 지속하여 법 제도화를 추진하고 있는 현실이다.

#### 2. 본 론

본 연구는 미국표준연구소에서 개발된 화재전용해석 프로그램인 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 이용하여 실제 대피자의 개인적인 위험을 정량적으로 평가하여 보다 정확한 성능위주 화재위험성 평가를 목표로 하고 있다. FDS는 세계적으로 성능위주 화재위험성평가의 툴로서 각광받고 있으며 해석은 사용자의 취향에 따라 정성적 또는 정량적으로 평가되고 있다. 정성적 평가의 경우는 Smokeview라는 가시화 도구를 사용하여 시간 변화에 따른 공간 정보를 temp., soot, CO<sub>2</sub>, CO등과 같은 각각의 parameter를 상대적 가시화로 단순 비교 평가할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 정량적 평가의 경우 fds2ascii를 사용하여 smokeview의 가시화툴에서 보여주는 동일한 공간 정보를 텍스트 문으로 출력하고 사용자의 의도에 따라 분석하는 것으로 사용자측의 해석에 따라 다양한 결과값을 얻어 낼 수 있다.

본 연구에서는 FDS를 기반으로 성능위주화재위험성평가 프로그램 개발에 따른 활용 방안에 대하여 설명하며 본 프로그램을 활용하여 정량적 화재위험성평가로 정량적 화

재위험도 결정이 가능하다. 본 개발의 순서도를 Fig.1에 나타낸다.

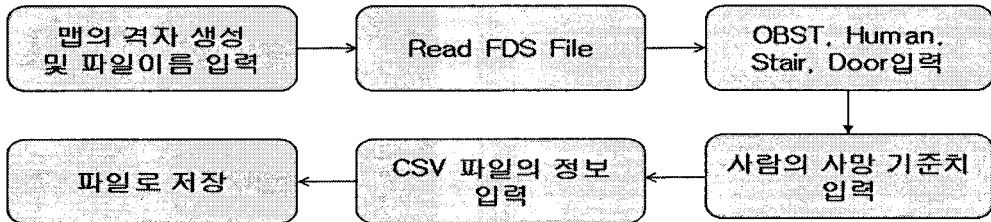


Fig.1 프로그램 개발 순서도

### 1. 프로그램의 특징

- FDS 프로그램을 기반으로 경로 찾기 알고리즘이 적용됨.
- 건물의 층수를 입력하고 각 층의 높이를 입력할 수 있음
- OBST의 삽입 및 삭제가 자유롭게 가능함
- 사람의 삽입 및 삭제 가능함
- 계단의 삽입 및 삭제 가능함
- 출구의 삽입 및 삭제 가능함
- 각 사람의 타입별로 사망 기준값 입력이 가능함
- CSV파일에 대한 정보 입력 가능함
- 줌인, 아웃이 5단계 가능함
- 현재 편집중인 맵에 대한 전체 정보를 볼 수 있음
- 층의 선택 가능함

### 2. 맵 편집 프로그램 특징

맵 편집 프로그램은 건축물 내부 구조를 명확히 명시할 수 있는 기능을 포함하는 프로그램이다. 주요 지원 기능은 다음과 같다.

- 층을 나누는 기능.
- FDS 파일을 읽어서 맵을 자동 구성하는 기능.
- 구성된 맵 도면 데이터를 출력 파일로 저장하는 기능.
- 장애물과 사람을 배치하는 기능.
- 각 사람의 타입에 대한 사망 기준치를 입력하는 기능.
- CSV 파일에 대한 정보 저장 기능.

맵 편집 프로그램에서는 건축물 내부의 전체 공간을 셀 단위의 격자 형태로 분할하여 표현한다.

### 3. 맵 편집 프로그램 세부 기능

- FDS 파일로부터의 맵 구성

FDS파일을 읽어 맵의 격자를 자동 구성 한다.

FDS파일에서 OBST를 읽어 들일 때의 기준은 사람의 호흡선 높이인 1.5m를 기준으로 설정하여 OBST를 맵에 위치시킨다. 따라서, 다층의 경우 OBST의 높이 좌표가 각 층의 바닥기준 1.5m의 높이를 포함하고 있을 경우에 한하여 OBST를 맵에 위치시킨다. 대피동선의 HOLE은 높이 좌표가 각 층의 바닥으로부터 1.5m의 높이를 포함하고 있을 때만 그 HOLE을 적용하여 OBST로부터 대피동선이 가능하도록 맵을 구성한다.

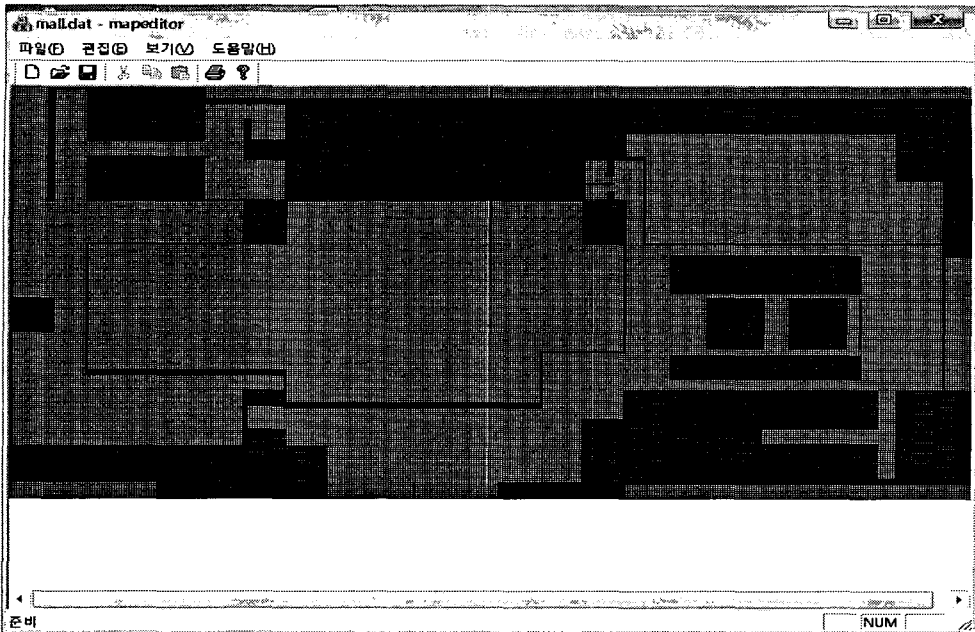


Fig.2 FDS 파일로부터 맵을 구성한 예

- 대피자 배치

본 연구에서는 대피자의 외형에 대한 기준으로 한국표준연구소의 통계를 활용하여 성별, 아이, 노인의 구분에 따라 사람의 실제 크기인 가슴의 두께와 어깨 너비가 적용되었다. 사람의 배치방식은 마우스 오른쪽 버튼의 클릭으로 현재 속성 값에 따라 마우스가 클릭된 지점을 사람의 중심으로 하여 사람을 입력할 수 있고 마우스 왼쪽 버튼의 클릭으로 선택된 사람의 정보를 볼 수 있도록 하였다. 또한, 제공된 공간상에 사람을 입력하는 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭할 때 입력된 다른 사람과의 위치 관계를 고려해 사람을 위치시킬 수 있는지 여부에 대한 판별이 가능하다. 또한 배치된 장애물을 고려하여 사람의 중심과 크기로 입력된 사람이 장애물에 걸치지 않는지 검사하여 장애물에 걸치지 않을 경우에 한하여 입력할 수 있다.

구 분	어깨 폭	가슴 폭	기준
성인남성	0.50	0.32	한국표준연구소
성인여성	0.44	0.28	
아이	0.38	0.24	
노인	0.46	0.30	

Table1 대피자 별 어깨 폭과 가슴 폭의 기준

- 대피자 타입에 대한 사망 기준치 입력

본 프로그램에서는 향후 독성과 연기와의 연계성을 고려하여 대피자가 화재로 인한 연기 및 온도로 인해 발생하는 데미지에 의해 사망하는 기준치를 입력할 수 있도록 설정하였다. 만약 이를 설정하지 않을시 성인남성, 성인여성의 기본 사망 기준값을 1.0, 노인과 어린이의 기본 사망 기준치를 0.3으로 설정되도

록 하였다.

4. 대피 가시화 프로그램 개요

- mapeditor의 출력 파일 로드
- 각 셀에 대한 속성 값에 따라 속성에 대한 색상을 가진 큐브 생성 큐브의 높이는 기본적으로 건물의 높이로 생성함
- 사람에 대한 메시 파일을 로드하여 사람의 기본적인 크기인 1.7m로 사람 생성
- 계단과 문에 대한 큐브를 생성
- CSV파일의 정보를 바탕으로 대피를 시작
- 대피 결과를 파일에 기록

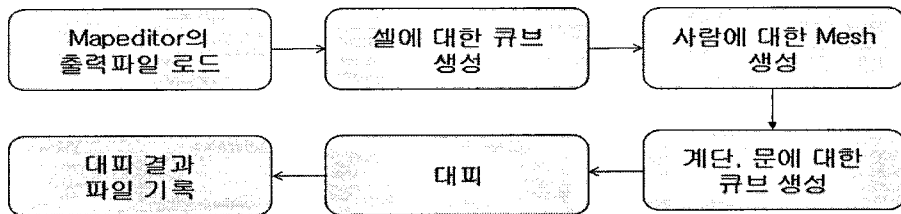


Fig.3 대피 가시화 프로그램 진행 순서도

5. 대피 가시화 프로그램 특징

- 3차원 데이터 Rendering 기능

mapeditor의 출력파일을 로드하여 생성된 3차원 데이터들을 아래와 같이 렌더링 한다.

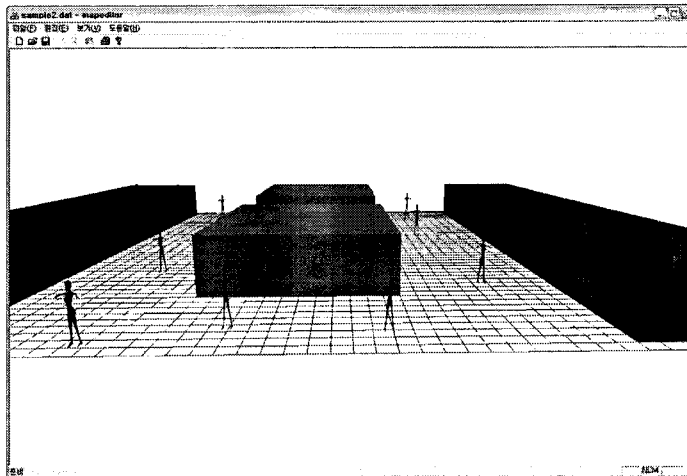


Fig.5 맵 편집 프로그램의 출력 파일에 대한 3차원 렌더링 모습의 예

- FDS 결과물 링크

FDS 결과물을 링크하는 것은 결과물에 들어있는 시간마다 sampling된 데이터를 읽어 들여 사람의 연기에 대한 데미지, 온도에 대한 데미지 또한, 연기농도에 따른 속도감소를 계산하기 위한 모듈이다. Fig.6은 FDS 결과물을 링크하여 시뮬레이션 하는 모듈의 전체 흐름도이다. 제일 먼저 FDS의 결과물인 시간마다의 CSV 파일을 로

당한다. 다음은 시뮬레이션 되는 동안에 데이터의 보간, 사람 속도의 계산, 데미지 계산 렌더링을 반복하게 된다. 추출된 데이터를 통해 연기농도에 따른 사람의 이동 속도를 계산하며 일산화탄소, 산소, 이산화탄소, 온도에 따른 누적된 데미지를 계산하여 인원의 생존여부를 판별한다. 이러한 과정을 통해 계산된 결과를 바탕으로 렌더링 및 결과 출력을 수행한다.

- 사람의 연기농도에 따른 속도 계산
- 일산화탄소, 산소, 이산화탄소, 온도에 따른 데미지 계산
- 대피 결과 출력 파일 저장
- 전체 및 각층에 대한 출구 수, 계산 수, 재실 인원 최종 탈출시간, 평균온도 데미지, 평균연기 데미지, 사망자 수 등을 포함한다.
- 전체 사람의 출발위치, 도착위치 도착시간, 최종 온도 데미지 최종 연기 데미지, 사망여부, 구분을 포함한다.

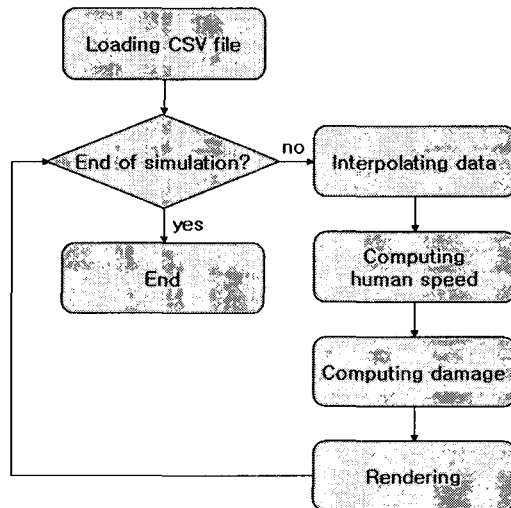


Fig.6 FDS 결과물 링크 모듈의 전체 흐름도

순번	출발위치(층)	도착위치(층)	도착시간(sec)	최종데미지(온도)	최종데미지(연기)	사망여부	구분
1	0.83,66.55(1)	61.65,120.65(1)	76.21997	0.01411	0.00634	X	남자
2	0.99,66.38(1)	18.39,60.02(1)	16.18200	0.00302	0.00136	X	남자
3	0.92,66.44(1)	19.21,62.60(1)	17.48300	0.00327	0.00147	X	남자
4	0.93,66.36(1)	19.62,65.19(1)	14.73100	0.00275	0.00124	X	남자
5	0.92,66.63(1)	19.36,69.00(1)	16.18200	0.00302	0.00136	X	남자
6	0.97,66.68(1)	17.92,72.47(1)	16.18200	0.00302	0.00136	X	남자
7	0.87,66.61(1)	16.33,73.46(1)	14.53800	0.00272	0.00122	X	남자
18	0.99,66.49(1)	20.29,55.13(1)	23.01500	0.00429	0.00193	X	여자
19	0.90,66.38(1)	21.94,58.23(1)	21.36599	0.00398	0.00179	X	여자
20	0.89,66.67(1)	17.92,84.08(1)	23.78799	0.00443	0.00199	X	여자
28	0.78,66.54(1)	19.93,102.98(1)	53.38599	0.00990	0.00445	X	아이
29	0.86,66.58(1)	20.19,88.88(1)	37.29100	0.00692	0.00311	X	아이
30	0.80,66.61(1)	39.24,122.39(1)	86.84297	0.01607	0.00722	X	아이
41	0.84,66.60(1)	78.90,120.04(1)	144.26799	0.02668	0.01199	X	노인
42	0.82,66.55(1)	73.18,120.18(1)	136.43900	0.02523	0.01134	X	노인
43	0.82,66.55(1)	68.60,119.94(1)	131.57196	0.02434	0.01094	X	노인
44	0.86,66.59(1)	77.20,117.50(1)	146.04298	0.02701	0.01214	X	노인

Fig.7 대피 시뮬레이션 결과의 예

### 3. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [ 2006.2.13 497 ]의 제14조에 의거 6층 이상의 건축물에는 배연설비의 의무화에 따른 설계시스템구축에 대한 활용이 가능하다.
2. 쾌적하고 안전한 건축물 이용환경의 구축을 통해 재실자의 안전 확보에 사용된다.
3. 화재현상에 대한 분석과 국내 화재대응/제어설비의 성능개선을 통하여 화재발생시 인명피해를 최소화함은 물론, 대형화재사고 발생의 방지에 기여가능하다.

### 4. 참고문헌

1. Takashi Nagatani와 1인, Statistical characteristics of evacuation without visibility in random walk model PHYSICAA, 2004
2. A.K. Gupta\*, P.K. YadavSAFE-R, a new model to study the evacuation profile of a building, Fire Safety Journal 39, 2004
3. Ryoichi Nagai, Takashi Nagatani, Motoshige Isobe, Taku Adachi, Effect of exit configuration on evacuation of a room without visibility, Physica A 343, 2004
4. Tzu-Sheng Shen, ESM: a building evacuation simulation model, Building and Environment 40, 2005
5. George W. Mulgolland, The SFPE handbook of Fire Protection Engineering, "Smoke Production and Properties", SFPE, 2003
6. Jogn H. Klote, Janmes A. Milke, Priciples of Smoke Management, SFPE. 2002
7. Tadahisa Jin, The SFPE handbook of Fire Protection Engineering, "Visibility and Human Behavior in Fire Smoke", SFPE, 2003
8. 박창영, 최창호, 이현우, "인체모듈과 특성을 고려한 인간의 피난행동에 관한 연구", 대한건축학회, 2005