

김운형\*, 윤명오\*\*

경민대학 소방안전관리과\*, 서울시립대학교 건축공학과\*\*

### A review of evacuation computer model - SIMULEX

Kim, Woon Hyung\*, Yoon, Myong-o\*\*

Department of Fire Safety Management, Kyung Min College, Korea\*.

Department of Architecture, The University of Seoul, Korea\*\*

#### I. 피난모델의 개요

전세계적으로 건물 화재에 적용되는 컴퓨터 모델은 62개가 있으며 이 중 31개는 화재공간의 온도와 연기의 해석에, 12개는 건물의 내화성 평가에, 8개는 감지 및 소화설비 반응시간에 그리고 4개는 피난시간 계산을 위한 모델로 알려져 있다. (Friedman R., 1991) 피난의 경우 현재 사용되거나 개발 중인 모델은 이 보다는 많으나 여타 화재모델에 비교하면 상대적으로 매우 희소한 편이다. 이는 피난의 주체가 인간이며 이에 관련된 요소의 특성을 고려하면 어느 정도 이해할 수 있다.

건물 화재 시 피난과 관련된 주요 요소는 다음과 같다.

- 건물 조건 : 용도, 크기, 실의 수, 층 수, 피난구의 크기와 수,  
피난 방해물의 유무, 피난계단의 유무 등
- 재실자의 특성 : 거주인원, 연령별 성별 분포, 상호 관계, 신체특성,  
건물의 친숙도, 직책 등
- 피난환경 : 주/야, 계절, 피난유도 표시, 연기, 열, 유독가스, 자극가스 등

피난모델의 한계로 자주 지적되는 내용은 거주자의 각 개인별 특성을 고려하지 않고 전체 그룹을 동질적인 특성을 갖는다고 가정하거나 피난 경로의 자세한 지정이 불가능하다는 것이다. 이에 관련하여 거주자의 피난행태 (evacuation

behaviour)에 관한 연구와 다양한 실험을 통하여 피난 행태에 관한 세부적인 입력조건외의 사용과 현실적인 피난통로의 지정이 가능하게 되었다. 최근에 개발된 모델 (예로서 EXODUS, Simulex, Vegas 등)은 이전의 모델과 비교하여 거주자의 행태모델에 대하여 많은 차이가 있으며 Graphical interfaces의 발전으로 사용자는 실제 피난 상황을 보다 편리하고 간단하게 이해할 수 있게 되었다. 또한 컴퓨터 성능의 급속한 발전에 따라 대규모 인원을 대상으로 다양한 피난조건을 가정하여 simulation이 가능하게 되었다.

실제 화재조건 상황에서의 피난에 관련된 실험은 현실적으로나 윤리적으로 거의 불가능하다고 볼 수 있다. 또한 시방 중심의 현행 관련 법규는 적정 피난시간 계산을 위한 설계방법과는 거리가 있다. 피난모델은 이러한 한계를 극복할 수 있는 현실적인 대안으로 평가되고 있으며 따라서 사용자는 피난모델의 특성과 적용상의 한계 등을 명확히 이해 할 필요가 있다. 이러한 배경에서 본 글에서는 최근에 개발된 Simulex 프로그램을 선정하여 피난 모델의 특성과 한계 등을 분석하였다.

## II. Simulex 모델

### 2.1 모델의 개발

1995년 영국 Edinburgh 대학의 Dr.Thompson과 Dr.Marchant에 의하여 C++ 언어로 작성된 피난 전용모델이다. MS 윈도우 v3.1 또는 윈도우 95와 8Mb이상의 RAM을 갖춘 펜티엄 PC에서 사용한다.

### 2.2 주요 모델 특성

건물 공간의 정의, 피난 경로의 선정, 개인별 특성 및 위치 지정, 주변 사람과의 밀집상태에 따라 밀치기, 앞지르기에 의한 보행속도의 감소 고려 등

### 2.3 피난경로

건물 도면은 CAD file로 작성된다. 피난경로는 0.2m x 0.2m 크기의 node를 기준으로 작성되는 Distance map을 사용하며 이것을 기준으로 각 위치에서의 최단 거리 또는 미리 지정된 피난구까지의 거리와 최적의 이동 각도를 계산하게 된다. 각층 평면과 계단의 출구는 피난통로가 되는 Link로 연결되며 최종 피난구 (Exit)를 통과하면 피난시간이 완료된다.

## 2.4 거주자 특성

재실자의 나이는 12세에서 55세 사이로 가정하며 용도에 따라 성별 분포가 결정된다. 신체크기는 평균, 남자, 여자, 유아 등 4가지 종류가 있다. 각 개인의 최초 위치는 임의로 가정한다. 이러한 개인 특성 값은 한번 지정되면 피난완료 시까지 변하지 않으며 실제 피난상황의 변화에 영향을 받지 않는다. 피난대응 시간은 사용자가 입력하거나 Random, Normal 또는 Triangular 분포를 가정한다.

## 2.5 보행속도

각 개인은 정상적인 방해가 없는 조건의 보행속도를 가지며 밀도가 증가하면 개인별 이격 거리와 보행속도의 감소식(Tompson & Marchant,1995)을 기준으로 보행속도가 결정된다.

a)  $d = \sqrt{1/D}$  (m), 여기서 d=각 개인별 거리 D = 피난밀도

b) 감소되는 보행속도 =  $\{V (d-0.25) / (0.87)\}$  (m/s),

여기서 V=정상 보행속도

위 식은 2명이 지정된 거리 또는 개인별 영역 (comfort zone) 이내에 위치하면 적용된다. Distancemap상에서 직각방향으로 피난구를 향하여 앞지르기, 몸의 회전, 측면이나 뒤로 약간 물러서면서 장애물을 10° 까지 피하여 이동한다. 0.1초마다 각 개인의 출구로의 이동 방향과 거리가 반복적으로 계산된다.

## III. 사례분석

### 3.1 피난시간 결정

건물 화재시 피난에 필요한 소요시간,  $t_{evac}$  는 다음과 같다.

$$t_{evac} = t_{alert} + t_{reac} + t_{walk}$$

$t_{alert}$  : 피난 개시 이전의 대응시간(Alert time)으로 발화 또는 위험 상황 발생에서 경보까지의 경과시간이 된다.

$t_{reac}$  : 피난 행동결정 시간 (Reaction time)으로 경보발생 이후 체류자가 화재 위험을 인식하고 피난을 개시하기까지의 경과 시간이 된다.

$t_{walk}$  : 피난통로의 이동(Travel time) 및 통과시간(Flow time)으로 화재 발생 시의 위치에서 가장 가까운 안전구역까지 이동하는 소요시간.

### 3.2 Simulation

대상건물은 지하1층(기계실), 1층 (입국), 2층 (출국), 3층(식당)이 있는 공항터미널이다. 예상 피난인원은 국내 기준이 없으므로 미국의 Life Safety Code 101의 거주밀도를 적용하였다. 피난 대응시간은 평균 30초의 정규분포를 가정하였으며 이와 주요 입력조건은 2장의 내용과 동일하다. 시뮬레이션의 주요 결과는 그림 1에서 그림3과 같다.

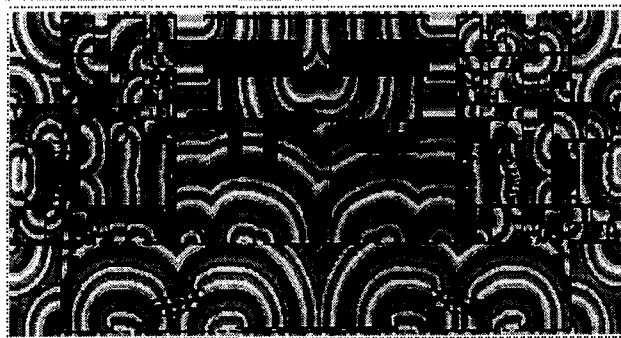
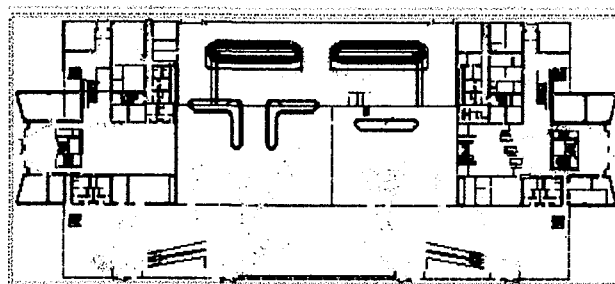


그림 1 Distance Map



Evacuation Time  
Floor 1 (@ 40 sec)

그림2. 콩코스의 피난유동

사례분석 결과 본 모델의 적용상의 한계로 지적할 수 있는 내용은 아래와 같다.

a) 건물의 물리적인 내부환경과 상태 등에 따른 화재 위험성에 관한 피난자의 대응반응이 반영되지 못한다. 피난결정과정에서 각 개인은 장애물이 출현하기 전까지 가장 최적의 행동 반응을 가지며 상호 의사교환 등 대피자간의 사회적인 행동 특성은 고려하지 않는다.

b) 상대방에 대한 공격 성향, 건물 내부 친숙도, 인식도, 경계성 등 피난 행태의 중요한 특성을 피난시간에 반영하지 못한다.

c) 계단 실에서의 이동속도는 수평통로의 50%라고 가정하며 실제 형상은 고려되지 못한다. 계단에서 본래 위치로 돌아오는 경우나 밀도에 따른 staggering 이 무시된다.

d) 피난 중 예상되는 위험 상황이나 유독가스로 인한 피난자의 행동 제약 등이 아직 반영되지 못한 상태이다. 따라서 화재와 연기에 관한 기초 자료를 본 모델에 적용하여 피난유동에 관련된 현실적인 변수를 반영하고 개인의 피난 행태 요소를 구체화하는 방향으로 개선되어야 한다.

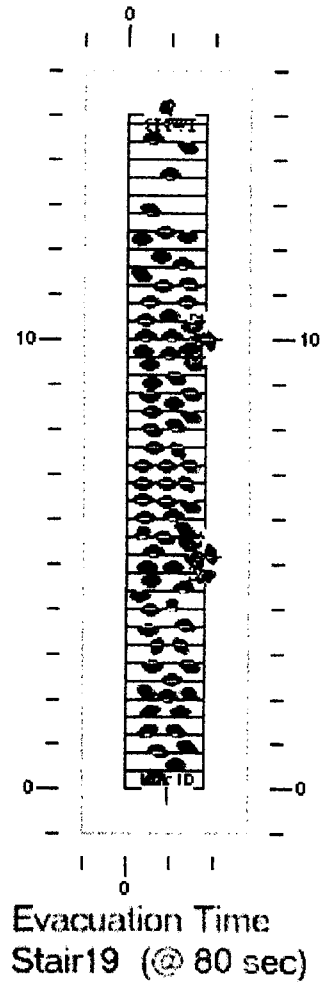


그림3 계단실의 피난유동

#### IV. 맺음말

SIMULEX 피난모델은 최대 15,000명의 많은 인원이 수용되는 복합기능의 건물에서 피난상황을 분석할 수 있는 매우 유용한 설계도구이다. 그러나 현재까지 본 모델의 검증을 위한 실제 피난관련 기초 자료가 불충분하며 특히 피난 행태, 연기 등에 의한 화재 위험성에 관한 지속적인 보완 작업이 필요하다고 판단된다. 또한 피난시간에 가장 큰 영향을 미치는 용도별 거주인원의 산정기준도 마련되어야 한다. 마지막으로 본 모델을 국내에 적용하기 위하여 동서양의 사회적, 문화적 이질성에 따른 피난 행태 모델에 관한 비교 연구가 선행되어야 한다.

#### 참 고 문 헌

- 1.Woon Hyung Kim, Rui Hu, Hong Kim, " A Occupant Load Density & Computer Modeling of Evacuation Time in Office Building", 1st Conference of the Association of Korean- Japanese Safety Engineering Society, Nov. 22-24, 1999, Kyongju, Korea.
- 2.Life Safety Code. NFPA 101. Quincy. MA. NFPA. 1994.
- 3.Peter Thompson, Jianhua Wu & Eric Marchant, "Modeling Evacuation in Multi-storey Buildings with Simulex", *Fire Engineers Journal*, Nov. 1996,
- 4.백상현 외, 대피 시뮬레이션 프로그램들에 대한 고찰, 99' 춘계 학술논문발표회 논문집, 한국산업안전학회, 1999.6