

Exodus 모델을 적용한 Day care 시설의 피난안전성능 검토

김운형, 김종훈, 김병찬*

경민대학 소방안전관리과, *(주) 베이스소프트

An Evacuation Performance of Day Care Facility with building Exodus Model

Woon-Hyung Kim, Jong-Hoon Kim, Brian Kim*

**Kyungmin College, Basis Soft*

1. 서론

최근 국내에서는 건물 설계 단계에서 화재안전성능평가를 수행하고 최적의 대안을 확보하는 사례가 증가하고 있다. 화재안전성능평가는 화재와 피난에 대한 현상예측 결과를 토대로 평가가 진행되며, 분석 결과는 설계에 반영되어 대상 건물의 화재안전 수준을 향상시키게 된다. 2003년도에 발표한 OLENICK의 연구결과에 의하면 피난현상을 예측하기 위한 모델은 16개나 있는 것으로 조사되었다. 모델의 사용과 선택은 분석 대상 시나리오의 특성과 범위에 따라 결정되므로 설계자는 모델의 특성분석과 사례분석이 필수적이다.

이러한 배경에서 본 연구는 대피자의 피난 행태 특성을 개별적으로 반영할 수 있는 building-EXODUS를 선정하여, 모델의 특성을 분석하고 사례분석을 통한 피난안전성능분석을 수행하였다.

2. EXODUS 모델

2.1 모델 개요와 특성

EXODUS 모델은 특정 공간의 체류자에 대한 피난행태 및 이동 분석을 위한 전용 프로그램으로 현재 4가지 종류가 개발되어있으며 현재 궤도차량에서의 피난분석을 위한 rail-EXODUS가 연구중에 있다.

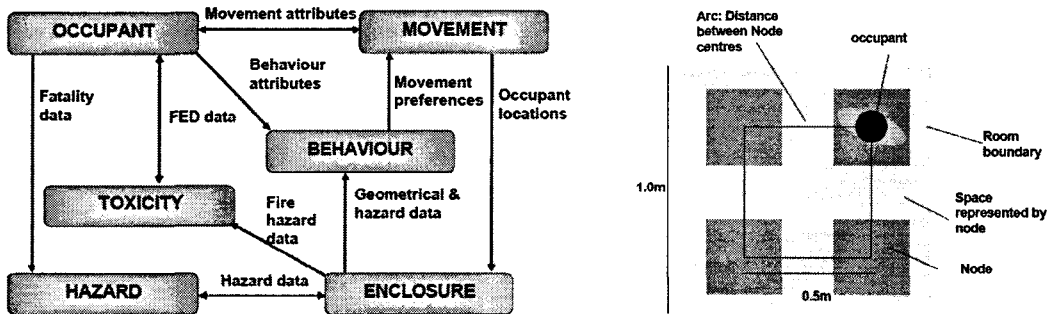
- ① building EXODUS : 건축공간에 적용
- ② air EXODUS : 항공기 적용
- ③ vr EXODUS : VR 구현 tool
- ④ maritime EXODUS : 선박 적용

2.2 프로그램의 주요 구성 및 특성

1) Rule based model

2) 6개의 core sub models

- ① 거주자 모델 : 20여개의 거주자 특성고려 (예 : 나이 체중 성별 위치 거리 PET)
- ② 이동 모델 : 물리적인 이동 해석, 영역과 거주자 특성을 고려
- ③ 위험성 모델 : 화재환경 해석, CFAST와 SMARTFIRE 입력자료 자동적으로 반영, 기타 모델 또는 실험자료는 직접입력 가능함.
- ④ 유독성 모델 : 열 가스 연기의 영향 해석 :
 FED 모델 (Purser, Speitel), FED에 따른 Mobility 감소 (저돌성과 속도 영향)
 연기에 따른 이동속도 저하 (Jin)
- ⑤ 피난행태 모델 :
 Local & Global 특성 : global 특성은 local 특성에 따라 달라지며 이에 따라 대피자의 행태도 변하게 된다.



[그림 1] building-EXODUS의 Core Sub model과 Node의 구성

3. 사례분석

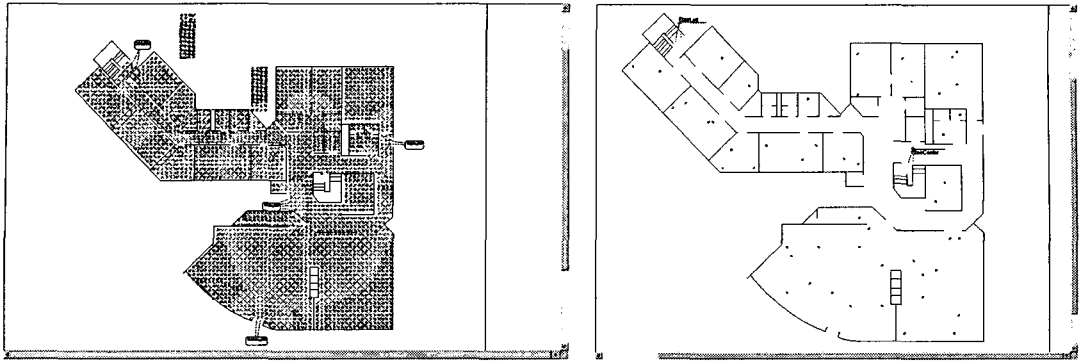
최근 고령화 사회로의 진입에 따라 급속히 증가추세에 있는 노인관련 시설 중 하나를 선정하여 피난안전 모델링을 수행하였다.

3.1 주요 입력조건

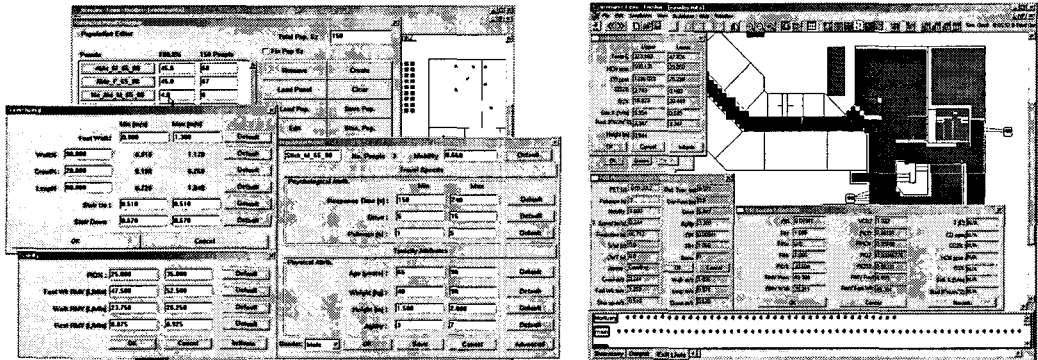
1) 건물특성

- 건물은 2층이며, 1층과 2층의 구조는 동일하다. 1층에는 외부로 나갈 수 있는 출구가 4개소가 있으며, 중앙의 출입구와 북쪽, 동쪽, 남쪽 방향으로 3개의 출입구로 구성되어 있다.

- 1층과 2층을 연결하는 계단은 2개소가 있으며, 하나는 주출입구 인근에 하나는 북쪽 출구 옆에 위치하여 있다.



[그림 2] 대상건물의 1층 출구와 계단위치 선정



[그림 3] 거주자 특성 및 유독성 모델에서 유독가스 및 연기 데이터 입력

2) 시나리오 선정 및 수행

① 시나리오 1 :

- 거주자 1층 100명 2층 50명, 복도에는 거주자 없음, 나이 65-90세 사이
- 보행속도 0.9-1.3 m/s 사이 (모든 거주자)
- 대응시간 : abled (90%, 남 녀 비율 50%) 60-180초
 disabled (10%, 66% 남자 33% 여자) 150-240초
 이 중 60%는 거동시 도움 불필요(0.75 mobility)
 40% (남 녀 각 50%) 는 지팡이 필요 (0.65 mobility)

panel	gender	%
able	남	45
able	여	45
non able, no aid	남	4
non able, no aid	여	2
non able, walking stick	남	2
non able, walking stick	여	2

· purser 모델 사용

② 시나리오 2 : 평가용 시나리오

시나리오 1에서 인명피해 최소화하기 위한 비상관리체제와 구조적 변경을 제안하며 세부내용은 다음과 같다.

복도 내 연기 감지 시스템을 구축하여, 경보시스템을 설치한다. 화재 시 화재훈련을 받은 숙련자가 각 층 주요지점에 위치하여 대피를 도와주며 대응시간을 단축시킨다. 또한 복도 내 유독가스를 피해 내부통로 즉 방과 방 사이를 연결하는 문을 추가하여 대피경로를 다양화하였다. 대피경로의 주요지점에 안내판을 설치하여 원활한 대피를 유도한다.

4. 주요 결과 및 제언

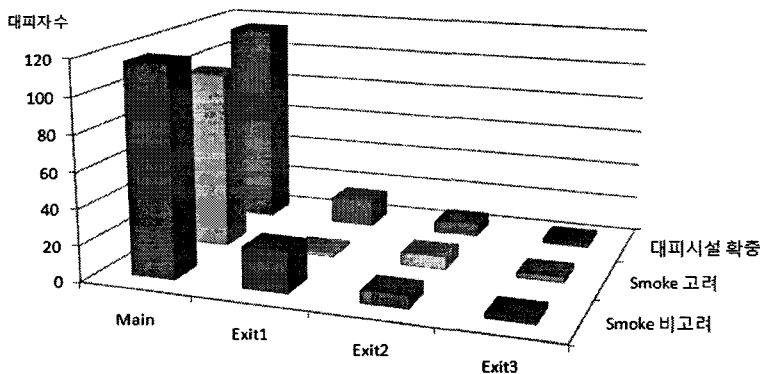
1) 사망자 수

[표 1] 시나리오에 따른 사망자 수

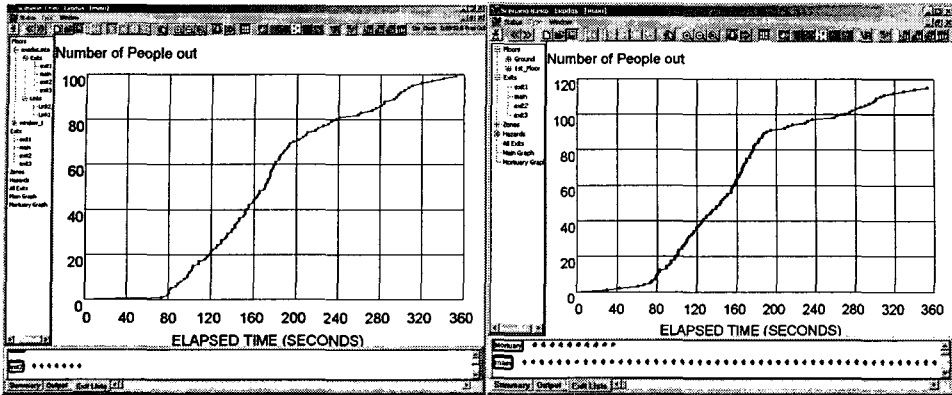
	시나리오1		시나리오2
	대피시설 미 확충		대피시설 확충
	Smoke 모델 미적용	Smoke 모델 적용	Smoke 모델 적용
사망자수	0	39	10

2) 생존자 상황

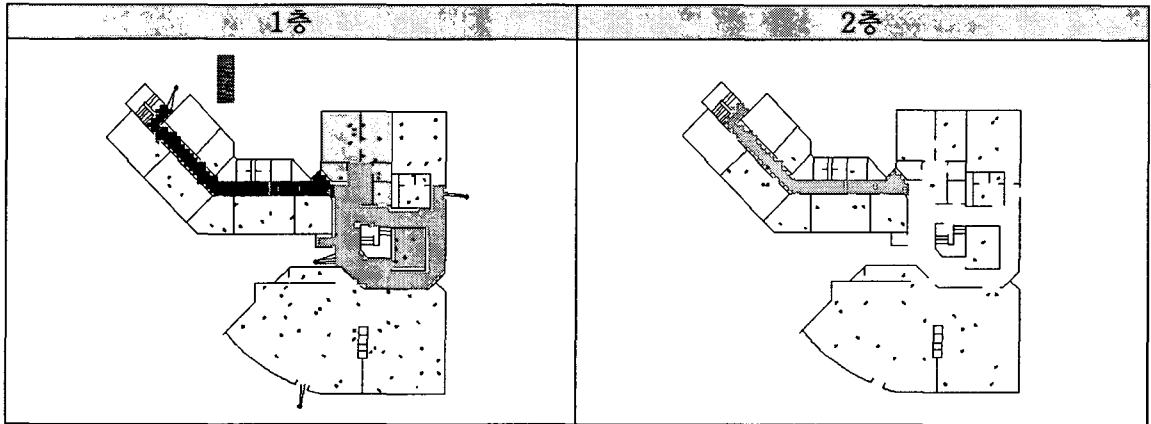
대부분의 거주자(약 83%)는 그림 4와 같이 주 출입구로 대피하였다. 주 출입구에서 대피자의 분포를 조사하면, 대피시설을 확충하지 않았을 경우 73초에서 첫 대피자가 발생하였다. 대피시설을 확충하였을 경우, 대응시간이 단축되면서 30초에서 첫 대피자가 발생하였다. 대피에 걸린 총 시간은 유독성모델을 적용하지 않았을 경우 191초, 유독성모델을 적용하였을 경우 278초가 걸렸다. 대피시설을 확충한 시나리오 2의 경우 총 대피시간은 353초로 예측되었다.



[그림 4] 시나리오에 따른 대피자 분포



[그림 5] 주 출입구에서 시간경과에 따른 대피자 분포



[그림 6] 35초 경과 후 각층의 피난상황

3) 사상자 원인

유독성 모델을 적용하여 smoke가 발생된 경우의 사망자수는 39명으로 나타났다. 인명안전을 위하여 경보시스템의 도입과 보조직원을 배치하여 대응시간을 감소시키고 대피경로의 다양화를 위하여 적절한 위치에 출구 안내판을 설치하고, 방과 방 사이를 연결하는 내부 출입문을 설치하였다. 그 결과 사망자수는 39명에서 10명으로 감소되었다.

10명의 사망자위치는 모두 출입구 근처에서 발견되었다. CFD 해석을 통해 복도에서 발생한 화재가 복도와 계단을 통해 전체로 확산됨이 확인되었다. 대피자 모두 노년층으로 유독가스에 대한 저항력이 낮아 유독가스에 노출된 시간이 길어짐에 따라 출입구 근처에서 사망한 것으로 판단된다. 유독가스가 퍼짐에 따라 이동속도가 제한을 받게 되고, 호흡이 곤란할 경우 기어서 이동하기 때문에 이동속도는 더욱 저하된다. 유독가스의 농도가 가장 높은 복도와 복도에 인접한 출입구에서 사망자가 모두 발생한 것으로 판단된다.

시나리오에 따른 출입구 도달시간을 정리한 표 2에서도 유독가스로 인한 이동속도가 저하되어 총 대피시간이 증가됨을 확인할 수 있었다.

[표 2] 시나리오에 따른 출입구 도달시간

	시나리오1		시나리오2
	대피시설 미 확충		대피시설 확충
	Smoke 모델 미적용	Smoke 모델 적용	Smoke 모델 적용
첫 도달시간	70 sec	73 sec	30 sec
마지막 도달시간	261 sec	351 sec	353 sec
총 대피시간	191 sec	278 sec	323 sec

참고문헌

1. Olenick, et al, "An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke," SFPE Journal of Fire Protection Engineering, (2003)
2. 김운형, 윤명오, E. R. Galea, EXODUS 피난모델의 검토, 한국화재소방학회 춘계 학술발표회, (2000,4)
- 3 김미경, 김운형, Ichiro hagiwara, 일본의 피난설계 규정, 한국화재소방학회 춘계 학술논문발표회, (2001.11)
4. 김운형, David Purser, 건물의 피난시간 설계요소의 분석, 한국화재소방학회 춘계 학술논문발표회, (2003.4)
5. E. R. Galea, S.Gwynne, P.J.Lawrence, L.Filippidis & D Blackshields, building EXODUS V4.0 User Guide and Technical Manual, Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, UK, (2004)