

VR기법을 활용한 엘리베이터 피난 성능평가에 관한 연구 Study for Using VR Techniques Performance Evaluation of the Elevator Evacuation

노세호 · 윤성욱* · 이동호**†

Se-Ho Ro · Sung-Wook Yoon* · Dong- Ho Rie**†

인천대학교 대학원, *GS 건설, **인천대학교 소방방재연구센터
(2010. 9. 7. 접수/2011. 2. 11. 채택)

요 약

방재설계를 하는데 있어서 피난의 주체인 재실자가 화재시 신속하고 안전하게 피난 가능 하도록 피난 방법의 최적으로 정립하는 것이 핵심적 사항이다. 건설 기술의 발전으로 많은 초고층 건축물이 세워지고, 초고층 건축물은 다양한 위험을 내포하고 있으며 재해의 정도를 증대시키고 있다. 초고층 건축물의 기본 설계 단계에서, 화재시 재실자가 피난 계단과 엘리베이터를 동시에 사용하여 피난하는 것을 고려 할 수 있으나, 이러한 피난 계단과 엘리베이터를 동시에 이용한 대피 성능 평가는 적립되어 있지 않다. 본 연구에서는 Virtools를 이용한 VR 기법을 사용하여 화재시 재실자가 비상 엘리베이터 및 피난계단을 동시에 이용하여 피난 할 경우에 대한 대피성능평가를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

ABSTRACT

In the disaster prevention design, it is important point to secure escape way at event of fire which makes people away from the fire more quickly and safely. Development of construction techniques leads to build many skyscrapers, and skyscrapers contains various dangers and increase levels of disaster. At basic design stage for skyscrapers, evacuation scenario is considered that occupants are escape using escape stairs and emergency elevators simultaneously at fire, but there is no evacuation program to simulate using escape stairs and emergency elevators at the same time. In this study, evacuation simulation is performed using method of VR which is based on Virtools of 3DVIA Co., and Simulex of IES Co. for safety and effectiveness where occupants are escape using escape stairs and emergency elevators simultaneously at the fire.

Key words : Elevator evacuation, VR, Performance evaluation, High-rise buildings

1. 서 론

재실자의 피난로 확보는 대형화재로 인한 인명 피해를 방지하기 위한 방재 설계의 매우 중요한 요소이다. 특히 최근 세계적으로 많은 건설 수요가 발생하고 있는 초고층 건축물의 경우 구조적 특징으로 인해 화재가 발생하면 초기 소화 및 연소 확대 방지에 많은 어려움이 따른다. 이에 따라 효율적인 피난 유도 와 공간 위험성을 예측하기 위해서는 성능위주의 화재 위험성 평가가 필요하다.

초고층 건축물의 피난에 관한 연구는 이영갑이 고층 건축물의 안전성 확보를 위한 성능위주 설계의 필요성과,¹⁾ 박두원 외 3명에서는 엘리베이터의 효율성에 대해 연구를 수행 하였으며,²⁾ 이범중 외 3명이 VR기반을 이용한 출구 탈출 시뮬레이션 기능을 구현하였다.³⁾ 이동호 외3명은 화재에 따른 군중 피난 시뮬레이션을 개발 하였고,⁴⁾ 최준호 외 2명이 엘리베이터를 이용한 초고층 건물 전용 피난 시뮬레이터 개발방안⁵⁾ 등이 연구되었다.

건축물의 대피 안전성 평가는 재실자가 피난에 필요한 최소시간(Required Safe Egress Time, RSET)이 허용 가능한 대피시간(Available Safe Egress Time, ASET)

† E-mail: riedh@incheon.ac.kr

이하 인지 여부를 고려하여 수행하였다.⁶⁾

초고층 건축물은 구조적 특성상 화재 발생시, 모든 재실자 들이 계단만을 이용하여 피난 할 경우 장시간의 대피시간을 요하는 까닭에 더 많은 사상자를 야기 할 수 있다. 미국, 영국등의 방재 선진국에서는 엘리베이터를 피난 수단으로 간주하여 피난 계단과 피난용 엘리베이터를 이용해 피난 시간을 줄이기 위한 연구가 진행 중이나 국내에서는 원칙적으로 엘리베이터 피난을 금지하고 있다.

또한, 현재 상용되고 있는 피난 프로그램은 피난계단과 피난용 엘리베이터를 동시에 활용한 피난을 고려하지 않으므로, 엘리베이터를 포함한 피난 시나리오를 초고층 건축물 설계단계에서 효과적으로 평가할 수 없는 실정이다.

본 연구에서는 피난계단과 피난 엘리베이터를 고려한 종합 대피 안전성평가 프로그램과 일반(피난계단) 대피 안전성 평가 프로그램의 대피시간을 비교 검토하여 종합 대피 안전성평가 프로그램의 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 대피 안전성 평가

2.1.1 엘리베이터 대피를 이용한 피난계획

초고층 및 준 초고층의 재실자 피난을 효율적으로 하기 위한 정부안으로 2010년 소방방재청에서 “고층 건축물 안전 관리 종합대책”을 발표 하였다. 준 초고층 이상 건축물에는 “피난 전용 승강기”를 설치하여 피난 대피 층간을 직통 운행 하도록 함으로 재실자의 안전을 확인하도록 하였다.

따라서 초고층 및 준 초고층에서의 재실자 수를 고려하여 피난 계획을 수립하고 엘리베이터를 이용해 재실자 분산대피 계획을 수립하여 대피시간을 단축함으로써 계단만을 이용한 피난 보다 재난시 인명피해의 최소화에 기여 가능하다.⁵⁾

2.2 대피 안전성 평가 프로그램

2.2.1 구성

초고층 대피 안전성 평가 프로그램의 개발은 3D 환경 구현 소프트웨어인 3DVIA 사의 Virtools를 이용하였다. 프로그램의 구성은 입력부, 계산부, 출력부로 나누어져 있으며, 입력부는 CAD도면 Input, 재실자 배치 등으로 구성되어 있으며, Input된 CAD도면을 3D로 변환하여 방, 계단, 복도 등을 표현할 수 있다.

재실자 배치는 인명안전코드 핸드북에서 제시된

Table 1. Population Density for Evacuation⁷⁾

건축 용도	대상 부분	인구 밀도 (인/m ²)	비 고
백화점 상업 건축물	매장 상대부분 연속식 점포	0.5	에스컬레이터 부분과 통로부분을 포함한 매장의 유효부분 전체에 대한 밀도 주방은 호텔에 준함
	음식점	0.7	
	매장	0.5	
	통로	0.25	
호텔 여관	객실(서양식)	-	베드수 수용가능인원 실태 또는 가정에 따름
	객실(일본식)	-	
	레스토랑	0.5	
	주방	-	
	연주회장	-	
	서양실	1.0	
	일본실	0.6	
사무소 건축물	일반 사무실		45m 이하 부분에 도입값을 적용함
	높이 45m 이상	0.125	
	높이 45m 미만		
	자사 건축물	0.16	
	임대 건축물	0.25	
	회의실		
	400m 이상	1.5	
	400m 미만	0.6	
극장 영화관 공회당	객 석	1.5	좌석 수에 입석 인수(2인/m ²)를 더한 수로함.
	준비실 사무실	-	
	병 실	-	
병원	외래부분	0.3	베드수에 의함 사무소건축물에 준함
	사무실	-	

Table 1에 따라 건물, 방의 용도에 맞도록 재실자를 배치 할 수 있도록 하였다. 계산부는 배치된 재실자들을 A*알고리즘을 이용하여 탈출구 또는 피난층까지의 최단 루트를 계산한다. 출력부는 A*알고리즘으로 계산된 루트를 통하여 재실자들이 이동하는 모습과 엘리베이터의 이동 모습을 모니터링 할 수 있도록 구성하였다.

2.2.2 개발 프로그램 선정

본 개발 프로그램은 3DVIA에서 개발한 Virtools를 이용하여 제작 하였다. Virtools⁸⁾는 3D 개발을 위한 툴로서 범용 미디어를 3D로 구축할 수 있으며, 3D 오브젝트에 연결된 데이터와는 독립된 개별적인 컴포넌트로 처리하며 물리 기능을 구현할 수 있는 Physics, 인공지능(AI)을 부여 할 수 있도록 되어있다.

또한 각 오브젝트마다 독자적으로 스크립트를 작성하여 오브젝트 하나만으로도 동작할 수 있어 효과적인 관리가 가능하다.

2.2.3 최적 경로 대피 알고리즘

본 연구에서는 건축물의 내부로부터 엘리베이터 또는 비상계단을 이용한 탈출구까지의 이동경로의 최적화를 위하여 A*알고리즘을 적용하였다.

A*알고리즘은 객체가 이동하는 최적 경로를 찾는 데 많이 사용되고 있으며,⁹⁾ A*알고리즘은 출발점에서 목표점까지의 가장 빠르고 짧은 거리 경로 찾기에 이용된다.¹⁰⁾

A*알고리즘은 식(1)과 같은 평가 함수를 사용한다.

$$F(n) = g(n) + h(n) \tag{1}$$

식(1)에서 g(n)은 출발점에서 현재점(n)까지의 이동 경로를 의미하고 h(n)은 현재점(n)에서 목표점까지의 예상 이동경로를 의미한다. g(goal)는 출발점에서 현재의 위치로 이동 할 때 결정된 최적의 경로 값이며, h(heuristic)는 현재점에서 목표점까지의 예상 이동 경로 값이다.¹¹⁾

Figure 1은 목표점까지 이동경로 탐색방법을 기록한 예시를 나타내었다.

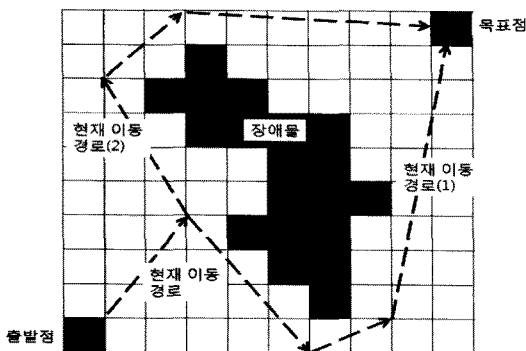
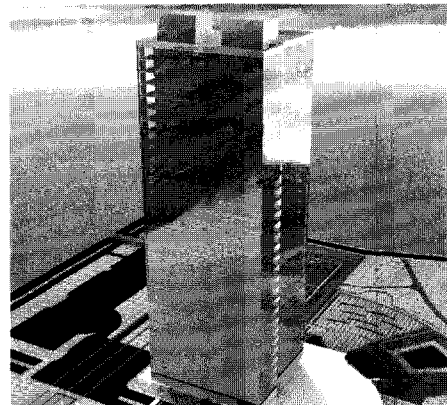


Figure 1. A sample result Obstacle Avoidance using A* algorithm.¹²⁾

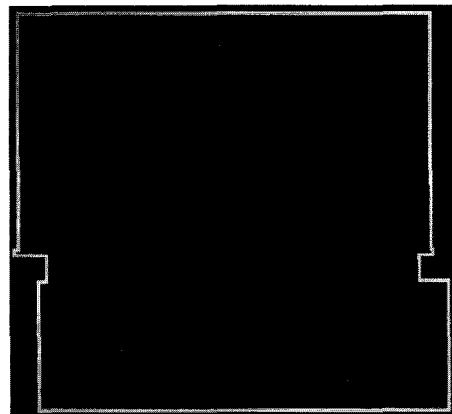
2.2.4 구성

본 연구의 개발프로그램은 3D 툴을 이용한 프로그램으로 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

1. 리얼 스케일의 피난을 구현함으로써 실제피난과 유사한 피난 연출이 가능하다.
2. 3D로 만들어진 건축물을 다양한 각도에서 재실자들이 피난하는 모습을 확인 할 수 있다.
3. 건물 전체와 피난 층의 모습이 가능하다(Figure 2).
4. 피난시 일어나는 병목현상을 구현하여 실제 피난에 가까운 상황을 구현할 수 있다.
5. 엘리베이터 피난을 구현하여 초고층 건축물의 엘리베이터와 계단을 함께 이용한 피난 시뮬레이션이 가능하도록 하였다.
6. 엘리베이터를 이용한 피난 시뮬레이션이 가능하다(Figure 3).



(a)Bird's-eye view



(b)Floor View

Figure 2. 3D Real-scale structural procedure result by using developed program.

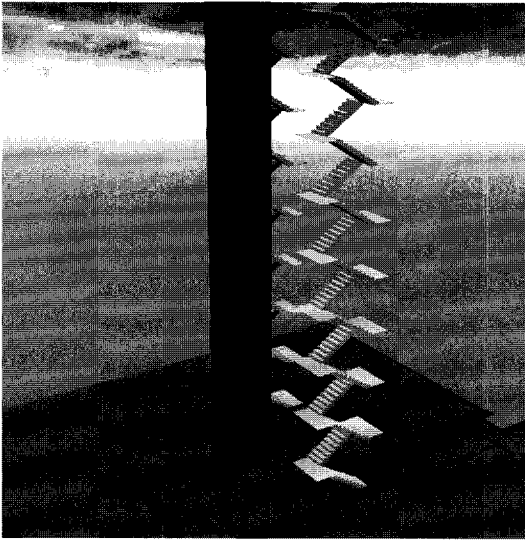


Figure 3. Completed emergency evacuation using elevator and Evacuation stairs.

Table 2. The Function of Difference between Simulex and Our Developed Programs

	SIMULEX	개발 프로그램
다층 피난 해석	○	○
엘리베이터 피난	×	○
3D 시점	×	○
다층 동시 시점	○	○
단층 시점	○	○
피난자 시점	×	○

Table 2는 본 연구에서 개발한 프로그램과 SIMULEX의 차이점을 나타낸다. 본 프로그램은 상용 프로그램에서는 불가능 했던 엘리베이터 피난 계산이 가능하며 피난자 시점으로 실시간 계산이 가능한 특징을 갖는다.

3. 실험방법

3.1 개발프로그램 적용성 분석

본 연구에서는 개발 프로그램의 적용성을 분석하기 위해 동일한 조건으로 상용프로그램인 Simulex와 본 개발 프로그램을 사용하여 두 가지 조건에 대해 비교 분석하였다. 첫 번째 조건은 10m × 10m의 공간에 1person/m²의 재실자가 대피하는 것으로 설정하였으며, 두 번째 조건은 50m × 50m의 공간에 0.5person/m²의 재실자를 배치하여 그 대피시간을 계산하였다.¹³⁾

Table 3. Analysis setting parameters

구 분	Case 1	Case 2
대피 공간 넓이	10m × 10m	50m × 50m
재실밀도	0.5명/m ²	1명/m ²
이동속도	1.4(m/s)	1.4(m/s)
실험회수	5회	5회

Table 3은 공간 및 인원배치에 대한 시뮬레이션 대피 계획을 나타낸다.

3.2 엘리베이터 대피 효과 분석

개발된 프로그램으로 엘리베이터 대피효과를 분석하기 위하여 재실자를 Figure 4와 같이 2층에서 10층 까지 같은 인원의 재실자를 배치하여 계단과 엘리베이터를 이용한 피난을 하였다. Simulex는 2층에서 10층까지 각각 30명씩 배치하였으며, 개발프로그램은 2층에서 9층까지 각각 30명의 인원을 계단피난으로 설정, 10층은 20명 계단피난, 10명 엘리베이터피난으로 설정 하였다. 시뮬레이션을 각각 동일한 조건으로 3회 실시하여 대피시간을 계산하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 개발프로그램 적용성 분석

10m × 10m 공간에 0.5person/m²의 재실자를 배치한 대피분석결과 상용 프로그램인 Simulex와 개발프로그램은 각각 26.7초와 26.8초로 나타났으며 0.37%의 오차가 발생한 결과로부터 상용프로그램과 유사한 결과가 도출되는 것으로 분석 되었다.

또한 50m × 50m 공간 1person/m²의 재실자를 배치한 대피분석결과 Simulex와 개발프로그램은 각각 86.7초와 86.5초로 나타났으며, 0.23%의 오차가 발생한 것으로 분석됨에 따라 개발프로그램의 대피시간에 대한 시뮬레이션 결과는 상용프로그램과 유사한 것으로 분석되어 대피시간 계산에 대한 타당성이 입증되었다. Table 4은 Simulex와 개발 프로그램의 피난 시간에 대한 결과 분석 결과를 나타낸다.

4.2 엘리베이터 대피를 고려한 분석 결과

개발 중인 피난 안전성 평가 프로그램의 엘리베이터 피난을 적용했을 경우 Table 5와 같이 피난 시간에서 많은 차이가 나는 것을 확인 하였으며, 계단을 이용한 피난은 252.54초, 엘리베이터를 이용한 피난은 134.37초로 엘리베이터 피난이 187.94%의 피난 효율증가를

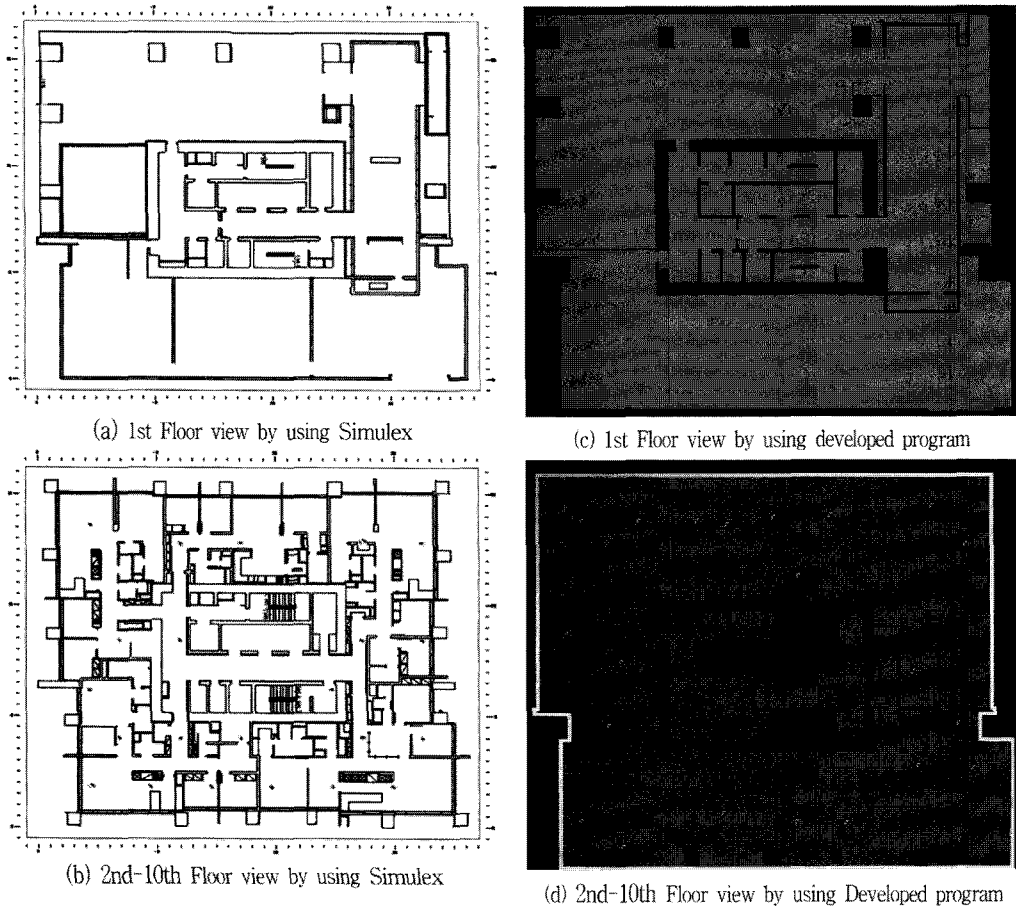


Figure 4. Residence setting.

Table 4. Comparison Evacuation Time Result for the between Simulx and Developed Program

구분	Case 1	Case 2
Simulx	26.7초	86.7초
개발 프로그램	26.8초	86.5초
시간차(비율)	0.1초(0.37%)	0.2초(0.23%)

Table 5. Comparison Evacuation Time Result for the between Evacuation Stairs and Elevator Evacuation

구분	계단피난	엘리베이터피난
피난층 10층	30명	30명
피난층 2층~9층	각 층 30명	각 층 30명
재실 밀도	1person/m ²	1person/m ²
이동 속도	1.7(m/s)	1.7(m/s)
총 피난 시간	252.54초	134.37초

보였다.

5. 결 론

본 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피난 계단만을 이용한 일반 대피의 경우 본 연구의 시나리오를 대상으로 개발프로그램과 기존 상용 프로그램의 대피 시간을 비교한 결과 최대 0.37%의 오차를 나타냈다.
2. 본 연구의 시나리오를 기준으로 엘리베이터 대피의 경우가 피난 계단만을 사용한 대피보다 187.94%의 높은 대피 효율을 나타냈다.
3. 초고층 건축물의 성능 위주 설계의 피난 안전평가 및 피난 시나리오 작성을 포함한 종합 방재계획의 일환으로 본 개발프로그램은 효과적으로 활용 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. 이영갑, “고층 공동주택의 화재 안전성 확보를 위한 성능위주 설계에 관한 연구”, 京畿大學校 産業情報大學院: 消防・都市防災學專攻 학위논문(석사), p.58 (2006).
2. 박두원, 노삼규, 감중훈, 김운형, “고층건물에서의 피난 엘리베이터의 효율성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 2006년도 춘계학술논문발표회 논문집, No.4, pp.213-217(2006).
3. 이범중, 방중승, 이동호, “VR기반 출구 탈출 시뮬레이션 설계에 관한 연구”, 한국화재소방학회 2007년도 추계학술논문발표회 논문집, No.15, pp.387-392(2007).
4. 이동호, 박중승, 조준성, 김정엽, “건축물 화재에 따른 균중 피난 시뮬레이션 시스템 개발”, 한국화재소방학회 2008년도 추계학술논문발표회 논문집, No.13, pp.304-309(2008).
5. 최준호, 황현승, 홍원화, “엘리베이터 이용을 고려한 초고층 건축물 전용 피난 시뮬레이터 개발방안”, 大韓建築學會論文集: Journal of the architectural institute of Korea: Planning & design/計劃系 2010, Vol.26, No.2, pp.87-94(2010).
6. 이동호, 박중승, 이범중, 김하영, “성능위주화재위험성평가 프로그램 개발에 관한 연구”, 한국화재소방학회 2007년도 춘계학술논문발표회 논문집, 2007 Apr. 26, pp.182-187(2007).
7. 인명안전코드 핸드북 제 8판, 제7장 피난로, 7.3 피난로의 피난용량, 수용인원 계수, 표 7.3.1.2., p184.
8. 3DVIA, “Virtools User Guide”.
9. Donald b. Johnson, “Efficient Algorithms for Shortest Paths in Sparse Networks”, Journal of the ACM, Vol.24, No.1, pp.1-13(1977).
10. S.J. Russel and P. Norvig, “Artificial Intelligence: A Modern Approach 2nd Edition”, Pearson Education, Inc, pp.94-95(2003).
11. 정연철, “A*알고리즘을 이용한 게임 객체의 빠른 이동”, 호남대학교 정보통신연구소 논문집 정보통신연구, 제13권, p.115(2003).
12. 김운형, “건물피난성능평가 프로그램(EVA-DS) 개발”, 한국화재소방학회 2002년도 춘계학술대회 논문집, 01, pp.219-225(2002).
13. 이동호, 박중승, 조준성, 김정엽, “건축물 화재에 따른 균중 피난 시뮬레이션 시스템 개발”, 한국화재소방학회 2008년도 추계학술논문발표회 논문집, 13, pp.304-309(2008).