



한국형 피난 시뮬레이션 개발을 위한 기초연구

김재홍 · 이준호 · 홍원화* · 최진원

버추얼빌더스, *경북대학교

A Study on Development of Korean Evacuation Simulation

Kim, Jae-Hong · Lee, June-Ho · Hong, Won-Hwa* · Choi, Jin-Won

Virtual Builders, *Kyungpook National University

요 약

현대 건축물은 고층화 및 복합화로 인하여, 재난발생시 대처하기가 더 어려워지고 있다. 이에 많은 연구에서 시뮬레이션을 통하여 피난안전성평가를 진행하고 있다. 하지만 아직까지 한국형 피난시뮬레이션 개발은 부족한 실정이며, EXODUS와 같은 외산 프로그램에 의존하고 있다. 이러한 프로그램들은 국내의 실정 및 한국인의 특성을 반영 못하는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 특성에 적합한 피난시뮬레이션을 개발할 수 있도록 영향 인자를 분석하여, 한국형 시뮬레이션 개발을 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

1. 서 론

최근 국내의 건축물은 고층화와 대형화로 화재에 대한 위험성이 커지고 있으며, 화재 발생 시 피난시간의 증대 및 소화활동의 어려움 등으로 피해가 증가하고 있다. 이에 학계에서는 많은 연구를 진행하고 있으며, 다양한 피난 모델이 제안되고 있다. 또한 주요 선진국들은 국가적 차원에서 피난 시뮬레이터 개발을 지원하고 있으며, 이를 통해 각 나라의 상황에 적합한 툴을 보유하고 있다. 이에 반해 국내에는 상용화된 피난시뮬레이션 없이, Simulex나 EXODUS등 외산 프로그램을 통해 연구를 하고 있어, 국내의 상황을 고려한 피난 시뮬레이션을 수행하기가 어려운 실정이다. 따라서 한국의 상황에 맞는 연구를 위해서는 한국형 자체 시뮬레이터에 대한 연구 및 개발이 필수적이다. 이에 따라 본 논문에서는 국내 특성에 적합한 피난 모델을 분석하여, 한국형 시뮬레이션이 개발될 수 있도록 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 피난시뮬레이션의 개요 및 문제점

2.1 피난시뮬레이션의 종류 및 개요

건축물의 피난특성을 알아보기 위한 시뮬레이션을 수행할 수 있는 프로그램 중 국내·외적으로 광범위하게 사용되는 프로그램은 다음의 표와 같다.

Table 1. Types and Summary of Evacuation Simulation

모델명	개발국가	개요
buildingEXODUS	ENG	<ul style="list-style-type: none"> • 거대건축물에서 수천명의 피난자의 상호작용 • 건축물 외 특정 대상물에 대한 피난모델도 존재
Simulex	ENG	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinate-based 피난모델로서 • 여러 개의 층에 대한 피난 해석이 가능
PATHFINDER	USA	<ul style="list-style-type: none"> • 그래픽적 가시화가 뛰어난 피난모델
EVACNET4	USA	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 건축물에 구현 가능
EGRESS	ENG	<ul style="list-style-type: none"> • 복잡한 건물에서의 cellular automata 피난을 가능 • 그래픽적 가시화 기능존재
WAYOUT	AUS	<ul style="list-style-type: none"> • 존모델인FireWind와 연동되는 피난모델
EXIT89	USA	<ul style="list-style-type: none"> • 초고층 빌딩에서의 피난

2.2 피난시물레이션의 특징 및 한계점

건축물의 화재 및 재난 시 피난성능과 피난 동선을 분석하기 위해 국내·외적으로 널리 보급되어 사용하고 있는 시물레이터는 다음의 표와 같다. 하지만 이러한 피난용 시물레이터들은 한국인의 특성을 고려하지 않은 채 개발되어 실제상황과의 오차가 상당부분 발생한다. 또한 심리적 요인, 피난전략의 선정 없이, 일괄적으로 피난을 실시하는 한계도 있다.

Table 2. Shortcomings of Evacuation Simulation

종류	시물레이터의 한계점
EVACNET4	<ul style="list-style-type: none"> - 피난시간 최적화에만 시스템의 목적이 집중되어 있어 각 피난인원들의 다양한 피난행동특성이거나 의사결정 특징을 시물레이션 할 때는 부적합 - Node와 Arc를 이용하여 피난성능을 검증하기 때문에 CAD 기반의 Visual Interface가 불가능함 - 텍스트기반의 항목 입력시스템으로 개발되어 있어 복합건축물의 시물레이션 불가능
Simulex	<ul style="list-style-type: none"> - 각 피난인원별, 군집별 피난능력을 유체가 개별적으로 지정할 수는 있으나 공간의 밀도에 따라 변화하는 유동적인 피난 속도의 증감을 지원하지 않음 - 피난인원들 간의 거리에 따라 이동속도의 변화를 지원하지므로 피난시간의 증가에 따른 피난인원들의 신체적 능력 감소나 정신적 혼란 상태는 지원하지 않음 - 피난결과데이터를 5초 단위로 제공하기 때문에 다른 시물레이션 모델과의 비교·분석이 어려움 - CFAST, FDS와 같은 연기유동해석 시물레이션 프로그램과의 연동이 불가 - 평면과 계단을 연결하는 Link에 피난인원들이 끼이는 기술적인 결함이 있어 업데이트가 필요
building EXODUS	<ul style="list-style-type: none"> - 피난시간의 증가에 따른 피난인원들의 신체적 능력 감소나 정신적 혼란 상태를 입력할 수 있는 항목 지원 불가 - 평면상의 보행속도, 계단을 오르내릴 때의 보행속도를 입력하는 항목이 존재하지만 변화하는 유동적 보행속도를 증명하는 알고리즘이 없음 - 과거 중저층 건축물의 Way-finding을 중심으로 개발되어져 초고층 건축물의 수직적 피난능력을 검증하기에는 소극적임

출처: 황현승 외, 엘리베이터를 포함한 피난전략이 적용된 초고층 건축물 전용 피난 시물레이터의 개발방향, 대한건축학회 논문집 계획계 제26권 제2호 통권256호, 2010

3. 한국형 피난시물레이션의 개발

3.1 한국형 피난시물레이션의 영향 인자 선정

현재 개발 및 보급되어 있는 피난관련 시뮬레이터들은 복합적인 공간에서 사용하기에는 어느 정도 무리가 따른다. 엘리베이터, 에스컬레이터, 계단 등 수직적 공간을 포함한 복합 공간 보다는 평면상의 길 찾기에 특화되어 있어, 복합건축물의 피난안전성을 평가하기에는 어려운 것이 사실이다. 이에 따라 복합건물 전용 피난시뮬레이터 사용을 통해 피난 안전성을 평가하기 위해서는 다음과 같은 구체적인 항목을 입력하여, 평가받아야 한다.

Table 3. Input List of Evacuation Simulation

	항목	항목의 내용
개인별 신체 특성	반응시간	-화재가 발생했을 때 각 개인별 반응시간과 군집의 반응시간을 입력할 수 있는 항목 -피난개시시간과 피난행동시간을 포함한 RSET, 피난여유시간까지 포함한 ASET을 각각 입력 -Delay Time을 명확하게 판정할 수 있는 근거를 마련하여 입력
	평면 보행속도	-최대보행속도, 최저보행속도, 평상시 보행속도, 기어갈 때의 보행속도 입력항목 -광범위한 피난실험 결과의 축적을 통해 피난인원의 신체적 특징, 피난행동특성을 고려한 이동속도를 산정하여 프로그램 내에서 유동적으로 이동속도가 변화하도록 설정
	계단실 보행속도	-피난실험, Case Study를 통해 얻어진 DATA를 기반으로 개발된 알고리즘을 따라 유동적으로 움직일 수 있게 개발(가속도, 피난 속도의 변화, 다른 피난인원들과의 상호피난행동 포함, 상·하향 피난을 모두 고려)
	인내심	-화재로 인해 발생하는 가스의 독성을 수치화한 Level로 나타낸 후 각 Level에서 견딜 수 있는 최대시간을 입력할 수 있는 항목
	피로도	-건축물 내 피난거리에 따라 제실자들이 느끼는 피로도를 입력할 수 있는 항목
	회복시간	-피로도가 100%가 된 후 다시 피난을 진행하기까지의 회복시간을 초 단위로 각각 입력
개인별 피난 특성	피난경로 인지	-제실자들이 피난경로를 탐색할 때 건축물 내부의 피난경로 인지정도를 체크할 수 있는 항목 (평면상의 피난경로와 수직적 피난경로를 나누어 입력할 수 있게 설정)
	방문목적	-건축물 내부에 위치하게 된 목적을 입력할 수 있는 항목 -빠르게 피난시뮬레이션의 결과를 얻기 위한 목적으로 사용(각 목적별 피난능력 포함)
	상호피난 반응	-피난 행동 중 발생하는 피난인원들의 상호피난반응을 입력할 수 있는 항목 -Passing(다른 피난자를 무시하고 지남), Hesitating(다른 피난자와 만날 시 머뭇거림)
	기민성	-피난 과정 중 과밀지점이나 피난지체지점에 도착 시 다른 경로를 제탐색할 수 있는 능력
	훈련	-제실자들의 피난 훈련 상태를 정량화하여 입력할 수 있는 항목
	혼란상태	-제실자들이 느낄 수 있는 혼란의 정도를 정량화하여 입력할 수 있는 항목
건축물의 피난 환경	층의 용도	-건축물 전체의 용도, 각 층별 용도를 설정할 수 있는 항목 -각 용도별 피난특성을 포함하여 기본 설정되어야함
	방화문 위치	-피난계단과 평면 사이에 위치하는 전실과 방화문의 유무를 체크하는 항목 -방화문의 개폐여부, 크기, 종류별 출구유동속도를 지정할 수 있게 설정
	대피층	-초고층건축물의 1차적 피난장소인 대피층을 건축물 내에 지정할 수 있는 항목 -실제실험 DATA를 바탕으로 피난인원들이 가까운 대피층으로 피난경로를 탐색하도록 설정
	유도등	-유도등과 EXIT 표지등의 위치를 설정할 수 있는 항목 -실험을 통한 피난인원들의 경로탐색특성을 적용해야함
피난 경로	피난경로 선택	-엘리베이터, 에스컬레이터, 피난계단실 중 어떤 방법을 통해 피난할 것인지를 선택 항목 -실제실험 및 제실자들의 설문을 통한 DATABASE를 바탕으로 피난경로선택 비율 설정
	피난밀도	-건축물 내부의 공간, 엘리베이터, 에스컬레이터, 계단실의 밀도를 입력할 수 있는 항목
그 외	호환성	-CAD와 의 호환은 필수, 더 나아가 3-D 기반 모델링프로그램과의 연동이 가능하도록 개발 -BIM 프로그램과의 연동을 통해 건축물의 실시간 피난성능을 확인할 수 있도록 개발
	소방 서비스	-화재 시 소방관들이 건축물 내부에 진입하여 화재를 진압하는 과정을 포함해야함 -소방시설의 효율성을 나타낼 수 있는 정량화된 근거를 마련하여 화재의 진압경도에 따라 건축물의 피난성능이 변하는 과정을 포함하는 알고리즘 개발

※ 현재 피난시뮬레이션 프로그램에서 일반적으로 사용되고 있는 항목은 제외
출처: 황현승 외, 피난용 엘리베이터를 포함한 초고층 건축물 전용 피난 시뮬레이터 개발방안, 한국화재소방학회, 추계학술논문발표회 논문집, 2009

3.2 한국형 피난시물레이션 개발을 위한 실험 및 기초연구

현재 개발진행중인 한국형 피난시물레이터를 모델러, 엔진, 뷰어의 3가지 구성으로 분할하여 개발하고 있으며, 필요에 따라 각 기능은 손쉽게 수정, 보완 및 분리개발이 가능하도록 구성하였다. 또한 한국형 피난시물레이션 개발 입력 조건을 만족시키기 위해 수직, 수평, 엘리베이터, 에스컬레이터 등 다양한 실제 피난실험을 진행 하고 있다.

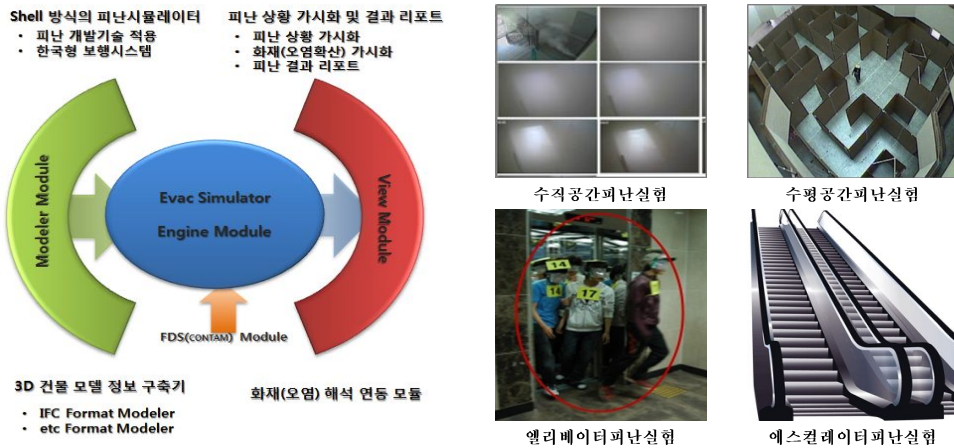


Figure 1. Development Plan of Korean Evacuation Simulation / Evacuation Experiment

4. 결 론

한국형 피난시물레이션 개발은 국내 피난안전성능평가와 PBD의 신뢰도를 향상시켜, 국내 화재안전수준을 높일 수 있으며, 외산 S/W의 의존도를 점차적으로 완화 시킬 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 한국형 피난시물레이션 개발을 위한 기초 연구로, 한국형에 부합하는 시물레이션에 포함될 입력 항목과 개발방안 및 실제 피난실험을 제시하였다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청이 출연하고 인적재난안전기술개발사업단이 시행하는 2011년도 안전관리기술개발사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 이강훈, “인간행동패턴에 대한 고찰과 피난로 설계에의 적용방법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 제13권 제7호
2. 황현승, 최준호, 홍원화, “피난용 엘리베이터를 포함한 초고층 건축물 전용 피난 시물레이터 개발방안”, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, 2009
3. 황현승, 최준호, 홍원화, “엘리베이터를 포함한 피난전략이 적용된 초고층 건축물 전용 피난 시물레이터 개발방향”, 대한건축학회 논문집 제 26권 제2호 통권 256호, 2010