

국내 건축물 피난프로그램 개발위한 세부모델 정립

윤호주 · 황은경 · 김종성 · 김종훈*

한국건설기술연구원 · 경민대학*

Define a detailed model for developing a program of domestic buildings evacuation simulation

Youn, Ho Ju · Hwang, Eun Kyung · Kim, Jong Sung · Kim, Jong Hoon

KICT · Kyungmin College

요 약

최근 피난 및 소화활동의 제약이 많은 대형 및 고층건축물의 증가함에 따라 화재 시 많은 인적·물적 피해가 예상된다. 이에 국내외에서는 화재로부터 인명 및 재산을 보호하기 위한 방법으로 종합적이고 과학적인 성능위주 소방설계를 실시하고 있으며 이를 위해서는 건축물의 화재 및 피난에 대한 공학적 분석이 요구되는데 현재는 대부분 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램이 활용되고 있다. 이러한 컴퓨터 피난프로그램은 국내에서 아직 상용화된 프로그램 없어 외국 피난프로그램과 데이터를 그대로 활용 하고 있다. 국외의 피난 프로그램은 국내의 건축물 및 재실자의 특성을 정확하게 반영할 수 없으며 알고리즘 또는 해석방식에 대한 이해가 어려워 잘못된 분석결과를 가져올 수도 있다.

이에 본 연구에서는 국내의 상황을 반영할 수 있는 피난프로그램 개발을 하고자 국내에서 활용 되고 있는 피난 프로그램의 세부모델에 대한 분석을 통해 피난 프로그램의 국내 피난 프로그램의 세부모델의 개발방향을 설정을 하고자한다.

1. 서 론

최근 피난 및 소화활동의 제약이 많은 대형 및 고층건축물의 증가함에 따라 화재 시 많은 인적·물적 피해가 예상된다. 이에 국내외에서는 화재로부터 인명 및 재산을 보호하기 위한 방법으로 종합적이고 과학적인 성능위주 소방설계를 실시하고 있으며 이러한 성능위주 소방설계(Performance Based Fire Design)는 법규 및 관련기준에 의한 설계가 아닌 화재에 대한 건물구조, 소화시스템, 피난능력 등을 종합 검토하여 계획 및 기본설계단계부터 그 영향을 반영하는 설계를 말한다.

이를 위해서는 대상물의 용도, 위치, 구조, 수용인원, 가연물종류 등을 고려하여 예상되는 화재크기와 피난용량 등의 대해 공학적 분석이 요구되는데 현재는 대부분 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램으로 분석을 하고 있다. 이러한 컴퓨터 피난프로그램은 국내에서도 1980년대 후반부터 개발이 진행되었으나 20여년이 지난 지금도 아직 상용화된 프로그램 없어 외국 피난프로그램과 데이터를 그대로 활용 하고 있다. 하지만 국외의 피난 프로그램은

국내의 건축물 및 재실자의 특성을 정확하게 반영할 수 없으며 알고리즘 또는 해석방식에 대한 이해가 어려워 잘못된 분석결과를 가져올 수도 있다. 따라서 이러한 문제점들을 해소하고 국내의 건축물 피난안전의 향상을 위해서라도 국내 피난상황을 정확히 반영할 수 있는 국내 피난프로그램 개발이 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 피난프로그램 개발 단계에 앞서 국내에서 활용되고 있는 피난 프로그램의 세부모델에 대한 분석을 통해 세부모델의 개발방향을 설정을 하고자한다.

2. 이론적 고찰

본 연구에 앞서 피난 프로그램의 신뢰성 및 활용 용이성 확보를 위한 전문가 심층면담과 설문조사를 실시한 “국내 건축물 피난시뮬레이션 프로그램 개발을 위한 사용자 편의성 증대를 위한 전문가조사 분석“을 통해 국내 전문가가 주로 이용하는 피난 프로그램 종류 및 선호도의 질문에 Simulex가 45%를 차지하면서 가장 선호하는 피난프로그램으로 분석되었으며 그 뒤로 35%를 차지한 Building Exodus 와 10%의 Pathfinder 순으로 선호도가 분석되었다. 기타 프로그램으로는 나가요,FDS+EVAC, BRI2, 일본수계산 등이 조사되었다. 이에 국내에서 많이 활용되고 있는 피난 프로그램 SIMULEX와 EXODUS 중심으로 피난프로그램의 구성 및 세부모델을 분석해 보았다.

2.1 피난 프로그램의 구성 체계

피난 프로그램의 구성은 크게 공간모델, 재실자 모델, 재실자 이동모델, 화재 모델 등 4가지로 구분할 수 있으며 각 모델의 결정과 모델에 따라 프로그램이 어떻게 구축할 것인지 결정된다. Space Model 과 Fire Models은 컴퓨터 프로그램의 기본구성과 화재 톨로서 국내의 변수에 큰 영향을 받지 않는다. 하지만 건축물 피난 프로그램의 주목적인 피난시간에 큰 영향을 미치는 재실자의 행동과 이동속도는 각 나라의 상황에 따라 다르기 때문에 다른 결과가 나올 수 있다. 이에 두(재실자 행동, 이동) 변수의 분석을 통해 국내 Data적용가능성과 의 세부모델의 개발방향을 설정하고자한다.

표 1. 피난 프로그램의 모델 구성

구성 모델의 종류	내 용	종류
공간구성 (Space Model Grid/Structure)	피난프로그램의 내부공간을 만드는 모델로 방, 복도, 계단 등으로 구분되며 격자나 점유하는 크기에 따라 프로그램 분석이 다름.	Coarse Network Fine Network Continuous Spac
재실자 움직임 (Behavior Model)	재실자의 행동패턴을 나타내는 모델로 입력Data나 주어진 조건에 따라 다른 결과가 나올 수 있음	No Behavior Implicit Behavior Conditional Behavior
재실자 이동 (Movement Model)	재실자의 이동관한 모델로 프로그램 로직에 의한 계산이나 특정상황에 따라 이동결과에 영향을 받음.	Density Corelation Inter-person Distance Conditional
화재 모델 (Fire Model)	화재분석모델로 피난결과와 비교분석하기위해 연기, 열 관련 된 유해물질에 따른 재실자의 안전성분석을 함.	Zone Model FEDModel




2.2 세부모델 분석

세부모델(Behavior와 Movement)은 재실자의 나이, 성별, 인종 등 신체적 특성을 토대로 감각기능, 심리 및 본능, 체계, 기억 및 훈련 정도에 따라 피난에 영향을 미치게 되고 이를 토대로 이동속도, 병목현상, 피난완료 시간이 결정되게 된다. 이에 피난 프로그램 SIMULEX와 EXODUS의 Behavior와 Movement의 분석을 다음과 같이 해보았다.

- 재실자 타입 : 피난 프로그램에서의 재실자 타입은(이동속도, 나이, 키, 민첩성 심리)등에 의해 서로영향을 주며 결과 값을 결정하는 중요한 요소에 속한다.
- 이동모델 : 피난 프로그램에서의 이동모델은 각종변수 등에 의해 영향을 받으며 속도와 기동성으로 분류할 수 있다.
- 화재 반응시간 : 거주자들이 화재를 인식하고 이에 반응하는데 걸리는 시간을 의미하며 이는 각 개인 혹은 그룹에 따라 걸리는 시간을 말한다. 각 개인 혹은 그룹에 따라 사용자가 평균적인 수치를 입력하거나 실험에 의하여 검증된 방법으로 반응시간을 설정 할 수 있으며 건물의 형상과 위치에 따라 반응시간에 대해 랜덤하게 여유를 줄 수 있다.
- 심리적 특성 : 심리적 특성은 건축물 화재발생시 재실자의 공간친숙도 및 교육훈련에 의한 추진력, 인내력 등이 의사 결정에 영향을 미친다.

표 2. 피난 프로그램의 세부모델 구성

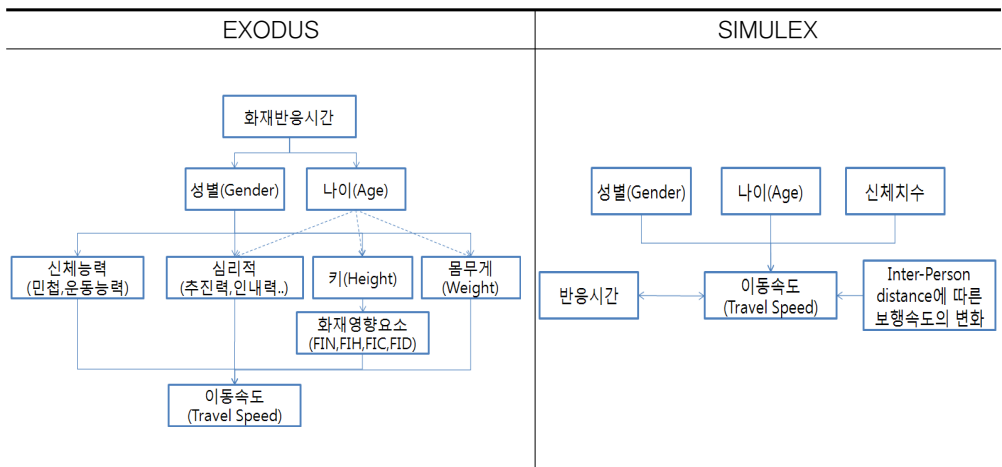
구분	EXODUS		SIMULEX
재실자 타입	나이	•재실자의 나이(1세~100세)을 수동으로 시나리오에 따라 설정가능.	•재실자의 나이(12세~55세) 및 성별의 대표값을 가지고 있음.
	신체	•재실자의 체중은 1-200 Kg 설정가능하면 키는 1-2 m 수동으로 설정 가능함.	•별도의 특정 속도, 반응시간 및 몸크기 등은 사용자가 직접 입력가능하며 신체타입 번호는199까지 정할 수 있음.
	구분	•재실자의 성별, 나이, 몸무게 등을 수동으로 입력가능	•4개의 타입으로 남성, 여성, 어린이, 평균치로 분류함.
	능력	•운동능력, 민첩성 및 기타 사회적인 인자를 통하여 화재와 연동 시 보행속도 변화	• SIMULEX는 없음.
	기타	•지위 (점유자, 직원)	
이동모델	이동속도	•기본 빠른 보행속도는 1.5m/이며, 보행타입에 따라 감소함.	•자유보행속도: 0.8~1.7m/s
	타입	•보행타입(6개)이며 성별 및 나이에 따라 보행속도 결정	•보행속도는 부여되는 성별 및 나이군(어린이, 어른, 노인 등)에 따라 다름
	기동성	•사람의 기동성을 수치로 나타낸 값으로 범위는 0~1이며 여러 방식으로 차등을 둠. •기동성 값은 재실자 이동 속도와 민첩성에 영향을 주며, 연기 영향 받음.	•피난경로 설정, 개인별 특성 및 위치 지정, 주변 사람간 밀집상태에 따라 밀치기, 앞지르기에 의한 보행속도의 감소 등을 고려

구분	EXODUS	SIMULEX	
반응 시간	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 임의로 설정하여 입력함: 시뮬레이션에 부여하는 적절한 반응시간 분포는 점유자가 관여하는 활동 성격, 점유된 구조 공간의 성격, 사용되는 알람 시스템의 종류, 구조물 내 사용되는 관리구조의 질, 노출된 타깃 인구의 훈련 정도 등을 포함한 많은 시나리오 관련 요소에 좌우되며 수동으로 임의로 설정함. (0~1000(s)까지 초 입력) 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 크게3가지로 설정하여 가능함. (Random, Triangular, Normal) 	
		 <ul style="list-style-type: none"> Tips=Random Distribution (반응시간이 각각의 거주자들에게 임의 값으로 적용) 	
		 <ul style="list-style-type: none"> Triangular Distribution (반응시간을 거주자들에게 3가지 값으로 적용) 	
		 <ul style="list-style-type: none"> Normal Distribution (반응시간을 초기 설정값에서 큰 차를 두지 않고 적용) 	
심리적 특성	추진력	<ul style="list-style-type: none"> •점유자의 독단적 주장 측정값으로 분쟁 해결의 기초로 사용되며 여러 점유자가 한 노드를 차지하기 위해 경쟁하는 상황에서 점유자의 추진력은 분쟁을 해결함. 1 (낮은 추진력)부터 15 (높은 추진력)까지의 값이 배정된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • SIMULEX 심리 고려 없음.
	인내력	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 점유자가 줄 지어 있거나 또는 이동하는 사람들 흐름에 합류하려고 시도하며 일정 시간 정지된 상태로 있어야만 하는 경우가 발생한다. (초단위) 측정값이다.(0~1000(s)까지 초 입력) 	
	Gen e	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물내의 재실자와 관련된 정도를 나타내며 값 0은 그 사람이 구조 내 다른 구성원과 관련이 없음을 나타내고 그러므로 어떠한 정보도 소통하지 않는다. 	
	대기 속성	<ul style="list-style-type: none"> • 정지 점유자 별로 계산하는 역동적 속성이다. 대기 속성은 점유자가 대피 시작 후 정지 상태를 유지한 시간 (초 단위) 측정값이다. 일단 기다리고 있던 점유자가 이동하기 시작하면, 대기 카운트가 0으로 재설정된다. 	

2.3 피난 프로그램의 구성 체계

피난 프로그램 SIMULEX와 EXODUS 중심으로 재실자의 행동과 이동속도의 영향인자 관계를 분석하였다.

표 3. 세부모델 구성 체계



EXODUS는 성별과 나이에 따라 신체능력, 심리, 키, 몸무게에 영향을 미치며 키는 화재

영향 요소에 영향을 주고받는다. 이러한 여러 영향요소는 이동에 영향을 주어 이동속도를 결정하게 된다. SIMULEX 성별, 나이, 신체치수에 의해 이동속도가 결정되면 이러한 속도는 Inter-Person Distance에 따라 보행속도가 변하게 된다.

3. 피난 프로그램 세부모델 방향설정

국외 피난 프로그램 SIMULEX와 EXODUS 중심으로 세부모델을 분석한 결과를 바탕으로 다음과 같이 국내 피난 프로그램의 국내Data의 적용에 과 세부모델에 대한 방향을 설정하였다.

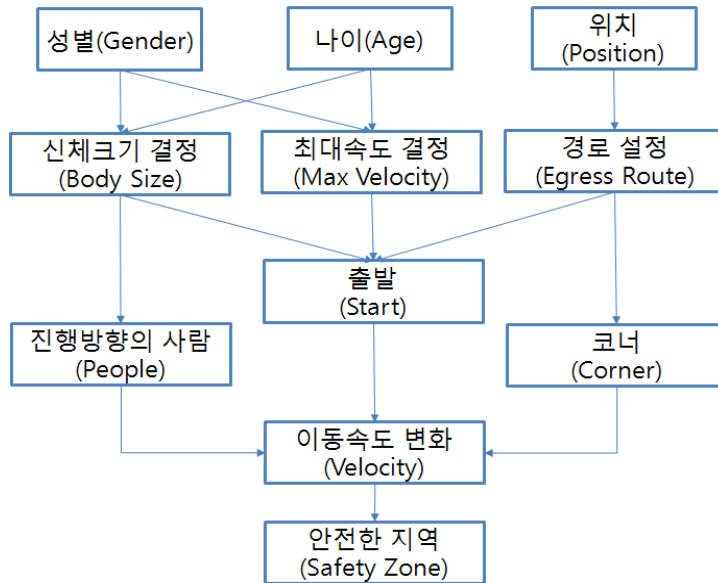


그림 1. 국내 피난 프로그램 세부모델 구성 체계

국내 피난 프로그램 세부모델은 성별, 나이, 위치에 입력Data가 설정되면 성별과 나이는 신체크기와 최대속도를 결정하게 되며 위치는 경로설정에 영향을 준다.

설정 후 재실자는 피난을 시작하며 코너나 앞사람간의 간격, 장애물을 인식하여 이동속도에 변화를 준다. 이후 안전한 지역으로 이동을 하면 피난완료가 된다.

4. 결론

본 연구는 국내의 피난상황을 반영할 수 있는 피난프로그램 개발에 앞서 사전연구로 국내에서 활용되고 있는 피난 프로그램 SIMULEX와 EXODUS 중심으로 세부모델에 대한 분석을 통해 피난 프로그램의 국내 Data적용가능성과의 세부모델의 개발방향을 설정을 하고자했다.

이에 세부모델에 따라 개개인의 영향을 결정하며 이 영향은 Behaviour와 이동모델

(Movement)연계하여 속도설정, 경로선택, 특수행동 및 재실자 움직임이 결정되는 세부모델을 개발방향을 설정하였다. 차후 세부모델에 적용할 국내피난Data의 분류 및 연구를 진행으로 한국인의 신체특성 및 이동특성을 반영한 할 예정이다.

참고 문헌

1. 한국건설기술연구원. “표준 화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난안전설계 기술개발”
2. 과학기술부. “공간 화재 성상 및 피난 예측 시스템 개발”
3. 건강증진기금사업지원단. “대피 시뮬레이션 시스템 개발을 위한 조사연구 II”
4. 박재성 (2004). “건축물 화재 시 피난행동을 고려한 피난예측모델에 관한 연구” 서울시립대학교 학위논문.
5. 김영현(2002). “화재 대피 시뮬레이션 소프트웨어 개발에 관한 연구” 한양대학교
6. 박양수(2001). “초고층 건물의 화재 대피 시뮬레이터 개발에 관한 연구” 한양대학교
7. 김종훈, 김운형 “건물피난성능평가 프로그램(EVA-DS) 개발”2002년 한국화재소방학회
8. 이송준,이상현 “대피 시뮬레이션 프로그램들에 대한 고찰” 2008년 한국산학기술학회
9. 박창영 ;최창. “시뮬레이션을 통한 화재시 피난안전성평가 고찰” 2006년 대한건축학회