

피난시물레이션 프로그램 개발을 위한 연구동향 분석에 관한 연구

윤호주 · 황은경
한국건설기술연구원

A Study on the Research Trends Analysis for the Development of Evacuation Simulation Program

Youn, Ho Ju · Hwang, Yen Kyung
Korea Institute of Construction Technology

요 약

경제발전과 도시화에 따른 급격한 인구증가와 집중화로 인해 건축물의 수가 급격히 증가 했으며 이에 건축물의 화재 발생건수 증가와 더불어 인명 및 재산피해도 증가하고 있다.

이와 같은 문제점으로 인명안전의 확보방안으로 건축물의 계획 및 설계 시에는 화재 및 피난시물레이션을 통해 건축물의 안정성 평가를 하고 있지만 현재 분석에 사용되는 모든 프로그램들은 우리나라의 특성을 고려해 개발된 국내의 프로그램이 아닌 외국의 프로그램으로 작업을 진행하고 있다.

이에 국내 피난시물레이션 프로그램 개발을 하고자 사전연구단계로 피난에 대한 기존연구를 중심으로 피난관련연구동향을 심층분석해 보았다.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

경제발전과 도시화에 따라 급격한 인구증가와 집중화가 진행되고 있다. 이에 따라 건축물은 수적으로 증가하게 되었으며, 토지가격의 상승으로 인해 도시의 건축물은 고층화 및 대형화되는 추세를 보이고 있다. 이러한 상황에서 건축물의 화재 발생건수도 해마다 증가하고 있으며 그에 따른 인명 및 재산피해도 증가하고 있다. 특히 다수의 인원이 집중되는 대형 건축물의 경우 화재발생 시 재실자의 안전한 피난을 확보하기가 어려운 실정이며 이로 인해 대규모의 인명피해가 우려되고 있다.

이러한 문제점으로 인하여, 최근 건축물의 계획 및 설계 시에는 화재를 대비한 인명안전의 확보방안이 중요한 주안점으로 떠오르고 있다.

건축물의 인명안정성 확보방안으로는 건축물의 계획 및 설계 시 화재 및 피난시물레이션

을 통해 건축물의 안정성 평가를 하고 있지만 현재 분석에 사용되는 프로그램들은 국내에서 개발된 것이 아닌 외국의 프로그램들을 비용을 지불하면서 작업을 진행하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 피난시뮬레이션 프로그램 개발을 위한 사전연구로 건축물의 피난에 대한 기존연구를 중심으로 피난연구의 현황을 살펴보고 분석함으로써 피난시뮬레이션 프로그램 개발을 위한 기초적 자료들을 제시함에 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 피난관련 자료는 석·박사학위논문과 학술논문, 연구보고서 등을 중심으로 조사하였다. 자료의 선정은 학회(대한건축학회, 한국화재소방학회, 한국방재학회 등)와 국회도서관, 각종 학술논문 검색사이트의 피난관련 연구논문과 보고서 174편을 연구 자료로 도출하였다.

연구방법으로는 피난에 관련 있는 논문 174편을 총체적으로 살펴본 뒤 주제별, 시대별로 분류하고 본 연구와 관련 있는 주제의 논문과 연구보고서를 심층분석 하였다. 문헌고찰의 결과로 국내 피난프로그램 개발을 위한 기초적 자료들을 도출하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 건축물의 피난안전성 평가

건물의 피난 안전성능 평가는 피난에 필요한 최소 시간(Required safe egress time, RSET)이 허용 가능한 피난시간(Available Safe Egress Time, ASET)이하가 되는지를 확인하는 과정이다. 여기서 RSET은 재실자들의 성별, 연령별 구성과 같은 특성과, 보행속도, 피난경로의 효율성, 안전구획까지의 거리와 같은 인자들에 의하여 계산되며, ASET은 피난에 영향을 미치는 조건, 다시 말해 타당한 화재시나리오에 의해 산출된 플래시오버 시간이나, 특정한 높이까지의 연기 층 하강시간 등을 의미한다. 설계자는 예상되는 화재가 발생하여 확대되는 시간동안 대상공간의 재실자가 피난에 지장을 받는 위험한 상황에 도달하는 가를 통하여 피난 안전성을 평가하는 것이다.

RSET을 산출하는 방법은 수 계산 공식이나, 피난 모델링을 수행하는 방법이 있으며, ASET도 권장되는 수 계산 공식이나 화재모델링을 통하여 예측이 가능하다.

피난안전성평가는 건축물의 설계 단계에서 피난설계의 적정성을 검증하기 위해서 수행되며, 이미 건축된 건물의 검증과 피난안전성능향상을 위한 계획수립에도 적용할 수 있다.

2.2 건축물의 피난안전성 평가방법

현재 사용되는 건축물의 피난안전성능계산방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 하나는 일본 피난계산법을 이용한 피난시간예측방법이며, 두 번째는 상용 피난프로그램모델을 사용하는 방법이다.

일본의 피난계산법을 이용한 피난시간예측방법은 거실피난, 층 피난, 전층 피난시간을 각

각 도출하여 각 공간에서의 피난한계시간과 비교하여 피난안전검증을 평가한다. 각공간은 안전지대에까지 도달하는 것을 피난완료로 한다.

두 번째로 사용하는 피난 프로그램 모델은 국외에서 개발된 프로그램이 여러 가지 있지만 대표적인 프로그램으로 Simulex와 Exodus가 있다. 이러한 피난 프로그램들은 건물의 도면을 수정하고 입력하여 사용하며, 피난인원에 대한 비교적 정확한 설정이 가능하다는 장점이 있다. 또한 피난 수행과정을 동영상으로 보여주며, 정체구간과 피난통로에 대한 집중도의 확인과 분석이 용이하다는 점도 있다. 모델링의 결과는 각 피난문의 통과완료시간과 피난완료시간으로 보여준다.

3. 국내 피난관련 연구동향 분석

최근 국내에서 건축물의 안정성확보 및 검토를 위하여 피난프로그램으로 건축물 피난안전성검토와 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구는 국내 피난시뮬레이션 프로그램 개발을 위하여 다음과 같이 국내 피난관련 연구를 조사 분석하였다.

3.1 건축물 피난관련 연구논문 주제별 및 시대별 현황

2009년까지 건축물 피난관련 연구논문 174편중 석·박사 학위논문은 46편이며, 학술논문 124편, 연구보고서 4편으로 조사되었다. 건축물 피난관련 연구논문의 연도별 분류에 의하면 1980년~2000년까지는 피난관련연구가 34편에 비해 2001~2005에는 80편, 2006~2009년에는 60편으로 2000년 이후부터 피난관련 연구가 많이 진행되고 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 2000년 이후 대구지하철화재와 같은 대규모 화재사건사고로 인해 화재안전의 필요성 부각에 따라 많은 연구가 진행된 결과이다.

주제별 피난관련 논문현황을 살펴보면 건축물의 피난계획 연구 114편(65%), 피난 프로그램의 개발 연구 40편(23%), 피난법규 및 규정 10편(6%), 피난 및 화재 알고리즘 10편(6%) 순으로 분석 되었다.

표 1. 주제별 및 시대별 현황

주제 년도	피난계획 연구	피난프로그램의 개발 연구	피난법규 및 규정	피난 및 화재 알고리즘	합계
80 ~ 90	11	2		1	14
91 ~ 95	3				3
96 ~ 00	7	5	2	3	17
01 ~ 05	54	17	3	6	80
06 ~ 09	39	16	5		60
합계	114	40	10	10	174

분석결과와 같이 건축물의 피난계획 연구의 높은 비중은 최근 건축물의 대규모화, 초고층화, 복합화 되어감에 따라 대규모 복잡한 공간을 가진 구조물의 출현으로 화재 시 건축물의 피난계획과 같은 인명의 안전을 확보하기 위한 안전하고, 신뢰도 높은 피난환경을 구축하는 것이 매우 중요해 졌기 때문이다.

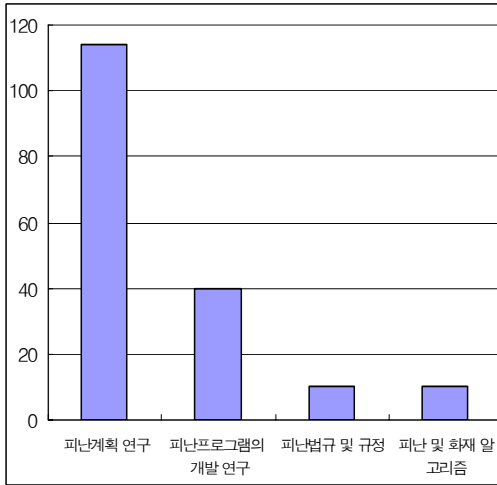


그림 1. 주제별 현황

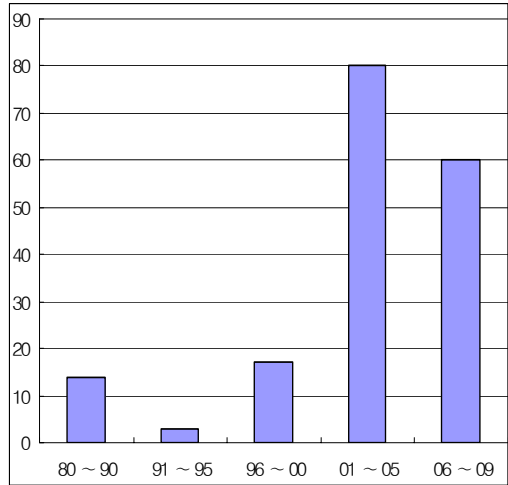


그림 2. 연도별 현황

피난프로그램 관련연구와 알고리즘 관련된 연구는 다음과 같다.

표 2. 피난프로그램 관련연구 및 알고리즘 관련연구

분류	피난프로그램 관련연구			알고리즘 관련연구	
	피난 프로그램 개발	피난프로그램을 통한 안전성평가	피난프로그램 분석	피난 프로그램 알고리즘	기타(화재,연기) 알고리즘
	13	11	16	7	3
합계	40			10	

피난프로그램 연구의 논문현황 살펴보면 외국의 피난프로그램 분석이 16편(39%), 국내 피난시뮬레이션의 개발관련 논문이 13편(33%), 피난법규 국내 및 외국의 피난 프로그램을 통해 안전성평가가 11편(28%)순으로 나타났다.

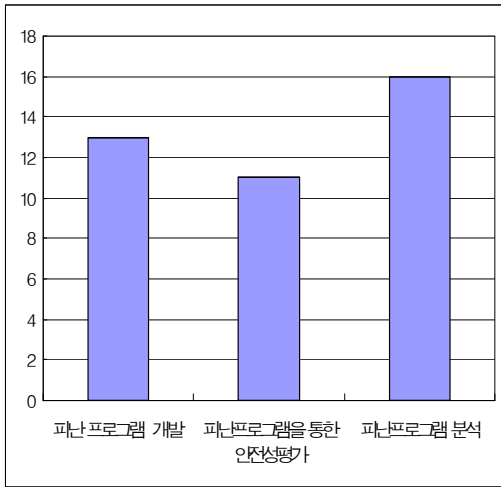


그림 3. 피난프로그램 관련연구

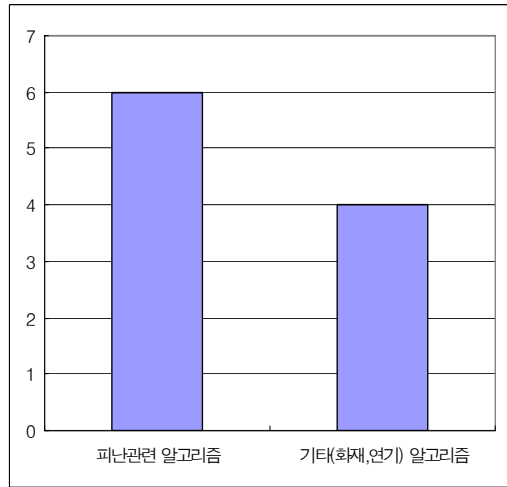


그림 4. 알고리즘 관련연구

알고리즘에 관한 연구에서는 피난관련 알고리즘 7편(70%)편과 기타(화재, 연기)관련 알고리즘이 3편(30%)로 분석되었다.

피난관련 알고리즘에 관한 내용은 피난프로그램 개발을 위해 연구되었으나, 피난 프로그램 모델 구축까지는 아직 이루어지고 있지 못한 실정이었다.

3.2 피난관련 연구 심층분석

피난프로그램 개발관련 연구진행은 다음과 같이 진행되어왔다. 먼저 1970년대 후반에서 80년대 초반에는 피난계단과 위치에 대한 가장 기본적인 검토만 이루어졌다. 그리고 1980년대 중반에 이르러 1980년도에 간행된 일본의 건축방재계획지침에 따라 간단한 수계산을 이용하는 방식을 적용한 연구가 발표되었다. 또한 간단한 모델실험을 통한 분석 및 피난계획에 대한 기존 연구보다 구체적인 연구 자료들이 발표되었으며 1988년에서부터 피난프로그램에 대한 연구가 발표되었다.

이후 1990년대 후반까지는 피난관련 연구는 피난계획에 대한 내용과 인간행동패턴에 대한 연구가 주를 이루었으며, 1998년도에는 C 언어를 이용한 피난예측 프로그램이 발표되기도 하였다. 그리고 1990년대 말인 1999년도에 처음으로 국외의 대피시뮬레이션에 대한 고찰에 관련된 연구문헌과 이를 실제 건물에 적용하여 분석한 연구논문이 발표되기 시작했다. 이때, 현재 가장 많이 피난 분석에 사용되고 있는 SIMULEX와 Building EXODUS가 연구를 통하여 국내에 소개되었다. 마지막으로 2000년도에 접어들면서 피난프로그램을 이용한 분석 및 프로그램 개발에 대한 연구가 활발해 졌으며, 실험과 피난시뮬레이션의 비교 분석에 관련된 연구도 증가하였다.

표 3. 피난프로그램 관련연구

분류	세 분류	년도	제목	세부내용	
피난프로그램 개발 관련 연구	피난프로그램 개발	2002	건물피난성능평가프로그램 (EVA-DS) 개발	일본의 피난성능검증에 관한 내용을 기준으로 건물전체의 피난시간을 예측하는 피난프로그램 개발	
		2006	비상사태 피난 시뮬레이션 (EAS) 개발 연구	비상사태대비 피난시뮬레이션 개발	
		2008	화재 대피시뮬레이션 소프트웨어 개발에 관한 연구	다섯 종류별 사람과, 건물의구조등과 같은 변수입력으로 통해 화재층의 피난시간을 예측 파악하는 프로그램	
		2004	건축물 성능 진단프로그램	건물 구조를 분석하여 현재 활성화되어 있는 층이나 계단의 각 구역의 최단거리로의 피난이동방향으로 피난안전성능평가 하는 프로그램	
		2005	채실자의 피난 예측Program 개발	건물내부의 용도변경 시에도 건물구조의 안정성의 적절한 조화로 피난 할 수 있도록 하기위한 프로그램 개발에 관한 연구	
	건축물 용도별 피난 프로그램 개발	2003	공간 화재 성상 및 피난 예측 시스템 개발	연기의 유동성상을 고려한 적절한 피난예측 프로그램의 개발	
			대피시뮬레이션 시스템 개발을 위한 조사연구	연령층 계층을 구분하여 그 행태특성 조사 및 주거시설에 대한 대피조사로 '인간행태를 반영하는 한국적 대피 시뮬레이션 시스템 구축'	
		2000	초고층 건물의 화재 대피 시뮬레이터 개발에 관한 연구	오피스 건물구조의 모듈로 사무실, 복도, 계단으로 구분하여 피난 층까지 대피하는데 걸리는 시간을 산출하는 프로그램	
		2003	지하공간의 피난안전성평가시스템 개발에 관한 연구	지하가에 적용되고 있는 방화대책의 실태를 조사하여 위험성을 확률론적인 입장에서 평가하는 피난안전성평가 시스템 개발	
		2008	가상현실을 이용한 공동주택 피난 Wayfinding 평가도구 개발에 관한 연구	공동주택 기준층으로 행태장을 한정으로 사용자의 Wayfinding을 고려한 피난 평가도구 개발	
		특성 (행동, 연기) 영향에 관한 피난 프로그램 개발	2008	피난자의 연기 영향을 고려한 피난프로그램 개발에 관한 연구	건물내 채실자의 형태와 연기의 유동이 고려된 피난프로그램 개발
			1989	출구유출성능 기반의 통과 피난자 적정분배기법을 적용한 최적 피난모델링 기법의 개발	거주밀도와 추구의 유출속도를 고려하여 피난자의 경로선택을 적정하게 유도함으로써 피난성능을 향상하는 기법을 개발
			2008	대피장에 특성을 반영한 비상사태 시뮬레이터 개발 연구	비상사태에서 과밀로 인한 대피장에 행동특성을 반영한 피난 시뮬레이터 개발

표-3 에서 보듯이 피난프로그램 개발관련 연구분야는 크게 건축 용도별 피난프로그램 개발, 특성(행동, 연기) 영향에 관한 피난프로그램 개발, 피난(채실자 피난시간 및 경로예측) 프로그램 개발로 정리할 수 있다.

위와 같이 분류한 자료를 토대로 분석한 결과 피난프로그램 개발 연구는 여러 학위논문들을 통하여도 발표가 되었으나, 단순한 피난분석을 벗어나지 못하였고, 기존의 연구 자료를 이용하여 단순한 분석을 하는 정도의 프로그램으로 외국의 경우처럼 상용화 프로그램의 기반을 구축하기 위한 연구개발의 수준까지는 아직 없다.

특히 아직은 건축물의 용도별이나 인간특성을 고려한 피난 프로그램 개발의 연구분야는 기초적인 데이터부족으로 인해 체계적인 연구진행이 미흡한 실정이었다.

표 4. 피난알고리즘 관련연구

분류	세 분류	제목	세부내용
피난 관련	피난 알고리즘 개발	재실자의 피난 예측 Program 개발	건물내부의 용도변경 시에도 건물구조의 안정성의 적절한 조화로 피난 할 수 있도록 하기위한 알고리즘 개발에 관한 연구
		Room 안에서의 대피알고리즘 개발	국내실정에 맞는 건물구조 또는 재실자의 특성에 중점을 두고 대피모델링을 위한 알고리즘개발에 관한 연구
		종합병원에서의 피난 평가 알고리즘 개발	병원의 피난실험을 통해 특수한 환경(병원)하에서 피난에 영향을 미치는 변수를 산정하고 이를 통해 타 병원에서도 예측 가능한 피난알고리즘 개발에 관한 연구
알고리즘	특성 (이동, 연기, 감지) 영향에 관한 피난 알고리즘	군중의 이동특성 측정 알고리즘에 관한 연구	이동측정장치를 통한 군중이동데이터로 알고리즘 개발에 관한 연구
		피난자의 연기영향을 고려한 피난 시뮬레이션 알고리즘 연구	건물내 재실자 위치에서부터 출구까지 호흡량의 근거로 연기의 흡입량의 계산이 적용되는 형태의 연기의 유동이 고려된 알고리즘에 관한 연구
		인간이동 감지기술을 활용한 다중이용건축물에서의 최적피난경로 알고리즘의 연구	인간이동 감지기술을 통해 얻은 데이터로 다중이용시설에서의 최적피난경로 알고리즘개발에 관한 연구
기타 알고리즘	연기 및 화재 또는 기타 알고리즘	화재 조기 인식을 위한 화재 및 연기 검출 알고리즘 개발	조기 화재 검출을 위하여 카메라의 영상신호를 처리하여 초기화재경보를 하기 위한 연기검출 알고리즘에 관한 연구
		구획화재 시뮬레이션 프로그램 개발을 위한 알고리즘 개발에 관한 연구	FASTLite 와 BRANZ Fire 에 대한 분석을 기초로 하여 화재시뮬레이션 프로그램을 위한 기본 알고리즘
		PISO 알고리즘을 이용한 세 가지 형태의 아트리움 공간에서 화재 발생시 연기 거동에 대한 수치해석적 연구	아트리움 공간에 대해서 PISO 알고리즘을 사용하여 화재 발생시 연기 거동에 대한 수치해석적 연구
		제연시스템의 자동 차압센서 알고리즘 개발에 관한 연구	제연구역의 신뢰성 있는 차압을 얻을 수 있도록 차압센서의 알고리즘을 개발에 관한연구

피난 알고리즘에 관한 연구사례로는 크게 두 분류로서 피난알고리즘 개발과 기타(화재, 연기, 센서) 알고리즘으로 분류할 수 있었다.

피난알고리즘 개발은 대상건물의 피난알고리즘으로 해당지역의 셀을 중심으로 재실자의 이동위치를 계산하는 알고리즘과 대상의 특성(이동, 연기, 감지) 영향에 관한 피난 알고리즘은 개발로 분류할 수 있었다.

이와 같은 알고리즘연구는 피난프로그램 모델 구축을 위한 사전단계 연구로서 프로그램 개발을 위한 기초적 자료이다.

하지만 부족한 연구 데이터와 해외에서 개발된 피난 프로그램의 알고리즘확인이나 개발동향을 파악하는 등의 연구는 아직 없는 실정이다. 특히 국내의 고유의 사정 및 한국인의 특성에 맞는 피난 프로그램 개발을 위해서는 알고리즘에 대한 연구가 계속적으로 진행되어야 할 것이다.

4. 결 론

선진 외국에서는 다양한 실험 및 분석을 통하여 건축물의 계획 및 설계단계부터 종합적이고 과

학적인 피난 안전설계기준을 법제화하고 있다. 또한 대피 모델링을 위한 시뮬레이션 프로그램의 개발을 통해 건축물 피난설계 및 안전성평가, 화재 위험 예측 등에 활용되고 있다. 이에 현재 우리나라도 대규모 다중이용시설에 성능중심의 피난설계방법을 도입하려고 있으나 관련 기술에 대한 노하우가 거의 전무한 실정이며 단순히 외국기술을 도입하여 국내 피난문제 해결에 대응하는 것은 우리나라 건축물 및 건축물 사용자의 특성을 정확하게 반영할 수 없어 궁극적인 해결방안이 될 수 없다. 따라서 정부의 재난방재 정책과도 부합되고, 범국가적 차원에서 건축물의 피난 안전성능을 확보하기 위해서도 필수적인 사안으로 여러 가지 재해현상에서 재실자를 보호하고, 안전한 지역까지 유도하여 재난 시 인명피해 최소화를 위해 국내의 고유의 사정 및 한국인의 특성에 맞는 피난 시뮬레이션에 관련된 프로그램을 개발이 필요하다.

이에 따라 지금까지 국내 피난프로그램 개발을 위해 관련 연구동향 및 특성에 대해 조사·분석을 진행해 보았다.

연구는 여러 학위논문과 발표를 통하여 진행되고 있으나, 단순한 피난분석을 벗어나지 못하였고, 기존의 연구 자료를 이용하여 단순한 분석을 하는 정도의 프로그램으로 외국의 경우처럼 상용화 프로그램의 기반을 구축하기 위한 연구개발의 수준까지는 아직 없다.

특히 피난 프로그램을 개발하기 위해서는 다양한 실험 및 분석을 통하여 축적된 데이터로 알고리즘이 구축의 연구가 선행되어야 하지만 이제 피난 프로그램개발을 시작한 우리나라에서는 체계적인 연구데이터의 부재로 우선 해외에서 개발된 피난시뮬레이션들의 특징을 살펴보고, 해외에서 개발된 피난 프로그램의 알고리즘확인과 개발동향을 파악하는 일련의 작업으로 프로그램 개발을 위해 선행되어 연구 개발이 진행되어야 한다.

이를 바탕으로 국내실정에 맞는 건물구조 또는 재실자의 특성에 중점을 두고 대피 프로그램을 위한 알고리즘 연구개발이 진행되어야 할 것이다.

개발 후에도 지속적으로 프로그램의 버그수정 및 업그레이드로 실무적용이 되는 국내의 고유의 사정 및 한국인의 특성에 맞는 피난프로그램이 되어야 할 것이다.

참고문헌

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