

사무용 건물의 화재 대피 시뮬레이터 개발에 관한 연구

박양수*, 임동진**
한양대학교 제어계측공학과

A study on the simulator development for fire evacuation of office buildings

Yang Soo Park* Dong Jin Lim**
Dep. of Control & Instrumentation Eng., Hanyang University

Abstract - In case of fire in the high-rise buildings, the appropriate and safe evacuation plans for the building residents are very important to minimize the number of casualties. Since the evacuation time usually depends on the floor plans of the buildings, the evacuation plans should be considered while the architectural design is done. Conventionally, the calculation of the evacuation time in the case of fire breakout is based on the approximate mathematical equations which are prone to error. In this study, the simulator model is developed to help the architectural designers to access the more accurate evacuation time and find out the floor plans which offers the most safe evacuation plans for the residents in case of fire.

1. 서 론

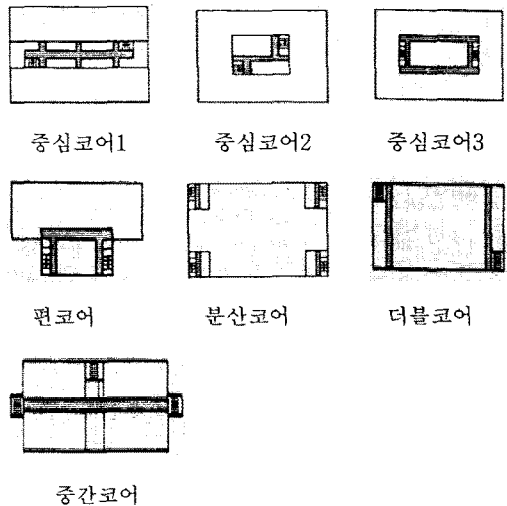
최근, 100층이 넘는 초고층 빌딩이 건설되고, 인텔리전트 빌딩이 건설되는 등 빌딩이 대규모화, 복잡화, 다기능화해짐에 따라 화재 등의 재해시 인명 및 재산 피해의 경감을 위해 빌딩의 종합적인 방화 및 피난에 관한 계획의 중요성은 점점 커지고 있다. 이러한 초고층 빌딩의 안정성 확인을 위해 기존에는 화재의 위험이 과급되는 시간을 일정한 기준값으로 대체해서 평가하고 있다.

즉, 거실 피난허용시간, 복도 피난허용시간, 각 층피난허용시간을 기준값으로 하고 피난 계산의 기초식 등 여러 관계식을 이용하여 비교함으로써 피난의 안정성을 평가하고 있다. 본 논문에서는 시뮬레이터를 이용하여 복잡 다양해진 초고층 빌딩을 만든후 화재시 연기 어려운 피난 대피에 관한 실질적인 데이터를 얻고자 했으며, 보다 효율적인 사람들의 대피 및 피난의 안정성을 평가할 수 있는 시뮬레이터에 대하여 기술하였다. 본 시뮬레이터는 피난 대피에 필요한 여러 파라미터 및 여러 가지의 사무실 형태를 구성할 수 있으며, 사람들이 피난 층까지 대피하는데 걸리는 시간을 측정할 수 있다. 개발된 시뮬레이터는 기존의 오피스 빌딩에 적용하여 피난 안정성 평가를 하는데 중요한 자료로 활용할 수 있으며 화재 발생시 사람들의 보다 안전한 대피를 하는데 기여할 것으로 생각된다.

2. 빌딩의 방재 계획

방재계획이란 건축물에 대한 안전의 확보를 목적으로 건축물, 건축설비의 계획, 그들의 유지 보전등의 요소로 이루어진 종합적인 계획이다. 이들 계획은 건축기준법, 소방법등의 법규에 기초로 설립되어야 하지만, 이들 법규의 방화 피난에 관한 규정 중에는 성능에 의한 규정이 아닌 최소한의 사양만을 규정하는 부분도 있어, 법규를 충실히 적용하는 것 만으로는 합리적이고 효과적인 방재계획이라고 말하기 어려운 경우도 있다. 따라서, 건축물의 계획에는 이들 법규에 기초하면서도 고유조건에 맞추어 합리적이고 종합적인 방재계획을 작성할 필요가 있다. 평면계획에 있어서 계단 배치의 피난계획에서 가장 중요한 요소이다. 피난자가 어떠한 방향으로 피난하더라

도 안전한 계단에 도달할 수 있도록 하고 또한 화염과 연기의 반대 방향으로 피난이 되도록(2방향 피난의 원칙)한다. 고층건축물의 기준층 평면을 피난계획의 면에서 타입별로 분류한 것이다.[그림 1.]



[그림 1. 계단 배치에 의한 평면의 분류]

건축물의 용도, 규모, 입지조건 등에 따라 적합·부적합이 있으며 어느 타입이나 장·단점이 있어 피난계획 전부를 만족하기는 어렵다. 설비계획에 있어서 방재를 목적으로 하는 설비는 법규에 따른 각 설비명으로 이해되고 설계되는 것은 일반적이거나, 보다 좋은 설계에는 화재 발건에서 소화에 이르는 과정을 시간적으로 분류하여 각설비가 화재의 각단계에서 유효하게 작동하도록 설비계획을 세우는 것이 중요하다. [5]

3. 빌딩의 화재시 안전성 평가

임의의 층을 발화층으로 보고 그층에 있던 사람들 전원이 대피층까지 피난하는 상황을 예측하여 이에따라 건축물의 피난 안전성을 검토·평가하는 것이다. 일반적으로 피난계획의 안전성 평가는 피난시간을 계산한다. 즉, 거실에서 복도, 복도에서 부실, 부실에서 계단과같이 분할하여 피난시간을 산출한다. 거실 면적별로 피난허용시간이 정해져 있다.

- 거실허용피난시간 (T_1) = $2 \sim 3\sqrt{A_1}$
천장높이가 6m 미만인 경우는 2를 사용한다.
천장높이가 6m 이상인 경우는 3을 사용한다.
- 복도허용피난시간(T_2) = $4\sqrt{A_{1+2}}$
- 층허용피난시간(T_3) = $8\sqrt{A_{1+2}}$
 A_1 : 발화실면적(m^2)

A₁:그층의 모든거실 및 복도의 면적합계(m²)

거실로 부터의 피난시간을 정하는요소는 크게 두가지가 있다.

$$t_{11} = \frac{P}{1.5 \sum W} \quad t_{12} = \frac{L_{x+y}}{V}$$

$$T_1 = \max(t_{11}, t_{12})$$

- t₁₁:P명이 출구를 통과하는데 필요한시간(sec).
- t₁₂: 최후의 피난자가 출구에 도착하는시간(sec).
- P:피난자수(인). 건물은 용도별로 인구밀도가 다르므로 방의 용도에 따른 인구밀도 ρ[인/m²]에 방의 넓이 A[m²]를 곱해서 피난인수를 구한다.
- W:피난문폭(m). 출입구의폭은 0.8m~1.1m사이의 값으로하고 사람수와 면적에 따라서 폭과 수를 증가한다.[5]
- L_{x,y}:거실내의 최장거리.[1]
- V:보행속도(m/sec)는 다음분류에 따라 정한다.[9]

종류	예시	군집의 행동능력				
		평균보행속도		유출계수		
		수평[V]	계단[V]	수평[N]	계단[N]	
A종	자력으로 행동하기 힘든사람	중병인 노약자 유아 등	0.8[m/s] 0.4[ec]	0.4[m/sec]	1.3[인/m·sec]	1.1[인/m·sec]
B종	건물에 익숙하지 않은사람	사무실 방문객 통행인 등	1.0[m/sec]	0.5[m/sec]	1.5[인/m·sec]	1.3[인/m·sec]
C종	건물에 익숙하고건 강한사람	건물의 근무자 경비원 종업원 등	1.2[m/sec]	0.6[m/sec]	1.6[인/m·sec]	1.4[인/m·sec]

[표1. 타입별로 본 피난행동능력의 기준값]

- 유동계수는 병목의 통과가능인수를 정한 계수로써 그 값은 1.5[인/m·sec] (과거의 실측조사를 근거로 결정)이다.

t₁₁과 t₁₂값 중에서 큰 값을 T₁(거실피난시간)의 값으로 한다. 피난시간은 피난경로 중에서 출구폭의 협소나 복도폭의 협소등에 의한 체류현상에 의해서도 대폭늘어 날 수 있으며, 피난자의 심리 상태에도 대단히 큰영향을주므로 체류의 유무는 피난 계획상 중요하다.

4. 시뮬레이터의 구조와 대피 경로

고층빌딩의 평면계획에 있어서 기본층의 평면은 여러구역(zone)으로 나누어지며, 이 구역(zone)들은 하나의 기본적인 구역(zone)으로나눌 수 있다. 여러 가지의 기본구역을 설정하여 여러 가지 형태의 사무실 구조에 좀 더 유연하게 적용하도록 되어있다.

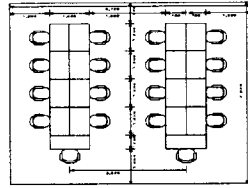
4.1 거주자

거주자(entity)들은 사무실안에서 발생되며, 보통 성인 남녀로 구성되고, 건물에 익숙하지않은 경우이며, 책상수와 일치하여 거주자(entity)를 발생한다.

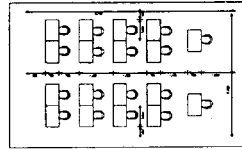
4.2사무실 타입

세가지의 사무실 타입을 구성한다.

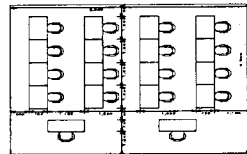
- 대향식(대면식)



- 학교식(스쿨식)

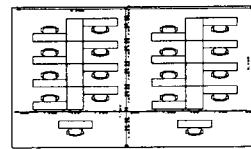


(2열의 경우)



(4열의 경우)

- 스테그식

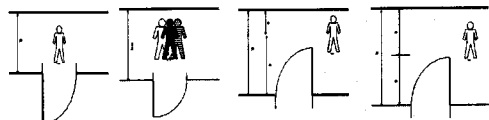


[그림2. 사무실 타입]

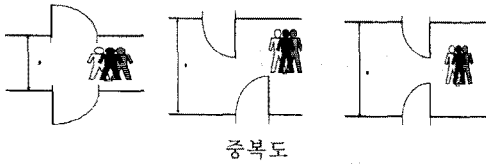
거주자(entity)를 생성하는 곳이며, 사무실 타입별로 산출된 거리를 가지고 미리 정해져 있는 여러 이동경로를 통하여 일정한 이동속도를 가지고 사무실 출구까지 대피한다. 대피한 거주자(entity)들은 큐(queue)에 저장되며, 대피자수와 대피시간을 산출할 수 있다. 타입별로 대피시간은 근소한 차이를 나타내고 있으며, 이것은 사무실 구조의 차이로 생각할수있다.

4.3복도

사무실에서 대피한 거주자(entity)들은 복도로 유입되며, 집중하는 장소에서는 혼잡이 일어나고, 한정된 거주자들 만이 대피할 수 있다. 혼잡이 일어나는 장소에서는 큐(queue)들을 비교하여 거주자(entity)들의 수가 많은 쪽을 우선으로 대피하게 하였다. 복도는 거주자들이 집중하여 군집행동을 하므로 이동속도를 달리하여 복도를 대피한다. 복도와 사무실 출입구가 만나는 부분에 노드(node)를 정해 각노드에서 피난인수와 피난시간을 산출할 수 있다. [그림3]은 복도폭과 문의 개폐에 따른 분류이다.



편복도



[그림3. 복도별 분류]

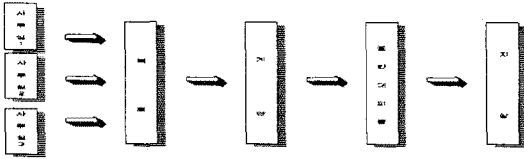
4.4 계단

복도에 있는 거주자(entity)들은 계단으로 유입되고 계단을 내려가는 이동속도에 따라 대피층으로 이동한다. 계단입구폭은 900~1200mm이고, 계단 폭의 최소는 1200mm이다.

4.5 대피층

대피층에 도착한 거주자(entity)들은 보다 안전한 장소에 있게 되며, 여기서 최종적인 피난인수와 피난시간을 산정한다.

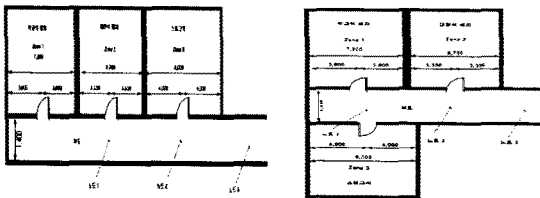
4.6 대피경로 구성도



[그림4. 피난 경로]

5. 시뮬레이션의 결과

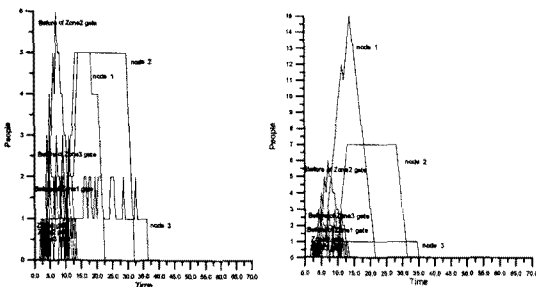
각 사무실에서 복도까지의 대피시간과 인원수가 산출되며, 이를 이용하여 피난의 안전성을 평가할 수 있다. [그림5]는 직·병렬 배치의 사무실에 대한 배치를 나타내며, [그림6]은 피난시간과 피난인수에 대한 관계를 나타낸 그래프(graph)이다.



타입 1

타입 2

[그림5. 사무실 배치 평면도]



타입 1

타입 2

[그림6. 사무실배치에 따른 출력데이터]

[그림6]에서 보듯이 사무실을 대피하는데 출구쪽에 의해서 대피시간이 영향을 받는다는 것을 알수있다. 타입 1의 노드1 부분에서는 다소 혼잡이 일어나고, 노드2 부분에서는 사무실3 거주자들이 대피하는 도중에 사무실1,2 거주자들이 복도로 유출되어 복도에서 극심한 혼잡을 이룬다. 노드3은 같은 방향으로의 대피이므로 노드2 보다는 적은 혼잡을 나타낸다. 타입 2의 사무실에서도 거주자들이 집중하는 장소에서는 혼잡이 일어남을 볼수있다.

6. 결론

본 논문에서는 여러 가지의 사무실 타입들에 대해 직·병렬배치를 적용하여 대피시간을 비교하였다.

고층 빌딩의 화재 대피 시뮬레이터는 거주자들의 대피시간과 피난인수에 대한 수치적인 데이터를 얻어내어 피난의 안정성 및 혼잡도에 대한 전반적인 해석을 판별할 수 있다. 본 시뮬레이터는 기존의 빌딩에 적용하여 화재 대피에 관한 중요한 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 현재 개발된 시뮬레이터에서는 사무실 및 복도를 대상으로 대피인원의 평면이동에 관한 시뮬레이션을 수행하도록 되어 있으나, 추후 연구에서는 계단 및 피난층까지의 시뮬레이션이 가능하도록 할 예정이며, 또한 파라미터값이 변할때의 피난인수와 피난시간을 산출하여 비교·분석할 계획이다

[참고 문헌]

- [1] E.G. Butcher and A.C. Parnell, "Designing for fire safety", JOHN WILEY AND SONS, p206~223, p271~316, 1983
- [2] James Patterson, "Simplified Design For Building Fire Safety", JOHN WILEY AND SONS, 1993
- [3] C Dennis Pegden, Robert E. Shannon, Randall P. Sadowski, "Introduction to Simulation Using SIMAN", McGraw-Hill, 1995
- [4] "ARENA User's Guide", Systems Modeling Co., 1995
- [5] 이창규, "건축방재계획지침", 한국화재보험협회, p43~63, p97~160, 1997
- [6] 정영구, 최영배, "건축계획각론", 건우사, 1985
- [7] 이갑조, "건축계획체커리스트-사무소", 화영사, 1권, 1986
- [8] 배중원, "인텔리전트 빌딩 제어 시스템의 성능해석에 관한 연구", 한양대학교, 1996.12
- [9] 이수경, 정용기, 고한복, "건축방화", 의제, p105~127, 1998