

# 컴퓨터시뮬레이션에 의한避難行態豫測 및 安全性能評價方法에 관한 研究(Ⅱ)

A Study on the Evaluation Method of the Building Safety Performance and the Prediction of Occupants' Egress Behavior during Building Fires with Computer Simulation

崔 元 領\*  
Choi, Won Ryoung  
李 璟 會\*\*  
Lee, Kyung Hoi

---

## Abstract

In this study, the independent variables are the floor plan configuration. The dependent variables are the occupant's egress behavior, especially spatial movement pattern, and life-safety performance of building. Fire events were simulated on single story of office building. Simulation run for allowable escaping thime(180 seconds) arbitrarily selected, and involved 48 occupants.

The major findings are as follows: 1) Computer simulation model suggested in this study can be used as the Preoccupancy evaluation method of the life-safety performance for architectural design based on prediction of occupants' egress behavior in the levels of validity and sensitivity. 2) Success or failure in occupants' escape is determined by decreasing walking speed caused by jamming at exits or over crowded corridor, and increasing route length caused by running about in confusion at each subdivision and corridor. 3) In floor plan configuration which safe areas located at the extreme ends of the corridor, cellular floor planning have to be avoided preventing jamming and running about in confusion at overcrowded corridor.

---

## V. 避難行態의 컴퓨터시뮬레이션모델

建物火災時 社會的·物理的 環境狀態變化 및  
在室者의 避難行態에 대한 假定的 解析을 컴퓨터

알고리즘으로 변환시켜, 避難行態를 模擬하기 위  
한 컴퓨터시뮬레이션모델을 개발하였다.

### 5.1. 모델의 構成

시뮬레이션모델은 主實行프로그램(execution program) 과 19개의 서브루틴(subroutine)으로 구

---

\* 正會員, 延世大學校 産業技術研究所 研究員, 工博

\*\* 正會員, 延世大學校 建築工學科 教授, Ph. D.

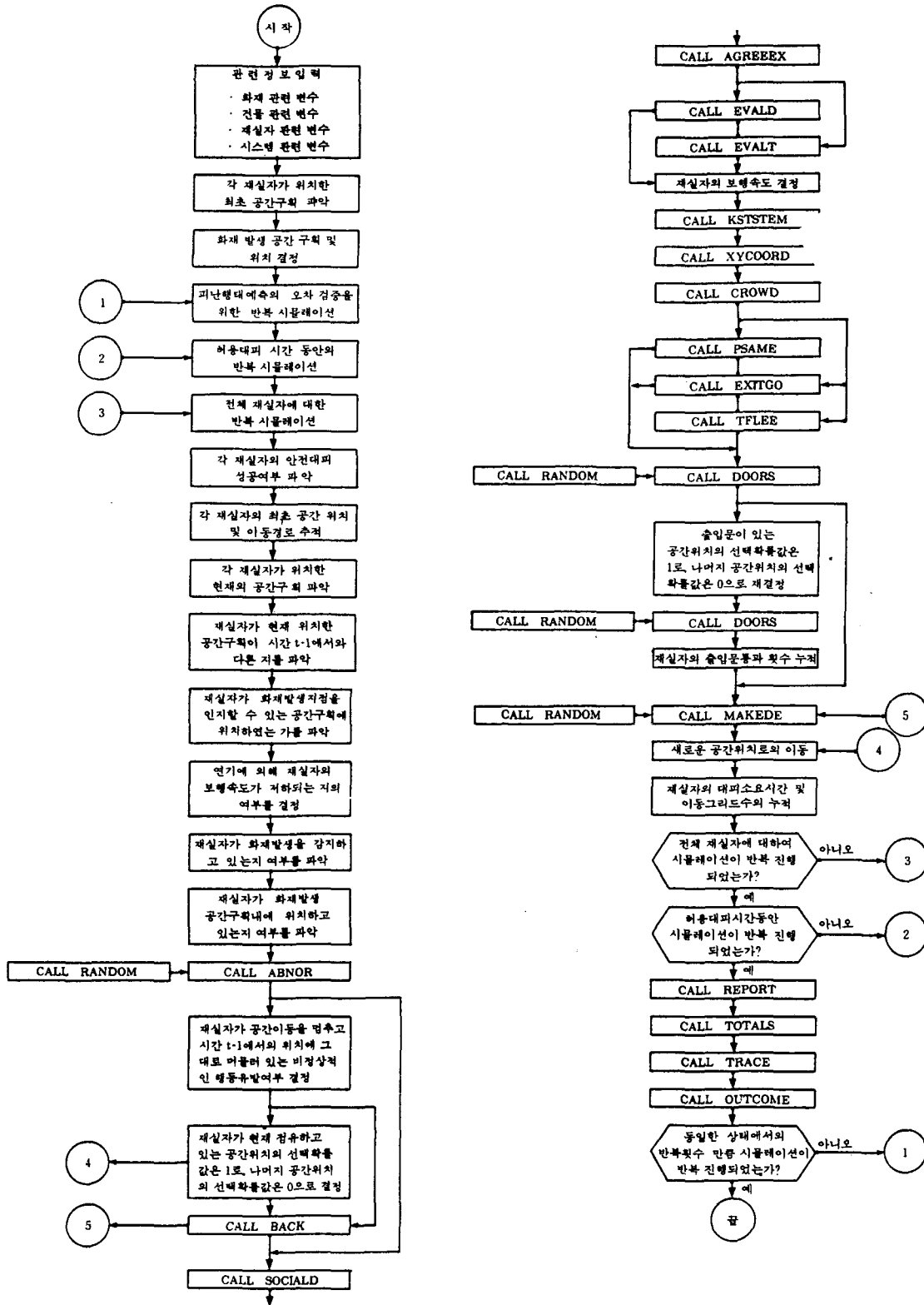


그림5-1. 피난행태 시뮬레이션의 진행과정

성하였으며 프로그램은 포트란 V(FORTRAN V)로 작성하였다. 이때 각 서브루틴은 每時間 t에서의 社會的·物理的 環境狀態를 정의하고 그에 따른 재실자의 避難行態進行過程을 각각 模擬하는 프로그램이다.

主實行프로그램은 假想의 火災狀況에 대해 火災, 建物, 在室者 關聯變因값을 읽어 들여 建物火災시스템의 초기상태를 정의하며 크게 3개의 反復實行루프(do-loop)로 구성되었다.

1) 建物火災시스템의 동일한 상태에서의 반복실행루프; 피난행태진행과정은 確率過程으로 해석되므로 예측결과의 오차를 정량적으로 檢證하기 위해서는 반복적인 시뮬레이션이 필요하다.

2) 임의의 待避時間동안의 반복실행루프; 건물평면을 X-Y 직교좌표시스템으로 표시할 때 재실자들은 매 시간단위(time frame)마다 특정 방향으로 1개의 그리드 간격을 이동한다. 따라서 임의의 대피시간동안 각 재실자들의 연속적인 空間移動을 추적하기 위한 반복적인 시뮬레이션이 필요하다.

3) 각 在室者들에 대한 반복실행루프; 每時間 t에서의 동일한 社會的·物理的 環境狀態에서 전체 재실자들의 공간이동을 동시에 추적하기 위해서는 각 재실자들의 環境知覺-認知-行動反應過程에 대한 반복적인 시뮬레이션이 필요하다.

또한 主實行프로그램에서는 假想의 火災狀況과 화재발생초기에 재실자들의 避難行態進行過程이 통제되는 데 크게 3가지의 狀態로 나눌 수 있다.

1) 화재가 발생한 층 이외의 층에 위치한 재실자들은 연기나 고함소리, 경보장치 등을 통해 화재발생을 동시에 感知하고 대피를 시작한다. 또한 일정한 시간이 경과한 후 부터는 연기에 의해 복도에서의 보행속도가 저하된다.

2) 화재가 발생한 층에서는, 화재가 발생한 공간구획내에 있는 재실자가 복도로 이동하여 화재발생을 알린 후에 다른 공간구획내에 있는 재실자들이 대피를 시작한다. 이때 화재가 발생한 공간구획내에 있는 재실자들의 보행속도는 대피 초기부터 연기에 의해 低下된다.

3) 화재가 발생한 층에서도 화재가 발생한 공간구획내에 재실자가 없는 경우에는 재실자들이 화

재발생을 동시에 感知하고 대피를 시작한다. 이때 재실자들은 복도에서 火災發生地點을 認知할 수 있으며 일정한 시간이 경과한 후 부터는 연기에 의해 보행속도가 低下된다.

5-1-2. 社會的·物理的 環境狀態 關聯 프로그램

每時間 t에서의 社會的·物理的 環境狀態를 정의하는 프로그램은 크게 5개로 구성하였다.

1) 서브루틴 SOCIALD; 같은 공간구획내에 있는 재실자들을 파악하고 공간구획내 移動目標地點(出入口 등)에 대한 意見調節形態를 決定하는 프로그램

2) 서브루틴 AGREEEX; 같은 공간구획내에 있는 재실자들간의 安全區域內 脫出目標地點에 대한 意見調節形態를 파악하는 프로그램

3) 서브루틴 XYCOORD; 재실자가 移動位置로 선택 가능한 9개의 공간위치 중에서 物理的 障礙物로 인해 選擇 不可能한 空間位置를 파악하는 프로그램

4) 서브루틴 KSYSTEM; 재실자가 移動位置로 선택가능한 9개의 공간위치를 X·Y 직교좌표시스템상에서 方向과 座標로 표시하는 프로그램

5) 서브루틴 CROWD; 재실자가 移動位置로 선택 가능한 9개의 공간위치 중에서 過密로 인해 選擇 不可能한 空間位置를 파악하는 프로그램

5-1-3. 情報解析 및 意思決定過程 關聯 프로그램

每時間 t에서 각 재실자들의 情報解析 및 意思決定過程을 정의하는 프로그램은 크게 9개로 구성하였다.

1) 서브루틴 ABNOR; 재실자가 移動目標地點을 향한 정상적인 대피를 중단하고 時間 t-1에서의 공간위치에 그대로 머물거나, 최초의 공간위치로 되돌아 가는 非正常的인 行動의 유발 여부를 確率過程(stochastic process)으로 파악하는 프로그램

2) 서브루틴 BACK; 재실자가 최초의 공간위치로 되돌아 가는 非正常的인 行動狀態에 빠진 경우, 每時間 t에서의 移動位置를 결정하고, 최초 空間位置로의 移動與否를 파악하는 프로그램

3) 서브루틴 EVALD; 재실자의 安全程度를 在室者와 脫出目標地點 및 火災發生地點과의 상대적인 距離를 통하여 評價하는 프로그램

4) 서브루틴 EVALT; 재실자의 安全程度를 현재까지 소요한 待避時間과 나머지 許容待避時間을 통하여 評價하는 프로그램

5) 서브루틴 EXITGO; 재실자가 時間 t+1에서의 이동위치로 선택 가능한 각 공간위치와 移動目標地點과의 직선거리를 통하여 각 공간위치의 選擇확률값 P<sub>ij</sub>를 결정하는 프로그램

6) 서브루틴 TFLLEE; 재실자가 時間 t+1에서의 이동위치로 선택가능한 각 공간위치와 火災發生地點과의 직선거리를 통하여 각 공간위치의 선택확률값 P<sub>ij</sub>를 결정하는 프로그램

7) 서브루틴 PSAME; 재실자가 時間 t+1에서의 이동위치로, 선택 가능한 각 공간위치에 대하여 동일한 선택확률값 P<sub>ij</sub>를 부여하는 프로그램

8) 서브루틴 DOORS; 재실자가 時間 t+1에서의 이동위치로 선택가능한 공간위치 중에 닫혀진 출입문이 위치한 경우, 그 출입문을 열고 나갈 것인가를 確率過程으로 결정하는 프로그램

9) 서브루틴 DOORC; 재실자가 닫혀진 출입문을 통과하였을 때 그 출입문을 다시 닫을 것인가를 確率過程으로 결정하는 프로그램

5-1-4. 行動 및 情報累積 關聯 프로그램

每時間 t에서 재실자들의 새로운 공간위치를 결정하고 그와 관련된 環境狀態情報를 계속 累積하는 프로그램은 크게 5개로 구성하였다.

1) 서브루틴 MAKEDE; 재실자들의 새로운 이동위치를 몬테칼로法(Monte Calro Method)으로 결정하고 社會的·物理的 環境狀態의 相關정보를 累積하는 프로그램

2) 서브루틴 REPORT, TOTALS, TARCE, OUTCOME; 每時間 t에서 각 재실자들이 선택 가능한 공간위치들의 선택확률값 P<sub>ij</sub>와 새로운 이동위치, 비정상적인 행동유발 및 출입문 통과횟수, 연속적인 移動經路, 허용대피시간내의 脫出成功與否 및 待避所要時間, 移動距離, 전체 재실자 및 탈출자들의 平均待避所要時間, 平均移動距離 등을 追跡·出力시켜 주는 프로그램

5-2. 避難行態 關聯變因 및 豫測結果

假想의 火災狀況에서 재실자의 避難行態를 시뮬레이션하기 위해서는 먼저 火災, 建物, 在室者 狀態와 시뮬레이션 실행과 관련하여 시스템의 狀態를 정의해야 한다. 이때 火災, 建物, 在室者의 狀態는 獨立變因으로, 그에 따른 避難行態는 從屬變因으로, 시스템의 狀態는 媒介變因으로 파악할 수 있다.

5-2-1. 火災關聯變因

火災關聯變因은 火災發生 및 煙氣流動, 그에 따른 避難行態特性으로 구체적인 내용은 <표5-1>과 같다.

표5-1. 火災關聯變因

변인명	내용
IFIRE	건물내 화재 발생층(다른 층 / 해당 층)
XT, YT	화재발생지점(x, y)
AAA	화재발생지점의 인지가 가능하고, 연기에 의해 보행속도가 저하되는 공간구획(복도)
JFIRE	화재가 해당층에 발생한 경우, 화재가 발생한 공간구획내에 재실자가 있는지의 여부(있다/ 없다)
ISMOKE	화재가 발생한 공간구획내에 있지 않은 재실자가 연기에 의해 보행속도가 저하되기 시작하는 시간
JSMOKE	화재가 발생한 공간구획내에 있는 재실자가 연기에 의해 보행속도가 저하되기 시작하는 시간

5-2-2. 建物關聯變因

建物關聯變因은 건물의 내부공간구성 및 출입문 형태 등에 관한 것으로 구체적인 내용은 <표5-2>와 같다.

이때 건물의 내부공간구성은 1개층의 평면구성으로 제한되어 材料的·設備的 要所는 고려되지 않는다. 먼저 대상평면을 일정한 간격의 그리드로 구성되는 X·Y 직교좌표시스템상에 표시하여 벽체, 출입문, 안전구역의 위치 등을 좌표값(x·y)으로 입력한다. 만약에 평면형태가 사선, 곡선으로 구성된 경우에는 벽체선을 그리드, 간격의 층단모양으로 변형시켜 표시한다. 이때 X·Y 직교좌표시스템을 구성하는 그리드의 간격이 작을 수록 재실자들의 移動經路를 보다 더 정교하게 추적할 수 있으나 시뮬레이션에서 컴퓨터의 작업처리능력이 보다 많이 요구되므로 대상평면의 크기에 따라 그리드의 간격을 결정한다.

표5-2. 建物關聯變因

변인명	내용
NUMEXT	선택 가능한 안전구역내 탈출목표지점수
XE, YE	안전구역내 탈출목표지점(x, y)
NSPACE	공간구획수(복도 공간까지 포함)
NPOINT	벽체(고정가구 포함)가 통과하는 좌표 수
IBAR 1, IBAR 2	벽체가 통과하는 공간위치(x, y)
XLO, YLO	벽체가 통과하는 공간위치(x, y)의 최소값
XHI, YHI	벽체가 통과하는 공간위치(x, y)의 최대값
NE	각 공간구획에서의 출입문 수
IGOALX, IGOALY	출입문의 공간위치(x, y)
IDOORT	출입문의 개폐방식(수동/자동)
IDOORS	출입문의 최초상태(개방/폐쇄)

5-2-3. 在室者關聯變因

在室者關聯變因은 재실자들의 身體的, 心理的 狀態, 특정한 移動誘發 可能性 등에 관한 것으로 구체적인 내용은 <표5-3>과 같다.

표5-3. 在室者關聯變因

변인명	내용
XO, YO	최초 공간위치(x, y)
IHANDI	보행능력(정상/비정상)
KNOWXE	각 재실자가 선택한 안전구역내 탈출목표지점
KNOWAY	각 재실자가 대피과정에서 선택하는 출입문
INTLIM	비정상적인 행동의 최대허용 횟수
PI ?	그자리에 그냥 멈추어 서 있는 비정상적인 행동에 따질 확률
PI 0	최초의 공간위치로 되돌아가는 비정상적인 행동에 따질 확률
POPEN	닫혀진 출입문을 만났을 때 그 문을 열고 나갈 확률
PCLOSE	출입문을 통과한 후 그 문을 닫을 확률

5-2-4. 시스템關聯變因

시스템關聯變因은 假想의 火災狀況에 대한 시뮬레이션 進行過程을 統制하는 것으로 구체적인 내용은 <표5-4>와 같다.

특히 시뮬레이션의 반복횟수, 허용대피시간, 재실자수 등은 컴퓨터의 작업처리능력과 직접적으로 관련되며 시뮬레이션모델의 效用性을 결정하는 중요한 요소이다. 시뮬레이션의 실행을 위해서는 먼저 실제의 時間을 임의의 길이를 갖는 時間單位(time frame)로 변환시켜야 한다. 즉 재실자들은 每時間單位동안, X · Y 직교좌표시스템상에서 1개의 그리드 간격을 이동하므로 時間單位는 다음과 같이 산정할 수 있다.

- 1) 平均그리드간격(D)=(직선거리+대각선거리)/2
  - 2) 平均步行速度(V)=平均步行距離/時間
  - 3) 時間單位(t.f.)=平均그리드간격/平均步行速度
- 예를 들어 평균보행속도를 1.3m/sec로, 평균그

리드간격을 1.2m로 설정하면, 1개의 時間單位는 실제의 時間으로 약 0.92초 정도가 된다. 그리고 시뮬레이션의 반복횟수를 30회로, 허용대피시간을 180초로, 재실자수를 48명으로 설정하면, 피난행태의 전체적인 시뮬레이션과정은 270,200회 반복진행된다.

표5-4. 시스템關聯變因

변인명	내용
NUMREP	시뮬레이션 반복횟수
TOTIME	허용대피시간
NUMOCC	재실자 수
MXTIME	권장대피 시간
EVLOPT	안전정도 평가 방법(거리/시간)
RRE PRT	결과물 출력 내용
RA 1	난수발생 초기치

5-2-5. 시뮬레이션 결과

假想의 火災狀況에 대한 시뮬레이션결과는 在室者들의 避難行態特性 및 建物の 安全性能評價 指標로 나눌 수 있으며 구체적인 내용은 <표5-5>와 같다.

특히 建物の 安全性能評價指標로서 脫出率, 移動率, 脫出點數 등은 다음과 같이 산정된다.

- 1) 脫出率(S)=ESCAPE/NUMOCC
  - 2) 移動率(M)=(PSTEPS - NSTEPS)/PSTEPS
  - 3) 脫出點數(E)=(TOTIME - TTIME)/TOTIME
- ESCAPE ; 脫出者數  
 NUMOCC ; 전체 在室者數  
 PSTEPS ; 許容待避時間동안 최대이동가능거리  
 NSTEPS ; 脫出目標地點에 도달하기까지의 이동거리  
 TOTIME ; 許容待避時間  
 TTIME ; 脫出目標地點에 도달하기까지의 소요시간

脫出率, 移動率, 脫出點數값의 범위는 0~1이며 그 값이 1에 가까울 수록 건물의 안전성을 높게 평가할 수 있다. 즉 건물내 많은 사람들이 짧은 待避經路로 빠른 시간내에 대피할 수 있다는 것이다. 특히 移動率은 각 재실자들의 이동그리드수를 통해 산정할 수 있는 데, 시뮬레이션에서 이동그리드수는 매시간단위마다 재실자가 특정 방향의 1개 그리드를 이동할 때 누적, 산정되며 時間 t에서의

표5-5. 시뮬레이션 결과

구분	내용
피난행태 관련 요소	대시건단위에서 재실자가 선택 가능한 각 공간위치의 선택확률값 및 이동경로
	대시건단위에서 같은 공간구획내 재실자들간의 의견조절 과정을 통해 선택된 출입문 및 탈출목표지점
	그자리에 그냥 멈추어 서 있는 비정상적인 행동유발 여부 및 횟수
	최초의 공간위치로 다시 되돌아가는 비정상적인 행동유발 여부 및 횟수
	출입문 통과 여부 및 횟수
안전대피 관련 요소	탈출성공 여부
	이동거리
	탈출경수(대피소요시간)
	최초 공간위치와 최종 공간위치간의 직선거리
	최종 공간위치와 탈출목표지점간의 직선거리

공간위치와 時間 t+1에서의 공간위치가 동일한 경우에는 누적되지 않는다. 따라서 재실자가 동일한 공간위치에서 待機狀態로 머물지 않고 계속 이동할 때에는 待避所要時間單位와 이동그리드수가 동일하며 時間 t+1의 위치에 그대로 머물러 있는 비정상적인 행동을 대피 도중에 유발하거나, 滯留 群集現象이 발생될 경우에는 이동그리드수에 비해 待避所要時間이 길어진다.

移動距離는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$\text{移動距離} = \text{平均그리드간격} \times \text{移動그리드수}$$

또한 脫出率은 待避所要時間이 짧을 수록 그 값이 1에 가까우며 許容待避時間동안 탈출에 성공하지 못하면 0으로 산정된다. 따라서 전체 재실자의 平均脫出者數는 脫出率이 높을 수록, 그리고 각 재실자들의 待避所要時間이 짧을 수록 그 값이 커진다.

5-3. 모델의 妥當度 檢證

시뮬레이션모델의 妥當度는 미래의 화재상황에서 재실자들의 避難行態를 事前에 예측·재현하는 것이 불가능하므로 과거의 火災事例를 통하여 檢證하였다. 그러나 과거의 화재사례는 항상 獨立的인 屬性(즉 동일한 조건의 화재사례는 단 1건 밖에 존재하지 않는다.)을 가지므로 실제 화재사례에서의 결과와 시뮬레이션 결과와의 오차를 통계적으로 검증하는 것이 불가능하다. 따라서 本研究에서는 1건의 실제 화재사례를 선정하고 관련

변인들을 동일한 상태로 통제 한 후 임의로 설정한 許容待避時間別(180초, 210초, 240초)로 10회씩 시뮬레이션을 반복하였다. 그 결과 재실자들의 避難行態特性과 安全待避成功與否를 定性的으로 분석하고 최종적으로 시뮬레이션에서의 平均脫出者數와 실제 화재사례에서의 脫出者數와의 오차범위를 통해 妥當度를 검증하였다.

화재사례의 구체적인 내용은 <표5-6>와 같다.

표5-6. 火災事例의 概要

항목	내용	
건물용도	호 텔	
건물	연면적 2841.95㎡	
공간 구조	지하 1층, 지상 4층의 철근콘크리트 라멘조	
구성	계단 및 복도구성	직통계단 2개가 설치된 입석선형의 중복도
	재실구성	78명 (1층: 15명, 2-4층: 21개씩)
발화지점 및 원인	3층 안내실 천정 전기배선 부분의 누전	
4층의 추정부속객수	28명	
탈출자 수	23명(사망자수: 5명)	

시뮬레이션 결과, 일정한 시간간격별로 투숙객들의 이동패턴 및 待避成功與否를 유사하게 재현할 수 있었다. 특히 실제 화재사례에서와 시뮬레이션에서, 허용대피시간 180초동안 각 투숙객들의 待避成功與否를 비교·분석한 결과, 28명의 투숙객 중 6명의 투숙객들만이 待避成功與否에 일치하지 않는 것으로 나타났다. 또한 許容待避時間別로 시뮬레이션에서의 平均脫出者數와 실제 화재사례에서의 脫出者(23명)를 비교한 결과, <표5-7>에서와 같이 오차범위가 0,0001 이하로 나타나 모델이 매우 타당함을 알 수 있었다.

표5.7 화재사례와 시뮬레이션에서 탈출자수의 오차

허용 대피시간	시뮬레이션 반복 횟수										평균	오차 범위
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
180 초	21	19	21	22	23	22	23	23	19	25	21.8	0.00
210 초	22	25	25	24	24	25	26	24	24	24	24.3	0.10
240 초	25	25	25	24	23	26	23	22	25	27	24.5	0.11

VI. 避難行態豫測 및 安全性能評價事例

6-1. 평가대상 및 관련변인의 설정

가상의 화재상황에서, 재실자들의 피난행태를 예측하고 건물의 안전성능을 평가하기 위해 사무소건물의 1개층·평면을 평가대상으로 설정하였다. 평가대상 평면의 크기는 15m×32m(480㎡)이며 공간구성은 안전구역이 평면의 兩端에 위치한 중복도형식이다. 또한 각 실의 출입문 開閉方式은

手動式이며 最初狀態는 닫혀 있는 것으로 가정하였다. 평면형태 및 각 재실자들의 최초위치를 1m의 그리드 간격으로 구성되는 X·Y 直交座標시스템상에 표시하면 <그림6-1>과 같으며 시뮬레이션 進行時 나머지 關聯變因들은 <표6-1>과 같이 통제하였다.

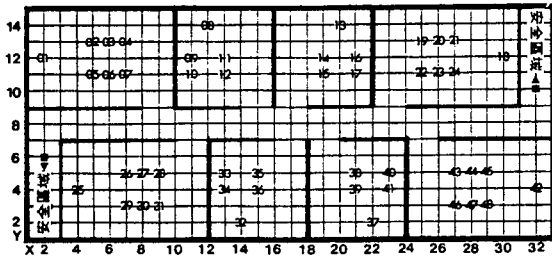


그림6-1. 평가대상평면 및 각 재실자들의 최초위치

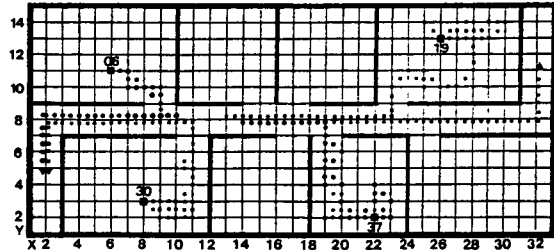
표6-1. 關聯變因의 統制

관련 변인		내용
시스템 관련 변인	시뮬레이션 반복횟수	30회
	비행 대기 시간	180초
	재실자 수	48명
	권장 대기 시간	45초
화재 관련 변인	안전경로 평가 방법	거리
	건물내 화재 발생층	다층층
	화재 발생지점의 인지가 가능하고 연기에 의해 보행속도가 저하되는 공간구획	복도
연기에 의해 보행속도가 저하되기 시작하는 시간	45초	
건물 관련 변인		그림참조
재실자 관련 변인	최초 공간 위치	그림참조
	보행 능력	정상 (1.3m/sec)
	각 재실자가 선택한 안전구역내 발송목표지점	각자 선택
	각 재실자가 대피과정에서 선택하는 출입문	각자 선택
	비정상적인 행동의 허용유발횟수	5회
	그 자리에 멈추어 서 있는 비정상적인 행동에 매질 확률	0.1
	최초의 공간위치로 되돌아가는 비정상적인 행동에 매질 확률	0.1
	닫혀진 출입문을 만났을 때 그 문을 열고 나갈 확률	0.75
	출입문을 통과한 후 그 문을 닫을 확률	0.50

평가모델에 대한 컴퓨터시뮬레이션에는 Cyber 170-825 시스템을 이용하였으며, 關聯變因의 동일한 상태에서 30회 반복하여 시뮬레이션하는 데 약 3300초 정도의 作業處理時間이 소요되었다.

6-2. 在室者들의 避難行態豫測

가상의 화재상황에서 각 재실자들의 避難行態特性은 시간이 경과함에 따라 계속 변하는 空間移動패턴을 통해 파악하였다. 특히 재실자들의 시간별 空間移動패턴은 대피경로상의 특정 공간위치나 출입문 등에서의 滯留群集現象 및 通過交通량을 포함하여 避難施設計劃에 중요한 정보를 제공한다.



· 06 재실자 : 대피시간 35초  
· 19 재실자 : 대피에 성공하지 못함  
· 30 재실자 : 대피시간 60초  
· 37 재실자 : 대피시간 153초

그림6-2. 在室者들의 待避經路 追跡例

火災發生後 각 재실자들의 대피경로를 每時間 t에서의 공간위치를 연결하여 분석한 결과 다양한 공간이동패턴이 나타났다.(그림6-2) 예를 들어 재실자 06번은 火災發生感知後 곧바로 출입문을 열고 복도로 나왔으나 空間位置(6, 8)에서 다시 최초의 공간위치로 되돌아 갔으며 35초 경과후에는 전체 재실자들 중 가장 빨리 安全區域으로 대피하였다. 그러나 재실자 19번은 상당히 오랫동안 최초의 공간구획내에서 우왕좌왕하였으며, 복도로 나온 후에도 특정 방향의 安全區域으로 대피하지 못하고 혼란상태에 빠져 결국 許容待避時間內에 대피하지 못하였다. 또한 재실자 30번은 최초의 공간구획내에 상당히 오랫동안 우왕좌왕하였으나 복도로 나간 후에는 특정 방향의 安全區域을 향해 신속하게 이동하여 60초만에 대피하였다. 재실자 37번은 최초의 공간구획내에서 뿐만 아니라 복도에서도 상당히 오랫동안 우왕좌왕하였으나 153초 후에는 安全區域으로 대피하였다.

이와 같이 각 재실자들의 공간이동패턴을 분석한 결과, 전반적으로 火災發生感知後 30초~40초 이내에 이미 安全區域으로 대피한 재실자도 있으나 이 시간동안에는 일정한 待避經路를 통한 즉각적인 대피보다는 火災發生 및 原因探索, 待避經路 등에 대해 서로 의견을 나누는 등 우왕좌왕하는 혼란상태가 일시적으로 지속되었다. 또한 시간이 어느 정도 경과한 후부터는 같은 공간구획내에 있는 재실자들간의 상호의견조절과정에서 소그룹이 형성되고 同調行動에 의한 본격적인 대피가 진행되었다. 그러나 각 공간구획에서 재실자들이 복도로 일시에 대피하여 群集密度가 증대되고 待避方向에 대한 각 재실자들의 의견이 서로 상충될 경

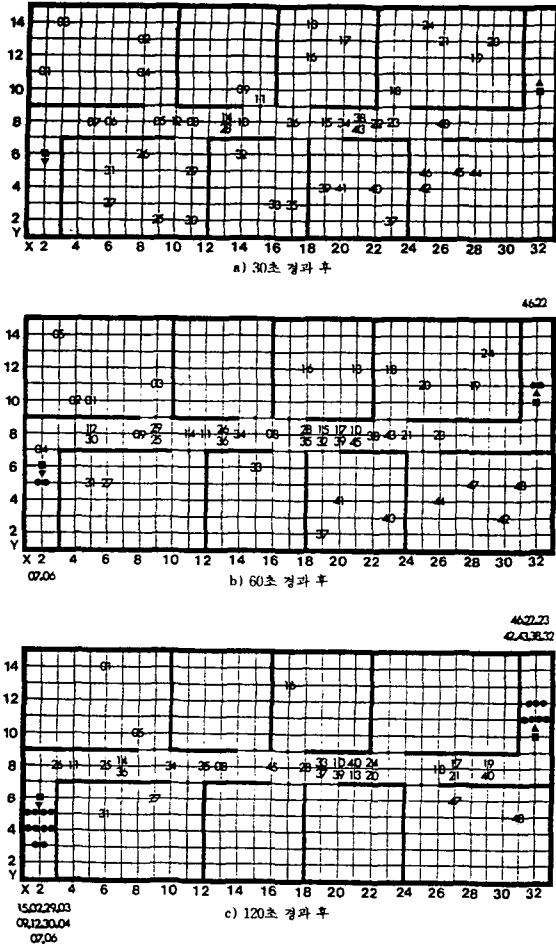


그림6-2. 각 재실자들의 대피경로

우에는 복도에서 상당한 혼란과 滯留群集現象이 유발되었다. 특히 평가대상의 평면유형은 공간구성에 있어서 그방향의 待避經路가 확보되고 動線의 구분이 명확한 반면, 安全區域間의 步行距離가 길고 動線이 완전히 반대방향으로 설정되어 복도에서 待避方向을 바꿀 경우에는 상당한 시간이 허비되었다.

6-3. 安全性能評價

火災時 在室者들의 安全待避측면에서 건물의 安全性能은, 재실자들이 안전한 대피경로를 통하여 얼마나 빠른 시간내에 安全區域으로 대피할 수 있는 가를 기준으로 평가할 수 있다.

이에 평가대상모델의 安全性能을 관련변인을

동일한 상태에서 통제 한 후, 시뮬레이션을 30회 반복하여 平均脫出者數, 移動距離 및 待避要所間 등을 통해 평가하였다.

분석결과, 許容待避時間(180초) 동안 전체 48명의 재실자 중 약 29.66명(61명)의 재실자가 安全區域으로 대피하였다. 또한 탈출자(29.66명) 들이 安全區域으로 대피하기 까지 이동한 평균거리는 약 44.6m이었으며 소요시간은 105.48초로 나타나 평균보행속도가 약 0.41m/sec 정도이었다. 즉 탈출자들은 待避經路上의 특정 위치에서 이동이 다소 停滯되어 보행속도가 저하되더라도 우왕좌왕하지 않고 安全區域을 향해 일정한 방향으로 계속 대피하였음을 알 수 있었다. 반면에 전체 재실자들의 평균이동거리는 약 117m 정도이었으며, 소요시간은 약 133.92초(평균보행속도가 약 0.9m/sec)로 나타나 허용대피시간내에 安全區域으로 대피하지 못한 재실자들은 특정한 대피경로를 선택하지 못하고 상당한 거리를 이리저리 방황하였음을 알 수 있었다. 즉 평면이 소규모의 개실형으로 구획되고 安全區域間의 보행거리가 긴 경우에는 재실자들이 火災發生感知後 각 공간구획으로 부터 복도로 일시에 대피하므로 복도에서의 停滯時間 및 우왕좌왕하는 정도에 따라 安全待避의 성공여부가 결정되었다.

VII. 結論

本 研究에서는 時間의 函數로서 建物火災시스템과 避難行態의 狀態變化 및 相互作用을 確率過程(stochastic process)으로 해석하여 避難行態豫測을 위한 컴퓨터시뮬레이션모델을 개발하였으며, 火災, 建物, 在室者 關聯變因과 避難行態 및 建物の 安全性能과의 상호관련성을 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 避難行態豫測을 위한 컴퓨터시뮬레이션모델은 妥當度(validity)와 敏感度(sensitivity)가 매우, 의미있게 나타나, 다양한 화재상황에서 재실자들의 避難行態를 재현·예측할 수 있을 뿐만 아니라 재실자들의 避難行態 및 건물의 安全性能 關聯變因들의 動的인 相互作用을 체계적으로 규명하는데 활용될 수 있다.



2) 火災時, 재실자들의 安全待避는 滯留群集現象에 의한 보행속도 저하, 우왕좌왕하는 혼란상태에서의 이동거리 증가에 의해 결정된다. 그러나 재실자들은 滯留群集現象으로 인해 보행속도가 다소 저하되더라도 안전구역을 향해 일정한 방향으로 대피하는 것이 보다 더 유리하다.

3) 재실자들의 安全待避 측면에서 건물의 安全性能은 평면특성과 매우 밀접한 상호관련성이 있다. 특히 安全區域이 兩端에 위치한 평면유형에서는 복도에서의 滯留群集現象과 혼란상태를 줄이기 위해 소규모의 개실형 공간구획은 피하는 것이 유리하다.

本 研究의 進行過程에서 나타난 앞으로의 연구과제는 다음과 같다.

1) 建物火災시스템의 狀態變化 및 在室者의 避難行態에 대한 假定的 解析은 계속적으로 보완되어야 할 것이며, 특히 시간의 경과에 따른 火焰 및 煙氣의 擴散과 關聯되는 變因들이 추가되어야 할 것이다.

2) 在室者들의 避難行態 및 建物의 安全性能 關聯變因들의 상호관련성을 근거로 한 避難施設設計 및 基準設定의 종합적인 研究가 필요하다.

#### 參 考 文 獻

1. 윤칠로譯(1984), “建築의 環境心理”, 국제.

2. 이관용 外 共譯(1984), “認知心理學”, 법문사.  
 3. 比後明彦(1986), “建築火災における 避難行態事例の 類型化とその 規定要因の 構造”, 日本建築學會 論文集, 347號, pp.28~33.  
 4. 渡邊仁史(1987), “群衆と 避難”, 建築防災, 第112卷, pp.2~8.  
 5. 浜田信義(1985), “建築における 避難計劃”, 建築技術, pp.93~102.  
 6. Building Research Establishment Digests(1983), “Building Performance, Volume 3, HMSO Publication.  
 7. Cater, D.J. & Whitehead, B.(1976), “A Study of Pedestrian Movement in a Multi-Storey Office Building”, Building and Environment, Vol. II, No. 2., pp.239~247.  
 8. Dyer, B.D.(1986), “High-rise Simulation”, Fire Commend, pp.37~39.  
 9. Gray, J.A.(1978), “The Psychology of Fear and Stress”, McGraw-Hill Book Company.  
 10. Lord, E.A., & Wilson, C.B.(1982), “Description and Prediction in the Environmental Design of Buildings”, Building and Environment, Vol. 17., No.4, pp.293~300.  
 11. Sadalls, E.K. & Staplin, L.J.(1980), “The Perception of Traversed Distance: Interaction”, Environment and Behavior, Vol. 12, No. 2, pp.167~182.  
 12. Shultz, R.L.(1974), “The use of Simulation for Decision Making”, Behavioral Science, Vol. 19, No. 5, pp.344~350.