P-10

가시도의 영향을 고려한 VR기반 대피시간산정 연구

이동호, 박종승*
*인천대학교 안전공학과, 인천대학교 컴퓨터공학과**

A Study on the VR based evacuation time calculation by the influence of visibility

Dong-Ho Rie, Jong-Seung Park*
Department of Safety Engineering, University of Incheon
*Department of Computer Science Engineering, University of Incheon**

1. 서 론

PBD(Performance Based Design)는 CBD (Prescriptive Code Based Design)설계 방식에 비하여 보다 효율적이고 다양하다. 따라서 선진각국에서는 PBD와 관련된 기초 분야에 대한 연구를 지속하여 법 제도화를 추진하고 있는 현실이다. 본 연구는 컴퓨터를 활용한 성능위주 화재위험 성평가의 중요한 요소로서 화재시 발생되는 연기에 의한 가시도의 영향을 고려한 대피시간 산출 프로그램 개발에 관하여 기술하며 개발된 프로그램을 사용하여 가시도 저하가 대피시간에 미치는 영향에 대해 기술한다.

2. 계산 프로그램의 구성

개발 프로그램은 맵 편집 모듈과 대피 시뮬레이션 모듈로 구성된다. 맵 편집 모듈은 건축물의 각 층의 내부 구조와 대피 출입구 및 계단 등을 지정할 수 있는 기능을 포함하며, 대피 시뮬레이션 모듈은 시간의 흐름에 따른 대피 시뮬레이션을 위한 대피자의 배치 및 조건 설정 등의 기능을 포함한다. 본 계산 프로그램의 시스템 구현은 Microsoft Windows 의 Visual Studio .NET 환경에서 C++ 언어를 사용하였으며 대피자의 입체적인 3차원 대피 시뮬레이션 가시화를 위해서 DirectX 9.0 SDK를 사용하였다.

2.1 맵 편집 모듈 (Map editor module)

맵 편집 모듈에서는 건축물 내부의 전체 공간을 셀 단위의 격자 형태로 분할하여 내부 구조를 명확히 명시할 수 있는 기능을 포함하는 프로그램이며 주요 지원 기능은 다음과 같다.

(1) 건물의 층수 지정 및 각 층에 대한 단면 격자크기 지정.
(2) 각 층의 높이 지정 및 각 셀의 실제크기 지정.
(3) FDS 파일 importing 및 맵 자동 구성.
(4) 계단 및 출구 삽입 및 삭제.

(5) 구성된 맵 도면 데이터 출력 파일 저장.

Fig.1은 맵 편집 프로그램의 데이터 입력 및 구동순서를 나타낸다.

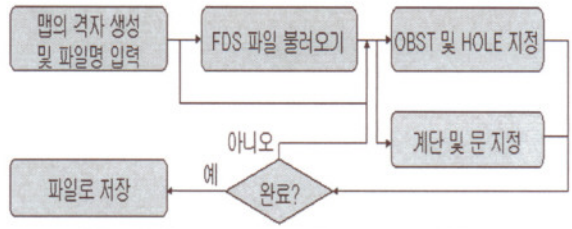

Fig.1 Sequence of map editing

2.2 FDS 코딩 파일로부터 맵(map) 구성

맵 구성 프로그램은 FDS의 코딩 데이터를 import하여 건축물의 모든 맵을 자동으로 구성할 수 있도록 구성되었다. 또한, FDS의 fds2ascii.exe 파일 실행하여 얻어진 결과파일을 읽어서 맵의 격자를 자동 구성하며 입력데이터는 FDS좌표 (x,y,z)에 대응하는 좌표값으로 구성된다. 높이에 해당되는 z좌표를 참조하여 건축물의 해당 층을 결정할 수 있도록 하였으며 OBST의 정보로부터 OBST로 설정된 영역의 모든 셀은 장애물로 지정된다. HOLE의 경우 해당 영역의 셀은 보행 가능한 공간으로 지정하도록 설정하였다. 따라서, 구조물의 맵은 FDS의 OBST와 HOLE을 import하여 구성하게 되므로 별도의 작업을 필요로 하지 않으며 Fig.2에 FDS파일로부터 자동 구성한 맵의 예를 나타내었다.

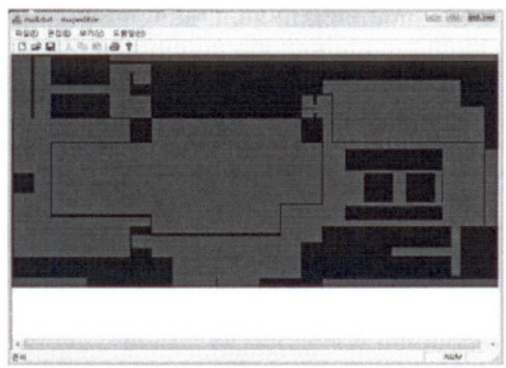

Fig.2 Example for the formation of map from FDS coding file

2.3 재실자의 배치 및 편집

맵의 구성이 완료되면 시뮬레이션을 위한 재실자의 배치가 이루어진다. 사람은 성인남성, 성인여성, 아이, 노인의 4가지 부류로 나누어 배치할 수 있도록 설정되며 각 부류에 대해서 사람의 외형에 대한 치수값이 지정된다.[1,2]

본 연구에서 사용한 재실자의 외형에 대한 기준으로 한국표준연구소의 통계를 활용하여 성별, 아이, 노인의 구분에 따라 사람의 실제 크기인 가슴의 두께와 어깨 너비가 적용되었다. Table 1은 본 연구에서 적용한 재실자 신체 기준값을 나타낸다. 사람의 배치방식은 현재 속성 값에 따라 마우스가 클릭된 지점을 중심으로 사람을 입력할 수

있도록 하였으며 입력된 사람의 정보를 확인할 수도 있도록 하였다. 대피자의 공간배치는 설정된 장애물의 유무를 고려하여 사람의 중심과 크기로 입력된 사람이 장애물에 걸쳐지지는 않은지 검사하여 장애물에 걸쳐지지 않을 경우에 한하여 입력할 수 있도록 하였다. Fig. 3는 재실자의 공간 배치의 예를 나타낸다.

Table 1 Shoulder and chest dimension for a human torso

구 분	어깨 폭	가슴 폭	기준
성인남성	0.50	0.32	한국표준 연구소
성인여성	0.44	0.28	
아이	0.38	0.24	
노인	0.46	0.30	

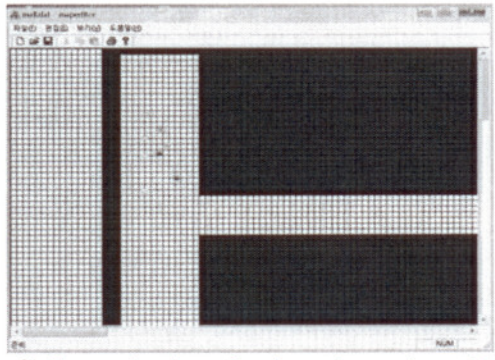

Fig.3 Example for the location of resident

2.4 시뮬레이션 데이터 설정

대피 시뮬레이션을 위해서는 시뮬레이션을 수행하고자 하는 대피 환경을 정확히 묘사할 수 있는 다음의 기초 환경 데이터가 요구된다.

(1) 대피자 타입별로 대피 속도 설정.
(2) 대피자 타입별로 연기농도에 따른 대피 속도 계산을 위한 계산식 설정.
(3) 가연물 설정에 따른 연기농도의 시간적 공간적 정보값.

기초데이터의 (2)와(3)은 설정된 화재시나리오에 따라 FDS로부터 계산되며 파일로 출력된다. 파일 출력시에 샘플링 시간 단위와 시작 시간 및 종료 시간을 설정하여 해당 수만큼의 파일이 생성된다. 대피 시뮬레이터 시스템은 FDS에서 출력된 파일을 import하여 연기농도에 대한 모든 샘플링 데이터가 확보가능하다. 대피자의 대피속도는 대피 시에 이동의 한계속도를 적용하기 위해서 설정된다. 연기가 없는 정상적 상황에서 대피 한계속도는 Table 2와 같으며 대피자 타입별로 최대 보행속도값 Smax 를 나타낸다.[3]

이격 거리가 0.7678m이상의 조건에서 대피자는 최고 속도를 낼 수 있으며 0.2909m 이하의 조건에서는 최저 속도인 0m/s의 값을 갖는다. 위의 두 조건 사이의 경우는 식 (1)에 의해 대피자의 속도를 계산한다.

$$S = k - ak\frac{1}{d^2\pi} \qquad (1)$$

S: 각 사람의 간격에 따른 속도(m/s)
k: 성별에 따른 상수(-) a: 상수(0.266)
d: 가장 가까운 사람과의 이격거리(m)

Table 2. Maximum evacuee's walking speed 대피자의 정상 대피 속도.

구 분	Smax	k	기준
성인남성	1.35	1.581481438	Simulex
성인여성	1.15	1.357187892	
아이	0.9	1.054320959	
노인	0.8	0.9341865571	

본 계산 모듈에는 연기농도에 의한 속도 저하 모듈이 적용되었다. 따라서, 대피자 위치별 연기에 의한 가시도 저하에 따라 대피속도감소에 기인한 대피시간 증가 모듈을 적용하였다. Fig.4는 PIARC 및 SFPE의 연구결과로 제시된 가시도와 보행속도의 관계를 나타내며 본 프로그램에 데이터베이스화하여 적용되었다.[4]

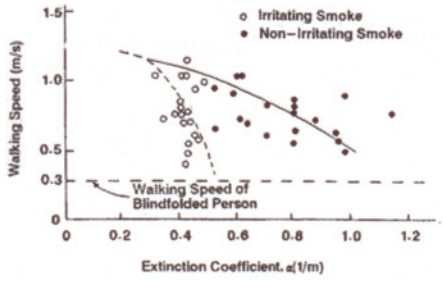

Fig.4 Relation between the visibility and walking speed

2.5 대피 시뮬레이션의 작업 흐름

시뮬레이션 기초 환경 데이터가 설정되면 시뮬레이션 대기 모드로 전환되고 시뮬레이션을 수행할 수 있는 조건이 된다. 따라서 프로그램 시작과 더불어 대피자의 대피 상황을 실시간으로 모니터링하여 관찰할 수 있으며 대피자 개개인의 대피에 따른 대피 동선을 파악 할 수 있다. 대피 시뮬레이션이 완료되면 모든 결과값을 파일로 저장함으로서 시뮬레이션 결과의 분석 자료로 사용된다. Fig.5는 시뮬레이션의 순서를 나타낸다.

2.6 대피 시뮬레이션의 3차원 가시화

대피 시뮬레이션은 많은 계산량을 요하므로 대부분의 시뮬레이션 시스템에서 2차원적인 시각화를 다루고 있다[5]. 본 연구에서는 2차원적인 시각화에 비해서 3차원적인 시각화의 도입으로 대피 상황을 시각적으로 모니터링하면서 화재시의 안전성 판단과 건물의 대피 장애요소 판단을 직관적으로 할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 구현된 시뮬레이션 시스템은 건물의 모든 기하정보 및 대피자, 탈출구, 계단 등을 3차원적으로 묘사하는 가시화 모듈을 포함하고 있으며 가시화를 위해서 3D 객체들을 생성한다.

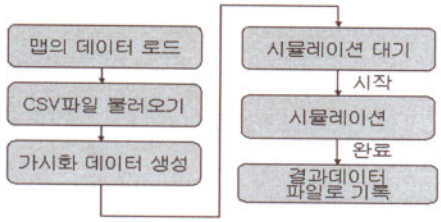

Fig. 5 Sequence of evacuation simulation

시뮬레이션 환경의 가시화 모듈의 실행은 3차원 가시화 모드에서 시뮬레이션 계산 모듈의 실행과 별도로 컴퓨터 그래픽 카드에서 자동으로 렌더링 된다. NVIDIA GeForce 7600 GT 그래픽 카드가 장착된 2.4GHz Intel Core2 CPU환경 조건하에서 400x200 격자로 40명에 대한 대피 시뮬레이션을 수행했을 경우 약 230FPS(frames per seconds)의 렌더링 속도를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 렌더링을 위한 계산이 시뮬레이션 계산에 영향을 미치지 않음을 의미한다.
시뮬레이터 시스템에는 시뮬레이션 상황을 시각적으로 원하는 위치와 방향에서 관찰할 수 있도록 건물의 각 층에 대한 공간 네비게이션 기능을 구현하였다. 관찰자는 가상 카메라의 위치와 방향을 조정함으로서 대피자의 대피 모습을 관찰할 수 있으므로 출입구나 계단 등의 위치와 크기가 대피에 미치는 영향을 시각적으로 인지할 수 있도록 하였다. 가상 카메라는 관찰자의 현재 시점에 해당하며 각 축에 대한 방향 조절 및 위치 이동이 가능하도록 하였다. Fig.6은 편집 프로그램의 출력 파일 대한 3차원 렌더링 예를 나타낸다.

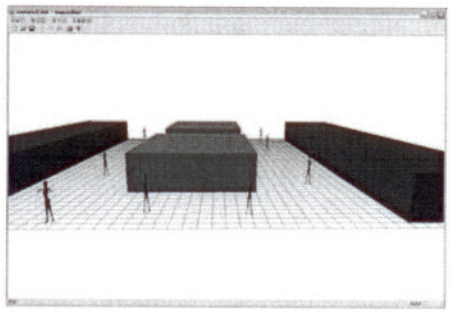

Fig.6 3D rendering example by using map editing program

3. 대피 동선 계산 알고리즘

3.1 A* pathfinding 알고리즘

대피자의 대피 상황을 시뮬레이션하기 위해서는 각 대피자의 대피 경로를 계산하는 알고리즘의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 A* pathfinding 알고리즘을 적용하였으며 이 방법은 경로탐색에 있어서 가장 적절한 경로를 효율적으로 계산하는 특성을 갖는다.[6]

Fig.7은 Pathfinding의 수행을 통해 탈출구로 이동하는 시뮬레이션의 3차원적 모습을 나타낸다.

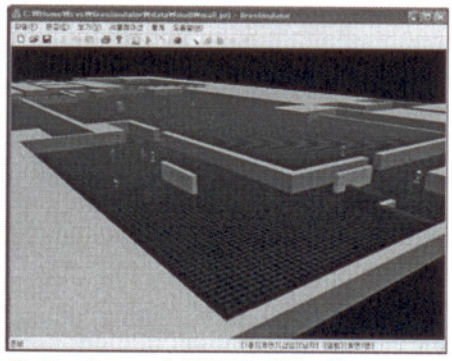

Fig.7 A view of 3D Pathfinding process

5. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 본 프로그램의 개발로 화재구역 통과 시 연기에 따른 가시도 저하 영향을 고려한 대피시간산정이 가능하다.
2. 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [2006.2.13 497]의 제14조에 의거 6층 이상의 건축물에는 배연설비의 의무화에 따라 화재시 배연설비검증 수단으로 활용가능하다.
3. FDS결과물을 기반으로 맵에디터의 자동구성 되며 화재성상에 따라 대피자 위치에 따른 대피속도 구현이 가능하며 성능위주 화재위험성평가에 활용가능하다.

참고문헌

1. 이창민 외 다수, "제5차 한국인 인체치수조사사업 보고서(2차년도 최종보고서)", 산업자원부 기술표준원, 2004.11.
2. 박창영 외 2명, "인체 모듈과 특성을 고려한 인간의 피난 행동에 관한 연구", 대한건축학회 창립 60주년기념 학술발표대회논문집, pp.231~234. 2005.
3. P.A. Thompson and E.W. Marcahnt, "simulex; Developing New Computing Modelling Techniques For Evaluation," Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Safety Science, (T.Kashiwagi, ed.), International Association for Fire Safety Science, PP.613-624, 1994
4. Harold E. "Bud" Nelson and Frederick W. Mowrer "The SFPE handbook of Fire Protection Engineering, chapter Emergency Movement", Third Edition, National Fire Protection Association, pp.3-367~380, 2002.
5. E. D. Kuligowski, R. D. Peacock, Review of Building Evacuation Models, NIST Technical Note 1471 (2005)
6. Avron Barr, Edward Feigenbaum, The Handbook Of Artificial Intelligence, William Kaufmann (1981)