

Floor Field Model을 이용한 대형건축물의 대피시뮬레이션 연구 - 서울시 청량리 지하철 역사와 대학캠퍼스 건물을 대상으로

남현우*, 광수영*, 전철민*†

A Study on Evacuation Simulation of Large-scale Buildings using Floor Field Model - Applied to Seoul Chongyangni Subway Station and Campus Building

Hyunwoo Nam, Suyeoung Kwak, Chulmin Jun

Abstract

본 연구는 실내에서의 대피상황을 모델링하기 위한 모델 중, Cellular Automata 기반의 Floor Field Model(FFM)을 이용하여 대형건축물에서의 대피시뮬레이션을 수행하였다. FFM은 실내공간에서 일어나는 다양한 보행상황을 묘사할 수 있으며, 연산속도도 빠른 모델이다. 다만, FFM에 대한 기존 연구들은 대부분 간단한 공간(하나의 방 혹은 방 안에 장애물이 있는 경우)에 대해서 진행한 것들이 다수인데, 실제 건물은 여러 층으로 구성되어 있고 수많은 방과 복도, 출구 등이 존재하기 때문에 기본 모델의 논리구조의 확장이 필요하다. 특히, 출구의 경우 방, 복도, 건물의 출구 등 여러 형태로 정의될 수 있기 때문에 정확한 정의가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 FFM을 대형건축물에 적용하기 위한 방법론을 정의하였으며, 이에 따른 대피시뮬레이터를 개발하였고, 서울시 청량리 지하철 역사와 대학캠퍼스 건물을 대상으로 대피시뮬레이션을 수행하였다.

Key Words : CA; Floor Field Model; Evacuation Simulation; Large-scale Buildings;
Pedestrian Dynamics

※ 본 연구는 소방방재청 재난안전기술개발기반구축사업 (NEMA-기반-2014-116)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

* 서울시립대학교 공간정보공학과

† 교신저자 : cmjun@uos.ac.kr

1. 서론

최근 청량리 지하철 역사, 고양시 종합터미널 등 대형건축물에서의 화재가 잇따라 발생하고 있고, 이로 인해 인명과 재산피해가 속출하고 있다. 따라서 실내에서 발생하는 사고(화재, 붕괴 등)에서 인명피해를 최소화하기 위한 대피시물레이션을 이용한 재난상황 예측 및 대응에 관한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구는 건축물에서 화재, 붕괴 등이 발생하였을 때 실내 재실자들의 대피상황을 모델링 할 수 있는 보행모델 중 Cellular Automata(이하 CA) 기반의 Floor Field Model(이하 FFM)을 이용하여 대형건축물에서의 대피시물레이션을 수행하였다. FFM은 실내공간에서 발생하는 다양한 보행상황을 묘사할 수 있으며, 연산속도에서 큰 이점을 가지는 모델이다.

다만, FFM에 대한 기존 연구들은 대부분 간단한 형태의 공간(하나의 방 혹은 방 내부에 장애물이 있는 경우)에 대해 모델을 테스트한 연구들이 대다수이다. 따라서 여러 층과 수많은 방, 복도, 출구 등이 존재하는 실제 건물에 기본 모델의 논리구조를 바로 적용하기에는 문제점이 발생한다. 특히, 출구의 경우 방, 복도, 건물의 출구 등 여러 형태의 출구가 존재하기 때문에 어떤 출구를 모델의 출구로 이용할 것인지에 대한 정확한 정의가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 FFM을 대형건축물에 적용하기 위한 추가적인 방법론을 정의하였다. 건물의 구조를 FFM에서 요구하는 격자형 자료로 모델링하는 방법, 여러 층의 구조를 처리하는 방법, 다수의 출구에 대한 적용 방법 등 FFM을 실제 건물에 적용하기 위한 방법론을 제시하고 있다. 또한, 이를 시험하기 위한 대피시물레이터를 개발하였고 본 방법론을 적용하여 서울시 청량리 지하철 역사와 대학캠퍼스 건물을 대상으로 대피시물레이션 실험을 수행하였다.

2. Floor Field Model

FFM은 Burstedde et al.에 의해 2001년에 소개되었으며, CA를 이용하여 보행자의 움직임을 나타내는 미시적 보행모델이다[1]. FFM은 주로 실내에서 세밀한 보행자의 움직임을 표현하기 위해 이용되며, 건물을 격자형 셀(cell) 공간으로 분할한 후 보행자를 셀 위 배치하고 이동 규칙을 부여하여 모델링을 수행한다.

기본 FFM 및 후속 연구들은 대부분 하나의 방 혹은 하나의 방 내부에 몇 개의 장애물이 있는 수준의 간단한 구조의 공간에서 모델을 적용하고 테스트하였다[2, 3, 4, 5]. 다만, 간단한 구조에서는 기본 모델을 바로 적용하기에 무리가 없지만 복잡하고 큰 대형건축물에 FFM을 적용하기에는 한계점들이 존재한다. 따라서 본 연구에

표 1. 구조별 데이터 모델

설명	데이터타입	값	
		층	계단
타입	int	0	1
ID	int	구조물 ID값 부여	
입구ID	int	입구 구조물 번호	
층번호	int	해당 구조물 층번호	
좌상단X	int	좌상단 X 좌표	
좌상단Y	int	좌상단 Y 좌표	
너비(x)	int	맵의 너비	
폭(y)	int	맵의 폭	
높이(z)	int	맵의 높이	
경사방향	int	-	{1,2,3,4}
방의 수	int	방의 갯수	-
출구의 수	int	출구의 갯수	-
출구 좌표	List<int[]>	출구 좌표 리스트	
방의 좌표	List<int[]>	방 좌표 리스트	-
맵 데이터	int[]	맵의 각 셀 데이터	

서는 FFM을 대형건축물에 적용하는데 발생하는 한계점들을 살펴보고, 이를 해결하기 위한 추가적인 방법론들을 정의하였다.

3. 대형건축물에 FFM을 적용하기 위한 방법론

FFM을 이용한 대피시물레이션을 수행하기 위해서는 우선 건물의 데이터가 필요하다. 건물의 데이터는 일반적으로 CAD도면, BIM데이터, 3D 모델 3가지 종류의 형식으로 정의된다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 CAD도면과 3D모델로 구성된 건물의 데이터로부터 FFM에서 요구하는 셀 구조의 데이터로 변환하는 과정을 정의하였다.

데이터 변환에 앞서 셀 구조의 데이터 모델을 설계해야 한다. FFM은 단순히 격자형 데이터만 이용한다고 정의되어 있고 세부 모델이 없기 때문에 별도의 설계가 필요하다. 데이터 모델은 층과 계단에 따라 구조가 약간 차이가 있으며 각각의 구조는 다음과 같다.

CAD도면으로부터 셀 데이터를 생성하는 과정은 그림 1에 정리되어 있으며, CAD도면을 QGIS와 같은 GIS 도구를 이용하여 2D 벡터레이어로 변환한다. 다음, 이를 이용하여 셀 데이

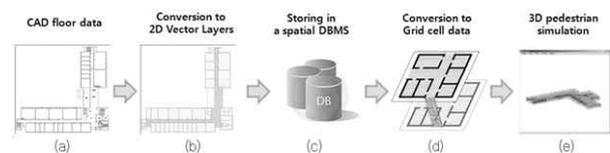


그림 1. CAD도면으로 셀 데이터 생성 과정[6]

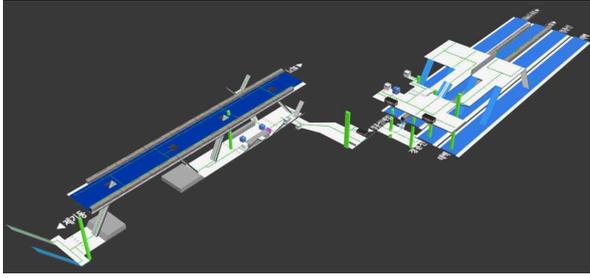


그림 2. 서울시 청량리 지하철 역사 3D모델

터로 변환하고 위의 모델의 정의에 따라 타입, ID, 출구, 방 등 각각의 정보도 모두 추출한다 [6].

3D모델로부터 셀 데이터를 생성하는 과정도 이와 유사하다. 그림 2는 3DS MAX로 제작한 청량리 지하철 역사의 3D모델이다. 3D모델에서 층, 계단 등에 해당하는 정보와 출구 정보 등을 이용하여 셀 데이터를 생성해야 한다. 이를 수행하기 위해 본 연구에서는 3DS MAX 형식을 COLLADA 형식으로 변환하였고, 변환된 데이터에서 각 층 및 계단에 해당하는 정보만 추출한 후 벡터레이어 생성 및 변환을 수행하였다.

데이터모델에 맞춘 건물의 층, 계단 등의 데이터를 준비한 후에는 건물의 출구를 정의해야 한다. 건물의 출구는 2가지로 분류될 수 있다. 하나는 건물의 출구이고 다른 하나는 방의 출입문이다. 기존 FFM의 모델 실험에서는 하나의 방을 이용하였기 때문에 방의 출구와 건물의 출구를 구분할 필요가 없었지만, 대형건축물에서는 건물의 출구와 방의 출구를 구분해야 한다. 왜냐하면 보행자들은 대피를 진행하게 되면 건물의 출구로 향하긴 하지만, 현재 위치한 공간(방이나 복도)의 출입문을 향하여 이동하는 것이 먼저이기 때문이다. 따라서 방에 위치하는 경우에는 방의 출입문을 출구로 인식할 수 있게 하고, 복도에 위치하는 경우에는 복도의 출구(계단으로 향하거나 건물의 출입문으로 향함)를 출구로 인식할 수 있게 구분해야 한다. 즉, 현재 위치에 따라서 출구를 인식하는 방법이 결정되어야 하며, 이 논리를 FFM에 적용하였다.

4. 서울시 청량리 지하철 역사와 캠퍼스 건물을 대상으로 대피시뮬레이션 실험

본 연구에서는 CAD도면으로부터 생성한 캠퍼스 건물과 3D모델로부터 생성한 청량리 지하철 역사를 대상으로 FFM 적용 실험을 수행하였다. 3D모델은 코아텍에서 제작한 모델파일을 제공받아 이용하였다. 전술한바와 같이 두 건물에 대한 데이터 변환을 진행하였고, FFM에 기반을 둔 3D 대피시뮬레이터를 개발하였다. 또한, 출구의 정의를 두 가지로 구분하였는데, 청량리 지하철 역사의 경우 방이라고 구분할만한 공간이 없었

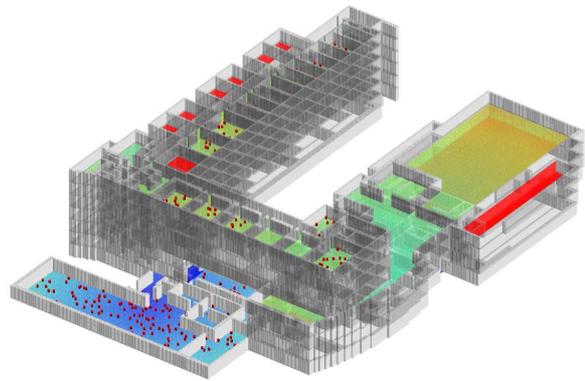


그림 3. 캠퍼스 건물 대피시뮬레이션 화면

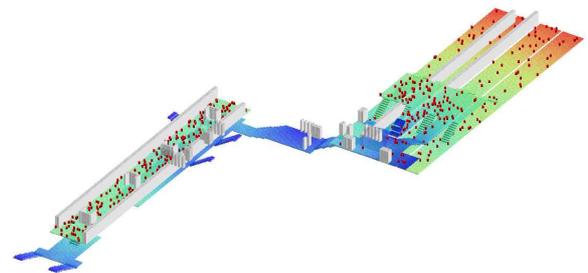


그림 4. 서울시 청량리 지하철 역사 대피시뮬레이션 화면

고 큰 홀이 많았기 때문에 출구의 구분이 큰 의미가 없었다. 다만, 캠퍼스 건물은 수많은 방과 복도로 구성되어 있기 때문에 출구의 구분이 대피상황을 묘사하는데 의미가 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 대형건축물에 FFM을 적용하기 위한 방법론을 제시하였다. CAD도면과 3D모델로부터 데이터를 생성하는 방법과 건물의 출구를 정의하는 방법을 제시하였다. 또한, 실제 대형건축물인 서울시 청량리 지하철 역사와 캠퍼스 건물에 대한 대피시뮬레이션을 수행하여 본 방법론의 실현가능성에 대한 검증을 하였다.

참고문헌

- [1] C. Burstedde, K. Klauack, A. Schadschneider and J. Zittartz, "Simulation of Pedestrian Dynamics using a Two-dimensional Cellular Automaton", *Physica A*, 295:507-525, 2001.
- [2] A. Kirchner, H. Klupfel, K. Nishinari, A. Schadschneider and M. Schreckenberg, "Discretisation Effects and The Influence of Walking Speed in Cellular Automata Models for Pedestrian Dynamics", *J Stat Mech* 10:P10011, 2004.
- [3] A. Kirchner, K. Nishinari and A. Schadschneider, "Friction Effect and Clogging

- in a Cellular Automaton Model for Pedestrian Dynamics", *Phys. Rev. E*, 67, 056122, 2003.
- [4] E. Kirik, T. Yurgel'yan, D. Krouglov, "An Intelligent Floor Field Cellular Automation Model for Pedestrian Dynamics", *Proceedings of The Summer Computer Simulation Conference, The Mission Valley Marriott San Diego, California*, 1031-1036, 2007.
- [5] L. Zhang, J. Wang, Q. Shi, "Multi-Agent Based Modeling and Simulating for Evacuation Process in Stadium", *J Syst Sci Complex*, 27:430-444, 2014.
- [6] S. Kwak, H. Nam, C. Jun, "An Indoor Pedestrian Simulation Model Incorporating the Visibility", *Journal of Korea Spatial Information Society*, 18(5):133-142, 2010.