

# 화재 확산을 고려한 Floor Field Model 기반 대피모델에 관한 연구†

## A study on evacuation model based on Floor Field Model considering fire spreading

이재영\*, 남현우, 전철민  
Jaeyoung Lee, Hyunwoo Nam, Chulmin Jun  
서울시립대학교 공간정보공학과  
{ljyda214, hwnam, cmjun}@uos.ac.kr

### 요약

대피모델에는 유동적으로 변하는 화재상황에 대한 반영이 필요하지만, 기존의 대피모델들은 이를 반영하지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 화재상황을 반영한 대피모델을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 화재모델인 Fire Dynamic Simulator(이하 FDS)를 이용하여 화재 확산을 분석하였고, 이를 보행모델인 Floor Field Model(이하 FFM)에 적용하여 화재를 고려한 보행자들의 대피를 구현하였다. 구체적인 방법론은 보행자들이 화재를 인식할 수 있는 가시영역을 계산하는 방법과 이를 바탕으로 안전한 출구로 우회하는 방법으로 구분된다.

### 1. 서론

기존의 많은 연구들이 보행모델을 활용하여 건물 내 인원들의 대피를 예측하는 대피모델에 대해 연구하였다. 하지만 기존의 대피모델들은 유동적으로 변하는 화재상황을 반영하지 못하고 있다. 따라서 기존보다 안전한 대피를 위해서는 유동적으로 변하는 화재상황을 반영하여 대피를 분석하는 대피모델이 필요하다. 본 연구는 화재모델을 이용하여 화재 확산을 분석하고 분석결과를 기존 보행모델인 FFM과 결합하여 화재상황을 고려하여 대피를 진행하는 대피모델을 제시한다.

### 2. 이론적 배경

FFM은 보행자의 행동을 모델링하기 위한 2차원의 Cellular Automata(이하 CA) 기

반 보행모델이며, 보행자에게 영향을 미치는 요인을 격자 형태로 구성된 필드를 이용하여 나타낸다[1]. FFM은 격자 형태로 분할된 셀 공간을 이용하고 있으며, 보통 보행자는 격자 공간에 배치되고 주변 8개의 셀(cell)과의 상호작용을 통해 이동 방향을 결정한다. FFM에서는 여러 개의 필드(field)를 생성하며 각각 필드의 셀에는 개별적인 값을 부여하며, 필드는 일반적으로 Static Floor Field(이하 SFF)와 Dynamic Floor Field(이하 DFF)로 구성된다. SFF는 출구까지의 거리, 가시성 등 건물에 대한 구조적인 접근성을 값으로 계산하여 셀에 할당된 필드이다. DFF는 보행자들의 움직임에 영향을 주는 다양한 가변적 요소들에 대한 값을 셀에 할당된 필드이다. 따라서 보행자는 SFF에서의 접근성 값과

† 본 연구는 국토교통부 국토공간정보연구사업의 연구비지원(17NSIP-B135746-01)에 의해 수행되었습니다.

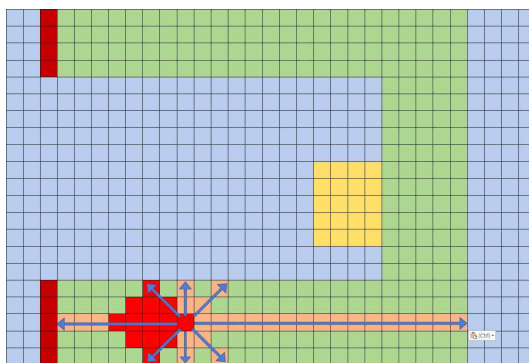
DFF에서 정의된 가변적요소들의 값을 매 연산마다 고려하여 어떠한 셀로 이동할 것인지를 결정하게 된다[2].

FDS는 미국표준기술연구소(NIST, National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 화재분석모델이다. 화재시뮬레이션의 분석에 장시간이 소요되지만 화재시뮬레이션의 정확하고 상세한 해석이 가능하며, 가시적인 면에서도 뛰어나 연기 및 화염의 거동까지 확인 가능한 화재분석모델이다[3].

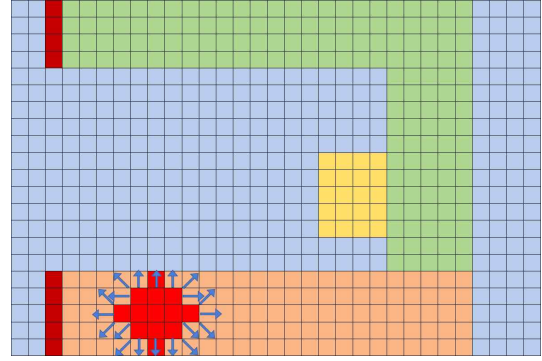
### 3. 화재상황을 FFM에 반영하기 위한 방법론

대상 건물 내 특정 지역에 화재 상황을 가정하고 FDS를 이용하여 화재 확산 데이터를 추출한다. 화재 확산 데이터는 시간의 흐름에 따른 화재연기의 확산범위 및 농도를 표현한다. 이 데이터를 격자형태의 필드로 변환하고 FFM에 추가한다. 추가한 화재연기 필드를 바탕으로 화재연기 가시영역을 계산한다. 화재연기 가시영역은 FFM상에서 대피를 진행하는 보행자가 화재를 인식할 수 있는 영역으로, 화재연기의 범위 내에 존재하는 임의의 한 셀에 대하여 셀의 중심을 기준으로 주변 8개의 셀 방향으로 범위를 확장하고, 확장 영역에 포함되는 모든 셀들을 (그림1)과 같이 화재연기 가시영역으로 지정한다.

위의 과정을 화재연기의 범위에 포함되는 모든 셀들에 대해서 반복진행하고, 각 셀



(그림1) 1개 셀에 대한 화재연기 가시영역



(그림2) 전체 화재연기 가시영역

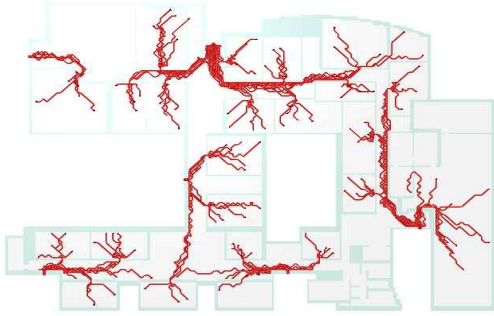
들의 결과로 나온 화재연기 가시영역을 결합하여 (그림2)와 같은 전체 화재연기 가시영역을 생성한다.

보행자들이 화재연기 가시영역에 진입하여 화재를 인식하고 안전한 출구로 우회하는 방법은 다음과 같다. 우선, 이동하던 보행자가 화재연기 가시영역에 들어오면, 기존 SFF를 화재연기가 적용된 SFF로 교체한다. 화재연기가 적용된 SFF는 기본 SFF에 화재연기 확산 범위를 통행불가지역으로 설정한 SFF로 정한다. 모든 보행자에 대한 움직임을 일정 시간 주기에 따라서 재계산하고, 화재연기 가시영역에 존재하는 보행자들의 SFF를 기존의 SFF에서 화재연기가 적용된 SFF로 변경하여 대피를 진행하도록 한다.

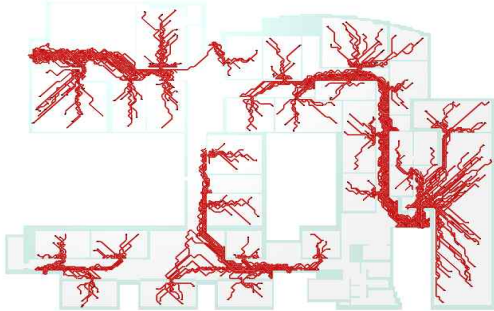
### 4. 대피 시뮬레이션

실험을 위해 본 연구에서는 제시한 방법론을 기존의 FFM을 기반으로 하는 3차원 보행자 대피 시뮬레이터인 EgresSIM에 적용하였다[4]. 6개의 출구가 존재하는 캠퍼스 건물 1층을 화재가 발생하는 건물로 설정하였으며, 약 150명의 보행자들이 대피하는 상황을 가정하였다. (그림3)은 화재를 반영하지 않은 상태에서 보행자들의 대피경로를 나타낸 것이다.

(그림4)는 화재상황을 반영하였을 때, 보행자들의 대피경로를 나타낸 것이다. 이를 보다 자세하게 살펴보면 (그림5)와 같다.



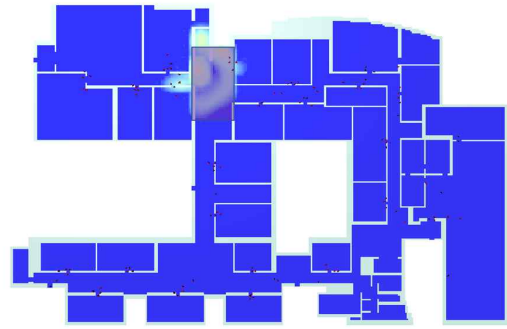
(그림3) 화재상황을 반영하지 않은 대피경로



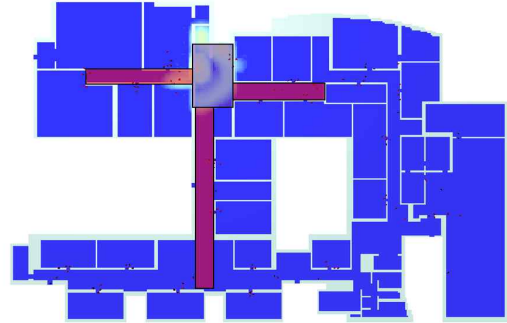
(그림4) 화재상황을 반영한 대피경로

(그림5)-(a)는 처음 화재가 발생했을 때의 상황이며 화재발생구간을 표시하였다. (b)는 화재발생 이후 시간이 지나 화재연기가 퍼져 생성된 화재연기 가시영역을 표시하였다. (b)에서 화재연기 가시영역이 생성됨에 따라 그 영역 내에 위치하는 모든 보행자들은 해당 가시영역을 통행불가 지역으로 갖는 SFF를 바탕으로 대피를 진행한다. 따라서 좌상단의 출구를 제외한 나머지 출구로 우회하게 된다. (c)와 (d)는 시간이 흐르면서 연기가 확산됨에 따라 추가되는 화재연기 가시영역을 표시하였다. (c)와 (d) 또한 화재연기 가시영역 내 보행자들의 SFF를 변경하여 대피를 진행한다.

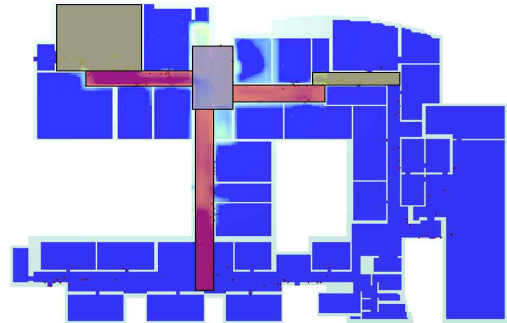
최종적으로 화재연기 가시영역을 바탕으로 기존 대피모델과 화재상황을 반영한 대피모델을 비교해보면, 유동적으로 변하는 화재연기 가시영역에 따라 보행자들이



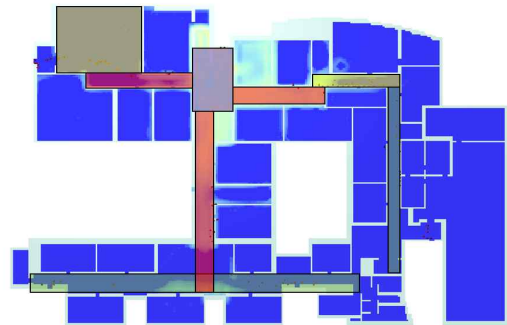
(a)



(b)



(c)



(d)

(그림5) 시간에 따른 화재연기 가시영역의 확장

화재상황을 인지하고 이를 피해 대피하여 기존과는 다른 대피경로로 탈출하는 것을 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 일반적인 FFM에 화재확산을 고려한 화재연기 필드를 추가하여 화재 시, 보행자들의 움직임을 묘사하는 대피모델을 제안하였다. FDS를 통해 얻은 화재 확산 데이터를 격자형태의 필드로 변환하여 기존의 보행모델인 FFM에 추가하였고, 보행자들이 화재연기를 인식할 수 있는 화재연기 가시영역 생성방법과 가시영역에 진입한 보행자들이 안전한 출구로 우회하는 방법을 추가하여 화재확산을 고려한 보행자들의 대피를 묘사하였다.

제안한 방법론을 이용하여 대피 시뮬레이션을 수행해본 결과, 화재연기의 가시권에 진입한 보행자들이 우회하여 대피하는 움직임을 확인할 수 있었다. 기존 FFM의 경우, 인접한 8개의 셀만 고려하기 때문에 화재 피해가 인접 셀에 도달할 때까지 보행자들의 움직임은 제한되지 않는다. 따라서 본 연구에서 제안하는 방법론을 이용한다면, 유동적인 화재상황을 반영한 미시적인 대피모델의 개발이 가능할 것으로 판단된다.

하지만 화재연기 외의 사항들을 고려하지 못했기 때문에 연기가 없는 통로를 지나 대피할 수 있는 출구에 대해서 지나갈 통로가 화재연기 가시영역에 해당하여 해당 통로에서 우회하는 한계점이 존재하였다. 또한 화재 확산 데이터를 획득하는 방법에서 이미지 프로세싱을 통해 값을 획득했기 때문에 FDS의 화재 확산 출력값을 100% 반영하지 못하였다. 추가적으로 현재는 특정 지역에 화재 상황을 가정했지만, 이후 연구를 통해 GUI를 이용하여 동적으로 화재 상황을 발생시키고 이를 통해 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 발전시키고자 한다.

## 참고문헌

- [1] 남현우, 곽수영, 전철민, “개선된 Floor Field Model과 다른 피난시뮬레이션 모델의 비교 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 25, No. 3, pp. 41-42, 2016.
- [2] 남현우, 곽수영, 전철민, “Floor Field Model을 이용한 건축물의 대피시뮬레이션에 대한 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 25, No. 2, pp. 1-3, 2016.
- [3] 박경준, “지하터널 화재에서 제연 및 최적 대응 설계를 위한 대용량 시뮬레이션”, 석사학위논문, 명지대학교, 2012, pp 8-9.
- [4] 남현우, 곽수영, 전철민, “EgresSIM을 이용한 대형건축물의 미시적 대피 시뮬레이션”, 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 25, No. 1, pp. 55-56, 2016.