

화재 확산을 고려한 개선된 Floor Field Model †

Improved Floor Field Model Considering Fire Spread

이재영*, 이민혁, 전철민

Jaeyoung Lee, Minhyek Lee, Chulmin Jun

서울시립대학교 공간정보공학과

{ljyda214, lmhll123, cmjun}@uos.ac.kr

요 약

현재 화재 시뮬레이터와 대피 시뮬레이터를 독립적으로 사용하여 건물의 화재 및 대피에 대한 안전성을 진단하고 있으며, 이는 화재에 반응하는 보행자 움직임을 반영하지 못해 현실적인 안전성의 평가가 어렵다. 이에 본 연구에서는 Floor Field Model(이하 FFM)과 화재 확산 필드를 통해 화재상황에서의 보행자 움직임을 묘사하는 개선된 FFM을 제안하였다. 구체적인 방법론은 화재 확산 필드를 통해 화재 인지 필드를 생성하는 화재 인지 알고리즘과 화재 인지 필드를 이용하여 보행자들을 우회시키는 우회 알고리즘으로 구분된다.

1. 서론

현재 화재 시뮬레이터와 대피 시뮬레이터를 독립적으로 사용하여 건물의 화재 및 대피에 대한 안전성을 진단하고 있다. 이 방법은 대피인원들이 안전한 장소까지 대피하는데 소요되는 피난 소요시간(RSET : Required Safe Egress Time)과 화재가 대피인원들이 화재로 인해 위험상황에 노출되기까지 소요되는 피난 허용시간(ASET : Available Safe Egress Time)을 각각 대피 시뮬레이터와 화재 시뮬레이터를 통해 계산하고, 두 시간의 비교·분석을 통해 건물의 안전성을 진단한다. 하지만 화재 시뮬레이터와 대피 시뮬레이터를 독립적으로 운용하는 방식은 화재 확산에 반응하는 보행자의 움직임이 반영되어 있지 않아 현실적인 안전성의 평가를 기대하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 보행모델

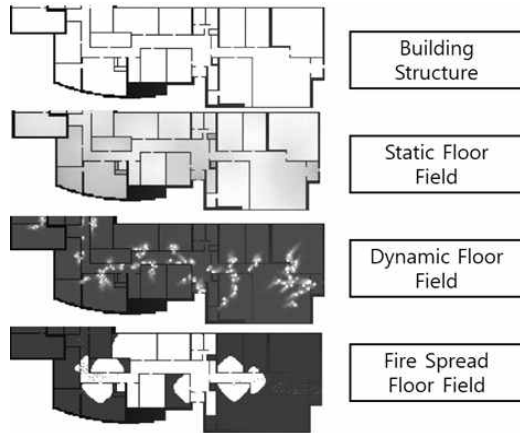
FFM과 화재 확산 필드를 바탕으로 화재 확산에 반응하는 보행자의 움직임을 고려하는 개선된 FFM을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

FFM은 셀로 구성된 공간에서 보행자의 미시적인 움직임을 주변 8개 셀과의 상호작용을 통해 나타낸다. 보행자에 영향을 미치는 요인들을 격자 형태로 구성된 각각의 필드로 나타낸다.(그림 1) 필드로 계산하는 보행자간의 상호작용 요인에는 일반적으로 출구까지의 거리와 이웃하는 보행자들이 미치는 영향이 있다.

Static Floor Field(이하 SFF)는 출구까지의 거리를 나타내는 필드이다. Dynamic Floor Field(이하 DFF)는 보행자와 주변보행자들이 서로의 움직임에 미치는 다양한 영향들을 나타내는 필드이다. 보행자는

† 본 연구는 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원(NRF-2015S1A5B8046775)을 받아 수행된 연구에 의해 수행되었습니다.



(그림 1) 화재 확산 필드를 고려한 FFM

SFF와 DFF에 대한 값의 연산을 통해서 현재 위치에서 어디로 이동할 것인지를 매순간 결정한다.

본 연구에서는 상기 두 필드에 화재 확산 필드(Fire Spread Floor Field)를 추가하였다. 화재 확산 필드를 이용하여 FFM에 화재를 묘사하며, 이를 추가한 FFM의 구조는 (그림 1)과 같이 표현된다.

FFM에서는 보행자가 주변 8개 셀에 대해서만 계산하기 때문에 다른 보행모델들에 비해 연산속도가 빠르지만, 주변 8개 셀만을 고려한다는 것은 해당 셀들에 화재 상황이 반영되어야 보행자가 화재상황을 인지할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 FFM과 화재 확산 필드를 이용하여 화재 확산에 반응하는 보행자의 움직임을 고려하는 개선된 FFM을 제안한다. 화재 확산 필드를 통해 보행자가 화재를 인지할 수 있는 화재 인지 필드를 생성하고, 보행자가 화재 인지 필드에 들어올 경우 우회 알고리즘을 통해 보행자를 우회하도록 한다.

3. 개선된 FFM을 위한 방법론

3.1. 화재 인지 알고리즘

본 연구에서는 화재 인식을 위한 방법으로 화재 인지 필드(Fire Recognition Field)를

사용한다. 화재 인지 필드란 보행자가 화재 연기를 인지할 수 있는 공간을 의미한다. 화재 인지 알고리즘을 통해 필드가 생성되며 다음과 같이 진행된다. 우선 입력된 화재 확산 필드에서 열·연기가 존재하는 셀들을 모두 선택한다. 선택된 셀들 중 임의의 한 셀에 대하여 주변 8개의 방향(E, SE, S, SW, W, NW, N, NE)으로 존재하는 모든 셀들을 화재 인지 필드에 추가한다. 위의 과정을 화재 확산 필드에 속한 모든 셀들을 대상으로 반복 진행한다. 화재 확산 필드가 갱신되면 상기 과정을 반복하여 화재 인지 필드도 함께 갱신한다.

3.2. 우회 알고리즘

우회 알고리즘은 화재 인지 필드에 진입한 에이전트가 위험요인과 이동거리가 최소화되는 경로로 우회하여 대피하는 것을 묘사한다. 제안하는 모델은 우회 알고리즘의 구현을 위해 셀 데이터와 그래프 데이터를 함께 사용한다. 그래프 데이터는 공간을 세부 구역으로 분할하고 이를 노드와 엣지를 통해 표현한다. 각 구역은 노드로 표현되며 노드간의 연결은 엣지를 통해 표현된다. 기본적으로 엣지에는 두 노드의 거리를 저장하며, 위험 공간에 위치한 노드와의 연결성을 나타내는 엣지에는 거리와 함께 가중치를 저장한다. 가중치는 위험공간이 화재 인지 필드에 속할 경우에는 ω , 위험공간이 화재 확산 필드에 속할 경우에는 ω^2 로 나누어 정의한다. ω^2 에는 매우 큰 값이 할당되어 해당 노드로의 이동이 어렵게 된다. 거리와 가중치의 합이 대피 비용이며, 엣지의 대피 비용은 화재 확산 필드에 따라 갱신된다.

그래프 데이터를 활용한 우회 알고리즘은 다음과 같다. 보행 에이전트가 화재 인지 필드에 진입하면, 해당 에이전트가 위치한 노드를 출발점으로 지정한 후, 다익스트라 알고리즘을 이용하여 총 대피 비용이 최소가 되는 출구를 계산한다. 출구가 탐색되면, 보행자를 해당 출구로 이동

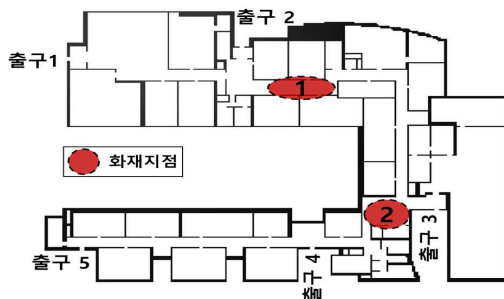
시킨다.

4. 대피 시뮬레이션 및 결과 분석

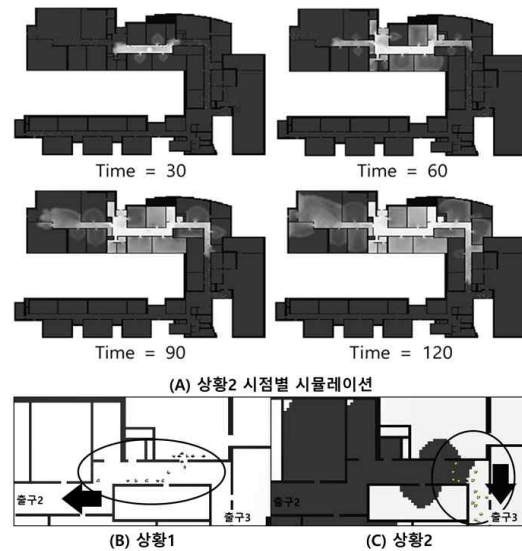
실험은 개선된 FFM을 대피 시뮬레이션에 적용하여 화재발생 유무에 따른 대피 결과의 차이를 분석하였다. 대피 시뮬레이터는 FFM 기반의 EgresSIM을 이용하였으며, 대상 공간은 (그림 2)와 같은 5개의 출구가 존재하는 건물 구조를 이용하였다. 대피상황은 약 300명의 인원이 공간마다 균일한 인원수로 존재한다고 가정하였다. 화재는 (그림 2)에 표시된 1번과 2번 위치에서 발생하는 2가지 상황을 고려하였고, 발열량은 동일하게 유지된다고 설정하였다.

상황은 크게 세 가지로 나누어 시뮬레이션을 진행하였다. 상황1은 화재가 발생하지 않은 경우, 상황2는 1번 위치에서 화재가 발생한 경우, 상황3은 2번 위치에서 화재가 발생한 경우이다. (그림 3-(A))와 (그림 4-(A))는 상황2와 상황3의 시뮬레이션 모습을 시간의 흐름에 따라 표현하였다.

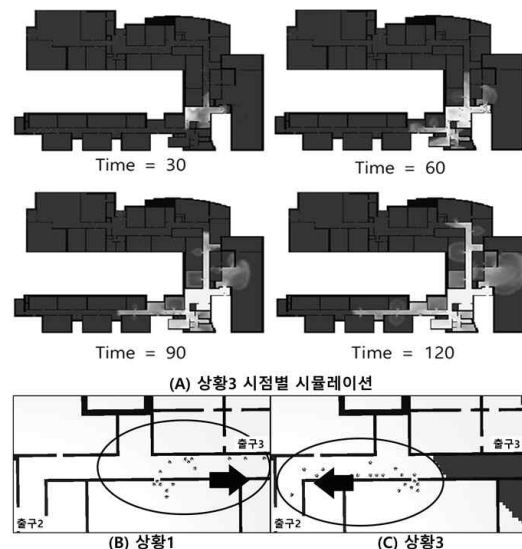
(그림 3-(B))는 상황1에서 특정위치의 대피상황이며, 출구 2를 향해 대피를 진행하는 모습을 나타낸다. (그림 3-(C))는 상황2에서 동일위치의 대피상황이며, 출구2 방향에서 연기가 오는 것을 확인하고 우회하는 모습을 나타낸다. 우회는 출구3 방향으로 진행되었다. (그림 4-(B))는 상황1에서 특정위치의 대피상황이며, 출구3을



(그림 2) 실험 대상 공간 및 화재 지점



(그림 3) 상황2의 시점별 시뮬레이션 및 우회상황



(그림 4) 상황3의 시점별 시뮬레이션 및 우회상황

향해 대피를 진행하는 모습이다. (그림 4-(C))는 상황3에서 동일위치의 대피상황이며, 출구3 방향에서 연기가 오는 것을 확인하고 우회하는 모습을 나타낸다. 우회는 출구2 방향으로 진행되었다. 위의 결과를 통해 인원들의 우회가 원활히 진행되고 있다는 사실을 확인하였다.

| 출구(명) | 출구 1 | 출구 2 | 출구 3 | 출구 4 | 출구 5 | 전체 대피완료 시간(s) |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------|
| 상황1 | 35 | 87 | 98 | 43 | 26 | 129 |
| 상황2 | 58 | 24 | 139 | 42 | 26 | 173 |
| 상황3 | 37 | 115 | 62 | 48 | 27 | 159 |

(표 1) 상황별 출구 대피인원 및 전체 대피 완료시간

다음으로 각 대피상황의 결과를 (표 1)로 정리하여 분석하였다. 상황1에서는 출구2와 출구3에 대피인원들이 집중되었다. 이에 따라 출구1과 출구5에서의 대피는 짧은 시간 내에 종료되는 반면, 출구2와 출구3은 대피인원이 집중되어 병목현상이 발생하고 대피시간이 오래 걸리는 것을 확인하였다.

상황2에서는 출구3에 가장 많은 인원이 집중되었다. 상황1과 비교하면 출구1과 출구3은 대피 인원이 각각 23명, 41명이 증가하고 출구2는 63명이 감소한 결과가 나타났다. 출구4와 출구5는 거의 변화가 없었다. 이를 통해 기존에 출구2로 향하던 인원들이 출구1과 출구3으로 우회한 것을 확인하였다. 결과적으로 출구3은 출구2 근처에서 화재가 발생하면 병목현상이 심화된다. 따라서 대피인원들을 출구4로 우회시키는 전략이 필요하다고 판단된다.

상황3에서는 출구2에 가장 많은 인원이 집중되었다. 상황1과 비교하면 출구2의 대피인원은 28명 증가하고 출구3의 대피인원은 36명 감소하였다. 출구1, 출구4와 출구5는 대피인원의 변화가 거의 없었다. 이를 통해서 기존에 출구3로 향하던 인원들이 출구2로 우회하였다는 사실을 확인하였다. 결과적으로 출구2은 출구3 근처에서 화재가 발생하면 병목현상이 심화된다. 따라서 출구2에 집중되는 대피인원들을 출구1로 우회시킨다면, 전체 대피완료 시간의 단축을 기대할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 기본 FFM과 화재 확산 필드를 통해 화재 인지 필드를 생성하고, 이를 이용하는 우회 알고리즘을 통해 화재상황에서의 보행자 움직임을 묘사하는 개선된 FFM을 제안하였다. 이를 통해 화재가 발생하지 않은 경우와 발생한 경우를 가정하여, 실험을 수행하였다. 두 상황의 비교를 통해 각 상황에 따른 대피인원들의 우회와 그로 인한 각 출구의 대피인원 변화를 확인하였다. 또한 전체 대피완료시간의 증감이 뚜렷하게 나타났으며, 병목현상이 심화되는 상황들을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 제안하는 대피 시뮬레이션 기법은 서론에서 언급한 기존 방식보다 현실적으로 대피 상황을 묘사한다. 다만, 화재를 인지한 상황에서 무조건 우회한다는 하나의 논리만 적용되어 보행자의 심리 혹은 행동패턴을 정확히 반영하지 못했다는 한계가 있다. 향후 연구를 통해 언급한 문제점들을 보완하여 보다 현실적인 대피 시뮬레이션 기법을 개발하고자 한다.

참고문헌

[1]