

**B-10**

## **가시도에 따른 이동속도 변화 모듈을 적용한 피난 프로그램 개발**

**이동호<sup>\*</sup> · 노세호<sup>†</sup> · 김하영<sup>†</sup> · 윤성욱<sup>\*\*</sup>**

**<sup>\*</sup>인천대학교 안전공학과.**

**<sup>\*\*</sup>GS Engineering & Construction**

**<sup>†</sup> 인천대학교 안전공학과 대학원**

### **Development of Pedestrian Evacuation Simulator with Variable Evacuation Speed along with Visibility**

**Rie, Dong Ho · Ro, Se Ho · Kim, Ha Young · Yoon, Sung Wook**

**Safety Engineering, University of Incheon**

**GS Engineering & Construction**

**Department of Safety Engineering, University of Incheon**

#### **요 약**

건축기술의 발달에 따라 건축물은 심층화, 고층화, 대형화 하고, 내부 구조도 복잡화 되고 있으며, 화재시 인명안전에 대한 위험성은 증대 하고 있다. 최근에는 다양한 화재 및 피난 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 화재시 건물내 사람들이 안전하게 대피 할 수 있는지를 평가하고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 피난 시뮬레이션 프로그램은 피난자의 종류 별 이동속도를 기준으로 한 안전성 평가는 가능 하지만, 화재시 발생하는 열 과 연기의 확산상태를 고려한 피난자의 이동속도는 적용 되지 못하고 있다.

본 연구 에서는 화재 피난 시나리오에 SFPE 방화공학 핸드북의 3-362(연기속의 이동)를 참고하여, 가시도 변화를 적용한 피난자의 이동속도 저하를 구현하여 보다 현실적인 피난 프로그램을 개발하고자 한다.

#### **1. 서 론**

건축물 설계시 화재에 대한 피난예측은 매우 중요한 필수 요소 이다. 실제 화재시 발생하는 연기에 의한 질식효과, 가시도의 하락으로 인해 발생하는 이동속도 저하는 대피자의 피난을 정확히 예측하는데 있어서 변수가 될 수 있다.

이러한 변수들을 피난 예측하여 대피자들의 변수를 모듈화 하여, 대피자의 행동패턴이나, 이동속도 변화를 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램은 아직 개발되어 있지 않다.

본 연구에서는 연기에 의한 이동속도 저하 모듈을 대피 프로그램에 적용하여 상용되고

있는 화재위험성평가 프로그램과는 다른 대피 개념을 가진 대피 프로그램을 개발 하고자 한다

## 2. 개발 프로그램 시스템 구성

피난 평가 프로그램은 3D환경 구현 소프트웨어인 3DVIA 사의 Virtools를 이용하였으며, 대피자는 A\*알고리즘을 이용하여 탈출구 또는 피난층 까지 최단 루트를 계산 하였다. 가시도 저하에 따른 대피속도감소에 의한 대피시간 증가 모듈은 SFPE의 연구결과로 제시된 가시도와 보행속도 관계를 데이터베이스화 하여 적용 하였다.

### 2.1 Virtools

Virtools 는 3DVIA에서 개발한 3D 체험을 위한 툴로서, 개별적인 컴포넌트 처리와 물리 기능을 구현하여, 3D 오브젝트 데이터를 이용한 범용적인 3D를 구축하여 3차원 인터랙티브 콘텐츠를 제작할 수 있게 해준다. Virtools엔진은 크게 저작도구인 Virtools Dev와 재생도구인 Virtools Web Player로 구성된다. 그리고 통합 개발 환경 도구인 Visual C++를 위한 SDK(Software Development Kit)를 기본으로 제공하기 때문에 원하는 콘텐츠를 독립실행 파일로 도 개발할 수 가 있다.

### 2.2 A\* 알고리즘

대피 시뮬레이션을 하기 위해서는 사람의 대피 경로를 계산하는 알고리즘이 필요하다. 본 연구에서는 A\* 알고리즘을 사용 하였다. A\* 알고리즘은 두 지점 사이의 최적 경로를 신속히 찾을 수 있으며, 가장 적절한 방향 및 다른 루트를 찾는 수단을 강구하기도 한다. (2)

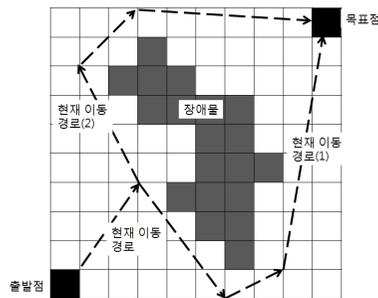


그림 1. A\*알고리즘

A\* 알고리즘의 적용을 위해서는 위치를 표현하는 노드(node)를 정의해야 한다. 탐색되는 노드의 적합성은 거리(distance)와 휴리스틱(heuristic)으로 정의해야 한다. A\* 알고리즘의 목표는 비용이 가장 낮은 경로를 찾는 것이다.

$$F(n) = g(n) + h(n) \tag{1}$$

h는 휴리스틱(heuristic)을 의미하고 현재 노드에서 목표 노드까지 가는데 드는 추정된 비용을 의미한다. f는 적합도(fitness)를 의미하고 g+h이며, 식 (1)에 의해 알고리즘 경로를 탐색하는데 계산된다.

### 2.3 연기 발생 환경에서의 이동속도

연기 농도에 의한 이동속도 저하 모듈은 SFPE의 연구 결과에 제시된 <그림 2>와 참고 하였다. 가시거리에 따른 이동속도 저하는 <표 1>을 모듈화 하여 가시거리와 보행속도의 관계를 개발 프로그램의 적용 하였다.<sup>(3)</sup>

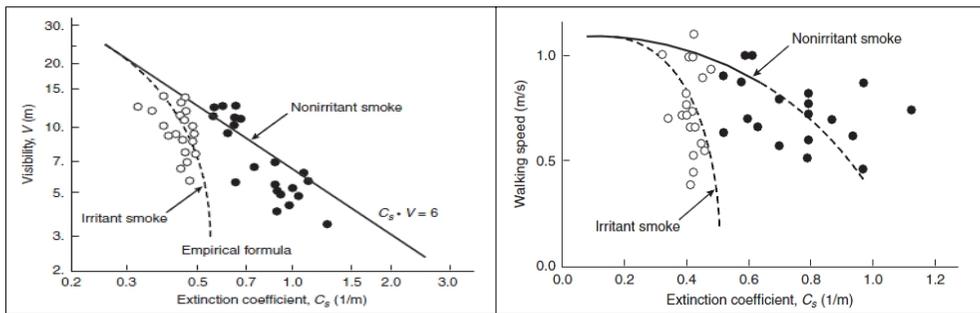


그림 2. 화재 연기중의 가시도와 보행속도

표 1. 가시거리에 따른 이동속도 저하

가시 거리	이동 속도 저하
0.0~0.1[1/m]	y=1.0
0.1~0.4[1/m]	y=(1.1-2.85(x-0.1) <sup>2</sup> )/1.1
0.4~0.5[1/m]	y=(1.606571429-8.478571429(x-0.1) <sup>2</sup> )/1.1

## 3. 연구 및 분석

### 3.1 분석 방법

본 연구에서 개발 하는 프로그램의 적용성을 분석하기 위해 Simulex와 개발 중인 가시도에 따른 이동 속도 모듈을 적용 하여 동일한 두 가지 조건으로 비교 분석하였다. 첫 번째 조건은 25m×25m 의 공간에 같은 위치에 대피자를 배치하였다. 두 번째 조건은 100m×5m의 복도형 공간에 <그림 3> 과 같이 대피자를 배치하여 정상 상태 에서의 피난 속도를 <표 2> 와 같은 조건에서 비교 하여 두 프로그램의 성능을 비교 하였다.

표 2. 피난 속도 비교

구 분	Simulex		개발 프로그램(모듈 미적용)	
	Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
대피 공간 넓이	25×25(m)	100×5(m)	25×25(m)	100×5(m)
인 원	25명	25명	25명	25명
이동속도	1.4(m/s)	1.4(m/s)	1.4(m/s)	1.4(m/s)
실험횟수	5회	5회	5회	5회

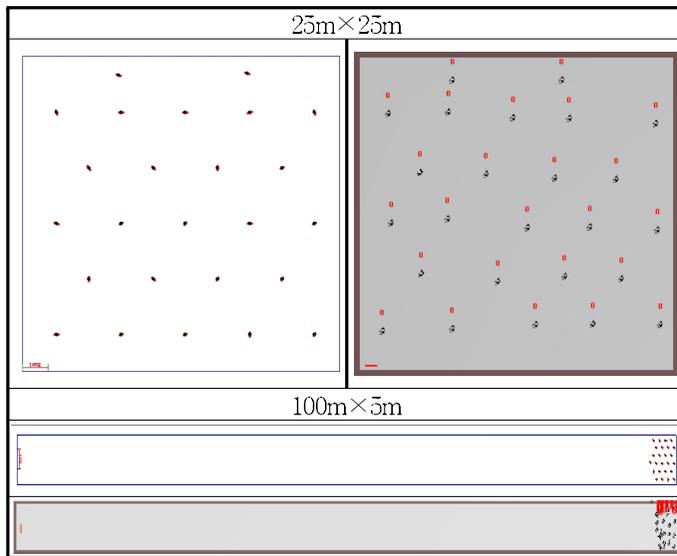


그림3. 대피자 배치

가시도에 의한 이동속도 변화를 적용한 대피 프로그램과 Simulex를 비교 하여 가시도의 변화에 따른 대피 시간의 평균을 구하여 비교 하였다. <그림 4>와 같은 공간에 <표 3>과 같은 조건으로 시뮬레이션을 하였으며, 가시거리는 <그림 4>와 같이 설정 하여 시뮬레이션 결과를 비교 분석 하였다.

표 3. 가시도를 적용한 피난 속도 분석

구 분	Simulex	개발프로그램 (모듈 미적용)
인 원	25명	25명
가시도	적용 안 함	적용
실험횟수	5회	5회

	구 분	가시거리
	Room 01	10(m)
	Room 02	7(m)
	Room 03	7(m)
	Room 04	5(m)
	Room 05	5(m)

그림 4. 가시거리 및 연기 범위

#### 4. 분석 결과

##### 4.1 분석 결과

프로그램의 적용성을 분석하기 위해 Simulex와 개발 프로그램을 Case 1과 Case 2를 이용하여 시뮬레이션한 결과 <표 4>와 같이 Case 1의 경우 Simulex와 개발 프로그램이 각각 27.52(s)와 27.59(s)로 0.25%의 오차가 발생하였고, Case 2의 경우 80.94(s)와 81.37(s)로 0.43%의 오차가 발생됨에 따라 Simulex와 유사한 결과가 도출 되는 것으로 분석되었다.

표 4. 프로그램의 성능 비교

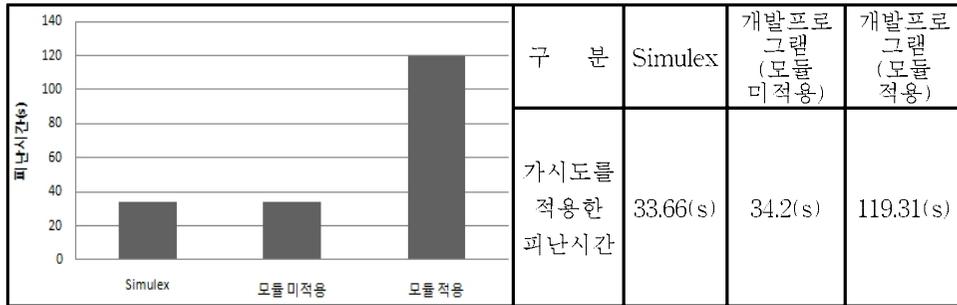
구 분	Simulex		개발프로그램 (모듈 미적용)	
	Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
기본 대피 시간	27.52(s)	80.94(s)	27.59(s)	81.37(s)

##### 4.2 가시도에 따른 이동속도 변화모듈을 이용한 효과 분석 결과

동일한 도면을 이용하여, <표 3>과 같은 조건으로 시뮬레이션을 한 결과 가시도를 적용하지 않은 Simulex의 경우 33.66(s), 개발중인 프로그램은 34.2(s)로 1.57%의 오차가 발생 하였지만 많은 차이가 나지 않았다. 그리고 이동속도 변화모듈을 적용했을 경우 119.31(s)가 <표 5>과 같이 나오는 것을 확인 할 수 있었다.

모듈을 적용하지 않을 경우와 모듈을 적용 했을 경우 이동속도에 큰 차이가 있다는 것을 확인 할 수 있었으며, 이 모듈을 적용 할 경우 기존 시뮬레이션을 할 경우 큰 차이가 날수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

표 5. 이동속도 변화 모듈 적용 분석 결과



## 5. 결론

본 연구는 상용 프로그램과 가시거리에 따른 이동속도 변화를 적용한 프로그램을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 이동속도 변화모듈을 적용한 프로그램의 대피계산 결과는 정상 상태에서 상용 대피 프로그램으로 개선된 대피시간과 유사한 값을 얻을 수 있음을 확인 하였다.
- 2) 본 개발프로그램은 가시거리에 따른 이동속도 변화 모듈을 적용함으로써 피난지연 시간의 계량화를 가능하게 하였다.
- 3) 본 개발프로그램은 성능위주설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 이동호, 박종승, 조준성, 김정엽(2008), “건축물 화재에 따른 군중 피난 시뮬레이션 시스템 개발” 한국 소방학회 추계논문발표회 논문집
2. 이종범, 박종승, 이동호(2007), “VR기반 출구탈출 시뮬레이션 설계에 관한 연구” 한국 소방학회 추계논문발표회 논문집
3. SFPE Handbook of Fire Protection. CHAPTER 4 Visibility and Human Behavior in Fire Smoke. Figure 2-4.3, Figure 2-4.4.