

재실자 인원분포를 고려한 실내 보행자 대피모형

An indoor evacuation model considering different pedestrian distributions

곽수영*, 남현우, 전철민

Suyeong Kwak*, Hyunwoo Nam, Chulmin Jun

서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정(ksykk0@uos.ac.kr)

서울시립대학교 공간정보공학과 석사(nhw612@uos.ac.kr)

서울시립대학교 공간정보공학과 교수(교신저자, cmjun@uos.ac.kr)

요약

본 연구는 실내공간에서 재실자들의 분포가 다양하고 다수의 출구가 존재하는 대피상황에서 전체적인 대피시간의 감소를 줄이는 전역적인 대피모형을 제시한다. 본 모형은 grid cell을 이용한 CA(Cellular Automata)기반으로 보행자들의 움직임을 나타내고 최적 대피로를 산출하기 위해 유전자 알고리즘(GA)을 이용한다. GA에서 하나의 염색체(해)는 하나의 대피로를 의미하며, 이를 반복 수행함으로써 최적에 가까운 대피로가 산출된다. 이를 위해 시뮬레이터 수행을 통해 입증하였으며 건물구조와 유사한 공간구조를 통해 예시하였다. 이는 추후 중앙관제형 가변유도등, 유도음과 같은 시스템을 통해 대피경로안내로의 활용이 가능할 것이다.

1. 서론

화재 등의 재난 발생 시, 인명피해 감소를 위해 대피시뮬레이터에 관한 연구가 수행되고 있다(Burstedde et al., 2001). 대피시뮬레이터는 건축물의 공간적인 구조와 재실자의 물리적 특성, 심리적 특성을 반영하여 건물 내 재실자의 다발적인 움직임을 산출하고 결과를 제시(김운형 등, 2003, 윤성환 등 2009)하며, 더 나아가서 시뮬레이션 결과를 토대로 재실자들에게 대피경로를 안내하는 라우팅을 제공한다. 그러나 이는 최단거리 연산과 같이 개인이나 일부 집단의 대피시간을 줄이기 위한 국지적(local)해를 구하는 문제이다. 이는 개개인의 움직임에 집중되어 건물 전체에 따른 최적에 가까운 결과를 얻기에 한계가 있다. 따라서 본 연구는 건물 전체 재실자들이 모두 대피한다고 할 때, 전체 대피시간을 줄이는, 즉 전역적(global)인 해를 구하는 문제이다. 다수의 방과 다수의 출구로 이루어진 건물이 있을 때, 재실자들은 일반적으로 실내 공간

내에 불균등하게 분포하게 된다. 어떤 방의 재실자가 어떤 출구로 대피하느냐에 따라 전체대피시간에 영향을 주게 된다. 예를 들면, Room1-Exit A, Room2-Exit B 조합이 Room1-Exit B, Room2-Exit A 조합보다 병목현상을 줄여 전체 대피시간을 줄일 수도 있다. 이러한 다양한 조합들을 하나의 염색체로 표현하고, 적합도 평가와 설계전략을 이용하는 유전자 알고리즘을 통해 최적에 가까운 해를 탐색한다.

2. GA기반 대피모형 설계

본 연구는 최적화 기법 중 GA를 이용하여 해결하고자 하는 문제를 염색체로 표현하고 해공간을 탐색하여 최적에 가까운 대피경로를 산출한다. CA(CellularAutomata)기반으로 보행자들의 움직임을 나타내고 최적 대피로를 산출하기 위해 유전자 알고리즘(GA)을 이용한다. GA에서 하나의 염색체(해)는 하나의 대피로를 의미하며, GA의 설계에 따라 반복 수행함으로써 최적에

가까운 대피로가 산출된다. CA기반 Floor field model을 통해 산출된 보행자의 이동 시간인 timetick을 GA의 적합도 함수값으로 이용하여 해당 세대에서 결정된 염색체들이 다음 세대로 진화하기 적합한지, 아니면 도태되어야 할지를 결정하였다. 따라서 본 연구에서는 CA기반 보행모델에 유전자 알고리즘을 적용하여 대피에 유리한 해를 탐색하여 재실자 분포에 따른 방별 대피경로 및 우회경로와 같은 구체적인 대피모형을 제시할 수 있다.

3. 실험 및 결과분석

실험을 위한 공간구조는 3개의 출구와 8개의 방으로 설계하였으며, 재실자 분포에 따른 최적 대피경로를 산출하기 위해 표 1

표 1. 재실자 분포에 따른 CASE 구분

	101호	102호	103호	104호	105호	106호	107호	108호	총 인원
CASE 1	20	20	20	20	20	20	20	20	160
CASE 2	20	20	150	20	45	45	20	20	340

과 같이 CASE를 구분하였다. CASE 1은 모든 방에 재실자가 각각 20명씩 고르게 분포한 경우이다. CASE 2는 서로 다르게 재실자들을 분포하고 있을 경우이다. GA를 적용했을 때와 적용하지 않았을 때 시뮬레이션 결과는 표 2, 3과 같다. CASE 1의 경우,

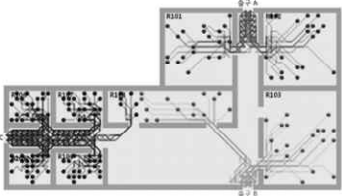
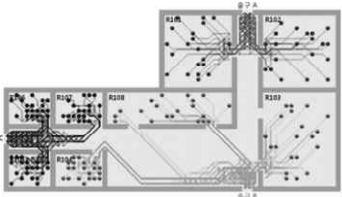
GA 미 적용	시간	CASE 1 98
	염색체	—
	산출 대피 경로	
GA 적용	시간	72
	염색체	AABBCCCB
	산출 대피 경로	

그림 6. CASE 1의 GA적용 여부에 따른 실험결과

GA를 적용하지 않을 때 최단거리에 있는 출구로 이동하였고, 총 대피시간은 98로 산출되었다. 그러나 GA를 적용하였을 경우 R104에 있는 재실자를 출구 B로 우회하는 경로가 도출되었고, 이 경우 총 대피시간이 72로 산출되었다.

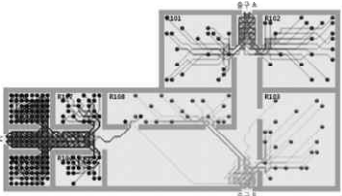
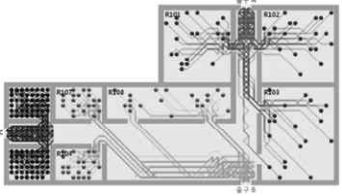
GA 미 적용	시간	CASE 2 148
	염색체	—
	산출 대피 경로	
GA 적용	시간	103
	염색체	AAABCCBB
	산출 대피 경로	

그림 7. CASE 2의 GA적용 여부에 따른 실험결과

4. 결론

본 연구에서는 제안한 방법론을 사용하여 재실자 분포에 따라 특정출구에 병목이 발생했을 경우, 다른 출구로 우회하여 총 대피시간을 최소화하는 경우를 탐색하여 인원분포에 따른 최적에 가까운 대피시간 및 대피경로를 산출하는 기법을 제시하였다. 기존 CA기반 보행알고리즘은 최단거리에 있는 출구로 보행자들이 대피하도록 계산되는데, 이는 출구에 과부하를 유발시킬 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었으며 GA를 적용하여 출구의 과부하를 최소화하고, 총 대피시간을 줄일 수 있는 전역적인 결과를 산출할 수 있었다.

(감사의 글)

본 연구는 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김운형, 김종훈, Michael Spearpoint, 2004, “Simulex 모델의 피난개시시간 분석”, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.252~257
2. 윤성환, 이정재, 이민정, 2009, “buildingE XODUS를 활용한 행위기반 피난시뮬레이터의 신체 및 심리적 변수에 대한 민감도 분석”, 대한건축학회지, 제25권, 제9호, p p.347~355.
3. Burstedde, C., Klauck, K., Schadschneider, A., and Zittartz, J., 2001, “Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton”, Physica A, Vol. 295, No. 3-4, pp.507~525.
4. Kirchner, A., and Schadschneider, A., 2002, “Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics”, Physica A, Vol. 312, pp.260~276.