

긴급 재해 발생 시 피난 지원을 위한 탈출 경로 탐색 알고리즘

Route Exploration Algorithm for Emergency Rescue Support on Urgent Disaster

황준수, 최영복
동명대학교 전자공학과

Jun-Su Hwang(hjs_01@naver.com), Young-Bok Choi(ybchoi@tu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 긴급 재해 발생 시 피난 지원을 목적으로 하는 긴급피난지원시스템을 구축하기 위하여 실내에서 화재, 테러 등의 재해 발생 시 탈출 경로 탐색 알고리즘을 구현하였다. 긴급 상황이 발생하면 알고리즘은 가장 빨리 탈출할 수 있는 비상구로 탈출 경로를 안내해 준다. 알고리즘은 비상구나 비상구 이외의 지역의 인구 밀도와 연령별 가중치를 적용하여 탈출 경로를 계산한다. 본 시스템은 혼잡한 비상구를 우회하게 함으로써 비상구의 과중한 혼잡과 탈출 경로 상의 혼잡을 감소시키면서 재해 발생 지역을 우회하여 탈출하도록 돕는다.

■ 중심어 : | 긴급피난지원시스템 | 탈출경로탐색 | 다익스트라 알고리즘 | 혼잡 감소 |

Abstract

The emergency evacuation support system supports evacuation assistance when an urgent disaster occurs. We have implemented evacuation route search algorithm to assist people's escape when a disaster occurs such as fires or terrorism in the building. The algorithm will guide the escape route at the fastest emergency exit of each region at the emergency state. The algorithm calculates the escape route by applying the weighting factor of age groups and population density around the emergency exit and of other regions. So the system helps escape to bypass the crowded emergency exit and the disaster area, and reduces the congestion of emergency exit and overloading of evacuation route.

■ keyword : | Emergency Evacuation Support System | Evacuation Route Search | Dijkstra Algorithm | Congestion Control |

1. 서론

해마다 각종 공공장소에서 많은 사고가 발생하고 있으며 지하철역, 공항, 백화점 등 실내 공공장소에서의 화재, 자연재해, 테러 등의 발생은 사람들에게 비극적인 결과를 초래할 수 있다[1]. 이러한 긴급하고도 대형의

사고에 대해서 신속하고 명확하게 대피를 지원할 수 있는 안정적인 시스템에 대한 필요성이 높아지고 있다. 또한 최근 들어 이어지는 대형 안전사고는 공공 및 민간 영역에 걸쳐 발생하는 가운데, 초동 대처의 부실로 인해 많은 인명과 재산의 손실을 가져오고 있다[2]. 기존의 재난 관리체계는 재난이 발생할 때마다 중앙정부

* 이 논문은 2011년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0024976)

접수일자 : 2016년 05월 24일

수정일자 : 2016년 06월 10일

심사완료일 : 2016년 06월 10일

교신저자 : 최영복, e-mail : ybchoi@tu.ac.kr

와 지방정부의 일부 공무원과 소방공무원 등 공공부문의 한정적인 인력과 장비 및 기술 등이 투입되고 있기 때문에 그 성과는 시민들이 만족할 만한 수준에는 미치지 못하고 있고, 재난 대응에 있어서도 네트워크 체계가 미흡한 실정이다[3]. 이에 본 논문은 공공의 도움이 있기 전에 자체 시스템으로 화재, 자연재해, 테러 등의 발생으로 인한 건물 내의 공황상태 발생 시 사람들의 움직임을 파악하여 긴급 재해 발생을 신속히 탐지하여 신속·정확하며 상황에 따라 유연하게 대처가 가능한 비상시 긴급 피난 지원 시스템을 지원하기 위한 탈출 경로 탐색 알고리즘을 제안하고 구현한다. 제 1장 서론에 이어 제 2장에서는 관련 연구에 대해 기술하고 제 3장에서는 탈출 경로 탐색 알고리즘에 대해 설명하고 제 4장에서는 구현된 프로그램에 대해 소개하고 제 5장에서는 구현된 프로그램의 실험을 통한 성능평가를 하며 마지막으로 제 6장에서 결론에 대해 기술한다.

II. 관련연구

[4]의 연구에서는 부산지하철 2호선 센텀시티 역사에서 화재상황을 가정한 모의대피실험을 실시하고, 피 실험자 개인의 피난경로에 따른 피난시간과 군중의 피난 행동특성을 도출하고자 하였으며, 나아가, 군중의 심리적, 육체적 조건에 따른 군중의 행동특성 모델에 기반을 둔 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 개발함을 연구의 목적으로 하였다. 모의대피실험 결과 여성 피험자의 평균 피난시간은 남성 피험자에 비해 23% 피난이 지체된 것으로 나타났다. 또한 구간별 보행속도 또한 여성이 남성보다 평균 28% 정도 느린 것으로 나타났다.

[5]의 연구에서는 여객선의 비상 상황에서 승객 탈출 시 승객의 집단행동을 고려한 cellular automata 모델을 제안하였다. cellular automata 모델은 승객이 이동가능한 영역을 규칙적인 격자 형태의 cell들로 표현하고, 한 명의 승객이 일반적으로 차지하는 공간의 크기를 cell의 크기로 정의한다. 각 cell은 이웃 cell들의 상태를 고려하여 정해진 규칙에 따라 승객이 이동함으로써 매 단위 시간마다 cell의 상태가 업데이트 되는 방식으로 IMO MSC/Circ.1238 Annex 3에서 제시한 검증 사례

중 승객의 수가 많은 Test 8,9를 통해 속도기반 승객모델(정채운 등,2010)와의 계산 시간을 비교한 결과 계산 시간이 약 1.5~2배 향상되는 것으로 나타났다.

[6]의 연구에서는 보행 방향 포텐셜 함수를 도입하여 승객의 보행 방향 결정을 하고, 마주 오는 승객에 의한 특성을 반영하기 위해 역류 알고리즘을 적용하였으며 승객의 집단행동을 표현하기 위해 집단행동 알고리즘을 적용하였다. 이 포텐셜 함수와 알고리즘을 IMO MSC / Circ.1238의 시험문제에 대해 구현하여, 승객의 이동이 보다 자연스럽게 나타나는 것을 확인하였다. 상기 관련 연구에서는 사람들의 모 위치에서 비상구로의 탈출 경로에 관해 설명하고 있으나, 그에 따라 비상구가 혼잡해지는 상황은 가정하고 있지 않다. 기존의 연구는 최단거리의 탐색에 초점이 있으나 본 연구에서는 최단거리 탐색은 물론 비상구의 혼잡을 피하기 위해 성별, 연령별, 지역별 혼잡도에 따른 가중치 적용을 통해 사람들을 분산 대피시켜 원활한 탈출이 될 수 있도록 하는 알고리즘을 제시한다.

III. 탈출 경로 탐색 알고리즘

긴급 상황 발생 시 신속한 탈출을 위한 경로 탐색 알고리즘은 현재 위치에서 비상구까지의 최단 거리의 경로 탐색이 우선시 되어야 한다[7]. 경로 탐색 알고리즘은 긴급 상황의 실내 환경에서 다음과 같은 문제점을 해결해야 한다. 문제점은 다음과 같다.

- 긴급 상황 발생 지역을 우회하는 탈출 경로를 탐색해야 한다.
- 탐색 경로는 최단 경로 거리를 유지해야 한다.
- 하나의 비상구에 대피 인원이 집중이 되어 비상구의 혼잡이 되지 않도록 경로를 탐색해야 한다.

탐색 경로는 최단거리를 유지해야하기 때문에 단말기는 일정한 주기로 경로를 탐색하고 있어야 한다 [5][6]. 비상구까지의 최단 경로를 탐색하기 위해서 단말기는 일정한 주기로 자신의 현재 위치에서 각각의 비상구까지의 최단경로를 Dijkstra 알고리즘을 통해 계산

하게 되며 지도상의 좌표점이 계산 경로가 된다. 긴급 상황이 발생되지 않을 경우에는 일반적으로 모든 좌표점의 비용은 1m당 1이 부여되며, 긴급상황이 발생하면 탈출 경로를 계산할 때 시작지점부터 비상구까지의 경로비용에 성별, 연령별, 지역별 혼잡도에 따른 가중치를 곱하여 계산하고 진행로가 폐쇄되는 구간에서의 비용은 ∞가 된다. 모든 비상구까지의 최단 경로가 탐색이 되면 가장 가까우며 적은 비용의 비상구 정보를 서버에 알리게 되고 서버는 비상구의 혼잡 정도를 실시간으로 예상할 수 있다[8-10].

마지막으로 하나의 비상구에 집중이 되어 비상구가 혼잡 되는 것을 방지할 수 있도록 경로를 탐색해야 한다. 서버는 각 단말기로부터 주기적으로 받은 정보를 이용하여 비상구의 혼잡 여부를 판단하여 각 단말기에 전송한다. 비상구의 혼잡 여부는 다음과 같은 방법으로 판단한다.

- 비상구의 혼잡 여부 판단
- 인구의 밀집 여부 판단
- 특정 비상구 주변에 집중 되어 있는 상황 판단

첫 번째로 비상구의 혼잡 여부를 판단한다. 많은 단말기가 특정 비상구를 탈출 경로로 지정할 경우 혼잡을 예상할 수 있다. 일부 단말기를 다른 비상구로 유도하기 위해서는 모든 비상구의 예상되는 혼잡 상황에 따라 비상구 주변의 좌표 점의 비용을 증가시키며 비용이 포함된 비상구 예상 혼잡도 정보를 주기적으로 단말기에 전송한다. 또한 긴급 상황 발생 시 모든 단말에 비상구 예상 혼잡도 정보를 제공하여 비상구의 혼잡을 감소시킬 수 있다. [그림 1]은 비용이 증가하는 비상구 주변 좌표를 보여준다.

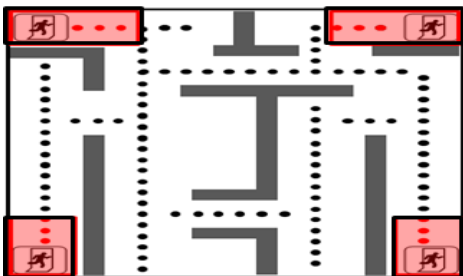


그림 1. 비용이 증가하는 비상구 주변 좌표

두 번째로 서버는 각 단말기로부터 받은 단말기의 현재 위치를 이용하여 전체 지도의 인구 밀집도를 분석하고 이에 따른 인구 밀집 여부를 판단해야 한다. 밀집도에 따른 비용은 전체 지도를 여러 구역으로 분할시키고 분할된 구역의 지도에서의 인구 밀집도를 계산하여 결정한다. 분할 방법은 전체 공간을 격자로 나누고 실내 공간에 따라 같은 공간으로 취급할 수 없을 경우 추가적인 편집을 할 수 있다. 특정 지역에 많은 인구가 밀집되어 있을 경우 밀집도 정보를 주기적으로 단말기에 전송한다. 또한 긴급 상황 발생 시 모든 단말에 인구 밀집도 정보를 제공하여 탈출 경로의 혼잡을 감소시킬 수 있다. [그림 2]서버가 모니터링 하는 전체 지도를 지역 단위로 분할 한 것을 보여준다.

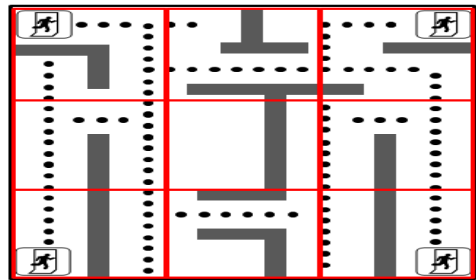


그림 2. 지역으로 분할한 전체 지도

마지막으로 특정 비상구에 밀집되어 있을 경우 각 단말기에 포함된 사용자의 정보에 따라 경로 비용을 계산하여 탈출 경로를 분산 시킨다. 특정 지역에 많은 단말기가 밀집해 있을 경우 각 단말기는 가장 가까운 비상구로 경로가 탐색되며 긴급 상황 발생 시 앞서 설명한 두 가지의 방식을 통해 경로 비용을 증가시킨다고 해도 특정 비상구가 혼잡해질 수 있다. 이 경우 단말기에 포함된 사용자의 정보에 따라 비상구의 예상되는 비용과 인구 밀집 지역의 비용을 증가시킴으로써 비상구의 혼잡을 감소시킬 수 있다. 사용자의 정보는 사용자의 나이와 성별에 따라 달라져야 한다. 비용의 가중치는 [표 1]과 같으며 [4]의 연구를 참고하여 노약자가 성인에 비해 탈출 능력이 낮게 나타난다는 사실에 근거하여 제시하였다.

표 1. 사용자 정보에 따른 가중치 (단위: %)

| 나이 성별 | 0~15 | 15~40 | 40~60 | 60이상 |
|----------|------|-------|-------|------|
| 남 | 20 | 80 | 40 | 20 |
| 여 | 10 | 40 | 20 | 10 |

앞에서 설명한 비상구의 예상 혼잡도, 인구 밀집도 및 사용자에게 따른 가중치를 이용하면 비상구의 혼잡도를 완화하면서 혼잡을 피하는 경로를 탐색할 수 있다. 사용자의 정보에 따른 가중치는 긴급 상황 발생 시 서버로부터 전송받은 비상구의 예상 혼잡도와 인구 밀집도에만 적용하여 혼잡 지역 비용을 계산한다. 혼잡 지역 비용 계산식은 식(1)과 같다. 여기서, 혼잡 지역 비용 C_c , 비상구 예상 혼잡도는 I_e , 인구 밀집도는 I_p , 사용자의 정보 가중치는 W_u , 초기 비용은 C_i 이다.

$$C_c = \begin{cases} (I_p \times W_u) + C_i, & \text{비상구 이외 지역} \\ (I_e \times W_u) + C_i, & \text{비상구 주변 지역} \end{cases} \quad (1)$$

비상구 이외의 지역의 인구 밀집도 또는 비상구 지역의 혼잡도는 인구의 수에 따라 저(1), 중저(3), 중(5), 중고(7), 고(9)로 한다. 예를 들어 65세 남성이 인구 밀집도가 높은 지역에서의 초기 비용이 1인 좌표 비용은 비상 상황 발생 시 혼잡 지역 비용은 1.6이 되며 25세의 남성의 경우 동일 지역에서 3.4의 혼잡 지역 비용을 가지게 된다.

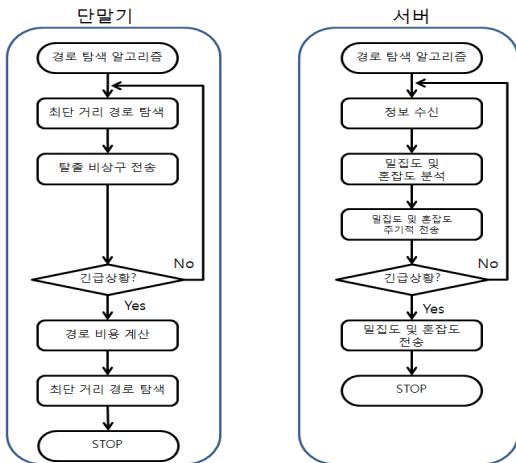


그림 3. 경로 탐색 알고리즘

긴급 상황 발생 시 경로를 탐색하기 위한 비용이 계산이 되면 단말기는 현재 위치로부터 각 비상구까지의 탈출 경로를 탐색하게 된다. 단말기에서 경로 탐색은 긴급 상황 발생 지역을 우회하고 서버로부터 전송 받은 비용에 사용자의 정보를 적용한 혼잡 지역 비용을 이용하여 최소 비용의 최단거리 경로를 탐색하여 비상구의 혼잡과 탈출 경로의 혼잡을 감소시켜 사용자의 탈출을 돕는다.

단말기의 경로 탐색 알고리즘의 흐름은 다음과 같다.

- 단말기는 현재 자신의 위치에서 각 비상구까지의 탈출 경로를 Dijkstra 알고리즘을 통해 최단 거리의 경로를 탐색한다.
 - 탐색된 경로 중 가장 가까운 경로의 비상구의 정보와 현재 위치 정보를 서버로 전송한다.
 - 긴급 상황이 발생하기 전까지 일정한 주기로 서버에 정보를 전송하며 긴급 상황 발생 시 서버로부터 전송받은 밀집지역과 비상구의 비용을 이용하여 사용자의 정보에 맞는 혼잡 지역 비용을 계산한다.
 - 계산된 비용을 이용하여 최단 거리 경로를 탐색한다.
- 서버의 경로 탐색 알고리즘의 흐름은 다음과 같다.
- 서버는 각각의 단말기로부터 정보를 전송받는다.
 - 각 단말기들의 현재 위치를 이용하여 소분할한 지역의 인구 밀집도와 긴급 상황 발생 시 예상되는 탈출 비상구의 비상구 예상 혼잡도를 분석한다.
 - 긴급 상황 발생 이전에는 일정한 주기로 인구 밀집도 및 비상구 예상혼잡도를 전송한다.
 - 긴급 상황 발생 시 서버는 인구 밀집도와 모든 비상구의 비상구 예상혼잡도를 브로드캐스팅 한다.

IV. 탈출 경로 탐색 알고리즘 구현

경로 탐색 프로그램에 제안한 알고리즘을 적용하면 재난 시 단말기에서 사용자 별로 혼잡한 비상구 또는 인구가 밀집된 지역을 효과적으로 우회하여 경로를 탐색하는지 실험하기 위해 시뮬레이션을 구현하였다. 구현한 탈출 경로 탐색 프로그램은 단말기에서 동작한다. 서버에서 전송되는 각 비상구의 혼잡도와 인구 밀집도는 주기적으로 전송받겠다고 가정한다.

프로그램은 Microsoft 사의 Visual Studio 2010 툴을 이용하여 C#언어를 기반으로 작성하였다. [그림 4]는 구현한 탈출 경로 탐색 알고리즘의 실행화면이다.

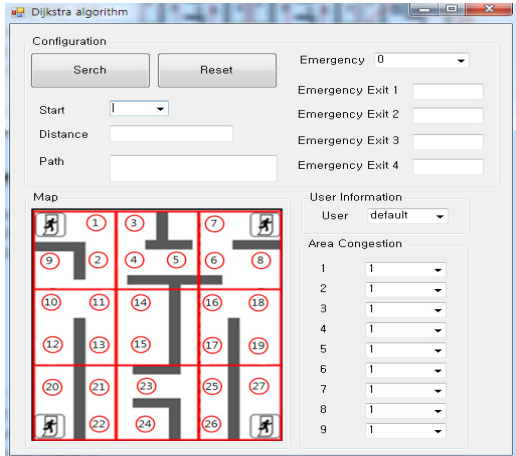


그림 4. 탈출 경로 탐색 알고리즘

시뮬레이션에 용이하게 사용할 수 있도록 Emergency panel, User Information panel, Area Congestion panel 을 만들어 긴급 상황과 사용자 정보, 지역 혼잡도를 컨트롤 할 수 있게 하였다. 27개의 지점에서 각 비상구까지의 탈출 경로를 시뮬레이션 할 수 있으며 지역 분할은 Map의 좌측 상단부터 우측으로 1,2,3 순서로 9까지 구성하였다. 우측 상단에는 시작 위치로부터 4군데의 비상구까지의 경로비용을 계산하여 표시한다. 좌측 상단에는 4군데의 비상구 중 최단 거리로 탐색된 비상구까지의 거리와 경로를 표시하고 그 하단에는 경로를 이미지로 보여준다.

V. 실험

경로 검색 알고리즘의 적용이 가능한 각각의 상황을 조성하고 각 상황에서 대해서 경로 검색 알고리즘이 어떻게 비상구의 혼잡을 줄이면서 사용자의 탈출을 돕는지를 실험하였다. 일반적인 실내 환경에서의 상황을 구성하기 위해 노인과 아이의 비율은 전체에 20%, 40대 남녀의 비율은 20% 및 20대 남녀의 비율은 60%로 구

성하였으며 지도의 좌표의 초기 비용은 1로 가정하였다. 각 상황의 구성은 다음과 같다.

- 사례 1 : 지도 전체에 분산되어 있는 상황
- 사례 2 : 특정 지점에 집중 되어 있는 상황
- 사례 3 : 특정 비상구 주변에 집중 되어 있는 상황

1. 지도 전체에 분산되어 있는 상황

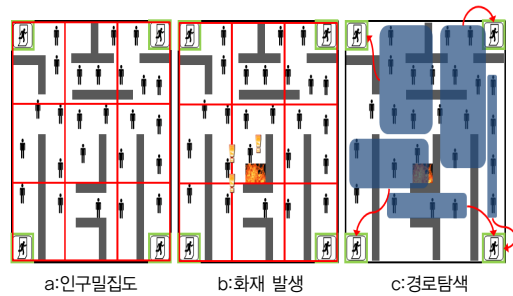


그림 5. 지도 전체에 분산되어 있는 상황

[그림 5]는 지도 전체에 보행자가 분산되어 있는 상황으로 a는 인구 밀집도를 b는 재해 발생 지역을 c는 경로가 탐색 되어 보행자가 분산 대피 되는 모습을 나타낸다. 각 지역별로 보행자의 사람의 수가 분산되어 인구 밀집도가 보통인 모습을 보인다. 또한 각 비상구 혼잡도도 높지 않다. 긴급 상황 발생 시 각 보행자는 서버로부터 각 지역의 인구 밀집도에 대한 비용과 비상구의 비용을 사용자의 정보 가중치를 이용하여 혼잡 지역 비용을 계산하고 경로를 탐색하여 최단 경로의 비상구로 대피하게 된다. [그림 6]의 15번 지역의 긴급상황 발생으로 인해 주변의 경로 값이 무한대로 변경되어 경로가 폐쇄되었다. 인구의 밀집도가 높지 않고 지도 전체에 골고루 분산되어 있는 상황에서는 밀집도, 비상구 및 사용자의 정보로부터 증가되는 비용의 증가율이 미비하게 적용되어 초기 탈출 검색 경로와 대부분 일치하여 시작 위치에서 가장 가까운 비상구로 경로가 검색되었다. [그림 6]와 [그림 7]은 지도 전체에 분산되어 있는 경우의 알고리즘 동작 화면을 보여주며 [표 2]는 인구가 지도 전체에 분산되어 있는 상황에서 지역별 탈출 비상구를 나타낸다.

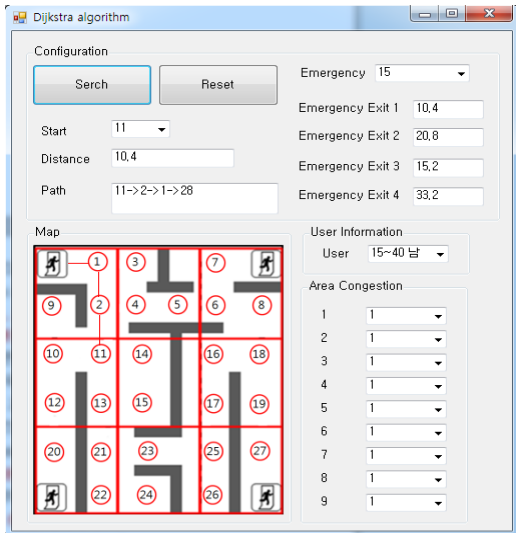


그림 6. 지도 전체에 분산되어 있는 상황 1

[그림 6]에서 15~40대 남성이 11번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 1번으로 대피 경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다. 또한 [그림 7]에서 같은 15~40대 남성이 25번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 4번으로 대피 경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다.

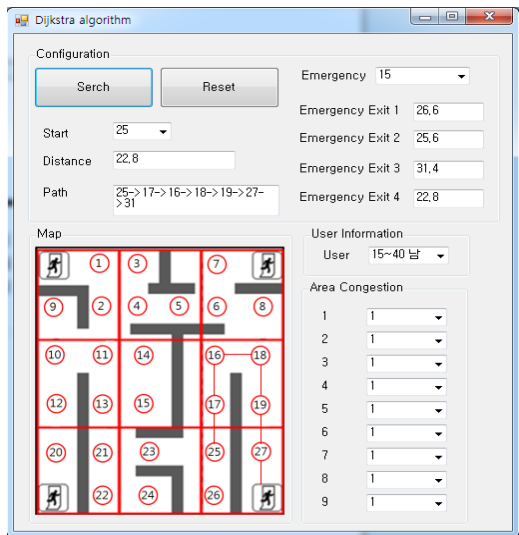


그림 7. 지도 전체에 분산되어 있는 상황 2

표 2. 지역별 탈출 비상구(지도 전체 분산 상황)

| 사용자 | 지역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|----|---|-----|---|-----|---|---|---|-----|---|
| 0~15 남 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 0~15 여 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 15~40 남 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 15~40 여 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 40~60 남 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 40~60 여 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 60이상 남 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 60이상 여 | | 1 | 1,2 | 3 | 1,3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |

[표 2]에서 지도 전체 분산 상황에서는 각 지역에서 가장 가까운 비상구로 경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다.

2. 특정 지점에 집중되어 있는 상황

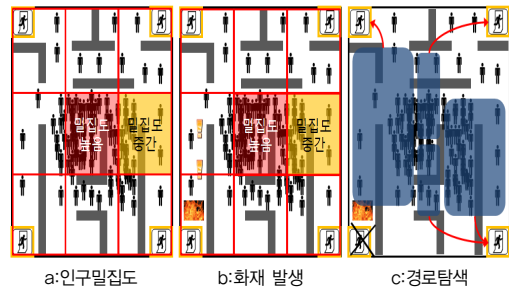


그림 8. 특정 지점에 집중되어 있는 상황

[그림 8]은 특정 지점에 집중되어 있는 상황으로 a는 인구 밀집도를 b는 재해 발생 지역을 c는 경로가 탐색 되어 보행자가 분산 대피 되는 모습을 나타낸다.

특정 지역에 보행자가 분산되어 있는 상황에서는 각 지역별로 보행자의 사람의 수가 분산되어 있지만 특정 지역에 인구가 밀집되어 인구 밀집도가 높게 형성되는 모습을 보인다. 보행자의 수가 늘어남에 따라 각 비상구의 혼잡도도 증가하게 된다. 긴급 상황 발생 시 각 보행자는 서버로부터 각 지역의 인구 밀집도에 대한 비용과 비상구의 비용을 사용자의 정보 가중치를 이용하여 혼잡 지역 비용을 계산하고 경로를 탐색하여 최단 경로의 비상구로 대피하게 된다. 인구의 밀집도가 높게 형성되는 지역일 경우 혼잡 지역 비용의 증가율이 사용자의 정보에 높은 비중으로 급격히 증가하게 된다.

[그림 9]의 20번 지역에서 긴급 상황이 발생하여 인해 주변의 경로 값이 무한대로 변경되어 3번 비상구가 폐쇄되었다. 이 때 [그림 9]의 구역 6번의 17번 노드에서 탈출을 한다고 가정 하면 17번 노드가 있는 지역의 혼잡도가 높은 상황이므로 이 지역에서 노인과 어린이는 1.7~2.8의 혼잡 비용을 갖는다. 따라서 전체 경로 비용이 미비하게 증가하게 되므로 초기 탈출 검색 경로와 비슷한 형태의 경로가 탐색 되어 4번 비상구로 경로가 탐색된다. 초기 탈출 검색 경로가 폐쇄된 비상구일 경우 다른 비상구로 재검색한다. 그러나 노인과 아이에 비해 20대 남녀는 3.8~8.2의 혼잡비용을 갖게 된다. 이처럼 큰 폭으로 비용이 증가한 20대 남녀의 경우 경로 비용이 높게 계산되어 최초로 검색된 4번 비상구가 아닌 1번 비상구로 경로가 재탐색 되었다. 40대 남녀는 2.8~4.6의 혼잡비용이 증가해 경로 탐색에 변화가 크지 않아 전체적으로 비상구의 혼잡도가 분산되었다. [그림 9]와 [그림 10]은 지도 전체에 분산되어 있는 경우의 알고리즘 동작 화면을 보여주며 [표 3]은 인구가 특정 지점에 집중되어 있는 상황에서 지역별 탈출 비상구를 나타낸다.

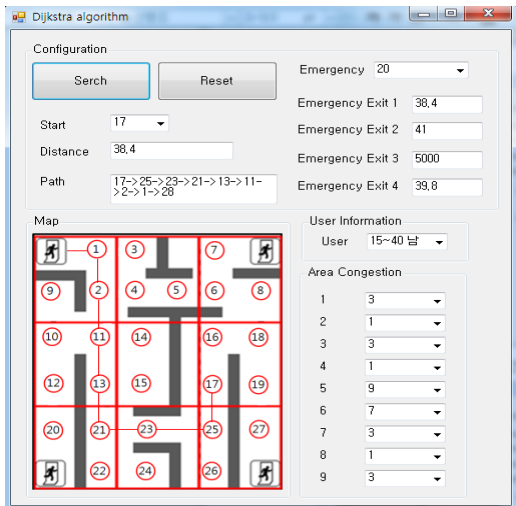


그림 9. 특정 지점에 집중되어 있는 상황 1

[그림 9]에서 15~40대 남성이 구역 6번의 17번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 4

번을 우회 하여 비상구 1번으로 대피경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다. 또한 [그림 10]에서 60대이상 남성이 17번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 4번으로 대피 경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다.

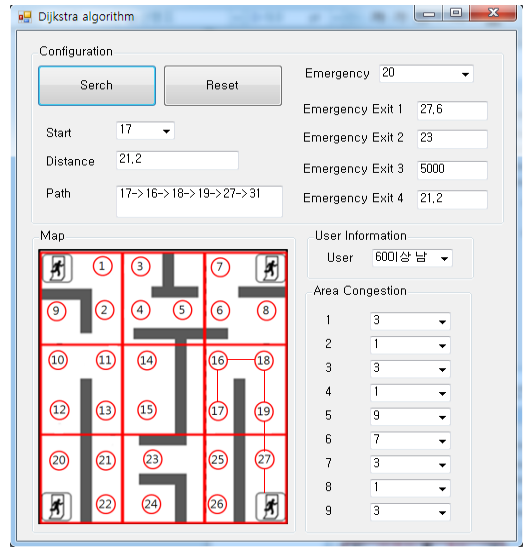


그림 10. 특정 지점에 집중되어 있는 상황 2

표 3. 지역별 탈출 비상구(특정 지점 집중 상황)

| 사용자 | 지역 | | | | | | | | |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0~15 남 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 0~15 여 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 15~40 남 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 15~40 여 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 40~60 남 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 40~60 여 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 60이상 남 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 60이상 여 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |

[표 3]에서 특정 지점 집중 상황에서는 구역 6번에서 일부 사용자는 가장 가까운 비상구를 우회한 다른 비상구로 대피 경로가 안내되어 지역혼잡도와 사용자 연령별로 분산 대피가 가능함을 알 수 있다.

3. 특정 비상구 주변에 집중되어 있는 상황

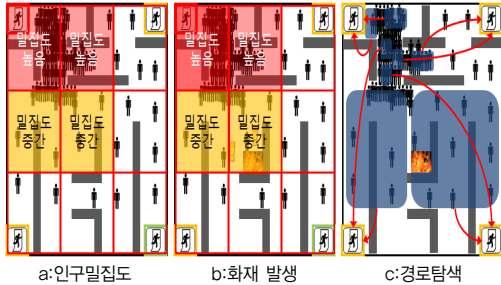


그림 11. 특정 비상구 주변에 집중되어 있는 상황

[그림 11]는 특정 비상구 주변에 집중되어 있는 상황으로 a는 인구 밀집도를 b는 재해 발생 지역을 c는 경로가 탐색 되어 보행자가 분산 대피 되는 모습을 나타낸다.

특정 비상구 주변에 보행자가 집중되어 있는 상황에서는 특정 비상구 주변에 인구가 밀집되어 인구 밀집도가 높게 형성되는 모습을 보인다. 이 상황에서는 특정 비상구의 혼잡도는 포화상태가 되어 버린다. 긴급 상황 발생 시 각 보행자는 서버로부터 각 지역의 인구 밀집도에 대한 비용과 비상구의 비용을 사용자의 정보 가중치를 이용하여 혼잡 지역 비용을 계산하고 경로를 탐색하여 최단 경로의 비상구로 대피하게 된다.

[그림 12]의 15번 지역의 긴급상황 발생으로 인해 주변의 경로 값이 무한대로 변경되어 경로가 폐쇄되었다. 이 때 구역 4의 13번 노드에서 탈출을 한다고 가정하면 13번 노드가 있는 지역의 혼잡도가 높은 상황이므로 이 지역에서 노인과 어린이는 1.7~2.8의 혼잡비용을 갖는다. 따라서 전체 경로 비용이 미비하게 증가하게 되므로 초기 탈출 검색 경로와 비슷한 형태의 경로가 탐색되어 1번 비상구로 경로가 탐색된다. 그러나 노인과 아이에 비해 20대 남녀는 3.8~8.2의 비용을 가지므로 비용이 큰 쪽으로 증가하여 20대 남녀의 경우 경로 비용이 높게 계산되어 최초로 검색된 1번 비상구가 아닌 3번 비상구로 경로가 재탐색 되었다. 40대 남녀는 일부 사용자의 탈출 경로의 경로 탐색이 변하여 전체적으로 비상구의 혼잡도가 분산되었다. [그림 12]와 [그림 13]은 특정 비상구 주변에 집중되어 있는 경우의 알고리즘

동작 화면을 보여주며 [표 4]은 인구가 특정 비상구에 집중되어 있는 상황에서 지역별 탈출 비상구를 나타낸다.

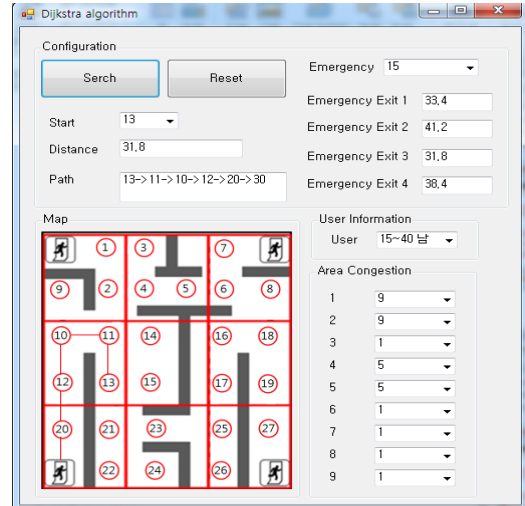


그림 12. 특정비상구 주변에 집중되어 있는 상황 1

[그림 12]에서 15~40대 남성이 구역 4번의 13번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 1번을 우회 하여 비상구 3번으로 대피경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다. 또한 [그림 13]에서 0~15대 남성이 13번 지역에서 계산된 Path의 노드를 따라 가장 가까운 비상구 1번으로 대피 경로가 안내 되는 것을 볼 수 있다.

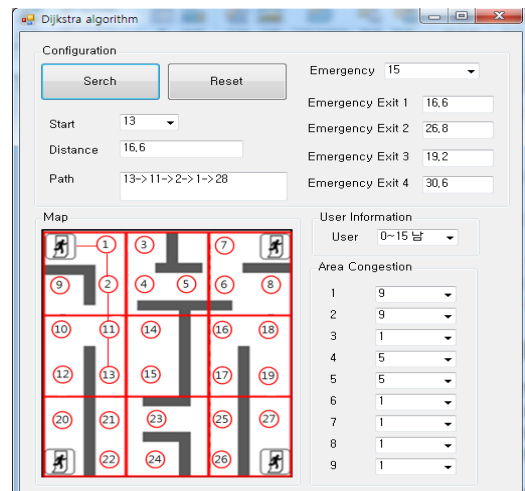


그림 13. 특정비상구 주변에 집중되어 있는 상황 2

표 4. 지역별 탈출 비상구(특정 비상구 집중 상황)

| 지역 사용자 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|
| 0~15 남 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 0~15 여 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 15~40 남 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 15~40 여 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 40~60 남 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 40~60 여 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 60이상 남 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |
| 60이상 여 | 1 | 1,2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1,4 | 4 |

[표 4]에서 특정 비상구 집중 상황에서는 구역 4번과 5번에서 일부 사용자는 가장 가까운 비상구를 우회한 다른 비상구로 대피 경로가 안내되어 지역혼잡도와 사용자 연령별로 분산 대피 된 것을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 긴급 상황 발생 시 지도의 혼잡비용과 좌표를 이용하여 비상구까지 혼잡을 제어하고 최단거리로 경로를 탐색하여 탈출을 지원해주는 경로 탐색 알고리즘을 구현하였다. 인식된 위치 좌표를 이용하여 제안된 경로 탐색 알고리즘을 적용할 경우 백화점, 역사, 공항 등 다양한 인구 밀집도 상황에서 재난이 발생했을 경우 비상구의 혼잡을 감소시키면서도 최소 비용의 탈출 경로를 신속히 탐색할 수 있다. 이를 실제 환경에 적용한다면 대규모 긴급 재난 발생 시 인명피해를 최소화 할 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문의 평가는 제한된 환경에서의 시뮬레이션으로 보다 실증적인 추가 검증과 개선의 필요성이 있다. 따라서 향후 연구팀이 진행하고 있는 긴급피난지원시스템에 본 알고리즘을 적용시켜 추가적인 모의실험을 통해 알고리즘의 검증과 개선을 하려고 한다.

참고 문헌

[1] 김봉찬, 신이철, 구인혁, 권영진, “국내·외 도시화재의 특징 및 연구 동향 분석,” (사)한국화재소방

학회 춘계 학술 대회 초록집 (P-11), 2010(4).

- [2] 신동희, 김용문, “국내 재난관련 공공 앱의 활성화 방안 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol.14, No.11, pp.644-656, 2014.
- [3] 류상일, 안혜원, “네트워크를 통한 효율적 재난대응체계 구축 - 한국과 일본의 재난 사례를 중심으로-,” 한국콘텐츠학회 2006년도 추계 종합학술대회 논문집, Vol.4, No.2, pp.377-381, 2016.
- [4] 이민정, *긴급상황 시 군중 피난시뮬레이션 기법 제안에 대한 연구 - 지하철역사를 중심으로-*, 부산대학교, 석사학위논문, 2010(8).
- [5] 차주환, 하술, 이규열 “집단 행동을 나타내는 Cellular Automata 모델을 사용한 여객선 승객 탈출 분석,” 한국시뮬레이션학회논문지, Vol.20, No.4, pp.146-155, 2011(12).
- [6] 하술, 조운욱, 구남국, 박광필, 이규열, 노명일, “보행 방향 포텐셜 함수 기반의 탈출 경로 결정 알고리즘을 이용한 여객선 승객 탈출 시뮬레이션,” 대한조선학회논문집, Vol.50, No.5, pp.307-313, 2013(10).
- [7] T. Tsunemine, E. Kadokawa, Y. Ueda, J. Fukumoto, T. Wada, K. Ohtsuki, and H. Okada, “Emergency Urgent Communications for Searching Evacuation Route in a Local Disaster,” IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2008 (CCNC 2008), pp.1196-1200, Jan. 2008.
- [8] C. Y. Chen, “A Fuzzy-Based Approach for Smart Building Evacuation Modeling,” 2009 Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, pp.1200-1203, Dec. 2009.
- [9] 도대만, *비상시 긴급 피난 지원을 위한 RFID 기반의 실내 위치 인식 시스템*, 동명대학교, 석사학위논문, 2013.
- [10] 도대만, 현맹환, 황준수, 이정현, 최영복 “긴급피난 지원을 위한 탈출 경로 탐색 알고리즘,” 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, Vol.52, 2013(11).

저 자 소 개

황 준 수(Jun-Su Hwang)

준회원



- 2014년 2월 : 동명대학교 전자공학
학과(공학사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : 동명대학교
대학원 전기전자정보통신공학과
재학중

<관심분야> : 유비쿼터스, 임베디드 시스템, 통신 네트워크

최 영 복(Young-Bok Choi)

종신회원



- 1984년 8월 : 경북대학교 전자공
학과(공학사)
- 1988년 8월 : 경북대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
- 1996년 3월 : 오사카대학교 대학
원 통신공학과(공학박사)

▪ 1996년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 전자공학과 교수
<관심분야> : 임베디드 시스템, 통신 네트워크