JDCS
디지털콘텐츠학회논문지
Journal of Digital Contents Society
Vol. 26, No. 3, pp. 685-691, Mar. 2025

Check for updates

A* 알고리즘을 활용한 재난 상황 대피경로 탐색

조 장 원[1] · 배 종 환[2*] · 유 현 배[3*] · 박 선 희[4*]
[1]㈜유토비즈 주임
[2]㈜유토비즈 대표이사
[3]나사렛대학교 오웬스교양대학 교수
[4]㈜유토비즈 연구소장

Disaster Evacuation Route Search Using A* Algorithm

Jang-Won Jo[1] · Jong-Hwan Bae[2*] · Hyun-Bae You[3*] · Seon-Hui Bak[4*]
[1]Assistant Manager Utobiz Co., Ltd., Daejeon 34013, Korea
[2]Chief Executive Officer Utobiz Co., Ltd., Daejeon 34013, Korea
[3]Professor, Department of VR Media Contents, Nazarene University, Daejeon 34503, Korea
[4]Director of Research Institute Utobiz Co., Ltd., Daejeon 34013, Korea

[요 약]

과거에 비해 재난이 대형화 복합화되면서 막대한 사회·경제적인 손실이 발생하고 있으며 사회적으로 재난 및 안전관리에 대한 관심이 증가하고 있으며, 국가는 보다 과학적이고 체계적인 접근 방식을 요구받고 있는 상황이다. 급변하는 재난 안전 환경에서 모두의 일상을 지키기 위해 국가에서는 디지털플랫폼 기반의 과학적 재난안전관리를 통하여 새로운 위험을 예측하고 상시 대비 체계를 강화해 나가고 있다. 이에 본 논문에서는 재난안전관리 통합 데이터베이스를 활용하여 재난 상황 발생 시 신속하고 정확한 재난 정보를 제공하여 안전하고 빠른 대피가 가능하도록 A*알고리즘을 개선하여 대피 경로 탐색을 최적화한 후 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 유효성을 검증하였다.

[Abstract]

In recent times, disasters have become larger and more complex compared with those in the past. Moreover, enormous social and economic losses are occurring, social interest in disaster and safety management is increasing, and the country is being called for a more scientific and systematic approach. To protect individuals' daily lives in a rapidly changing disaster and safety environment, the country is predicting new risks and strengthening its regular preparedness system through scientific disaster and safety management based on digital platforms. Accordingly, this paper aims to optimize evacuation route search by improving the A* algorithm that provides fast and accurate disaster information in case of a disaster. This enables safe and rapid evacuation by utilizing the integrated disaster safety management database and verifies its effectiveness through simulation.

색인어 : 재난안전, A* 알고리즘, 다익스트라 알고리즘, 벨만 포드 알고리즘, 디지털 플랫폼
Keyword : Disaster Safty, A* Algorithm, Dijkstra Algorithm, Bellman-Ford Algorithm, Digital Platforms

http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2025.26.3.685

Received 3 February 2023; **Revised** 26 February 2023
Accepted 4 March 2025

***Corresponding Author; Jong-Hwan Bae, Hyun-Bae You, Seon-Hui Bak**

Tel: ※ 개인정보 표시제한
E-mail: sadal@hanmail.net

Ⅰ. 서 론

사회적으로 재난 및 안전관리에 대한 관심이 증가하고 있으며, 과거에 비해 재난이 대형화 복합화되면서 막대한 사회·경제적인 손실을 야기하고 있다[1]. 이러한 상황에서 국가는 재난으로부터 모두의 일상을 지키기 위해 보다 과학적이고 체계적인 접근 방식을 요구받고 있는 상황이다. 특히, 급변하는 재난 안전 환경에서 모두의 일상을 지키기 위해 국가에서는 디지털플랫폼 기반의 과학적 재난안전관리를 통하여 신종 재난을 사전에 예측하고 상시 대비 체계를 강화하고자 하는 노력이 중요하게 대두되고 있다. 예측·예방이 가능한 과학적 재난안전관리 분야에 과감한 예산 투자를 할 만큼 안전에 대한 인식이 날로 증가하고 있는 상황이며, 재난 안전 예산은 매년 꾸준히 증가하고 있다. 2024년 재난 안전 예산은 25.1조 원으로 편성되어 안전에 대한 인식과 투자의 중요성을 반영하고 있다고 할 수 있다. 본 논문에서는 인공지능(AI)기술을 재난 및 안전관리 분야에 접목하는 방안을 제안한다. 구체적으로, 화재 관련 데이터 및 군중 밀집 관련 데이터를 수집하고 분석하여, 이를 바탕으로 재난안전관리 통합 데이터베이스를 구축하였다. 재난안전관리 통합 데이터베이스를 활용하여 새로운 위험을 사전에 예측하고, 재난 상황 발생 시 신속하고 정확한 재난 정보를 제공하고 빠르게 재난 상황에서 벗어날 수 있도록 대피를 유도함으로써 피해를 최소화하는 데 중점을 두고 있다. 재난 상황에서 빠르게 대피할 수 있도록 대표적인 경로 탐색 알고리즘들로 A*알고리즘, 다익스트라 알고리즘, 플로이드 워셜 알고리즘, 벨만-포드 알고리즘 등이 있으며, 본 연구에서는 경로 탐색 알고리즘들 중에서 A* 알고리즘을 적용하여 대피 경로를 탐색하고 최적화하였다. 인공지능(AI) 기반의 데이터 분석 및 A*알고리즘의 통합 적용을 통해 대피 경로의 효율성을 검증하였다. 이를 통해 실제 재난 발생 위험 요소를 사전에 예측하고 재난 상황 발생시 인명 피해를 최소화하고자 한다.

Ⅱ. 관련 연구 현황

기존의 피난 및 재난 대응 연구는 오랜 기간 동안 다양한 접근법으로 발전해 왔으며, 크게 두 가지로 피난 훈련과 컴퓨터 시뮬레이션으로 구분할 수 있다. 먼저, 피난 훈련의 경우 재난 상황에서 긴급 대피에 관하여 풍부하면서 정확한 정보를 제공할 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 실제 상황을 재현하여 참가자들이 효과적으로 대피 요령을 익힐 수 있는 기회를 제공하고 재난에 대한 경각심을 고취하는 데에도 효과적이다. 그러나 훈련을 실행하는 데 막대한 비용과 시간을 필요로하며[2], 모든 참가자가 균일한 훈련 결과를 얻는 것도 어려운 실정이다. 또한 현재 사용되고 있는 대부분의 피난 유도 시스템은 발화지점을 고려하지 않고 동일한 피난경로만을 제공하고 있어 실제로 피난경로 상에서 발화한 경우 새로운 다른 피난경로를 제공하지 못하는 실정이다[3]. 반면, 컴퓨터 시뮬레이션은 특정한 재난 상황을 제공한 후 그 상황을 해결할 수 있도록 다양한 시도를 해볼 수 있도록 하는 훈련 프로그램으로 여러 가지의 요인들에 따라서 의사결정을 연습하는데 효과적이라고 할 수 있다. 하지만 서로 다른 목적에 따라서 개발된 재난 시뮬레이션은 복합적이고 연쇄적인 특징을 갖는 재난 상황을 분석하기에 어려움이 있다[3]-[5]. 최근에는 건축물이 대형화되고 그에 따른 재해 위험 리스크 또한 커지면서[6] 사물인터넷(IoT) 및 초고속 무선통신 네트워크 등의 최신 정보통신기술(ICT)을 활용하여 대피경로를 제공하고, 재난 대응의 실효성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다. 특히, 연기의 확산 속도, 인원의 밀집도 및 실시간 위험 요소 등의 변수를 활용하여 대피 경로를 연산하거나 시뮬레이션 환경에서 이를 적용하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다. 예를 들어, 건물 내부의 CCTV, 열 감지 센서, 소방 시스템 데이터 등을 활용하여 동적 환경에 최적화된 대피 경로를 제공하려는 연구가 점차 확대되고 있다. 이러한 기술은 기존의 정적 경로 안내에서 벗어나 실시간으로 변화하는 위험 요소를 반영하여 보다 안전하고 효율적인 경로를 제시할 수 있도록 돕는다. 그러나 현재까지의 연구에서 건축물의 구체적인 구성 요소와 소방 시설의 작동 정보, 그리고 다양한 실시간 센서 데이터를 통합적으로 변수화하여 대피 경로 알고리즘에 반영하는 연구는 미흡한 실정이다. 기존 연구들은 일부 요소를 변수화하여 알고리즘을 개발하는 데 초점을 맞추었으며, 이러한 요소들을 통합적으로 분석하거나 재난 상황의 복합적 특성을 반영하는 연구는 제한적이었다[7].

Ⅲ. 재난상황 대피경로 알고리즘 구축

A* 알고리즘은 시작 지점에서 목표 지점까지 최단 경로를 탐색하는 대표적인 길 찾기 알고리즘 중 하나로, 목표 지점까지의 최적 경로를 탐색하기 위해 각각의 노드에서 평가함수 f(n)을 사용하며 식 (1)과 같이 정의할 수 있다. 여기서 g(n)은 시작점으로부터 노드 n까지 경로의 가중치이고 h(n)는 노드 n으로부터 목표 지점까지 추정 경로 가중치(휴리스틱 함수)이다.

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

A* 알고리즘은 휴리스틱 기반으로 효율적인 탐색이 가능하지만, 정적인 환경을 가정하고 있으며, 경로 탐색을 할 때 경로 거리가 길어질수록 오픈 리스트의 크기가 증가하며, 많은 연산이 필요해지는 단점이 있다[8]. 그럼에도 불구하고 A* 알고리즘은 계산 복잡도가 낮고 간단한 구조를 가지고 있어 특정 목적에 따라 알고리즘을 변형하는 다양한 연구들이 진행

되어지고 있는 상황이다[9]. 또한, 최단 경로 탐색의 또 다른 대표적인 방법으로 다익스트라(Dijkstra' s) 알고리즘이 있다[10]. 이 알고리즘은 출발지 노드에서 인접한 모든 노드까지의 비용을 두 노드 간의 거리로 계산을 한 후 평가 함수에 할당하여 값이 가장 작은 노드로 이동하는 과정을 반복 수행하는 알고리즘으로 식 (2)와 같이 정의할 수 있으며 f는 평가함수, u는 출발 노드, v는 출발 노드 u에서 인접한 모든 노드이고 g는 비용이다. L(u,v)는 두 노드 간의 거리이다. 다익스트라 알고리즘은 노드의 검색 반경을 출발지를 중심으로 설정하여 동심원을 그려 넓어지면서 확실한 최단 경로를 검색할 수 있다. 하지만 목적지 방향이 아닌 모든 방향의 노드를 검색하기 때문에 검색 시간이 늦어진다는 단점이 있다[11].

$$f = g = L(u,v) \tag{2}$$

또한 다익스트라 알고리즘은 비음수 가중치만을 처리할 수 있는 한계가 있으며, 재난 상황에서 다양하게 발생하는 변수가 음의 가중치로 표현될 경우 적용하기 어렵다[12]. 음의 가중치를 처리할 수 있는 알고리즘으로 플로이드 워셜(Floyd Warshall) 알고리즘이 있다. 플로이드 워셜 알고리즘은 모든 노드 간의 최단거리를 계산하는 알고리즘으로 2차원 배열을 사용하여 3중 반복을 하는 루프로 구성[13]되며 식 (3)과 같이 정의할 수 있다. 정점 i에서 정점 j로 가는 최단 거리 d[i][j]는 두 가지 경로를 비교하여 더 짧은 경로로 갱신된다. d[i][j]는 정점 i에서 정점 j로 직접 가는 경로를 나타내고, d[i][k]+d[k][j]는 정점 i에서 중간 정점 k를 거쳐 정점 j로 가는 경로를 나타낸다. 여기에서 중간 정점 k는 그래프에 존재하는 모든 정점을 하나씩 차례로 고려하며, 각 경우에 대해 두 경로를 비교한다. 만약 중간 정점 k를 거치는 경로 d[i][k]+d[k][j]가 기존에 계산된 경로 d[i][j]보다 짧다면, d[i][j]를 더 짧은 값으로 갱신한다. 이렇게 함으로써, 정점 i에서 j로 가는 최단 거리가 점진적으로 업데이트되며 최종적으로 최단 경로가 계산된다.

$$d[i][j] = \min(d[i][j], d[i][k] + d[k][j]) \tag{3}$$

하지만 음의 사이클이 존재할 경우 플로이드 워셜 알고리즘은 적용할 수 없다. 다익스트라 알고리즘과 플로이드 워셜 알고리즘이 가지고 있는 한계를 보완할 수 있는 알고리즘으로 벨만-포드(Bellman-Ford) 알고리즘이 있다. 음의 가중치를 처리할 수 없는 다익스트라 알고리즘과 다르게 벨만-포드 알고리즘은 음의 가중치도 처리할 수 있는 특성을 가지고 있으며, 이는 다양한 재난 상황에 적합하다고 할 수 있다. 하지만 모든 노드에 대한 탐색을 마친 후에 최종적으로 경로를 도출하기 때문에 연산시간이 길어질 가능성이 높다[14]. 또한, 실시간으로 변화하는 재난 상황에서는 음의 가중치가 변할 경우 벨만-포드 알고리즘은 기존의 최단 경로를 다시 계산해야 한다. 하지만 모든 노드를 다시 탐색하기 때문에 노드 수와 간선 수가 증가할수록 탐색 시간이 기하급수적으로 늘어난다. 이를 통해 실시간 반응성이 떨어지는 것을 알 수 있으며, 이는 실시간으로 변화하는 재난 상황에 대응하기 어렵다. 아래 표 1은 각 알고리즘의 주요 특징을 비교한 것이다.

표 1. 알고리즘 특징
Table 1. Algorithm features

Algorithm	Purpose	Real-time responsiveness	Guaranteed optimal route	Navigation range
A*	Path finding using heuristics	Limited(effective only in fixed environments)	Conditional guarantee (depends on heuristic)	Heuristic-based selective exploration
Dijkstra	Shortest path search (non-negative weight)	Low(search all nodes)	Guaranteed (when all weights are positive)	Explore all nodes
Floyd Warshall	Find the shortest path between any pair of vertices	Low(search all nodes)	Guaranteed (if there are no negative cycles)	Explore all nodes
Bellman-Ford	Shortest path search with negative weights	Low(check all edge repetitions)	Guaranteed (with negative weights)	Search all edges iteratively

다익스트라 알고리즘과 벨만-포드 알고리즘은 모든 노드나 간선을 체계적으로 탐색하여 최단 경로를 찾는 데 중점을 두고 설계되었다. 하지만 이러한 접근방법은 정적인 환경에서 효과적일 수 있지만, 실시간으로 변화하는 재난 상황에서는 비효율적일 가능성이 높다. 재난 상황에서는 환경이 빠르게 변화하고, 즉각적인 의사 결정이 필요하기 때문에 실시간 데이터를 반영할 수 있는 알고리즘이 요구된다. 이를 해결하기 위해 A* 알고리즘이 주목받고 있다. 모든 경로를 탐색하는 다른 알고리즘들을 사용했을 때 보다 A* 알고리즘으로 경로 탐색 시 휴리스틱 함수를 이용하여 경로 탐색 범위를 효과적으로 설정할 수 있으며, 효율적으로 최적의 대피 경로를 제공할 수 있기 때문에 A* 알고리즘을 활용하여 연구를 진행하였다. 하지만 A* 알고리즘 또한 정적인 환경에서 최단 경로를 탐색하는 데 최적화되어 있기 때문에, 재난 상황과 같이 동적으로 변화하는 환경에서는 한계를 갖고 있다. 재난 상황에서는 화재 확산이나 군중 밀집 변화 등이 변수가 될 수 있으며 실시간으로 반영되어야 한다. 이를 해결하기 위해, 본 논문에서는 A* 알고리즘의 휴리스틱 함수에 기본적으로 시설물에 배치되어 있는 고정 시설물과 유동 시설물 데이터를 설정하였으며, 화재 확산, 군중 밀집도, 화재 상황에서 추가적으로 생기는 장애물 위치 등의 데이터를 실시간으로 수집 및 분석한 후 휴리스틱 함수에 반영할 수 있도록 하여 실시간으로 변화하는 재난 상황에 유연하게 대처할 수 있도록 하였다. 화재가 발생한 지역과 장애물의 경우 경로 탐색 시 이동이 불가능하도록 설정하였고, 군중 밀집과 화재가 발생함에 따라 발생하는 연기는 비용이 증가하도록 설정하였다. 또한, 변화하는 재난 상황

에 대응하기 위해 주기적으로 최신화된 데이터를 기반으로 대피 경로를 재탐색 하였다. 이를 통해 기존 대피 경로가 유효하지 않을 가능성을 최소화하여 실시간으로 변화하는 상황에 따라서 최적의 대피 경로를 제공할 수 있도록 하였다. 재난 상황에서의 실효성을 검증하기 위해 실 적용처 건물에 대하여 동일한 메타버스 가상환경을 구축한 후 시뮬레이션을 이용하여 재난 상황 발생 시 최적의 대피 경로를 산출하는 테스트를 진행하였으며, 이를 통해 신속하고 효율적인 대피 경로 제공의 가능성을 확인하였다.

Ⅳ. 재난상황 대피 시뮬레이션

시뮬레이션이 시작됐을 때의 상황은 1,2홀 하역공간 출입구와 1홀~4홀로 5개의 출입구로 구성되어 있으며 전시홀 내에는 6,000명의 인원을 배치하였고 공연이 진행되던 중 재난 대피경보가 발생하면서 공연이 중단되고 건축물 내 모든 관람객은 각각의 출입구로 즉시 대피를 시작하는 상황이다. 1홀을 제외한 출입구에는 관람객들이 몰리면서 군중 밀집도가 급격하게 증가하여 병목현상이 발생하고 있는 상황이다. 각각의 출입구로 몰리는 군중 밀집도는 실시간으로 변동하기 때문에 일정 밀도를 초과할 경우 대피 속도가 지연된다. 시뮬레이션 시작 상황은 그림 1과 같다.

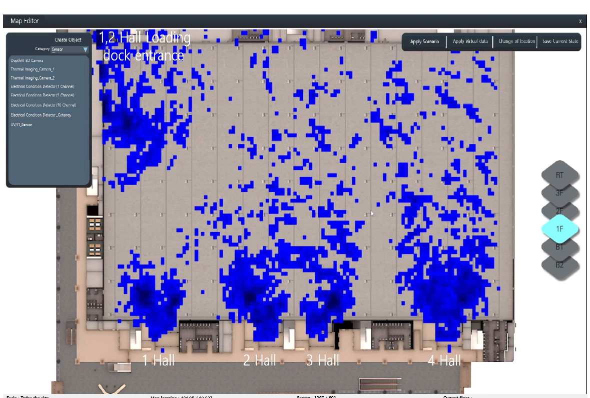

그림 1. 대피 시뮬레이션 시작
Fig. 1. Start evacuation simulation

그림 2에서 확인할 수 있는 것처럼 대피 구역 중 1,2홀 하역공간 출입구, 2, 3, 4홀 출입구는 많은 대피 관람객이 몰리면서 병목현상이 발생하였다. 이로 인해 출입구들에 군중 밀집도가 높아짐에 따라서 대피 속도가 현저히 저하되었다. 반면, 1홀 출입구는 상대적으로 원활한 대피 구역으로 인구밀도가 낮기 때문에 빠른 대피 속도를 보이고 있는 상황이다. 이는 1홀 출입구가 다른 구역보다 접근성이 낮거나 위치적 특성으로 인해 관람객의 본능적인 행동 패턴을 반영하여 선택 비율이 낮았던 결과로 볼 수 있으며, 이는 대피 과정에서 이전에 여러 실험들을 통해 관찰된 본능적인 행동 패턴들로, 관람객은 자신이 입장했던 출입구를 기억하고 있으며 비상 상황에 처하게 되면 본능적으로 익숙한 경로를 따라가려는 경향을 보인다. 이는 대피 효율성을 낮추고 특정 구역으로 관람객이 과도하게 집중되는 결과를 초래할 수 있다. 또한 비상 상황에 처하게 될 경우 관람객은 본능적으로 시각적 자극을 따라가거나 빛이 보이는 쪽으로 이동하려는 경향이 있으며 다른 사람들을 따라 움직이려는 경향이 있다. 이를 동조행동이라 한다. 이러한 동조행동으로 인해, 특정 출입구나 통로로 군중이 밀집되면서 병목현상이 나타날 가능성이 높다. 이러한 행동은 군중 심리에서 자주 나타나며, 특히 비상 상황에서는 집단적 불안감과 공포에 의해 더욱 심화될 수 있다[15]. 실제 상황에서는 병목현상이 심화될 경우 출입구 근처에서 군중 압력이 발생해 심각한 인명사고로 이어질 가능성이 크다. 특히, 공간이 좁거나 출입구의 크기가 작은 경우 또한 대피 속도가 급격히 감소하며 압사 사고와 같은 위험 상황이 증가한다.

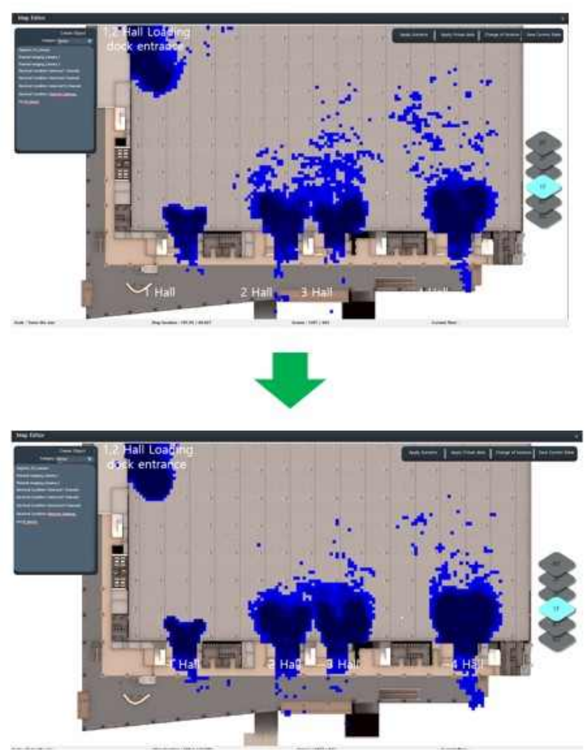

그림 2. 대피 시뮬레이션 중간 상황
Fig. 2. Situation during evacuation simulation

재난 상황에서 빠른 대피가 가능하도록 유도 하기위해 그림 3과 같이 출발 위치를 설정한 후 최적의 대피 경로를 탐색한 후 그림 4와 그림 5처럼 안내하였다. 그림 4는 맵 편집기에서 대피 경로를 가시화한 화면이고, 그림 5는 메타버스 가상환경에서 대피 경로를 가시화한 화면이다. 그림 4에서 확인할 수 있는 것처럼 대피 구역 중 1홀 출입구가 대피 속도가

빠른 구역인 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 원활한 출입구로 대피 인원을 분배할 경우 병목 현상이 발생하는 구역의 군중 밀집도를 낮추어 전체 재난 상황에서 대피 시간을 기존 대비 최대 20~30%를 단축시킬 수 있을 것으로 예상된다. 변화하는 상황에 따라 유연하게 대처하여 최적의 경로를 제공함으로써 가장 효율적이고 혼잡도가 낮은 출입구로 대피를 유도할 수 있을 것으로 예상된다.

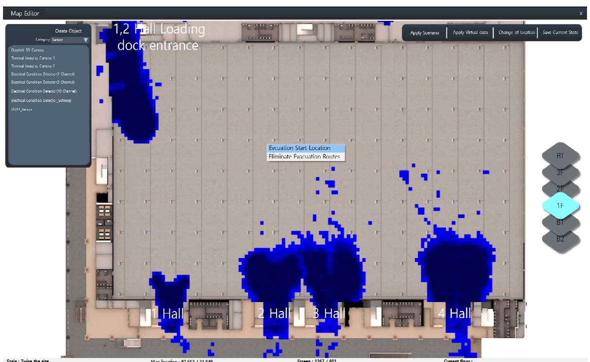

그림 **3.** 대피 시작 위치 설정

Fig. 3. Set evacuation start location

그림 **4.** 맵 편집기 대피 경로 안내

Fig. 4. Map editor evacuation route guide

그림 **5.** 가상환경 대피 경로 안내

Fig. 5. Virtual environment evacuation route guidance

V. 결 론

현대아울렛 화재 사건과 오송 지하차도 침수 사건 등의 지역 인근에서의 자연재해 및 인사 사고에 대하여 시민들의 불안감이 크게 증대되고 있는 상황이다. 이러한 사건들은 기존의 재난 관리 체계가 급격히 변화하는 상황에서 효과적으로 대응하지 못하는 문제점을 여실히 드러내고 있음을 보여준다. 이러한 문제 상황을 개선하기 위해 국가에서는 재난 안전 분야에 IoT(Internet of Things), 인공지능, 빅데이터 등의 4차 산업혁명 핵심 기술을 접목하여, 재난관리에 새로운 변화와 혁신을 통해 국가 안전관리의 디지털 지능화 목표를 달성하기 위한 시스템의 구현을 목표로 삼고 있다.

본 논문에서는 이러한 시대적 흐름과 배경을 바탕으로, 기존의 재난 대피 경로 탐색 알고리즘이 가지고 있는 한계를 분석하고 이를 극복하기 위해 A* 알고리즘을 활용하여 실시간으로 변화하는 화재, 군중 밀집, 장애물 등의 데이터를 기반으로 하여 주기적으로 최적의 경로를 탐색할 수 있도록 하였다. 이러한 접근은 동적으로 변화하는 데이터를 실시간으로 반영함으로써 다중 이용 시설에서 재난 상황 발생 시 특정 지역의 병목현상을 최소화하고, 재난 상황에서 보다 안전하고 빠르게 재난 상황에서 벗어날 수 있도록 하기 위해 대피 경로를 탐색하여 안내하도록 했다. 시뮬레이션 결과, 실시간 데이터를 반영한 동적 경로 탐색 방식을 통해 특정 출입구에 과도하게 몰리는 관람객을 분산시키고, 재난 상황에서 빠른 대피가 가능하도록 경로를 안내함으로써, 병목현상의 완화를 통하여 재난 상황에서 발생할 수 있는 대피 지연 문제를 해결하고, 인명 피해를 최소화할 수 있을 것으로 예상된다. 시간에 따라 변화하는 실시간 데이터를 수집하고 분석하여 주기적으로 경로 탐색을 갱신함으로써, 기존의 정적 경로 탐색 방식이 가진 한계점인 변동성이 큰 환경에서는 더 이상 유효하지 않다는 점을 보완하였다. 본 연구에서 제안된 시스템이 적용될 실 적용처에서는 DepthAI 3D 카메라를 이용하여 발화 위치 데이터를 수집할 수 있으며, 군중 밀집 카메라를 활용하여 군중 밀집 데이터를 실시간으로 수집할 수 있다. 수집한 데이터를 활용하여 재난 상황 발생 시 신속한 현장 이탈이 가능할 것으로 예상된다. 또한 본 시스템은 특정 시설에 국한되지 않고, 다양한 다중이용시설에 적용할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 대형 쇼핑몰, 경기장, 지하철역 등에서의 재난 대피에도 활용할 수 있는 높은 확장성을 갖추고 있다. 본 시스템은 단순히 효율적인 대피 경로를 제공하는 것을 넘어, 재난 상황에서 시민들이 느낄 수 있는 불안감 완화를 통하여 심리적 안정감을 높일 수 있다. 또한 재난 상황에서 행동 패턴 개선을 개선하는 데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구를 통하여 국가의 중장기 정책 목표인 국가 안전관리의 디지털 지능화에 부합하고, 다양한 재난 상황에서 시민 체감형 사회 안전 시스템을 제공할 수 있는 실질적인 기틀을 마련할 수 있도록 하였다. 현대의 재난 환경은 단일 사건에서

벗어나, 복합적이고 동적인 위기 상황으로 발전하고 있는 상황이며, 이러한 상황에 대응하기 위해 향후 연구에서는 화재와 지진이 동시에 발생하는 상황과같이 다양한 변수와 복합적인 재난 상황을 고려해야할 필요가 있다. 이에 따라 복합적 재난 상황에서 알고리즘의 실시간 데이터를 반영한 대피 경로 탐색의 정확도 및 최적화가 주요 과제가 될 것이며 알고리즘의 성능을 지속적으로 발전시킬 필요가 있다. 또한, 재난 대피 경로 탐색 시스템의 발전을 위해서는 실제 환경에서의 현장 테스트를 통해 시스템의 실효성을 검증할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신산업진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제번호 : D1201-24-1003, 인공지능, 메타버스 기반 재난안전관리체계 강화사업). 관계기관에 감사드립니다.

참고문헌

[1] J.-H. Lim, T.-Y. Park, and S. Kim, “Development of a Facet Classification System for Integrated Management and Shared Use of Disaster and Safety Information,” *Journal of Korean Library and Information Science Society*, Vol. 48, No. 4, pp. 375-399, December 2017. https://doi.org/10.16981/kliss.48.4.201712.375

[2] E.-H. Kang and J.-M. Choi, “An Study on Various Evacuation Routs for Fire Evacuation Drills in the Post-Corona Era,” in *Proceedings of 2020 Autumn Annual Conference of AIK*, Jeju, p. 25, April 2021.

[3] S.-Y. Kim, Establishment of an Integrated Monitoring System for Disaster Evacuation Route Guidance and Disaster Victim Detection in Indoor Disaster Situations, Ph.D. Dissertation, Sunmoon University, Asan, February 2022.

[4] K. Kim, A. Shin, and J. Ryu, “The Effects of Computer-Based Teaching Simulation for Pre-Service Teachers: A Meta-Analysis,” *Teacher Education Research*, Vol. 59, No. 3, pp. 429-444, September 2020. http://doi.org/10.15812/ter.59.3.202010.429

[5] M. Park and S. Lee, “HLA(High Level Architecture) Based Distributed Simulation Technology and Applied Research Trends in Facility Disaster Response and Management,” *Construction Engineering and Management*, Vol. 15, No. 3, pp. 55-60, June 2014.

[6] J. Choi and J. Choi, “A Study on Disaster Scenario for Applying Real-Time Evacuation System -Focusing on Response to Large-Scale Fire and Earthquake-,” in *Proceedings of 2018 General Assembly, Architecture & City in Seoul*, Seoul, pp. 151-154, April 2018.

[7] J. R. Park, A Study on Egress Risk Score Using Cellular-Based Shortest Path Algorithm Simulation, Ph.D. Dissertation, Dong-A University, Busan, February 2022.

[8] Y.-H. Lee and S.-W. Kim, “A Hybrid Search Method of A* and Dijkstra Algorithms to Find Minimal Path Lengths for Navigation Route Planning,” *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, No. 10, pp. 109-117, October 2014. https://doi.org/10.5573/ieie.2014.51.10.109

[9] M.-C. Kim, G. E. G. Padilla, and K.-H. Yu, “Flight Path Planning Method for UAM Considering Urban Airflow Based on A* Algorithm,” *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol. 29, No. 11, pp. 914-920, November 2023. https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2023.23.0066

[10] M. Kim, Y. Kim, J. Cha, G. B. Han, and J. Choi, “Examination on Path-Finding Algorithms and Spatial Representation Methods for the Development of Real-Time Based Evacuation Algorithms,” in *Proceedings of 2020 Spring Annual Conference of AIK*, Online, pp. 153-156, April 2020.

[11] J. Lee, J. Kim, and H. S. Jeon, “Performance Evaluation of Different Route Planning Algorithms in the Vehicle Navigation System,” *Journal of the Korean Association of Information Education*, Vol. 2, No. 2, pp. 252-259, November 1998.

[12] C. G. Lee, Research on Optimal Network Structure an Algorithm Selection for Deriving Evacuation Routes, Master’s Thesis, Kyung Hee University, Seoul, February 2021.

[13] S. Y. Kim, Optimal Route Search Process for Urban Track, Master’s Thesis, Hanyang University, Seoul, February 2023.

[14] M. Kim, G. B. Han, J. Cha, Y. Kim, and J. Park, “An Exploratory Analysis of the Real-Time Evacuation Route Algorithm and Hybrid Spatial Representation Method,” *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 37, No. 1, pp. 77-85, January 2021. https://doi.org/10.5659/JAIK.2021.37.1.77

[15] D. Y. Lee, J. Na, and M. Shim, “Psychological Reactions and Physical Trauma by Types of Disasters: View from Man-Made Disaster,” *Journal of the Korean Neuropsychiatric Association*, Vol. 54, No. 3, pp. 261-268, August 2015. https://doi.org/10.4306/jknpa.2015.54.3.261

조장원(Jang-Won Jo)

현　재 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과

2022년 ~ 현　재: ㈜유토비즈 주임
※관심분야 : 가상현실, 증강현실 등

배종환(Jong-Hwan Bae)

2013년 : 한남대학교 국방전략대학원 (공학석사)
2018년 : 공주대학교 대학원 군사과학정보학과 (공학박사)

1998년 ~ 2002년: 군인공제회 C&C 선임연구원
2003년 ~ 2017년: M&D정보기술/ARES 개발부 이사
2017년 ~ 현　재: ㈜유토비즈 대표이사
※관심분야 : 국방M&S, 데이터연동, 워-게임, 가상현실, 증강현실 등

유현배(Hyun-Bae You)

2000년 : 일본국립쓰쿠바(筑波)대학교 대학원(공학박사-지능기능공학전공)

2002년 ~ 현　재: 나사렛대학교 오웬스교양대학 교수
※관심분야 : 증강현실, 유니버설디자인, AI 공학, 현대선교신학 등

박선희(Seon-Hui Bak)

2007년 : 공주대학교 영상예술대학원 (공학석사)
2016년 : 부산외국어대학교 대학원 (ICT 창의융합 공학박사)

2012년 ~ 2017년: 아이에이치테크 이사
2017년 ~ 현　재: ㈜유토비즈 기업부설연구소 소장
※관심분야 : HCI, 빅데이터(Bigdata), ICT융합, 가상현실, 증강현실, 인터랙티브 등