

피난 경로 분석 및 유도 알고리즘 개발에 관한 연구

박미연* · 구원용** · 박완순*** · 권세곤****

A Conceptual Study on Evacuation Route Analysis and Development of Refuge Algorithm

Mi-Yun Park*, Won-Yong Koo**, Wan-Soon Park***, and Se-Gon Kwon****

접수일자: 2015년 5월 8일/심사완료일: 2015년 6월 5일/게재일자: 2015년 6월 30일

요약 지하철과 같은 지하공간에서 재난이 발생할 경우, 신속하게 안전한 대피 경로로 승객을 유도하여 인명피해를 최소화하여야 한다. 이를 위해서 빠르게 재난을 감지하고 중앙관리센터에서 신속한 대응이 이루어지지 않는 경우에 자율적으로 의사결정을 할 수 있는 분산형 방재 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 재난 발생 시 신속한 승객 대피를 위한 피난 동선을 생성하고 최적 피난 경로를 제공하기 위한 피난 경로 분석 및 유도 알고리즘을 제시하였다.

핵심용어 피난, 공간 토폴로지, 다익스트라 알고리즘, 그래프

ABSTRACT If a disaster occurs in the underground like subway, disaster response system should minimize the casualties. It must quickly guide passengers to a safe evacuation route. But sometimes the system does not work properly. And then they need distributed disaster response system which make decision autonomously. In this study, we proposed the evacuation route analysis and induction algorithms for creating passenger evacuation route and offering optimal evacuation route.

KEYWORDS Evacuation, Space topology, Dijkstra algorithm, Graph

1. 서론

최근 다방면의 분야에 있어서 사물인터넷(IoT)의 도입은 사회전반에 대한 정보제공에 대한 기대치를 높여왔다. 방재분야에서도 각종 센서들로 구성된 센서 네트워크에서 발생하는 대량의 데이터를 이용한 방재에 관련된 연구를 통해서 보다 안전한 사회로의 기대치가 높아지고 있다. 본 연구에서는 재난전조 예방 및 재난발생 시 승객의 피난 유도를 위한 동선을 공간정보에서 추출하고 이를 이용해서 재난 발생 시 원활하게 승객 피난을 유도하기 위한 연구의 필요성에 주목했다. 재난전조 예측 시스템의 보급 및 확산에 따라서 스마트N키퍼가 설치된 공간의 피난 동선을 수작업이 아닌 보다 효율적으로 작성하기 위한 방법론이 필요하

며, 이를 컴퓨터 사이언스를 이용하여 자동화할 수 있는 방법론 개발이 시스템 보급확산에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 지하철과 같이 복잡한 건축물 내부공간에서 이용자가 원하는 목적지까지 안전하게 피난할 수 있는 피난 경로 분석 및 유도 알고리즘 개발을 목적으로 한다. 방재 시스템에서는 재난 발생 시 안전한 경로를 제공하고 또 피난처에 도달할 수 있는 다양한 경로에 대한 안전성과 소요 시간을 비교 검토해서 승객들에게 경로를 제시하기 위한 피난경로 분석 및 유도 알고리즘을 제시하고자 한다.

*주저자, (주)승화기술정책연구소, 기술연구소

**교신저자, (주)이마이닝(E-mail: oais7koo@gmail.com)

*** (주)승화기술정책연구소, 기술연구소

****한국철도공사, 기술연구소

이를 위해서 본 연구에서는 우선 지하철 공간이라는 유클리드 평면에서 피난 경로로 사용될 동선을 네트워크 이론을 접목하여 자동으로 도출하는 피난경로 토폴로지를 생성하는 방법을 제시하고, 이 피난 경로 토폴로지에 최단경로 탐색 이론을 접목하여 승객이 피난할 최적 경로를 도출하는 피난유도 방법론을 제시한다.

3. 네트워크 분석

네트워크 분석은 여러 종류의 대상에 대해서 구성요소간의 관계 구조를 찾아내는 연구 방법으로 네트워크는 우리의 주변에 수많이 존재하고 있다. 지하철의 피난 동선도 공간은 유클리드 평면상의 문, 계단 등 피난에 필요한 주요 지점을 연결하는 네트워크 구조로 이해될 수 있다.

이들 네트워크는 복수의 점들이 어떤 관계에 의해서 연결되어 있다는 점은 공통적이기 R 때문에 원 데이터에 상관없이 네트워크 데이터로 변환을 할 수 있으면 동일한 방법으로 연구하는 것이 가능하다는 발상이 네트워크 분석의 근간에 있다.

네트워크 분석은 다양한 네트워크 각각이 가지고 있는 고유의 사정이나 특성 보다는 이들에 공통적으로 보여지는 관계 구조에 주목하고 이것을 주요한 연구 대상으로 하고 있다. 관계 구성의 중요성은 전체로서의 네트워크와 그것을 구성하는 각각의 요소와의 관계에 유래하고 있다 전체에 있어서 무엇인가 알고 싶을 때 그 구성요소에 대해서만 아는 것으로는 충분하지 않다. 피난 동선의 경우, 현재 위치를 나타내는 노드가 어떤 다른 공간 즉 노드에 연결되어 있는냐에 따라서 승객이 안전하게 대피를 할 수도 있고, 피난을 하지 못하고 사망이나 부상으로 귀결되기도 한다는 점에서 네트워크 분석이 방재에 중요한 역할을 할 수 있다.

3.1 그래프 정의

네트워크 분석 및 그래프 이론에 있어서 점은 정점(vertex)과 노드(node)로 불리우며 선은 에지(edge) 및 링크(link)로 불리운다. 사회 네트워크에서는 정점을 예를 들어 개인을 나타내며, 에지는 어떤 사회적 관계를 나타낸다. 웹사이트의 네트워크라면 개개의 페이지가 정점이 되고, 그들 사이의 링크가 에지로서 표현된다. 이러한 네트워크를 나타내는 그래프 G는 다음과 같이 정의 된다.

$$G = (V, E)$$

여기서 V와 E는 각각 정점과 에지의 집합을 나타내고 있다. 예를 들어서 정점과 에지가 각각 다음과 같은 집합이

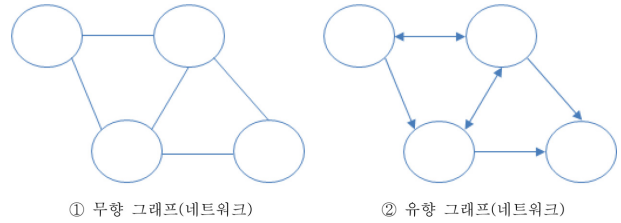


그림 1. 방향성에 따른 그래프 종류

라고 하면, 그래프 G는 5개의 정점과 7개의 에지로 구성되어 있다고 기술한다.

$$V = v_1, v_2, v_3, v_4, v_5$$

$$E = e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7$$

3.2 그래프 종류

그래프는 에지에 방향성 유무에 따라 유향 및 무향 그래프로 나뉜다. 예를 들어서 지하철 공간이라는 관계를 네트워크로 생각을 해보면 특정 정점에서 다른 정점을 이어주는 에지가 있는, 즉 공간이 연결된 경우, 반드시 그 역의 관계도 성립하고 있다. 이처럼 관계가 항상 쌍방향이며, 그 방향성을 생각할 필요가 없는 네트워크는 무향그래프(undirected graph)라고 한다.

이에 대해서 예를 들어서 어떤 공간은 한 방향에서만 열리는 보안문으로 연결된 경우가 있는데 그래프에서는 한 공간에서 다른 공간으로 이동할 수 있지만, 그 반대로는 이동이 불가능하다. 이처럼 관계에 방향이 있는 네트워크를 유향그래프(directed graph, digraph)라고 한다.

지하철의 피난동선에 필요한 요소 중 하나로 피난 시간을 들 수 있다. 피난 동선 그래프를 작성 시 피난 시간은 에지의 속성으로 표현될 수 있다. 이처럼 실제의 네트워크 데이터에서는 예를 들어서 사회 네트워크에 있어서 관계의 강도나 지하철 노선도에 있어서 각 역간의 소요시간, 물류망에 있어서의 운송성능 등 관계의 유무 이외의 정보를 부여하지 않으면 안되는 경우가 있다. 이러한 경우에 이용되는 것이

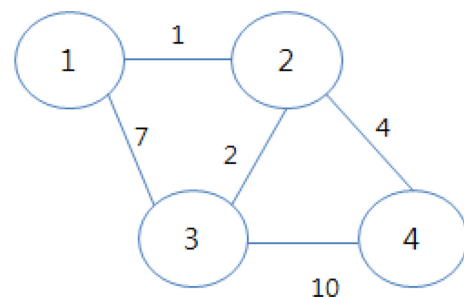


그림 2. 가중치 적용 그래프 예

가중치 적용 그래프(weighted graph) 혹은 유가 그래프(valued graph)이다.

가중치 적용 그래프의 인접행렬의 성분에서는 변에 부여된 가중치를 입력한다. 가중치가 없는 그래프의 경우와 같이, 무향 그래프의 경우는 대칭 행렬이 되고, 무향 그래프의 경우에는 일반적으로는 비대칭이 된다.

4. 최단경로 탐색

피난경로 탐색을 위해서는 최단경로탐색 알고리즘 중 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 사용하였다. 다익스트라 알고리즘은 모든 변이 양의 가중치를 가지고 있는 유향 그래프에서 주어진 출발점과 도착점 사이의 최단경로를 찾는 알고리즘으로 경로탐색에 많이 사용되고 있다.

다익스트라의 기본 개념은 출발점과 연결된 모든 꼭지점에 대해서 각각의 최단거리를 저장하면서 작동한다. 알고리즘 시작 시에는 출발점이외의 다른 모든 꼭지점에 대해서 아직 최단거리를 모른다는 사실을 표시하면서 연산을 진행한다.

다익스트라 알고리즘의 핵심은 변 경감(edge relaxation)이라는 기본연산에 바탕을 둔다. 이는 출발점과 도착점 사이의 최단 경로를 이미 알고 있고 그 사이의 경로가 존재하는 경우 이 최단경로 안의 모든 중간 경로는 최단 경로이어야 한다는 전제 조건에서 최단경로가 아닌 중간 경로들을 이후 연산에서 제외함으로써 계산량을 축소시키고 이를 통해서 고속으로 최단경로를 탐색하는 기법이다.

피난경로 토폴로지는 기본적으로 모든 실들간의 이동 거리가 가중치로 표현되고 그 방향에 따라서 유향 그래프로 변환되기 때문에 본 연구에서는 최단경로 탐색에 다익스트라

라 알고리즘을 적용하였다.

5. 피난유도 공간 토폴로지 작성 알고리즘

(1) 해당 공간의 공간노드와 출입구노드 및 공간의 폴리곤의 정점을 추출한다(3-2-1)

(2) 추출한 정점으로 완전 그래프(complete graph)를 작성한 다음, 작성된 에지 중에서 그 공간폴리곤을 벗어나는 에지를 삭제한다.

(3) 모든 공간에 대해서 위의 1,2번의 작업을 반복해서 시설물 전체의 공간토폴로지를 작성한다(3-2-3)

위의 과정을 통해서 작성된 공간토폴로지(그림 3-2)는 그림 3-1서 예시한 공간 토폴로지와 조금 차이가 있음을 알 수 있다. 그림 3-1에서는 토폴로지를 이루고 있는 모든 정점이 공간노드이거나 출입구노드이지만, 그림 3-2에서는 공간폴리곤 정점도 토폴로지의 노드에 포함되어 있다.

이것은 최단거리 탐색을 위해서 유클리드 평면 내에서 최단거리에 사용될 에지를 도출하기 위해서 건물의 모서리 정보를 이용하여 추가적인 노드를 생성하고 이를 연결하는 공간 토폴로지를 생성함으로써 실질적으로 유클리드 평면 내에서 최단거리 탐색을 할 수 있도록 하기 위해서 개발하였다.

6. 알고리즘 검증 실험

가상공간을 대상으로 피난유도 알고리즘을 적용하여 피난경로 공간토폴로지 작성실험을 진행하였다. 지하철 대공원역의 공간을 상정하여 2종류의 공간의 연결 상태를 설정

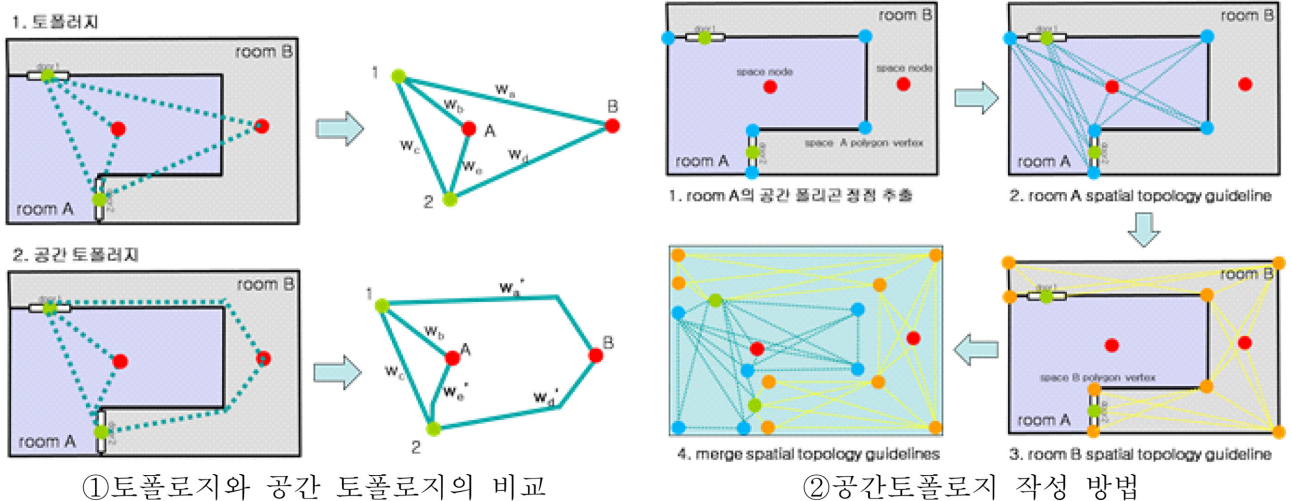
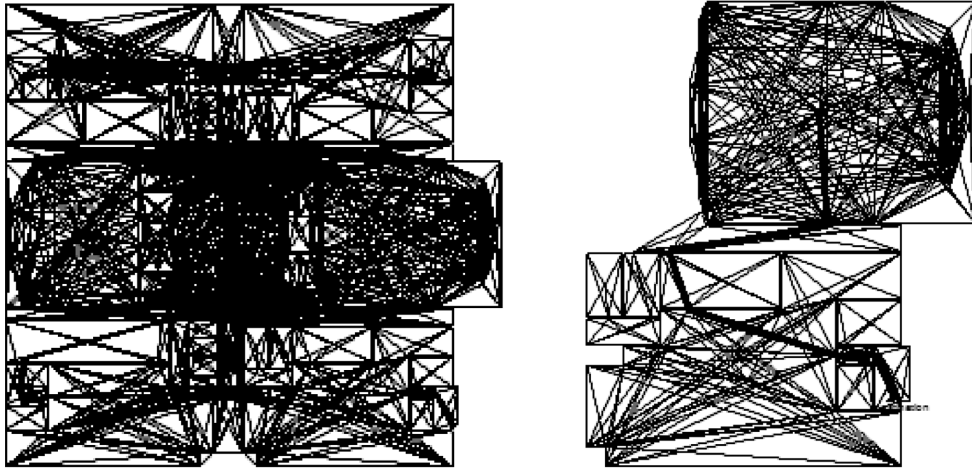


그림 3. 피난유도 공간 토폴로지 작성 방법



① 피난유도 공간 토폴로지 생성 실험결과

② 최단거리 탐색 결과(붉은색)

그림 4. 피난 유도 공간 생성 실험 결과

하고 테스트공간을 구성한 후 피난유도 공간 생성 실험 및 최단경로 탐색 실험을 실시하였다.

실험 결과 그림 4①에서 실제 공간 내에서는 복잡한 내부 구조물, 예를 들어서 칸막이 벽 및 기둥들로 인해서 공간 토폴로지가 복잡하게 형성이 되는 결과를 얻었으며, 이를 통해서 공간 내부 형태에 따라서 최단거리 탐색 시간이 비례함을 알 수 있다.

그림 4②에서 생성된 피난유도 공간 토폴로지 내에서 최단거리 탐색이 적절하게 수행되었음을 알 수 있다. 위쪽 실 중앙의 출발점에서 시작하여 아래쪽 오른쪽 끝 실까지 최단거리가 정확하게 탐색이 되었으며, 실험을 통해서 본 연구에서 제안한 피난유도 공간 토폴로지를 이용한 피난유도가 가능함을 확인하였다.

7. 결 론

본 연구를 통해서 지하철 공간에서 피난 유도를 위한 피난 경로 생성에 그래프 이론을 이용한 공간 토폴로지 생성 및 이를 이용한 최단경로탐색을 통해서 승객 유도에 관한 일련의 방법론을 제안하였다. 본 연구를 통해서 공간이라고 하는 유클리드평면에서 피난 및 경로 탐색에서 사용되는 그래프

구조로 데이터를 변환하기 위한 피난동선 공간 토폴로지가 유용함을 실험을 통해서 증명하였다.

제안한 연구내용이 실제 시스템에 활용되기 위해서는 실제 지하철 공간 데이터를 이용해서 피난동선 공간 토폴로지를 생성하고, 예외적인 상황 발생 유무에 따른 알고리즘의 개선 및 신속한 최단거리탐색을 위한 공간 토폴로지 경량화 등 후속연구를 통해서 발전시킬 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 국토교통과학기술진흥원 국토교통기술촉진사업 “M2M기반 지하공간(지하철)재난대응대화형 스마트 네트워크 시스템 개발”의 일환으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Reinhard Diestel, Graph Theory, Springer Verlag Heidelberg, New York, 2005.
2. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein, Introduction to Algorithms, The MIT Press, 2001.