

최소비용 최대-유량 알고리즘을 이용한 COVID-19와 같은 응급상황에 대한 에이전트 이동기법

신영찬^o, 김종현*

^o강남대학교 소프트웨어응용학부,

*강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

Agent Movement Technique for Emergency Situations such as COVID-19 using MCMF Algorithm

YoungChan Shin^o, Jong-Hyun Kim*

^oSchool of Software Application, Kangnam University,

*School of Software Application, Kangnam University

● 요약 ●

본 논문에서는 코로나바이러스(COVID-19)와 같은 응급상황에서 필요한 환자의 이동 및 검사 경로 등을 MCMF(Min-cost Max-flow, 최소-비용 최대-유량) 알고리즘 기반의 에이전트 이동을 활용하여 효율적으로 푸는 방법에 대해 살펴본다. 환자의 수가 유동적으로 변화하기 때문에 고정된 경로가 아닌 매번 최적화시킬 수 있는 경로는 요즘 같은 COVID-19 시대에 필요한 기술이며, 이와 같은 응급상황에서는 이른 시일 내에 대처하고 조치하는 것이 피해를 최소화할 수 있다. 이러한 상황에서는 응급상황에 대처하기 위한 정보들을 어떻게 사용하는지에 따라 상황에 대한 처리 시간이 달라질 수 있다. 본 논문에서는 응급상황에 대한 처리 시간을 최소한으로 하기 위해 MCMF 알고리즘을 적용하고 지도 API와 실제 병원 위치 등을 이용하여 실제로 시간을 단축할 수 있는지 연구하고 분석한다.

키워드: 최소-비용 최대-유량(Min-cost Max-flow), 경로 최적화(Path optimization), 에이전트 이동(Agent movement)

I. Introduction

최근에 가장 화제가이던 사회문제 중 하나로 COVID-19 바이러스의 발병을 꼽을 수 있다. COVID-19 확진자는 끊임없이 나와 1년 동안 지속되고 있다. 1년 동안 지속되는 상황에서 각국은 상황에 맞는 대응책을 모색하고 해결책을 찾는 데에 집중하고 있다. 하지만 우리나라에서도 볼 수 있듯이 지방 곳곳에서 대규모 감염 등이 일어나는 상황이고 12월에 들어서는 확진자 수가 기하급수적으로 늘어났다. 이러한 상황에서 무증상 감염자가 많아져 경로 파악의 어려움과 더불어 확진자 수가 급증해 더 심각한 상황을 초래할 수 있다. 이런 사태를 최소화하기 위해서는 사람들이 검사를 받고 예방하는 조치가 필요하다. 이때, 검사가 제한적일 때에는 다른 병원으로도 분배하는 방법이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 기존 게임이나 로봇틱스 분야에서 활용되는 경로 찾기(Path finding) 알고리즘을 적용할 수 있다. 게임과 같은 가상환경에서 NPC(Non-playable character)의 움직임을 자동으로 제어하는 데 가장 많이 활용되는 방법이 A*알고리즘이다[2].

이 방법은 공간을 격자 형태로 분할하여 실시간으로 NPC의 움직임을 쉽게 제어할 수 있다는 장점이 있기 때문에 많은 게임이나 가상환경 콘텐츠에서 활용되고 있다. 이후 많은 다양한 방법으로 발전되어 왔지만, 고정된 움직임을 표현하기 때문에 최근에는 사용자의 데이터를 이용해서 경로를 자동으로 업데이트하는 방법도 제안되었다[3]. 하지만 이러한 접근법들은 COVID-19와 같이 검사가 제한적인 환경에서 에이전트를 다른 병원으로 지속해서 분산시키거나, 갑작스러운 환자가 발생했을 때 환자들을 어떻게 분산시키야 하는 문제를 해결하기에는 적합하지 않은 접근법들이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 사람들의 이동시간을 최소한으로 하고 보다 효율적으로 처리하기 위해서 MCMF 알고리즘을 적용했다. 결과적으로, 사람들에게 최적의 경로를 알려주고 COVID-19와 같은 응급상황에서도 효율적으로 에이전트의 이동을 제시하였다.

II. The Proposed Scheme

1. MCMF(Min-cost max-flow) algorithm for COVID-19

최소비용 최대흐름의 관점은 하나의 출발점(소스)에서 도착점(싱크)까지의 흐름(또는 유량)을 최대로 하면서 그 흐름의 비용은 최소로 되게끔 만드는 것이다[1].

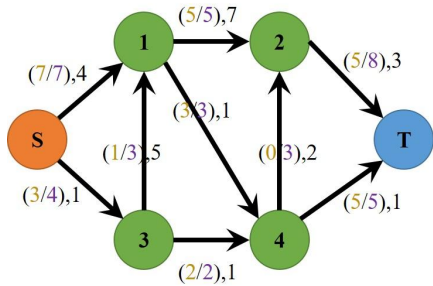


Fig. 1. MCMF example.

Fig 1을 보면 s 에서 t ($s-t$)까지의 흐름도가 구성되어있다. 이때, 정점마다 간선의 “(유량/용량, 비용)”이 있다. 그리고 이 그래프는 각각의 간선이 방향을 갖고 양의 용량을 갖는 $c(u,v) > 0$ 를 갖는 방향 그래프이다. 이때, $edge(u,v)$ 에 유량을 n 만큼 흘리면 $n \times edge(u,v)$ 만큼 비용이 소요된다.

MCMF 알고리즘은 기존 최대 유량(Max-flow) 알고리즘인 에드몬드 카프(Edmonds-Karp) 알고리즘에서 증가경로를 탐색하는 방법을 수정한 것이다. 에드몬드 카프 알고리즘은 증가경로 즉, 유량이 흐를 수 있는 간선을 너비 우선 탐색(BFS, Breadth-First Search) 방식으로 찾지만, MCMF 알고리즘에서는 증가경로를 BFS방식이 아닌 SPFA 방식으로 찾게 된다. 즉, 증가경로를 찾을 때, $c(u,v) - f(u,v) > 0$ 인 간선을 찾으면서 그중에서 비용이 최소인 간선을 찾아서 경로를 알려주게 된다. 이렇게 흐름을 구성하게 되면, 최소 비용으로 최대 흐름을 구성할 수 있다. 이 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(v \times E \times f)$ 가 된다.

이제 이 알고리즘을 COVID-19의 상황에 맞게 적용하려고 한다. 출발점인 소스는 현재 위치이고, 나머지 정점과 싱크는 현재 위치에 근방에 있는 병원들을 나타낸다. 그리고 각 간선의 용량은 병원이 수용할 수 있는 환자 수를 용량으로 지정한다. 이때, 기존 MCMF 알고리즘의 그래프는 s 에서 t 를 구성하는 경로를 단방향으로 구성했지만, 각 정점(병원)이 수용할 수 있는 용량은 각각 다르므로 출발점을 제외한 각 정점은 모두 양방향으로 구성을 한다. 이렇게 구성한 다음, 비용에 관한 내용을 새롭게 구성한다.

기존 MCMF 알고리즘에서는 단순히 비용이 최소인 경우의 간선을 택했다. 즉, 거리로만으로 최소인 경우만을 고려했다. 본 논문에서는 비용 부분을 새롭게 정의한다. 우선 기존 MCMF 알고리즘에서는 $s-t$ 그래프에서 증가경로를 찾을 때, 비용을 단순 거리가 아닌 새로운 가중치로 비용을 두고 알고리즘에 적용했으며, 자세한 간선에 대한 가중치는 다음과 같은 비용함수를 사용한다 (수식 1 참조).

$$Cost = weight = \frac{distance}{c(u,v) - f(u,v)} \quad (1)$$

이 가중치는 거리가 짧으면 짧을수록 현재 수용할 수 있는 환자가 많으면 많을수록 가중치를 낮게 설정했다. 즉, 비용을 낮게 설정한 것이다. 이때 거리는 실제 병원 위치의 좌표값을 통해 두 좌표 사이의 거리로 표기했고, $c(u,v)$ 는 환자를 수용할 수 있는 수인데, 이 부분은 임의의 수를 넣는 것으로 대체했다. 이제 $s-t$ 그래프에서의 흐름이 최대 흐름이라 가정할 때, 다음과 같은 의미가 있다.

- 1) $s-t$ 그래프는 최대 흐름을 가진다.
- 2) $s-t$ 그래프는 최대 흐름을 가지면서 거리를 최소한으로 하는 이동을 한다.
- 3) $s-t$ 그래프는 더 이상 흐름을 수 없는 경로를 가지고 있다.

2. System implementation

제안하는 방법에 적용된 방식은 지정된 위치에서 MCMF 알고리즘을 적용해 사람들의 수를 파악하고 최적의 이동 경로를 제공함으로써 응급상황에서의 에이전트 이동 효율성을 향상할 수 있는 방법이다.

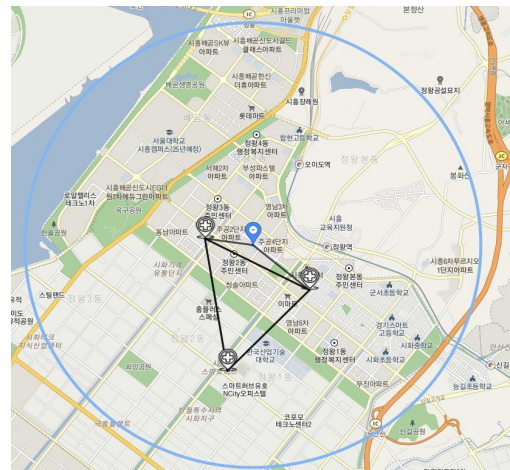


Fig. 2. System implementation with map API.

본 논문에서 제안하는 방식을 실제 지도 API에서 활용하기 위해서 다음과 같은 과정을 거친다.

- 1) HTML을 통해 지도정보를 얻어온다 : 지도정보를 바탕으로 병원 정보를 얻어오고 그에 따른 정보를 지도로 표현한다.
- 2) 지도에 표기된 병원 정보 추출 : 지도정보를 바탕으로 반경 3km 안에 있는 병원 정보들을 얻어오고 이를 바탕으로 텍스트 파일로 저장한다.
- 3) 경로 분석 : 텍스트 파일로 얻어온 정보를 토대로 현재 위치에서 $s-t$ 그래프를 구성하고 본 논문에서 적용하는 MCMF 알고리즘을 토대로 최적의 이동 경로와 흐름을 알려준다.

Fig2에서 보듯이 지정된 위치를 통해 병원 위치를 지도에 표기한다. 이를 통해 현재 위치와 근처 병원에 위치를 알 수 있고 지정된 위치와

병원을 바탕으로 이동 경로를 제공한다. 이를 바탕으로 $s-t$ 그래프를 구성할 수 있다.

3. Path analysis

이전 단계에서 저장한 정보들을 MCMF 알고리즘을 적용하여 그래프를 구성하고 $s-t$ 그래프에서 항상 최적의 경로를 알려주고 이 경로를 통해 이동할 수 있는 최대의 수를 알려준다. Fig2를 그래프로 구성하면 다음과 같다 (Fig. 3 참조).

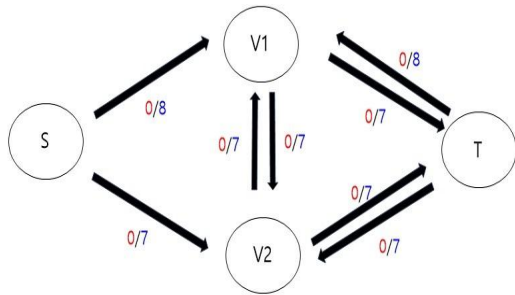


Fig. 3. Model consisting of Fig. 2 as a graph.

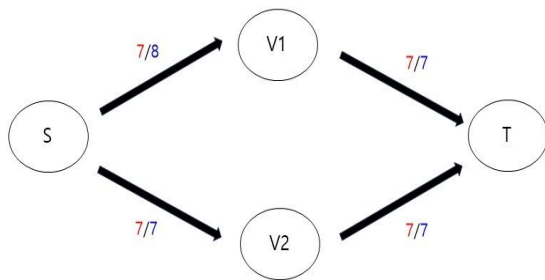


Fig. 4. When MCMF algorithm is applied to Fig. 3.

이렇게 구성된 Fig. 3을 MCMF 알고리즘을 이용하여 경로를 분석하면 Fig. 4와 같다. MCMF 알고리즘 적용을 통해 $s-t$ 그래프에서 최적의 경로와 최대 흐름을 알 수 있게 된다.

4. Validation test

이렇게 구성된 그래프를 통해 한 가지 실험을 진행했다. $s-t$ 그래프에서 $s-v1$, $s-v2$ 만을 이용했을 때 $s-t$ 그래프의 흐름을 구성한 뒤에 $s-t$ 그래프를 이용했을 때 이 2가지 경우의 처리 횟수를 비교했다. 이때, 시간은 고려하지 않은 처리 횟수만을 비교한 것이다.

Table 1. Comparison with processing times

System People	Classic method ($s-v1, s-v2$)	Our method
100	7	4
300	21	11
500	34	18
Sum	62	33

Table 1을 통해 알 수 있듯이 $s-v1$, $s-v2$ 만을 이용해 처리했을 때와 $s-t$ 그래프 전체를 MCMF 알고리즘을 적용해서 처리했을 때의 반복 횟수 차이가 난다는 것을 확인했다. 이를 통해 알고리즘을 적용했을 때 효율이 향상되었다고 볼 수 있다. 또한, 인원수가 많으면 많을수록 더 많은 차이를 보여 많은 양을 처리할 때의 효율이 더 높았다.

III. Conclusions

본 논문에서는 COVID-19와 같은 상황에 대해서 빠른 대처와 피해를 줄이는 방법으로 최소-비용 최대-유량 알고리즘을 적용한 에이전트 이동기법을 제시했다. 흐름을 구성하지 않은 방식으로 했을 때보다 알고리즘을 적용한 방법을 제공함으로써 더 효율성이 있다는 것을 알게 되었다. 아직, 시간을 고려하지 않은 점이 있지만 차후 연구에서 시간을 고려하고 실시간 데이터를 이용하는 방법을 이 알고리즘에 적용할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Chung Sei Rhee, Ming-he Jin, Max Flow Algorithm for the Network Flow Optimization, Information · Security Journal Volume 8, 2018.
- [2] Hart, P.; Nilsson, N.; Raphael, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Trans. Syst. Sci. Cybern. 1968, 4, 100-107.
- [3] Kim, J.H., Lee, J. and Kim, S.J., 2020. Navigating Non-Playable Characters Based on User Trajectories with Accumulation Map and Path Similarity. Symmetry, 12(10), p.1592.