

# 방향전환 최소화 기법을 적용한 계층 경로 탐색 알고리즘

문대진, 조대수

동서대학교

## A hierarchical path finding algorithm with the technique of minimizing the number of turn

Dae-Jin Moon, Dae-Soo Cho

Dongseo University

E-mail : wizardyk@nate.com, dscho@dongseo.ac.kr

### 요약

실제 도로에서 목적지까지 이동할 때, 일반적으로 직선 경로가 방향전환이 잦은 경로보다 이동시간이 적게 걸린다. 왜냐하면, 방향을 바꾸기 위해서는 속도를 줄여야 하기 때문이다. 또한, 교차로에서 좌회전(우회전, U턴)을 하려면 직진의 경우보다 신호 대기 시간이 길 가능성이 높다. 이 논문에서는 방향전환을 줄이기 위해서 기존의 경로 탐색 알고리즘을 개선한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기본적으로 기존의 계층적 A\* 알고리즘을 따르지만, 간선에 대한 가중치 부여 방법이 다르다. 즉, 방향이 바뀌는 간선에 대해서 가중치를 낮게 주어 전체 경로의 직진성을 유지한다.

### ABSTRACT

When traveling on real road network, it generally takes less travel time in a near straight path than a zig-zaged path with same source and destination. In order to making a left(right/u) turn, the delay should be required to decrease the speed. The traffic signal waiting time of left(right/u) turn is probably longer than straight driving. In this paper, we revise the previous hierarchical path finding algorithm to reduce the number of turns. The algorithm proposed in this paper complied with a hierarchical A\* algorithm, but has a distinct strategy for edge weight. We define an edge that makes a turn as a turn-edge and give the turn-edge lower weight to maintain the straightness of the whole path.

### 키워드

방향 전환, 계층, 휴리스틱

## 1. 서 론

최근 텔레매틱스 서비스가 대중화되면서 경로 탐색에 대한 관심도 높아지고 있다. 전통적으로 경로탐색이라 하면 출발지에서 목적지까지의 최단 경로를 찾는 것이 일반적이었으나, 실제 도로에서는 최단경로가 항상 최적경로가 되는 것은 아니다[1]. 이론적인 그래프의 하나의 간선 안에서는 모두 동일한 가중치를 갖지만 실제 도로에서 차량이 이동하는 속도가 항상 같지 않기 때문이다.

고속도로에서 차량운행과 도시도로에서 차량운행의 제한속도가 같다 할지라도 동일한 거리를 운행했을 때 고속도로의 경우가 이동시간이

짧다. 왜냐하면, 도시도로에서는 고속도로보다 차량의 속도 변화가 클 가능성이 높은 구간이 많이 있기 때문이다. 직선도로를 통과할 때는 최고속력으로 운행할 수 있지만, 방향이 바뀌는 교차로에서 좌회전, 우회전, U턴할 때는 반드시 속도를 줄여야 한다. 또한, 교차로에서 방향을 바꾸려면 직진의 경우보다 신호대기 시간이 길 가능성이 높다.

기존의 경로탐색 방법인 A\* 알고리즘을 변형한 가변 휴리스틱 기반 최적경로 탐색기법[2]은 변화하는 교통흐름에 대응하여 경로를 탐색한다. 방향전환을 고려하지 않은 이 방법은 탐색된 경로가 지그재그 형태를 가질 가능성이 높다. 만약 같은 거리의 경로라면 방향전환이 잦은 경로보다 직선 경로가 이동시간이 짧을 가능성이 높다.

방향을 바꿀 때마다 차량은 속도를 줄여야 하기 때문이다. 탐색된 경로의 전체적인 형태는 유지하면서 지그재그 부분을 곧은 형태로 만든다면 전체 경로의 거리는 증가 하더라도 실제 이동시간이 짧아 질 수 있을 것이다.

이 논문에서 제안하는 알고리즘은 기존의 계층적 A\* 알고리즘[3]을 기반으로 경로를 탐색하지만 전혀 다른 간선의 휴리스틱 가중치를 가진다. 좌회전(우회전, U턴)시 간선 가중치를 직진인 경우보다 높게 주어 전체 경로의 직진성을 유도한다. 또한, 길이가 긴 간선은 짧은 간선 보다 낮은 가중치를 준다. 직진 구간이 길수록 방향전환을 하기까지의 시간이 길어지기 때문에 이 간선의 평균속력이 높아지기 때문이다.

단순히 직진만으로 목적지에 도달할 수 없기 때문에 방향이 바뀌는 간선이라도 다음과 같은 경우는 직진으로 간주한다.

첫째, 같은 계층의 간선이 하나만 연결된 경우는 직진으로 간주한다. 간선이 하나만 연결된 경우는 교차로 없이 단순히 도로의 방향이 바뀌므로 운행시간의 딜레이가 거의 없다.

둘째, 작은길(마이너로드)과 큰길(메이저로드) 간의 연결된 간선은 방향전환이 있어도 가중치를 주지 않는다. 작은길에서 큰길로 빠져 나오거나, 큰길에서 작은길로 진입하는 것은 계층적 경로탐색에서 불가피한 일이기 때문에 실제 차량 운행 시 딜레이가 있다 하더라도 간섭하지 않는다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 길 찾기 알고리즘에 대해 알아보고, 3장에서 기존 알고리즘의 문제점에 대해 다룬다. 4장에서는 기존의 길 찾기의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하고, 마지막 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해 설명 하겠다.

## II. 관련 연구

### 2.1 A\* 알고리즘[4,5]

A\* 알고리즘은 가장 널리 사용되는 길 찾기 알고리즘이다. 주로 게임에서 많이 쓰이는 이 방법은 휴리스틱이라는 함수를 이용하여 연산 비용을 줄이고 경로를 탐색하는 알고리즘이다.

이 알고리즘은 시작점에서 목적지까지 경로를 탐색할 때  $f=g+h$  의 계산식을 이용하여  $f$ 값이 가장 낮은 노드를 우선 검색한다.  $g$ 는 시작노드에서 현재 위치까지 오는데 드는 비용이고,  $h$ 는 현재 위치에서 목적지까지 드는 추정 비용이다.

### 2.2 계층(Hierarchical) 알고리즘[3]

계층 알고리즘은 도로를 작은길(마이너로드, 느린 길)과 큰길(메이저로드, 빠른 길)로 나누어 각각의 계층에서 경로를 탐색하고 다음과 같은 세 개의 경로로 구성된다.

- (1) 시작점에서 큰길 출구까지 경로
- (2) 목적지에서 큰길 입구까지 경로
- (3) (1)과(2)의 큰길 입구에서 출구까지 경로

위의 세 경로를 탐색할 때 기본적으로 A\* 알고리즘과 같은 형태의 휴리스틱을 사용한다. 그러나 모든 도로를 대상으로 목적지까지 경로를 탐색하는 기존의 방법과는 달리 (3)경로를 찾을 때 불필요한 작은길을 검색 목록에서 제외하여 노드 접근횟수를 대폭 줄이는 장점을 갖는다.

### 2.3 고정 그리드 기반 최적 경로 탐색[2]

고정 그리드 기반 최적 경로 탐색 기법은 A\* 알고리즘에서 사용되는 휴리스틱 함수를 상황에 따라 다른 가중치를 주어 수시로 변하는 교통흐름에 대응한 알고리즘이다.

휴리스틱의 가중치를 다르게 부여하기 위해 지도를 일정한 크기의 그리드로 나누었으며, 각 그리드는 구역 내의 가장 큰 속도를 가지는 노드 구간을 휴리스틱 가중치로 사용한다. 속력이 높은 구간은 보다 넓은 곳을 탐색하여 최적경로를 탐색하고, 평균속력이 낮으면 경로 탐색에 직진성이 높아져 빠르게 현재의 그리드를 벗어나게 하는 것이 이 알고리즘의 핵심이다.

## III. 기존 연구의 문제점

기존의 A\* 알고리즘을 변형한 최적경로 탐색 기법[1][2]은 그래프상의 간선의 길이와 속력으로 휴리스틱을 부여하였다. 이론적으로 간선의 구간 속력이 더 빠르고 목적지에 더 가까운 방향의 도로를 경로로 선택하였다. 또한 좁은 도로와 넓은 도로의 구분 없이 그리드내의 모든 도로를 동일한 가중치로 휴리스틱을 부여하고 탐색하기 때문에 산출된 경로를 실제 차량을 타고 운행했을 때 다음과 같은 문제점이 야기 된다.

첫째, 산출된 경로가 좁은 도로가 많은 경로가 될 수 있다. 느린 도로와 빠른 도로를 구분한 것이 아니라 일정한 크기의 그리드내의 도로들 중 평균속력이 가장 높은 도로의 속력을 휴리스틱 가중치로 사용했다. 즉, 좁고 느린 도로 주변에 넓고 빠른 도로가 존재하면, 이 좁은 도로는 빠른 도로와 같은 가중치를 가지게 된다. 따라서

산출된 경로를 통해 실제 차량을 가지고 운행할 경우 이론상 속도보다 느린 경로가 탐색될 수 있다.

둘째, 방향전환을 고려하지 않아 지그재그 형태의 경로가 산출될 수 있다. 사람이 걸을 때와 달리 차량으로 이동할 경우 방향전환(좌회전, 우회전, U턴)시 속도를 줄여야하는 딜레이가 생긴다. 대체로 실제도로에서 좌(우)회전 차로보다 직진 차로의 수가 많다. 따라서 좌회전을 하기위해서는 직진의 경우보다 신호를 대기하는 시간이 길 가능성이 있다. 또한, 신호를 기다리지 않더라도 직진과 달리 좌회전을 할 경우 속도를 줄여야 한다. 지그재그 형태의 경로는 방향전환이 많기 때문에 동일한 거리의 경로보다 이동시간이 더 길다.

계층 알고리즘은 계층을 사용하지 않는 방법보다 탐색하고자 하는 목적지까지의 거리가 멀수록 노드 접근수가 더 작다. 이는 근처의 큰길까지 탐색이 완료되면 목적지 부근의 큰길까지의 경로를 탐색할 때 작은길은 고려하지 않기 때문이다. 그러나 이 알고리즘도 방향전환을 고려하지 않기 때문에 지그재그 형태의 경로가 산출될 수 있다.

#### IV. 제안하는 알고리즘

모든 경로탐색 알고리즘에서 사용되는 각 간선은 가중치 값을 갖는다. 일반적으로 가중치는 경로의 길이에 곱해진다. 따라서 경로탐색 알고리즘은 비용이 적은 경로를 탐색하기 위해서 각 간선을 선택할 때, 가중치 정보를 이용하여 경로의 비용을 계산하는 알고리즘을 포함하고 있다. 이 논문에서는 새로운 경로탐색 알고리즘을 제안하는 것이 아니라, 각 간선의 가중치를 부여하는 방법을 제안하고, 경로의 비용을 예측하는 비용모델을 제안한다. 즉, 기존 알고리즘에서는 전혀 고려하고 있지 않는 새로운 가중치 부여 휴리스틱을 제안한다.

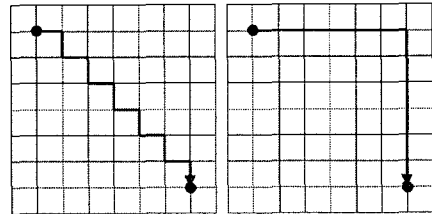
##### 4.1 방향전환을 고려한 휴리스틱 가중치

이 논문에서는 방향전환이 생기는 간선에 대해 휴리스틱 가중치를 높여 직진성을 유도한다.

그림 1은 방향전환을 고려할 때와 고려하지 않을 때의 경로탐색의 형태를 나타낸 것이다. 두 경로의 길이는 동일하지만 실제 도로에서는 방향전환 횟수가 적은 (b)경로가 최적일 가능성이 높다. 방향전환시 속도를 줄여야 하기 때문이다. 방향전환은 직진, 좌회전, 우회전, U턴으로 분류하며, 간선  $E_s$ 와  $E_d$ 사이의 방향전환 가중

치는  $W_{s,d}^T$ 으로 표기한다. 방향전환에 따른 가중치는 다음과 같다. 단,  $E_{i-1}$ 와  $E_i$ 는 주어진 경로에서 연속한 두 간선을 의미한다.

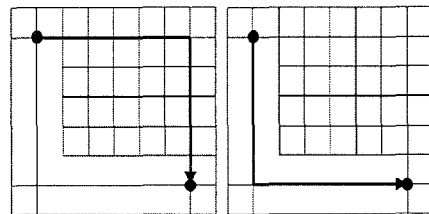
- if Straight(  $E_{i-1}, E_i$  ) then  $W_{i-1,i}^T = 1$
- if Left(  $E_{i-1}, E_i$  ) then  $W_{i-1,i}^T = \alpha$
- if Right(  $E_{i-1}, E_i$  ) then  $W_{i-1,i}^T = \beta$
- if U\_turn(  $E_{i-1}, E_i$  ) then  $W_{i-1,i}^T = \gamma$



(a) 기존의 방법 (b) 방향전환 고려  
그림 1. 경로 탐색 형태

##### 4.2 간선의 길이에 따른 휴리스틱 가중치

간선의 길이, 즉 도로의 길이가 길수록 직진 구간이 길어진다. 직진구간이 길수록 방향전환을 하기까지의 시간이 길어지기 때문에 도로내의 평균 속력이 증가한다. 이점을 고려하여 길이가 긴 간선의 휴리스틱에 가중치를 부여한다.



(a) 방향전환만 고려 (b) 방향전환, 길이 고려  
그림 2. 간선의 길이를 고려한 탐색

그림 2는 간선의 길이에 대한 가중치 부여 유무에 따른 경로탐색의 형태를 나타낸 것이다. (a)와 (b) 경로 모두 방향전환을 고려한 경로 탐색이다. 그러나 교차로(연결된 간선이 많은 노드)가 많은 (a)경로는 직진이라 할지라도 교차로 신호대기 시간에 의한 딜레이가 생길 가능성이 있다. 간선  $E_i$ 의 길이에 따른 가중치는  $W_i^L$ 로 표기한다.

$$W_i^L = 1 - \delta^{E_i.Length}$$

4.3 비용 모델(Cost Model)

이 절에서 사용되는 표기는 다음과 같다.

- $Path(s, d) = \{E_i \mid 1 \leq i \leq k\}$   
(단,  $E_1=s, E_k=d,$   
 $ToNode(E_i)=FromNode(E_i)$ )
- $ToNode(E_i)$  : 간선  $E_i$ 의 끝노드
- $FromNode(E_i)$  : 간선  $E_i$ 의 시작노드
- $W_i$  : 도착지 d까지 간선  $E_i$ 의 휴리스틱 가중치
- $W_i^L$  :  $E_i$ 의 길이에 따른 가중치
- $W_{i-1,i}^T$  :  $E_i$ 의 방향전환에 따른 가중치

기존 경로 탐색 연구에서는  $W_i$ 을 휴리스틱 가중치로 사용하여, 시작점 s와 도착점 d사이의 경로  $Path(s, d)$ 를 검색한다. 따라서 가능한 모든 경로에 대해서 비용  $Cost(Path(s, d))$ 가 가장 적은 것이 최적경로가 된다.

$$Cost(Path(s, d)) = \sum_{i=1}^k E_i * W_i \quad (1)$$

이 논문에서는  $W_{i-1,i}^T, W_i^L$ 를 고려한 비용 모델을 제안한다. 즉, 주어진 경로  $Path(s, d)$ 에 대한 비용은 다음과 같이 변경될 수 있다.

$$Cost(Path(s, d)) = \sum_{i=1}^k E_i * W_i * W_{i-1,i}^T * W_i^L \quad (2)$$

이 논문에서 제안하는 두 가지의 휴리스틱 가중치  $W_{i-1,i}^T, W_i^L$ 는 신호대기 시간의 비율에 따라서  $\alpha, \beta, \gamma$  값을 정의해야 하며, 간선의 길이에 따라 가중치 값의 변경을 위해서  $\delta$  값의 정의해야 한다.

V. 결 론

이 논문에서는 기존의 계층 A\* 알고리즘을 변형하여 방향전환을 최소화한 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 기존의 휴리스틱에 방향전환과 길이에 따른 가중치를 부여하는 것이다. 이를 통해 실제도로에서 속도 변화량이 큰 구간에 대해 대응하였다.

논문에서 제안하는 알고리즘에서 가중치 값은 정확한 실수 값이 아니다. 최적경로를 구하기 위

해서는 이 가중치에 어떤 값을 주느냐에 대한 연구가 필요할 것이다.

향후, 이 논문에서 제안하는 알고리즘으로 프로그램을 구현하고 기존의 경로탐색 기법과 성능평가를 해야 할 필요가 있다. 또한 여기서 발견되는 문제점을 해결하고, 최적화된 휴리스틱 가중치를 산출해야 하겠다.

참고문헌

- [1] 김진덕, "가변 휴리스틱 기반 추정치 간소화를 통한 경로 탐색 기법의 구현", 한국 해양 정보통신 학회 2006 추계 종합학술대회, Vol.10 No.2, pp.291-295, 2006
- [2] 이현섭, 김진덕, "고정 그리드 기반 가변 휴리스틱을 이용한 최적경로 탐색", 한국해양정보통신학회 2005 추계 종합학술대회, Vol.9, No.2, pp.137-141, 2005
- [3] G. R. Jagadeesh, T. Srikanthan, and K. H. Quek, "Heuristic Techniques for Accelerating Hierarchical Routing on Road Networks", IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, Vol. 3, No 4, pp.301-309, 2002
- [4] Peter E. Hart, Nils J. Nilsson and Bertram Raphael, "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths in Graphs," IEEE Trans. on Systems Science and Cybernetics, Vol. SSC-4, No. 2, pp 100-107, 1968
- [5] "A\* Pathfinding for Beginners", <http://www.gamedev.net/reference/programming/features/astar/>