

# 가변적인 턴 휴리스틱을 이용한 경로탐색 알고리즘의 설계

이지완, 문대진, 조대수

동서대학교

Design of path-finding algorithm using dynamic turn heuristic

Ji-wan Lee, Dae-jin Moon, Dae-Soo Cho

Dongseo University

E-mail : wldhks85@dreamwiz.com, wizardyk@nate.com dscho@dongseo.ac.kr

## 요약

실제 도로 교통망에서 경로를 탐색할 때 방향전환에 대해 고려해야 한다. 왜냐하면 차량이 이동할 때 교차로나 진입도로 등과 같이 방향전환이 있을 경우 교통신호 또는 속도감속으로 인한 운행시간이 지연될 수 있기 때문이다. 만약 경로의 직진성을 높일 경우 실제 이동시간이 줄어들 가능성이 있다. 턴 휴리스틱을 적용한 알고리즘은 이와 같은 경우를 고려한 경로탐색 기법이다. 방향전환에 따라 서로 다른 가중치를 부여한 이 기법은 경로의 직진성을 높였으나, 탐색 비용이 증가하였다. 이 논문에서는 개선된 턴 휴리스틱을 적용한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 기법은 가변적인 턴 휴리스틱을 사용한다. 즉, 경로탐색 중 일부 구간에 대해서만 턴 휴리스틱을 적용함으로써, 기존연구에 비해 탐색 비용을 줄일 가능성을 높였다.

## ABSTRACT

It needs to consider of turns during a path-finding on real road network. Because a car is delayed by waiting a traffic signal and decreasing speed when driven in a turn road such as cross road and slip road. If a straightness of a path is increased, a real cost of traveling should be able to decrease. An older method, the algorithm with Turn Heuristic, considered of this case. The algorithm, that differently gave weights to left, right and U-turns, improved a straightness of a path, but increased a cost of exploring. In this paper, we propose a improved Turn Heuristic Algorithm. Proposed algorithm uses Dynamic Turn Heuristic. It is able to more decrease a cost of exploring than older method by using the Turn Heuristic in a part of path-finding.

## 키워드

경로탐색, 턴 휴리스틱, 방향전환가중치

## 1. 서 론

최근 텔레매틱스 서비스와 네비게이션의 보급이 대중화 되면서 경로탐색에 대한 관심이 높아지고 있다. 경로탐색은 출발지와 목적지까지의 경로를 탐색하는 것으로써 경로탐색 방법에는 크게 최적경로탐색과 준 최적경로탐색 2가지 방법이 있다.

최적 경로탐색 방법은 최적의 경로를 찾을 수 있으나 도로네트워크를 구성하는 노드의 수가 커짐에 따라 탐색비용이 매우 커지기 때문에 실제 응용에서 이용하기가 어렵다. 여기서 탐색비용 커진다는 것은 경로탐색시 현재위치에서 이동할 수 있는 다음위치를 선택하는 것을 노드접

근이라 하는데 이 노드 접근 횟수가 늘어나는 것이다.

반면에 준 최적경로탐색 방법은 휴리스틱 메서드를 이용하여 최적경로는 탐색할 수 없으나 탐색비용이 매우 작아진다. 탐색비용이 매우 낮으므로 실제응용에서 많이 쓰인다.

실제도로 교통망에서 경로를 탐색할 때 방향전환에 대해 고려해야한다. 왜냐하면 차량이 이동할 때 교차로나 진입로 등과 같이 방향전환이 있을 경우 교통신호 또는 속도감속으로 인한 운행 시간의 지연이 있을 수 있기 때문이다.

따라서 경로의 직진성을 높이기 위해 최근 턴 휴리스틱을 이용한 준 최적경로탐색 알고리즘이 제안되었다[1]. 턴 휴리스틱을 이용한 경로탐색

은 방향전환에 따라 서로 다른 가중치를 부여함으로써 A\*알고리즘을 이용한 경로탐색 보다 경로의 직진성은 높였지만 탐색비용이 많이 드는 단점이 있다.

이 논문에서는 턴 휴리스틱 알고리즘을 기반으로 탐색비용을 줄일 가능성 있는 가변적인 턴 휴리스틱 알고리즘(Dynamic Turn Heuristic)을 제안하고자 한다. 제안하는 알고리즘은 턴 휴리스틱을 경로탐색시 출발지와 목적지까지 탐색하는 동안 모두 적용하는 것이 아니라 전체경로의 길이에 대해서 부분만 적용하는 것이다.

이 논문의 구성은 2장에서 A\*알고리즘과 턴 휴리스틱에 대해 알아보고 턴 휴리스틱의 문제점을 이야기한다. 3장에서는 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 제안하고 4장에서는 향후 해결해야 될 과제에 대해 소개한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 A\*알고리즘[2][3]

경로탐색 알고리즘으로 가장 널리 알려져 있는 알고리즘이다. A\*알고리즘은 Dijkstra 알고리즘과 같이 최적경로탐색은 못하지만 휴리스틱함수를 이용하여 Dijkstra 알고리즘보다 경로탐색 범위를 대폭 줄이는 알고리즘이다.

A\*알고리즘에서 경로탐색에 비용을 계산하는 모델은  $F = G + H$  이다. G는 출발지에서 현재 지점까지의 비용이고, H는 현재위치에서 목적지까지 가상의 비용이다. F는 G와 H를 더한 비용으로 현재위치에서 다음위치로 찾아갈 때 쓰인다.

따라서 모든 경로를 탐색하는 Dijkstra 알고리즘보다 현재위치에서 목적지까지 가까운 것 같은 위치를 탐색하는 A\*알고리즘이 탐색범위를 줄일 수 있다.



A\* Dijkstra  
그림 1. A\*와 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로탐색시 노드접근

그림 1은 A\*와 Dijkstra 알고리즘을 이용하여

동일한 출발지와 목적지를 대상으로 경로탐색에서 탐색범위를 비교하고 있다. 노란색으로 표시된 부분은 경로탐색에서 접근한 노드이며, 녹색으로 표시된 부분은 최종경로를 뜻한다.

### 2.2 Turn Heuristic[1][4]

A\*알고리즘을 변형시킨 알고리즘으로 탐색된 경로가 직진인 구간이 많으면 비슷한 경로길이의 방향전환이 많은 경우보다 이동시간이 빠를 것이라는 가정으로 턴 휴리스틱 알고리즘이 제안 되었다.

턴 휴리스틱은 직진, 좌회전, 우회전, U턴 방향전환에 대해 추가로 가중치를 부여해서 전체 경로의 직진성을 유지시키는 것이다. 방향전환에 대해 판단하는 기준은 현재위치에서 진행할 수 있는 임의의 위치가 현재위치의 진행방향과 똑 같거나 가장 유사한 위치를 직진으로 간주하고 그 왼쪽 위치를 좌회전, 오른쪽을 우회전, 정반대 방향으로 연결된 위치를 U턴으로 간주 한다.

경로탐색 비용 계산은 기존 A\*알고리즘의  $F = G + H$ 를 변형시킨  $F = G' + H$ 를 이용하는데 여기서 G'는 현재위치까지의 탐색비용과 방향전환에 따라 추가로 발생하는 비용의 합이다.

### 2.3 Turn Heuristic의 문제점

턴 휴리스틱 알고리즘을 이용한 경로탐색은 A\*알고리즘을 이용한 경로탐색보다 경로의 직진성은 향상 되었지만 탐색범위 또한 넓어졌다. 도로의 길이에 따라 직진성 향상과 탐색범위 또한 달라진다. 출발지와 목적지까지 거리를 평균 5km, 10km, 20km, 30km, 40km로 주고 경로탐색 한 결과 경로의 길이가 길어짐에 따라 직진성이 향상되는 것 보다 탐색범위가 넓어지는 비율이 점차 늘어남을 보인다.

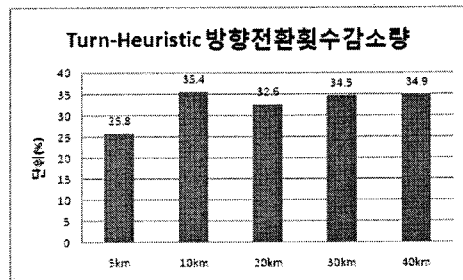


그림 2.턴 휴리스틱 알고리즘의 방향전환횟수 감소량

그림2는 A\*와 턴 휴리스틱 알고리즘을 이용한 경로탐색에서 A\*보다 턴 휴리스틱을 적용 하였을 때 평균 방향전환횟수 감소량을 나타낸 결과이다. 경로의 길이가 길어지더라도 탐색된 경로

의 평균 방향전환횟수 감소량은 거의 동일함을 보인다.

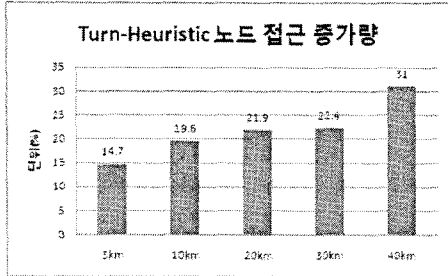


그림 3. 턴 휴리스틱 알고리즘의 노드접근증가량

그림 3은 A\*와 턴 휴리스틱 알고리즘을 이용한 경로탐색에서 A\*보다 턴 휴리스틱을 적용 하였을 때 평균 노드접근횟수 증가량을 나타낸 결과이다.

5km 거리의 탐색결과를 보면 노드 접근량은 14.7%증가 하였지만 방향전환 감소량이 25.8%감소하였다. 노드접근량에 비해 방향전환 감소량이 9%가량 이득이다. 5km기준으로 40km거리를 보면 노드 접근량은 200%늘어나지만 방향전환횟수 감소량은 35%가량 감소한다. 거리가 멀어 질수록 방향전환 감소량에 비해 노드접근량이 매우 늘어난다. 40km 이상거리에서는 노드 접근량이 대폭 늘어나기 때문에 턴 휴리스틱을 적용하는 의미가 없다. 여기서 노드접근이 늘어난다는 것은 탐색범위가 넓어진다는 의미이다.

### III. 제안하는 기법

#### 3.1 가변적인 턴 휴리스틱

기존의 A\*알고리즘을 기반으로 하는 TA\* (Turn-Heuristic)알고리즘은 경로탐색시 전체구간에 대해서 방향전환에 대한 추가 가중치를 부여하여 경로의 직진성을 향상시키는 경로탐색 알고리즘이다. 경로탐색시 목적지방향보다 현위치에서 직진을 하는 경로를 선택하기 때문에 노드 접근횟수가 기존의 A\* 알고리즘보다 경로의 직진성은 향상되지만 출발지와 목적지사이의 거리가 30~40km이상일 때 노드접근횟수가 대폭 증가한다.

가변적인 턴 휴리스틱 알고리즘은 이러한 노드접근횟수를 줄이기 위해 경로탐색에서 경로의 길이가 30~40km이상일 때 TA\*알고리즘의 적용 구간을 가변적으로 주는 것이다. 즉, 출발지 근처, 목적지 근처, 출발지와 목적지 사이 일부 구간에 대해서만 적용시키는 경로탐색 알고리즘이다.

#### 3.2 적용 구간

가변적인 턴 휴리스틱 적용구간은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 구간1, 구간2, 구간3 으로 가변적인 턴 휴리스틱 알고리즘을 어느 구간에서 적용하는지에 따라 경로탐색 범위와 경로의 직진성에 영향을 받을 수 있다.

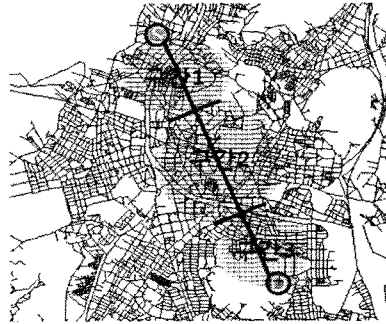


그림 4. 가변적인 턴 휴리스틱 적용구간

그림4는 가변적인 턴 휴리스틱 알고리즘을 적용할 수 있는 구간을 크게 3가지로 분류 하였다. 구간1은 출발지 근처, 구간2는 전체경로의 중간 지점, 구간3은 목적지 근처에서 적용하는 것을 뜻한다.

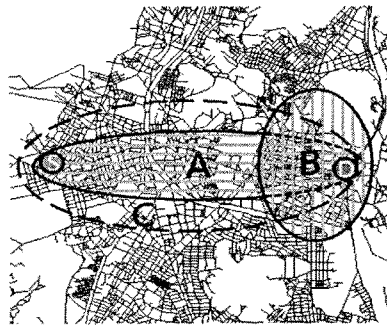


그림 5. 구간3 적용 예상탐색범위

그림5는 가변적인 턴 휴리스틱을 구간3에 적용했을 때 예상되는 탐색 비용이다. A영역은 A\* 알고리즘으로 출발지에서 적용했을 때 예상되는 탐색비용이고, A, B영역은 턴 휴리스틱을 적용했을 때 방향전환에 대한 추가비용이 발생하기 때문에 탐색범위가 B영역에서 넓어지는데 B영역에서 추가비용이 발생하기 때문에 추가비용이 발생하지 않았던 A영역에서 탐색영역이 C영역으로 확장될 수 있다.

구간3의 경우 출발지 근처에서는 턴 휴리스틱

을 적용하지 않고 A\*알고리즘으로 탐색하여 방향전환에 대한 추가 비용이 발생하지 않는다. 목적지 근처에서는 턴 휴리스틱을 적용하여 경로 탐색비용을 계산할 때 추가로 방향전환에 대한 비용이 발생하게 된다. 이때, 출발지 근처에서는 발생하지 않았던 추가비용 때문에 목적지 근처를 탐색하는 것이 아니라 다시 출발지근처의 비용이 작은 위치를 탐색할 가능성이 매우 높다.

구간2의 경우에도 마찬가지로 전체 경로의 중간 지점에서 추가로 방향전환에 대한 비용이 발생한다. 따라서 경로의 중간지점에서 탐색하다가 다시 출발지근처를 탐색하는 경우가 발생할 가능성이 있다. 따라서 구간1에서 적용하는 것이 가장 탐색비용을 줄일 수 있다.

### 3.3 DTA\*(n)의 정의

DTA(n)이란 Dynamic Turn-Heuristic A\*(n) Algorithm 으로 출발지근처에서 TA\*알고리즘으로 탐색을 하고, 목적지근처에 닿았을 때 A\*알고리즘으로 탐색하는 알고리즘이다. 여기서 n값은 TA\*알고리즘에서 A\*알고리즘으로 변환되는 시점을 결정하는데 영향을 주는 값이다.

### 3.4 DTA\*(n) 적용 모델

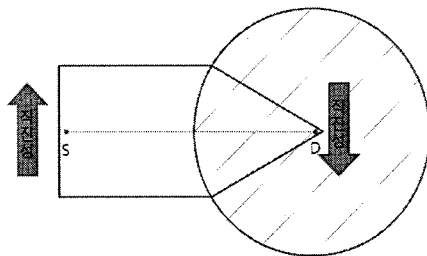


그림 6. DTA\*(n)알고리즘 적용 모델

그림6은 DTA\*(n)알고리즘을 적용했을 때 예상되는 모델이다. 오각형은 예상탐색범위를 뜻하며, 원은 TA\*알고리즘 적용을 배제시키는 구간을 의미한다. TA\*알고리즘을 배제시키는 구간 판단기준은 현재위치에서 목적지까지의 거리를  $H_{cd}$ , 출발지에서 목적지까지의 거리를  $H_{sd}$ 라 하고,  $H_{cd} \leq H_{sd}/n$ (단, n은 자연수)를 만족할 때 구간 판단을 한다. 출발지에서 TA\*알고리즘을 적용하고 목적지까지 남은거리가 전체경로길이/n 범위 안으로 접근하게 되면 TA\*알고리즘을 배제한 A\*알고리즘으로 경로탐색을 하게 된다.

출발지 근처에서는 TA\*알고리즘을 적용하여 탐색범위는 조금 넓히더라도 경로의 직진성을 향상시키기 위한 탐색을 하고, 목적지 근처에서는 경로의 직진성을 포기하더라도 최대한 탐색

범위를 줄일 가능성이 있는 탐색을 한다. 제안된 모델의 n값의 따라 직진성 향상과 탐색범위에 영향을 준다. 이 논문에서는 n값에 대해 언급하지 않고 향후 실험을 통해서 효율적인 n값에 대해 다루겠다.

## IV. 결론

이 논문에서는 제안하는 DTA\*(n)알고리즘은 기존의 턴 휴리스틱 알고리즘을 변형한 것이 아니라 일부 구간에서만 적용하는 TA\*알고리즘을 개선한 알고리즘이다. 이를 통해 탐색범위를 줄이는 효과를 낼 수 있다.

제안된 모델의 n값에 따라 직진성 향상과 탐색범위가 줄어드는 정도가 달라질 수 있는데 최대효율을 낼 수 있는 n값에 대한 연구가 필요하다.

향후, 이 논문에서 제안하는 모델을 경로탐색에 적용해서 실험 결과를 바탕으로 최대효율을 낼 수 있는 n값을 산출해야 하겠다.

## 참고문헌

- [1] 문대진, 조대수, "방향전환 최소화 기법을 적용한 계층 경로 탐색 알고리즘", 한국해양정보통신학회 2007 춘계 종합학술대회, Vol.11, No.1, pp.323-326, 2007
- [2] 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
- [3] "A\* Pathfinding for Beginners", <http://www.gamedev.net/reference/programming/features/astar/>
- [4] 문대진, 조대수, "경로의 직진성을 고려한 턴 휴리스틱 A\*알고리즘의 구현", 한국해양정보통신학회 2007 추계 종합학술대회, Vol.11, No.2, pp.561-564, 2007