

가변적인 턴 휴리스틱을 이용한 경로탐색 알고리즘의 구현 Implementations of Path-Finding Algorithm using Variable Turn Heuristic

이지완 · 문대진 · 조대수
동서대학교

Ji-wan Lee, Dae-jin Moon, Dae-soo Cho
Dongseo University

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

요 약

실제 도로 교통망에서 경로를 탐색할 때 방향전환에 대해 고려해야 한다. 왜냐하면 똑같은 출발지와 목적지를 가지는 각각 다른 경로 즉, 직진이 많은 경로와 방향전환이 많은 경로를 비교하면 직진이 많은 경로가 더 빨리 도착할 수 있다. 이 논문에서는 기존에 방향전환에 대해 연구된 TA* 알고리즘 보다 방향전환횟수는 늘어나지만 탐색비용을 줄일 수 있는 VTA* 알고리즘을 제안한다. 방향전환을 고려하지 않은 A* 알고리즘, 방향전환을 고려한 TA* 알고리즘과 이 논문에서 제안하는 VTA*(n) 알고리즘을 비교하였다. 그 결과 TA* 알고리즘보다 탐색비용이 평균 7.31%가량 줄어들고, A* 알고리즘보다 방향전환 횟수는 27.95%가량 감소되는 결과를 보였다.

ABSTRACT

It needs to consider of turns during a path-finding on real road network. traveling on real road network, it generally takes less travel time in a more straight path than a zig-zaged path with same source and destination. In this paper, we propose VTA* algorithm that can reduce the cost of exploring despite increasing the number of turn in comparing with TA* algorithm. We have implement the proposed VTA*, TA* which consider the number of turn and a traditional A* algorithm which dosen't consider the number of turn. The experimental result shows that the cost of exploring is reduced by 7.31% comparing with TA* and the number of turn is reduced by 27.95% comparing with A* approximately.

Keywords : 경로탐색, 가변적인 턴 휴리스틱, 방향전환

1. 서론

최근 텔레매틱스 서비스와 네비게이션 단말기 보급의 확산으로 차량에서 출발지와 목적지까지의 길을 탐색하는 서비스를 많이 이용한다. 이 서비스를 이용하는 대

다수는 경로를 찾을 때 막히는 도로보다는 막히지 않는 도로를 찾을 것을 원한다. 또한 경로를 탐색하는 시간이 짧은 것을 선호할 것이다. 따라서 경로탐색 알고리즘에서는 다음과 같은 두 가지 사항을 고려해야 한다.

첫째, 경로의 질이다. 경로탐색을 할 때 경로의 질을 고려하지 않으면 탐색된 경로가 최적경로가 아닐 수 있다. 최적경로란 보는 관점에 따라 다를 수 있다. 예를 들어 출발지에서 목적지까지의 길이 최단 거리, 막히지 않는 도로, 직진인 구간이 많은 도로를 최적경로라고 할 수 있다. 최적경로를 탐색하지 않는 알고리즘은 이동 비용이 많이 발생한다. 이처럼 경로의 질을 높이기 위해서 지속적으로 많은 연구가 있었다.

최근에 경로의 질을 높이기 위한 연구로 TA* 알고리즘이 제안되었다[1][2]. TA* 알고리즘은 방향전환(Turn)을 고려한 A* 알고리즘을 의미한다. 이 알고리즘은 최적경로를 직진인 구간을 많이 포함하는 경로를 기준으로 하고 있다. 경로탐색시 목적지까지 직진일 것 같은 경로를 탐색하는 것으로 전체적인 경로의 직진성이 보장되는 것이다. 직진성이 보장되면 방향전환이 있는 구간이 줄어들고 차량 이동시에 속력감속의 영향을 덜 받으므로 목적지까지 빠르게 도착할 수 있다.

둘째, 경로탐색에서 걸리는 시간이다. 탐색시간은 경로의 질에 반비례 한다. 경로의 질을 높이기 위해서는 탐색에 걸리는 시간은 늘어나고, 탐색에 걸리는 시간을 줄이기 위해서는 경로의 질은 떨어진다.

탐색시간이 늘어난다는 것은 주변에 있는 도로를 검색하는 범위가 커진다는 것을 의미한다. 범위가 넓어질수록 최적경로를 탐색할 수 있는 가능성도 그 만큼 커진다. 대표적인 예로 Dijkstra 알고리즘이 있다[3]. 하지만 이 알고리즘을 이용한 경로탐색은 최적경로를 탐색할 수 있지만, 탐색비용이 높아진다. 반면에 A* 알고리즘[4][5]은 최적경로를 탐색하지 못하지만 탐색비용은 줄일 수 있다.

이 논문에서는 경로의 질을 향상 시키고 또한 탐색비용을 줄이기 위한 VTA*(n) 알고리즘을 소개한다. VTA*(n) 알고리즘은 기존의 TA* 알고리즘, 즉 방향전환을 고려한 경로탐색 알고리즘에서 방향전환을 고려하는 범위를 가변적(Variable)으로

적용한 것을 의미한다.

이 논문의 구성은 2장에서는 A*와 TA* 알고리즘에 대해서 알아보고 3장에서는 TA* 알고리즘의 문제점인 탐색비용의 증가를 해결할 수 있는 VTA*(n) 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안하는 알고리즘을 구현하고 A*, TA* 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능평가를 한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 해결해야 될 과제에 대해서 소개한다.

2. 관련연구

2.1 A* 알고리즘[4][5]

경로탐색 알고리즘으로 가장 널리 알려져 있는 알고리즘이다. A* 알고리즘은 휴리스틱 함수를 이용하여 가장 최적일 것 같은 위치를 먼저 탐색하는 것이다. 휴리스틱 함수를 이용하기 때문에 최적경로를 탐색하는 알고리즘보다 노드접근 횟수 줄어들게 된다. 경로의 질은 탐색된 경로에서 방향전환 횟수에 의해 판단될 수 있다.

A* 알고리즘에서 경로탐색 비용을 계산하는 모델은 $F = G + H$ 이다. G는 출발지에서 현재 위치까지의 탐색된 비용이고, H는 현재 위치에서 목적지까지 가상의 탐색 비용으로서 휴리스틱 함수에 의해 결정된다. F는 G와 H를 더한 비용으로 현재 위치에서 다음 위치를 탐색할 때 쓰인다. 즉, F 값이 가장 작은 위치는 목적지와 가장 가까운 것 같은 위치로서 우선 탐색대상이 된다. A* 알고리즘은 F 값이 가장 작은 위치를 우선 탐색한다. 이와 같은 작업을 반복하면서 목적지에 도달할 수 있는 알고리즘이다.

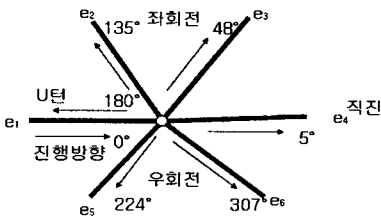
2.2 TA* 알고리즘[1][2]

A* 알고리즘을 변형시킨 것으로서, 방향전환이 적은 경로를 탐색하는 TA* 알고리즘이다. 방향전환은 도로에서 진행하는 차량의 우회전, 좌회전, 유턴 등을 의미한다.

출발지와 목적지까지 도착할 수 있는 경로는 수없이 존재 한다. 실제 차량이 이동하였을 때 방향전환을 많이 하는 경로보다 직진을 많이 하는 경로가 더 빠를 것이라는 가정으로 TA* 알고리즘이 제안되었다.

TA* 알고리즘은 A* 알고리즘을 기초로 직진, 좌회전, 우회전, U턴 각 방향전환에 대해 추가정보를 이용한다. 현재 위치에서 다음 위치를 탐색할 때 목적지까지 남아 있는 가상의 비용이 비슷하다면 직진, 우회전, 좌회전, U턴 순서로 우선 탐색하는 것이다. 실제 도로에서는 직진을 하는 것이 나머지 방향전환에 대해서 가장 속력 감속이 적기 때문에 빠르게 목적지까지 도착할 수 있다.

경로탐색 비용계산은 기존 A* 알고리즘의 $F = G + H$ 를 변형시킨 $F = G' + H$ 를 이용한다. G' 는 출발지에서 현재 위치까지의 탐색비용으로서 탐색된 비용과 방향전환에 따라 추가로 발생하는 비용의 합이다.



<그림 2> 방향전환 판단기준

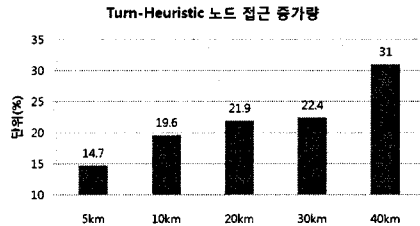
<그림 1>은 방향전환을 판단하는 기준을 나타내고 있다. e_1 이 진행 방향이라 하면 진행방향과 가장 유사한 방향 e_4 를 직진이라 판단한다. 좌회전은 e_4 의 왼쪽으로 기울여진 e_2, e_3 우회전은 e_4 의 오른쪽으로 기울여진 e_4, e_5 로 판단한다.

3. 가변적인 턴 휴리스틱

3.1 가변적인 턴 휴리스틱의 필요성

차량이 실제도로를 이동할 때 방향전환

을 많이 하게 되면 목적지까지 이동시간이 직진을 많이 하는 것보다 늘어나게 된다. 이러한 사항을 고려한 TA* 알고리즘은 전체적인 경로의 직진성은 항상 되었지만 탐색비용이 늘어나는 단점이 있다.



<그림 3> 턴 휴리스틱 알고리즘의 노드 접근증가량

<그림 2>는 부산시 도로데이터의 출발지와 목적지의 거리를 각 5, 10, 20, 30, 40km의 데이터를 200개씩 추출하여 TA* 알고리즘을 이용한 경로탐색 결과이다.

TA* 알고리즘은 탐색될 경로의 길이가 늘어남에 따라 경로의 직진성을 항상 시키는 것보다 노드접근이 대폭 증가되는 문제점이 있다. 여기서 노드접근이 증가되는 것은 경로탐색을 할 때 탐색되는 비용이 증가 한다는 것이다.

경로탐색시 전체구간에 대해서 TA*알고리즘을 적용하는 것이 아니라 일부 구간에서 적용하여 노드접근을 줄이는 알고리즘이 필요하다.

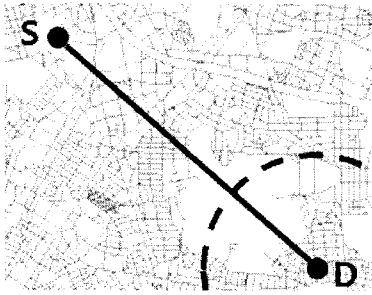
3.2 가변적인 턴 휴리스틱의 정의

가변적인 턴 휴리스틱 알고리즘이란 기존의 알고리즘과 전혀 다른 새로운 알고리즘이 아니라, TA* 알고리즘과 A* 알고리즘을 변형 시켜 두 가지 장점을 활용한 알고리즘이다.

VTA*(n) 알고리즘은 경로탐색시 출발지에서는 경로의 질을 고려한 TA* 알고리즘의 비용모델을 이용하여 전체적인 경로의 직진성을 유지하고 목적지에 가까워지면 탐색비용을 줄이기 위한 A* 알고리즘의 비용모델을 이용하여 경로의 직진성을 향상 시키는 것보다는 탐색비용, 즉 노드접

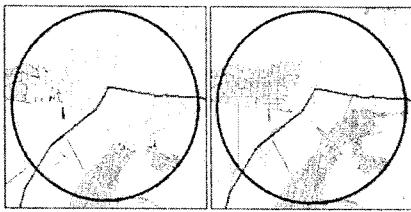
근을 줄일 수 있는 탐색을 하는 것이다.

데이터이다.



<그림 4> VTA*(n) 알고리즘

<그림 3>은 VTA*(n) 알고리즘을 보여 주고 있다. S와 D 사이의 직선은 출발지와 목적지까지의 직선거리를 의미하고, 목적지를 중심으로 있는 원의 반지름은 n 값의 범위를 뜻한다.



(a) TA* (b) VTA*
<그림 5> TA*와 VTA* 노드접근 비교

<그림 4>는 TA*와 VTA* 알고리즘을 이용하여 경로를 탐색한 결과이다. (a)와 (b)를 비교해 보면 탐색된 경로는 거의 비슷하나 노드접근 횟수는 TA* 알고리즘이 많은 것을 볼 수 있다.

4. 구현 및 성능비교

이 논문에서 제안하는 VTA*(n) 알고리즘은 WindowsXP 환경에서 개발하였으며, 개발언어는 MS사의 VC++6.0으로 프로그래밍 하였다. 탐색 알고리즘은 A* 와 TA* 그리고 제안하는 VTA*(n) 알고리즘으로 탐색한다. 시스템에서 사용되는 데이터는 106,253개의 간선으로 구성된 부산시 도로

<표 1> 성능평가 데이터 셋

데이터 유형	부산 시내 도로 데이터	
간선수	106253	
거리	~5km	5~10km
	10~15km	15~20km
	20~30km	30~40km
	40km~	
갯수	200	

위 표의 데이터 셋을 A*, TA*, VTA* 알고리즘을 이용하여 경로를 탐색하고 성능평가를 위한 데이터들이다. 거리는 출발지와 목적지의 직선거리를 의미한다.

<표 2> VTA*(n) 노드접근 비교결과

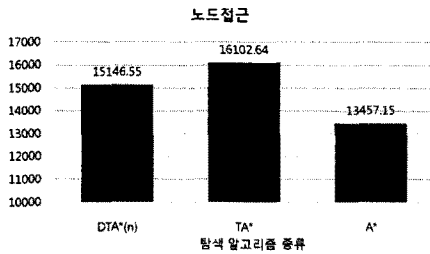
	노드접근	방향전환
	감소량	감소 횟수
VTA*(20)	882.15	1
VTA*(40)	757.59	
VTA*(60)	637.64	
VTA*(80)	540.04	
VTA*(100)	482.97	

<표 2>는 <표 1>의 데이터를 가지고 VTA*(n) 알고리즘의 최대효율을 낼 수 있는 n 값을 구하기 위해 실험한 결과이다. 출발지와 목적지의 직선거리의 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%를 n 값으로 두고 실험하였다. 0%는 TA* 알고리즘과 동일하기 때문에 표에서 제외 시켰다. 표 2의 실험결과는 TA* 알고리즘을 기준으로 방향전환 증가 횟수와 노드접근 감소 횟수를 비교하여 방향전환이 1회 늘어남에 따라 줄어드는 노드접근횟수를 보여준다. 그 결과 n 값이 20%일 때 가장 효율적인 것을 볼 수 있다.

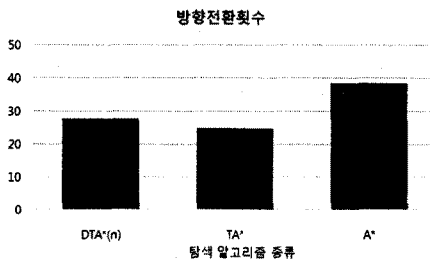
<그림 5>와 <그림 6>은 <표 1>의 데이터 셋을 바탕으로 VTA*(n), TA*, A* 알고리즘의 성능 비교실험을 한 결과를 노드접근횟수와 방향전환횟수를 수치로 나타낸 결과이다. 단, n 값은 <표 2>의 노드접근 실험에서 효율적인 20%값을 이용한다. 방향전환을 고려하지 않는 A* 알고리즘이

평균 노드접근횟수가 가장 적고 방향전환 횟수는 가장 많이 나타남을 보인다.

A* 알고리즘을 기준으로 VTA*(n), TA* 알고리즘을 비교하면 각각 평균 노드접근 횟수가 12.5%, 19.6%가량 증가하고, 평균 방향전환 횟수는 27.95%, 35.3% 감소함을 보인다.



<그림 6> 평균 노드접근 횟수



<그림 7> 평균 방향전환 횟수

5.결론

이 논문에서 제안하는 VTA*(n) 알고리즘의 n 값을 <표 2>를 참고하여 출발지와 목적지까지 거리의 20%를 두는 것이 가장 효율적인 결과를 보였다. TA* 알고리즘의 문제점인 경로탐색 비용이 증가하는 문제점을 VTA*(n) 알고리즘을 이용하여 해결했다. 하지만 경로탐색 비용은 줄어들었지만 방향전환횟수가 증가함을 보인다. 방향전환횟수가 증가 한다는 것은 경로의 질이 떨어진다는 것을 의미한다.

VTA*(n), TA* 알고리즘으로 경로를 탐색했을 경우 평균적으로 A* 알고리즘보다 방향전환 횟수는 감소됨을 보인다. 반면에

탐색비용 즉, 노드접근 횟수가 늘어남을 보이는데 VTA*(n) 알고리즘은 TA* 알고리즘에 비해 노드접근 횟수가 7.1% 가량 감소하고 방향전환 횟수는 7.3% 증가함을 보인다. 질이 좋은 경로, 방향전환을 많이 하지 않는 경로를 탐색하기 위해서는 노드접근횟수가 늘어나는 반비례 관계이다.

이 논문에서 제안하는 VTA*(n) 알고리즘은 TA* 알고리즘에 비해 탐색비용은 줄어들었고, 경로의 질, 방향전환 횟수 또한 늘어났다. 경로탐색 비용이 조금 늘어나더라도 경로의 질이 좋은, 방향전환 횟수가 적은 경로를 탐색하기 위해서는 TA* 알고리즘이 효율적이고, 경로의 질은 조금 떨어지지만 경로탐색 비용을 줄이기 위한 탐색이라면 VTA*(n) 알고리즘이 더 효율적이다.

최근에 많이 연구되고 있는 경로탐색의 동향은 계층구조를 이용하여 탐색비용을 줄이는 탐색 알고리즘이 많이 제안되고 있다. 계층경로를 이용하는 방법과 이 논문에서 제안하는 가변적인 턴 휴리스틱을 접목시켜 경로탐색비용도 줄이고, 경로의 질도 향상 시킬 수 있는 경로탐색 알고리즘의 연구가 필요하다.

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] 문대진, 조대수, "경로의 직진성을 고려한 턴 휴리스틱 A*알고리즘의 구현", 한국해양정보통신학회 2007 추계 종합학술대회, Vol.11, No.2, pp.561-564, 2007
- [3] E. W. Dijkstra, "A note on two problems in connection with graphs", Numerische Mathematik, Vol. 1,

- pp.260-271, 1959
- [4] Peter E. Hart, Nils J. Nilsson and Bertram Raphael, "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths in Graphs,"
- [5] IEEE Trans. on Systems Science and Cybernetics, Vol. SSC-4, No. 2, pp 100-107, 1968
- [6] "A* Pathfinding for Beginners", <http://www.gamedev.net/reference/programming/features/astar/>