

# 실시간 도로 정보를 이용한 최고속력 동적 휴리스틱의 설계

문대진, 조대수

동서대학교

Design of Max Speed Dynamic Heuristic with Real Time Transportation Data

Dae-Jin Moon, Dae-Soo Cho

Dongseo University

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

## 요약

센터 기반의 경로탐색 시스템은 수집된 도로 정보를 이용하여 최적 경로를 탐색한다. 반면, 단말기 기반의 경로탐색 시스템은 자체적으로 내장된 정보만을 사용하기 때문에 센터 기반의 탐색보다 경로의 질이 떨어진다. 그러나 추가 요금이 들지 않기 때문에 단말기 기반의 서비스가 선호되고 있다. 일반적으로 단말기 기반의 경로탐색 시스템의 경우 실시간 도로 정보를 이용할 수 없었지만, 최근 TPEG과 같은 기술을 이용하여 실시간 교통 정보를 전송 받을 수 있다. 그러나 단말기의 제한된 성능으로 인해 실시간 교통정보를 모두 활용하여 경로의 질을 높이면 탐색 비용이 급격히 증가하는 문제가 있다. 이 논문에서는 경로의 질을 높이고 탐색비용을 줄이기 위해 최고 속력 동적 휴리스틱을 이용하는 경로탐색 기법을 제안한다. 제안하는 방법은 일정 구역 도로의 최고 속력을 동적 휴리스틱으로 활용하여 경로탐색에 활용한다.

## ABSTRACT

The Center Based Navigation System(CBNS) used real time road data searches an optimal path. The other hand, the Terminal Based Navigation System(TBNS) used embedded road data searches a path that has less qualitative than the CBNS. But the TBNS has been favored, because it has no additional fees. Generally, TBNS has not used real time road data but it is recently able to use it with technique such as TPEG. However, it causes to increase a cost of exploring by using real time road data for improvement quality of a path, because of limited performance. We propose a path-finding algorithm using a Maximum Speed Dynamic Heuristic to improve quality and reduce a cost of exploring. Proposed method is to use a maximum road speed of appropriate region as dynamic heuristic for path-finding.

## 키워드

경로탐색, 동적 휴리스틱, A\*

## 1. 서 론

최근 차량의 보급과 더불어 텔레매틱스 서비스를 제공하는 네비게이션 단말기 보급이 급격히 증가하고 있다. 네비게이션 단말기는 경로탐색의 주체에 따라 크게 두 가지로 나누어진다. 센터 기반의 경로탐색 시스템은 수집된 도로 교통 정보를 기반으로 한 최적 경로탐색을 실시한다. 사용자는 시작점과 목적지를 서버로 전송하며, 서버는 경로를 탐색한 후 결과를 사용자에게 재전송한다. 반면, 단말기 기반의 경로탐색 시스템은 단말기 내에 내장된 도로 정보만을 이용하여 자체적으로 경로를 탐색하게 된다.

경로를 탐색하는 데에 있어 하드웨어의 성능은 경로탐색의 성과와 직결된다. 왜냐하면, 고성능의 컴퓨터 일수록 한 번에 길을 탐색할 수 있는 범위가 달라지며, 탐색 속도 또한 다르기 때문이다. 센터 기반의 경로탐색 시스템의 경우 고성능의 서버 컴퓨터를 사용하여 경로를 탐색하기 때문에 실시간 도로 데이터를 사용하여 최적 경로 탐색이 가능하며, 사용자의 요구에 즉각 반응할 수 있다. 단말기 기반의 경로탐색 시스템은 내장된 도로 데이터만을 이용하여 경로를 탐색하며, 단말기 성능이 경로탐색 속도에 영향을 준다. 이러한 성능의 차이에도 불구하고 사용자들은 센터기반의 시스템 보다 단말기 기반의 시스

템을 더 선호하는 경향이 있다. 왜냐하면, 단말기 구입 후 추가 비용이 없기 때문이다.

일반적으로 단말기 기반의 시스템은 실시간 교통 정보를 활용하여 경로탐색을 할 수 없다. 교통 정보를 전송받을 수단이 마땅치 않으며, 센터 기반의 시스템과 같이 데이터 수신용 프로토콜을 따로 가질 경우 추가요금이 발생하기 때문이다. 또한, 상대적으로 낮은 성능의 하드웨어 자원 때문에 데이터를 수신하는 시간적인 비용이 많이 들 수 있다.

최근 네비게이션 단말기는 경로탐색 시스템뿐만 아니라 DMB 방송 및 다양한 멀티미디어 서비스를 제공한다. DMB 방송을 전파하는 TPEG[1]은 일종의 채널로서 서버와 클라이언트 간의 단방향 통신을 사용한다. 만약 TPEG을 이용하여 실시간 교통 정보를 전송 받을 수 있다면, 단말기 기반의 시스템에서도 탐색경로의 질을 높일 수 있다.

그러나 단말기의 하드웨어 자원이 제한적이기 때문에 대량의 데이터를 전송받아 갱신할 경우 시간적인 탐색비용이 증가한다. 따라서 이를 개선할 수 있는 새로운 경로탐색 기법이 요구된다.

이 논문에서는 단말기 기반의 경로탐색 시스템에 적용될 수 있는 새로운 경로탐색 기법을 제안한다. 제안하는 방법은 TPEG과 같은 채널을 이용하여 실시간 교통 정보를 전송받아 경로탐색에 활용한다. 수신되는 데이터는 모든 도로의 데이터가 아닌 지도를 일정한 크기로 나눈 그리드내의 최고 속도이다.

## II. 관련 연구

경로를 탐색하는 연구는 예전부터 매우 많이 있었다. A\* 알고리즘[2]의 경우 인공지능 분야에서 처음 소개되었으나, 인공지능뿐만 아니라 게임에서의 유닛의 움직임, 미로에서 길 찾기 등 여러 분야에서 범용적으로 사용되는 탐색 알고리즘이다. A\* 알고리즘은 최적일 가능성이 높은 곳을 우선 탐색함으로써 경로의 질은 높으면서 탐색 비용은 최대한 줄이는 효율적인 탐색 알고리즘이다. 이 알고리즘에서 경로를 탐색할 때 대상을 평가하는 함수로 goal, heuristic, fitness를 사용한다. Goal은 이미 정해진 값으로, 시작점에서 현재 탐색 노드까지 오는 데 드는 비용이고, heuristic은 정해진 값이 없지만 추정할 수 있는 값으로, 현재 노드에서 목적지까지 드는 비용이며, fitness는 goal과 heuristic을 합한 값이다. 일반적으로 A\* 알고리즘으로 경로를 탐색할 때 fitness값이 가장 최적인 곳을 우선 탐색함으로써 탐색비용을 줄이고 경로의 질을 높인다.

A\* 알고리즘을 변형한 여러 알고리즘이 있는

데, 그 중 하나는 overdo heuristic을 사용하는 길 찾기 알고리즘[3]이다. A\* 알고리즘으로 실제 도로와 같이 거대한 도로망에서 경로를 탐색할 경우 탐색 비용이 맵의 크기에 비례해 증가한다. overdo heuristic을 사용한 경로탐색 알고리즘은 A\* 알고리즘에서 노드 우선 탐색권을 선정하는 값 중 heuristic의 비중을 높임으로써 보다 빠르게 경로를 탐색하는 방법을 제공한다.

도로를 계층적으로 나누어 경로를 탐색하는 hierarchical 경로탐색 기법[4]도 있다. 이 방법은 모든 도로를 2개 내지 3개의 계층을 두어 하위 계층의 도로에서는 상위 계층으로 빠져 나갈 수 있는 길만 찾고, 상위 계층에서 목적지 주변까지 경로를 탐색한 뒤 다시 하위 계층에서 길을 찾는 방법이다. 이 경로탐색 기법은 매우 큰 도로망이라 할지라도 빠르게 경로를 탐색할 수 있는 방법이다.

예전부터 진행된 기존의 경로탐색 연구의 대부분은 고정된 데이터를 변형하여 도로의 가중치로 이용하여 최단 경로를 빠르게 탐색하는 것에 대해 중점을 맞추었다. 그러나 실제 도로 교통망에서 최적의 경로는 고정된 데이터로만은 최적의 경로를 찾을 수 없다. 차량이 모든 도로에서 항상 같은 속력으로 이동할 수 없으며, 때로는 거리상으로 먼 길이 이동시간이 짧을 가능성이 있다. 따라서 이동 거리뿐만 아닌 이동시간까지 줄이기 위해서는 고정된 데이터가 아닌 유동적인 교통정보가 필요하며, 이를 활용하는 휴리스틱이 필요하다.

가변적인 그리드 속력을 이용한 경로탐색 기법[5]은 실시간 교통정보를 활용할 경우를 대비한 경로탐색 기법이다. 이 경로탐색 기법은 경로탐색시 우선권을 가지는 노드를 탐색할 때 고정된 데이터인 거리만으로 평가하지 않고 가변적인 데이터인 각 도로의 속도정보를 고려한 탐색을 한다. 즉, 시간( $T$ )= $\text{거리}(S)/\text{속력}(V)$ 를 이용하여 이동 시간( $T$ )을 노드 평가시 가중치로 사용하였다. 노드를 평가하기 위한 추정 값인 heuristic은 지도를 일정구역으로 나눈 그리드내의 모든 도로들의 평균속력을 해당구역의 속도 정보로 활용하여 경로를 탐색하였다. 이로 인해 경로를 탐색할 때 시간과 공간적인 탐색비용을 줄이고, 실시간 교통정보를 활용하는 동적 휴리스틱을 사용하였다.

그러나 이 경로탐색 기법에서 제안된 방법인  $T$ 를 이용하여 노드를 평가할 경우, 목적지까지 탐색되는 모든 도로의 속력을 미리 알아야 한다. 즉, 탐색되는 모든 도로들의 실시간 속도정보를 지속적으로 갱신해야 경로를 탐색할 수 있다. 현재의 단말기 기반의 경로탐색 시스템에서 이 기법을 활용할 경우, 지속적으로 모든 도로의 교통정보를 갱신 시켜야 하는데, 이 갱신 비용은 하드웨어 자원이 한정적인 단말기 기반의 시스템에서 경로를 찾기 위한 탐색비용에 치명적인 영

향을 준다.

따라서 적은양의 데이터만을 이용하여 경로를 탐색하는 새로운 탐색기법이 요구되며, 이 논문에서는 최고 속력 동적 휴리스틱을 이용한 기법을 제안한다.

### III. 최고 속력 동적 휴리스틱

동적 휴리스틱[6]이란 같은 도로라 할지라도 우선탐색 순위를 평가하기 위한 heuristic 값이 실시간 도로 상황에 따라 동적으로 변하는 휴리스틱을 말한다. 이 개념은 가변 그리드 속력을 이용한 경로탐색 기법[5]에서 사용되었으며, 이 논문에서는 동적으로 변하는 모든 휴리스틱에 대해 동적 휴리스틱이라 정의한다.

이 논문에서 제안하는 동적 휴리스틱은 그리드의 최고 속력 정보를 활용하여 계산한다. 여기서 그리드는 지도를 일정 크기로 나눈 영역이며, 하나의 그리드는 0개 이상의 도로를 가지며, 다음과 같이 정의한다.

$$G = \langle V, E, w \rangle$$

$$\text{directed edge } e_{xy} = \langle v_x, v_y \rangle$$

$$w(x, y) = e_{xy}.speed$$

$$Grid_n.V = \{v_x | \forall v_x \in V, Grid_n.within(v_x) = true\}$$

$$v_x \in Grid_n.V, GetGrid(v_x) = Grid_n$$

$$Grid_n.E = \{ \langle v_x, v_y \rangle | \forall v_x \in Grid_n.V \}$$

$$Grid_n.MaxSpeed = \max(\{w(x, y) | \forall e_{xy} \in Grid_n.E\})$$

방향성을 가지는 간선  $e_{xy}$ 는 두 점  $v_x, v_y$ 을 잇는 간선이며,  $v_x$ 가 시작 위치이다. 하나의 그리드는  $v$ 와  $e$ 의 집합으로 구성되며, 하나 이상의 그리드에 걸친 간선  $e_{xy} = \langle v_x, v_y \rangle$ 는  $v_x$ 이 속하는 그리드에 포함된다. 가중치  $w$ 는 간선의 속력이며, 그리드의 최고 속력은 해당 그리드에 속하는 간선(도로)들 중 가장 높은 속력을 가지는 도로의 속력이다.

그리드의 속력은 수집된 교통정보를 토대로 서버에서 계산하여 클라이언트로 전송된다. 클라이언트에서는 그리드의 최고 속력 정보만을 갱신하고, 이를 동적 휴리스틱에 활용하여 경로를 탐색한다.

### IV. 제안하는 알고리즘

거대한 도로망에서 경로를 탐색할 때 목적지

까지의 거리가 먼 경로를 탐색할수록 탐색 비용이 커진다. 이 말은 최적의 노드를 탐색하기 위해 노드를 방문하는 횟수가 늘어난다는 것을 뜻한다. 노드를 한번 방문하면 해당 노드를 통해 목적지까지 갈 경우의 비용을 계산하여 노드 목록에 저장되는데 그 형태는 다음과 같다.

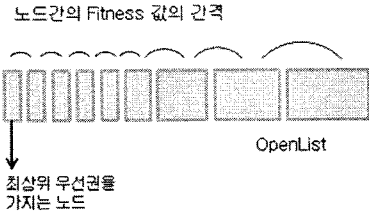


그림 1. 목록에 저장된 노드

그림 1은 A\* 알고리즘에서 열린 목록에 저장된 노드들을 도식화 시킨 것이다. 일반적으로 경로 탐색시 저장되는 노드들 중 우선권순위가 높은 노드들은 비용의 차이가 크지 않다. 거대한 도로망에서의 노드 목록일수록 비슷한 수준의 우선권을 가지는 상위 노드가 많다. A\* 알고리즘으로 경로를 탐색할 경우 이 목록에서 매우 적은 값이라도 클 경우 해당되는 노드를 우선 탐색한다. 그러나 선택된 노드는 해당 위치에서 추정된 비용이 좋은 것인지 최적경로 상의 노드가 아닐 수 있다. 따라서 이 논문에서는 다음과 같은 경로탐색 기법을 제안한다.

```

SelectNode_DHMax
{
    input : OpenList
    (거리에 따른 우선탐색권이 결정된 노드 목록)
    output : Favor
    (동적 휴리스틱에 의해 우선 탐색될 노드)

    -----
    S_Node, Favor : Node;
    S_Node := OpenList.FirstNode;
    Favor := OpenList.FirstNode;
    N := GetNumberFavorFitness(OpenList);
    for i:=1 to N do
        if GetGrid(Favor).MaxSpeed <
           GetGrid(S_Node).MaxSpeed then
            Favor := S_Node;
            S_Node := S_Node.next;
    }
    
```

알고리즘 1. 제안하는 알고리즘 (2차 노드 탐색)

알고리즘 1은 이 논문에서 제안하는 알고리즘으로 최상위 우선순위를 가지는 노드를 선택하는 과정을 나타낸 것이다. 제안하는 알고리즘은

2단계의 노드탐색을 통해 최상위 우선순위를 가지는 노드를 선택한다. 1차 노드 탐색은 고정된 데이터인 거리정보를 이용하여 우선순위가 정해진 노드 목록을 생성한다. 이 노드 목록은 그림 1과 같은 형태로 저장되어 있으며, 우선순위가 높은 노드들 중 N개를 2차 노드 탐색을 통해 최우선 순위를 가지는 노드를 뽑는다. 이 N은 GetNumberFavorFitness함수를 통해 정의되며 이는 노드 중 fitness 값이 최상위 노드 fitness 값의 10%를 더한 값보다 적은 노드들의 개수를 반환한다. 2차 노드 탐색은 3절에서 제안한 최고 속도 동적 휴리스틱을 적용하여 노드를 탐색한다. 즉, 2차 노드 탐색에서는 도로가 속하는 그리드의 최고 속력이 가장 높은 도로가 최우선 순위를 갖게 된다.

그리드의 최고 속력이 높다고 해서 해당 그리드내의 모든 도로가 좋은 것은 아니다. 그러나 원활한 소통이 이루어지는 도로의 주변 도로나 진입도로는 일반적으로 정체구간일 가능성이 적다. 따라서 그리드의 최고 속력이 높으면, 해당 그리드 내의 도로를 또한 속력이 높은 구간일 가능성이 높다.

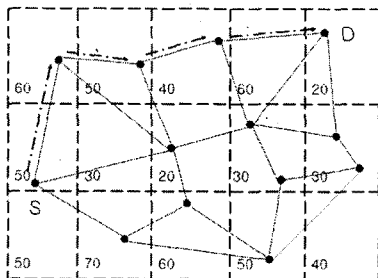


그림 2. 동적 휴리스틱 적용 모습

그림 2은 제안하는 경로탐색 모델이다. 점선으로 나타낸 부분이 그리드이며, 각 그리드내의 숫자는 해당 구역 내의 최고 속력이다. 이 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용하여 경로를 탐색할 경우 그림 2와 같은 형태로 경로를 탐색할 가능성이 높다. 그러나 속력이 높다고 해서 거리 정보를 무시하는 것이 아니다. 그 예로 그림 3에서 하단에 위치한 그리드들의 최고 속력이 가장 높음에도 불구하고 D까지의 경로가 거리상으로 매우 돌아가는 경로이기 때문에 상단에 위치한 그리드를 통해 경로를 탐색한다.

## V. 결 론

이 논문에서는 실시간 교통 정보를 효율적으로 이용하여 경로탐색에 적용할 수 있는 모델을 설계 하였다. 제안하는 기법은 주로 단말기 기반의 경로탐색 시스템에서 활용할 수 있는 알고리

즘으로, 경로 탐색을 위한 노드의 우선순위를 결정하기위해 탐색을 2단계로 진행한다. 1차 노드 탐색에서는 거리에 따른 가중치를 적용한 고정 휴리스틱을 사용하며, 2차 노드 탐색에서는 최고 속도 동적 휴리스틱을 적용하여 최우선순위를 가지는 노드가 선택된다.

최고 속도 동적 휴리스틱은 TPEG과 같은 방송용 채널을 통해 데이터를 전송 받아 활용한다. 전송 받는 데이터는 일정크기의 그리드내의 최고 속도 정보이며, 이를 이용하여 제안하는 알고리즘에서 2차 노드 탐색에 사용한다.

지금까지의 경로탐색에 관련된 연구는 이미 정해진 휴리스틱인 고정 휴리스틱을 효율적으로 이용하는 경로탐색에 대해서만 다루어왔다. 실제 도로와 같이 지속적으로 교통상황이 변하는 환경에서는 지금까지와는 달리 동적인 휴리스틱이 설계되어야 하며, 실시간 교통정보를 효율적으로 활용하기 위한 기법들이 요구된다.

향후 이 논문에서 제안된 기법으로 프로그램을 구현하여 성능실험이 필요하다. 모든 도로의 교통정보를 갱신하여 경로를 탐색하는 기법과, 자체 내장된 정보만을 이용하는 경로탐색 기법을 대상으로 성능실험이 필요하며, 동일한 조건 내에서 경로를 탐색하여 각각의 특징 및 성능을 비교가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/TPEG>
- [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] R. Jacob, M.V. Marathe, and K. Nigel, "A computational study of routing algorithms realistic transportation networks," presented at the Second Workshop on Algorithmic Engineering, NJ, 1998
- [4] 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
- [5] 이현섭, 김진덕, "고정 그리드 기반 가변 휴리스틱을 이용한 최적경로 탐색," 한국해양정보통신학회 2005 추계 종합학술대회, Vol.9, No.2, pp.137-141, 2005
- [6] 문대진, 조대수, "최저 속도 동적 휴리스틱을 이용한 경로탐색," 한국공간정보시스템학회 논문지, Vol.10, No.2, 게재 예정, 2008