
가변 휴리스틱 기반 추정치 간소화를 통한 경로 탐색 기법의 설계 및 성능 평가

김진덕*

A Design and Performance Evaluation of Path Search by Simplification of Estimated Values based on Variable Heuristic

Jin-Deog Kim*

요약

텔레매틱스 시스템에서의 경로 탐색 기법은 교통흐름의 변화에 따라 최단 운행 시간을 갖는 최적 경로가 변하기 때문에 최단 시간 뿐 만 아니라 도로의 교통 흐름까지 고려해야 한다. 기존의 경로 탐색 기법들은 이러한 교통 흐름의 변화에 능동적으로 대처할 수 없다. 또한 교통 정보를 이용하는 탐색 기법은 기존의 최단 경로 탐색 기법보다 연산 수행시간이 길다.

이 논문에서는 추정치 계산의 단순화를 통한 최적 경로 탐색 기법을 구현하고 성능을 평가한다. 제안한 기법은 교통흐름에 적응적인 휴리스틱을 위해 고정 그리드를 도입한다. 또한 추정치 계산을 간소화하기 위해 출발지와 목적지 사이의 기울기를 고려하여 실수의 곱셈 연산 대신 단계화된 정수의 덧셈 연산을 한다. 제안한 알고리즘은 최적 경로 정확도 향상뿐만 아니라 탐색 시간을 줄여줌을 실험으로 입증한다.

ABSTRACT

The path search method in the telematics system should consider traffic flow of the roads as well as the shortest time because the optimal path with minimized travel time could be continuously changed by the traffic flow. The existing path search methods are not able to cope efficiently with the change of the traffic flow. The search method to use traffic information also needs more computation time than the existing shortest path search.

In this paper, a method for efficiency improvement of path search is implemented and its performance is evaluated. The method employs the fixed grid for adjustable heuristic to traffic flow. Moreover, in order to simplify the computation of estimation values, it only adds graded decimal values instead of multiplication operation of floating point numbers with due regard to the gradient between a departure and a destination. The results obtained from the experiments show that it achieves the high accuracy and short execution time as well.

키워드

경로 탐색, 추정치 간소화, 가변 휴리스틱

I. 서론

최근 데이터 통신의 발달과 정보 이용의 다변화가 진

행되는 가운데 기존의 유선 통신 기반 PC는 정보 생산자와 제공자로서의 역할을 수행하는 반면, 무선 통신 기반 모바일 단말기가 정보 소비자로서의 역할을 수행한다. 차

량 항법 시스템 또한 휴대전화, PDA, 텔레매틱스 단말기와 같은 모바일 단말기에서의 주요 응용 서비스가 되고 있다.

전통적으로 경로 탐색은 최단 거리를 갖는 경로를 찾아내는 것이 일반적인 방법이었다. 이와 같은 방법은 비록 탐색된 경로가 최단 경로를 갖지만, 도로가 정체되거나 사고가 발생할 경우 차량 운행 시간적인 측면에서는 항상 최적 경로가 되는 것은 아니다.

그리고 유무선 통신이 활성화된 텔레매틱스 시스템에서는 단순 거리만을 대상으로 하는 최단경로 탐색 보다는 교통 정보를 파악하며 가장 빠른 시간 안에 목적지로 도착하는 최적경로 탐색 시스템이 필요하다. 지금까지 최단 운행 시간을 갖는 경로 탐색에 관한 연구는 거의 없었다.

그러나 동시에 다수의 사용자로부터 최적 경로 탐색 질의를 서버에서 수행하거나, 낮은 계산 능력을 가진 클라이언트에서 최적 경로를 탐색하는 것은 많은 비용을 요구한다. 따라서 적은 연산 비용과 높은 정확도를 가진 최적 경로 탐색 기법이 요구된다.

그래서 대표적인 경로 탐색 기법인 A*알고리즘[1]을 변형하여 교통정보에 적응적인 가변 휴리스틱 기반 최적 경로 탐색 기법이 연구되었다[5,6]. 구체적으로 이동거리의 증가로 인한 검색범위의 증가를 효과적인 휴리스틱 가중치와 고정 그리드[2]의 검색범위 분할을 적용하여 최적 경로를 검색함과 동시에 연산범위를 최대한 줄여 빠른 시간 안에 검색한다.

그러나 각 그리드마다 각기 다른 휴리스틱 값을 획득하여 현재 노드로부터 목적지 노드까지의 추정치를 계산하는 과정에서 다소의 연산이 요구된다.

이 논문에서는 추정치 계산의 단순화를 위해 추정치 계산 과정 또한 기존의 복잡한 실수 연산 방법 대신 단계화된 각 그리드의 이동 속도값 들에 대한 덧셈 연산을 수행하여 연산 비용을 줄이고자 한다. 부산시의 실제 교통 데이터를 이용하여 실험 평가한 결과 기존 기법에 비해 탐색된 경로의 정확도는 비슷하지만, 경로 탐색에 필요한 연산시간이 대폭 단축됨을 알 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존의 경로 탐색 알고리즘들에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제시한 추정치 단순화 기법 및 구현 방법에 대해 자세히 살펴본다. 4장에서 성능 평가를 수행하며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

현재 도로상에서 적용하는 최적경로 검색을 위한 알고리즘은 크게 최적 경로 탐색 기법과 준 최적(Sub Optimal) 경로 탐색 기법으로 구분된다. Dijkstra 알고리즘[3]과 A* 알고리즘을 직접 사용하거나 이를 상황에 맞게 변형시켜 사용하는 경우가 가장 많다. 먼저 Dijkstra 알고리즘은 항상 최적 경로를 탐색해 주는 기법으로 최단 경로 탐색을 위해 출발지로부터 인접해있는 모든 노드들을 차례로 방문하여 목적지까지의 비용이 가장 작은 경로를 찾아내는 알고리즘이다[1]. 이 알고리즘은 전술한 바와 같이 경로 탐색 정확도 측면에서는 항상 최적 경로를 제공하지만, 연산비용이 매우 크다는 단점을 갖고 있다.

A*알고리즘은 최단 거리 찾기에서 효과적으로 동작하는 알고리즘으로 연산 비용을 줄이기 위해 휴리스틱 가중치 함수를 사용한다. A* 알고리즘에서 가중치를 강하게 부여를 하면 탐색 범위와 접근 노드 수가 줄어들지만, 탐색된 경로가 최적일 확률은 떨어진다. 반대로 약하게 부여할 경우 검색 범위는 증가하며 접근 노드 수와 검색 시간은 증가한다[1]. 한편, 도로 교통망에 A* 알고리즘을 적용하여 최단 주행 시간을 기록하는 경로를 탐색하고자 할 경우에는 휴리스틱 값으로 현재 도로 구간의 주행 속도를 이용한다. 주행속도는 주행 시간에 반비례한다. 주행 속도가 높은 도로에서는 휴리스틱 값이 높으며, 이에 반비례하여 휴리스틱 가중치가 낮음을 의미한다.

HiTi 그래프 모델[4]에서는 계층적인 형태로 도로 지도를 구조하고, 이를 이용한 새로운 최단 경로 검색 알고리즘인 SPAH를 제시하는 성능을 평가하고 있다.

이 밖에도 이와 관련한 연구[7,8]가 진행되고 있지만 주로 최단 경로 검색에 관한 연구로 아직까지는 위의 두 가지 기능에서 크게 벗어나지 않고 있다.

이 논문에서는 수집된 교통정보에 대한 통계 데이터를 근거로 A* 알고리즘에서 휴리스틱 가중치를 가변적으로 적용하여 경로 탐색 시간 및 경로 정확도를 최적화 할 수 있는 방법을 구현하며, 이 과정에서 발생하는 추정치의 계산 간소화 과정을 제안하고 구현한 뒤 실험으로 그 성능을 검증하고자 한다.

III. 추정치 간소화 기법

3.1. 추정치 간소화의 필요성

자주 변하는 교통 정보를 고려하여 가변적으로 휴리스틱을 적용하기 위해서 본 논문에서는 고정 그리드를 사용한다[2,5]. 고정 그리드는 도로위에 일정한 크기의 격자로 분할하며 여러 개의 노드가 하나의 그리드 안에 들어가게 하는 기법이다.

그리드 기반 가변 휴리스틱 기법은 그리드 별로 차량의 이동 속도를 근거로 휴리스틱 가중치가 다르게 지정되기 때문에 가변적인 교통상황들을 반영할 수 있다.

그리드 기반 가변 휴리스틱 기법을 사용하여 탐색을 하는 경우 도로의 속도가 빠른 부분에서는 휴리스틱 가중치를 낮춰 탐색 정확도를 높이고, 속도가 느린 구간에서는 휴리스틱 가중치를 높여 직진성을 강화함으로써 탐색 시간을 줄이는 방법으로 택하여 탐색 정확도 및 탐색 시간 성능을 극대화한 최적 경로 탐색 기법이 된다. 그림 1은 A*와 그리드 기반 최적 경로 탐색 알고리즘의 탐색 영역을 나타낸 것으로서 이 논문의 그리드 기반 최적 경로 탐색 알고리즘은 가변 휴리스틱을 적용하여 부분 탐색이 가능함을 알 수 있고, 이로 인해 검색 속도의 향상을 가져온다.

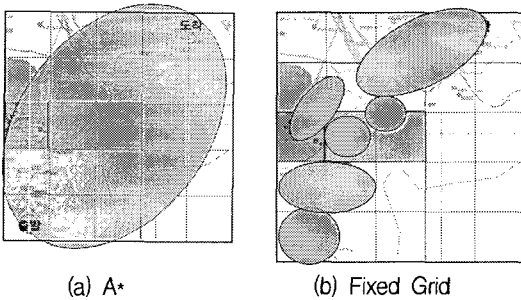


그림 1. 탐색 영역
Fig. 1. Search Space

그리드 기반 최적경로 탐색 알고리즘[5] 중에서 기존의 A* 알고리즘과 다른 점은 현재 노드로부터 목적지 노드까지의 추정치를 계산하는 방법으로 알고리즘 1과 같다. 알고리즘에서 기존의 A*알고리즘과 가장 큰 차이점은 추정비용 H값을 구하는 방식이다[6]. H(Ni)값을 보다 빨리, 그리고 정확히 구하기 위해 이 논문에서 제안한 고정 그리드 기반 가변 휴리스틱을 사용한다.

Cost_To_Go Algorithm

```

{
Input : 현재 노드와 목적지 노드
Data : 각 그리드의 휴리스틱 값
Output : 두 노드사이의 예상 비용(Cost)

```

- (1) 현재노드와 목적지 노드사이의 직선을 그린다.
- (2) 직선과 교차하는 모든 그리드를 구한다.
- (3) 단계 2에서 구한 각 그리드에 대해 다음 값을 구한다.
Cost += LineLength(Gi) / Heu(Gi)
- (4) 값 Cost를 반환한다.

알고리즘 1. 추정치 계산 알고리즘

Algorithm 1. Computation of Estimated Values

그러나 알고리즘 1에 나타난 바와 같이 현재 노드에서 목적지까지의 추정 비용을 구하기 위해서는 각 그리드의 휴리스틱 값과 그리드내의 직선 거리의 곱의 합을 구해야 한다. 특히, 그리드 내의 직선 거리를 구하는 것은 복잡한 실수 연산을 수행해야 하기 때문에 많은 연산 비용이 요구된다.

따라서 이와 같은 연산 비용을 더욱 더 줄이기 위한 추정치 간소화 기법을 이용할 수 있다.

$$H = A / B \quad \text{수식(1)}$$

A = 현재노드와 목적지노드간의 거리

B = 현재노드와 목적지 노드 사이에 존재하는 모든 그리드의 가중치들의 평균값

이는 복잡한 연산이 요구되는 각 그리드내의 직선 길이를 계산하지 않고, 직선을 포함하는 각 그리드의 가중치와 그리드의 단위 길이 및 총 직선 거리만을 사용하므로 연산 과정이 단순화 된다. 현재 노드와 목적지 노드 사이에 존재하는 그리드를 구하는 기법은 3.2 절에서 설명한다.

3.2. 추정치 간소화의 필요성

기존의 기법[6]은 그리드의 각 선분을 직접 조사하여 충돌여부를 검사하는 방법이었으나 이 논문에서는 이를 보다 단순화하기 위해 알고리즘 2와 같이 수행한다.

Fast_Cost_To_Goal Algorithm

```

{
Input : 현재노드와 목적지노드
Data : 각 그리드의 휴리스틱 값
Output : 두 노드사이의 예상 비용(H)
    
```

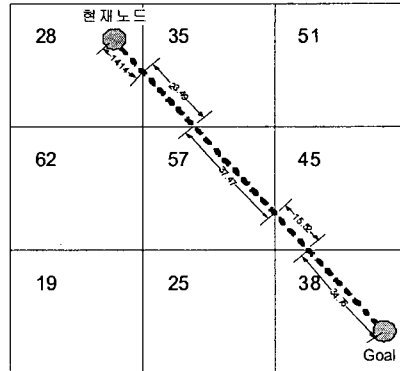
- (1) 두 노드가 포함된 두 그리드 G_{cur} 와 G_{des} 를 구한다.
- (2) G_{cur} 와 G_{des} 의 중앙값을 계산하여 Point 구조체 변수의 값 C_{cur} 와 C_{des} 를 구하고, C_{cur} 와 C_{des} 의 초기 기울기 S_{start} 를 구한다.
- (3) 현재 노드의 그리드 중앙점과 C_{des} 사이의 기울기 S_{cur} 를 구한다.
- (4) S_{start} 보다 S_{cur} 이 같거나 작으면 X축으로 증가된 그리드를 선택하고 그 그리드가 G_{cur} 가 된다. 그렇지 않으면 Y축으로 증가된 그리드를 선택하고 그 그리드가 G_{cur} 가 된다.
- (5) G_{cur} 가 G_{des} 이면 단계 7로 진행되고, 그렇지 않으면 단계 3, 4를 반복한다.
- (6) 수식 (1)에 대입하여 추정비용 H 를 구하고 반환한다.

알고리즘 2. 간소화된 추정치 계산
Algorithm 2. Computation by Simplification

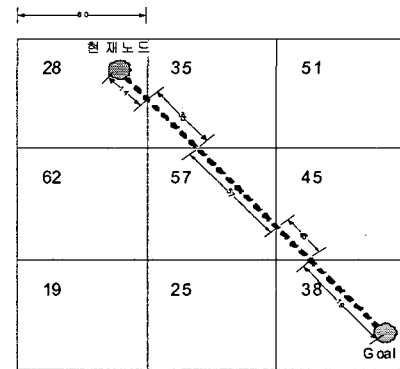
그림 2는 추정치 계산을 위한 기존 방법[5] 과 이 논문의 간소화 방법의 차이를 나타낸 것으로, 기존 방법은 각 그리드에 포함된 선분의 길이를 고려하는 반면, 이 논문의 간소화 방법은 선분이 포함된 그리드만을 감안하며, 각 그리드 내의 선분 길이를 고려하지 않음을 보여주고 있다.

추정치 계산을 위한 기존 방법[5]에서 제시된 기존 방법을 사용할 경우 $(14.14/28 + 23.49/35 + 37.47/57 + 15.52/45 + 34.76/38) = 3.093$ 이다. 반면, 이 논문에서 제시한 간소화 기법을 사용할 경우 수식 (1)에 대입하면 $A = 125.38$ 이며, $B = (28+35+57+45+38)/5$ 이다. 따라서 계산된 추정치 값은 3.088이다.

따라서 기존 방법에 비해 계산과정은 훨씬 단순화된 반면, 값의 오차는 거의 없음을 알 수 있다.



(a) normal



(b) Simplification

그림 2. 간소화 방법
Fig. 2. Simplification Method

그러나 위의 추정치 계산 기법은 각 그리드 내의 직선의 길이를 동일하다고 가정하기 때문에 특정 그리드 내의 휴리스틱 값이 가중치를 갖지 못해 발생하는 오차가 있을 수 있다. 이는 최적 경로 탐색의 정확도 하락으로 나타날 수 있다.

이 논문에서는 또한 탐색 정확도를 높이기 위한 방안으로 고정 그리드 크기의 변화범을 제한한다. 이는 고정 그리드의 크기를 보다 작게 함으로써 그리드에 많이 포함된 경우에는 보다 많은 가중치 값이 더해져 보다 정확한 추정치 값을 얻을 수 있다.

그림 3은 이 과정을 나타낸 것으로서 그림 2.b에서 긴 선분으로 나타난 57과 38(그림 2.b의 점선 부분)은 그림 3에서 각각 3번씩 표현되고 있으며, 이를 통해 선분의 길이가 추정치 계산에 반영되고 있음을 의미한다.

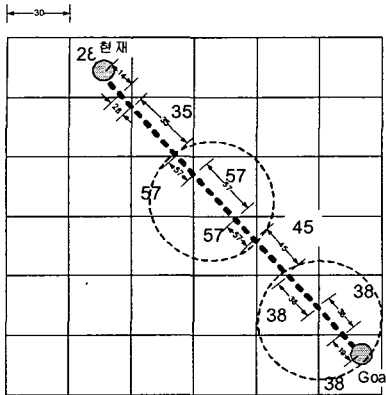


그림 3. 그리드 크기의 다변환
Fig. 3. Variable Grid Size

그림 4는 추정치 간소화 모듈을 구현하여 실행한 결과를 보여 주고 있다.

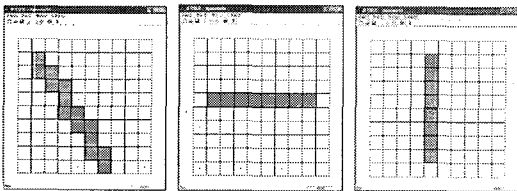


그림 4. 추정치 간소화 모듈
Fig. 4. Simplification Module of Estimated Values

IV. 추정치 간소화 기법

이 논문에서 제안한 추정치 간소화 기법을 적용한 고정 그리드 기반 경로 탐색 기법(F_Grid)과 A* 및 추정치 간소화 기법을 적용하지 않은 고정 그리드 기반 경로 탐색 기법(Grid)의 성능을 평가하기 위해 시스템을 구현하였다. 성능 평가를 위한 데이터로 부산지역의 도로 교통 네트워크 및 실시간 각 노선의 평균 이동 차량 속도를 이용하였다.

성능 평가를 위해 여러 가지의 출발지와 목적지를 임의로 설정하여 검색할 수 있도록 구성하였다. 실험은 700번의 경로 탐색을 통하여 평균적인 데이터를 산출하여 결과 값에 반영하였다. A* 알고리즘은 고정된 휴리스틱 값을 지정해야 하므로, 최고 속도를 20, 40, 60, 80, 100으로 나누어 실험한 후 평균값을 구한 것이다. 모든 알고리즘은 연산 속도와 탐색 노드 수 그리고 최적경로 정확도를 대상으로 하여 결과 값을 추출 하였다.

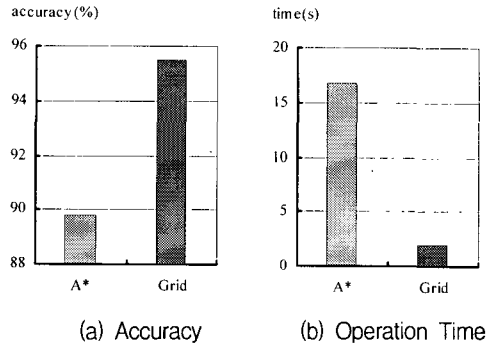


그림 5. A*와 그리드 기법의 성능평가
Fig. 5. Performance Evaluation(A* vs. Grid Based)

그림 5는 동일한 조건에서 A*와 추정치 간소화 기법을 적용하지 않은 그리드 기반 탐색 기법의 성능을 비교 평가한 것이다. 그림 5(a)는 1200번의 실험 중 같은 출발지와 목적지에 대해 거의 동일한 탐색 비용일 경우의 정확도를 평균한 값으로서 그리드 기반 기법이 훨씬 좋은 정확도를 보이고 있다. 그림 5(b)는 동일한 최적 경로 정확도일 때 평균 연산 시간을 나타낸 것으로서 그리드 기반 기법이 10분의 1 정도의 연산 시간만으로도 동일한 정확도를 보여 주었다.

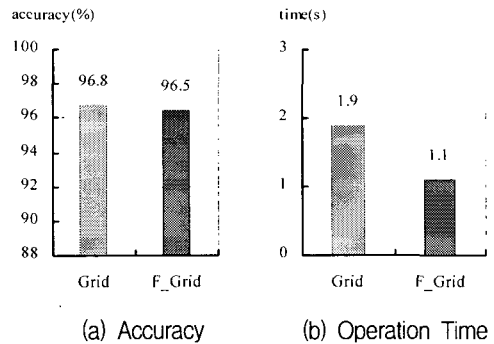


그림 6. 간소화 기법의 성능 비교
Fig. 6. Performance Evaluation of Simplification Method

그림 6은 고정 그리드 기반 경로 탐색 기법에서 추정치 간소화를 적용한 기법과 적용하지 않은 기법의 성능을 도식화한 것이다. 정확도 측면에서는 기존의 방법이 약 0.3% 더 좋은 것으로 나타나지만(그림 6.a), 연산 시간은 이 논문에서 제안한 추정치 간소화 기법이 약 60% 개선된 것으로 나타났다(그림 6.b).

V. 결 론

저자소개

이 논문에서는 새로운 추정치 계산의 단순화를 통한 최적 경로 탐색 기법을 제안하고 실험으로 평가하였다. 제안한 기법은 추정치 계산을 간소화하기 위해 실수의 곱셈 연산 대신 단계화된 정수의 덧셈 연산을 한다.

실험 결과 이 논문에서 제안한 추정치 간소화 기법은 경로 탐색의 정확도는 거의 유지하면서, 탐색 시간을 대폭 단축할 수 있음을 알 수 있다.

향후, 출발지와 목적지 사이의 거리가 매우 긴 경우에 공간 조인 색인을 사용한 최적 경로 탐색 시간을 단축시키는 기법에 관한 연구를 수행하고자 한다.



김진덕(Jin-Deog Kim)

1993년 부산대 컴퓨터공학과(공학사)
1995년 부산대 대학원 컴퓨터공학과
(공학석사)

2000년 부산대 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1998.3~2001.2 부산정보대학 정보통신계열 전임강사
2001.3~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 조교수
※관심분야: 객체 지향DB, 지리정보시스템, 공간 질의, 공간 색인, 모바일 데이터베이스, 텔레매틱스

참고문헌

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/A%2A_search_algorithm
 [2] H. Lu, B.C. Ooi, "Spatial Indexing : Past and Future", IEEE Data Engineering Bulletin, Vol. 16, No. 3, pp 16-21, 1993
 [3] William Stallings, "Data & Computer Communications, sixth Edition", Prentice Hall, Inc, 2001
 [4] Sungwon Jung, Sakti Pramanik, "An Efficient Path Computation Model for Hierarchically Structured Topographical Road Maps", TKDE, Vol. 14, No. 5, pp.1029-1046, 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] 김진덕, "추정치 간소화에 의한 경로 탐색 기법의 효율 개선", 한국해양정보통신학회 2006 인공지능 및 지능 정보시스템 학술대회, pp. 25-28, 2006
 [7] <http://drive.nate.com>
 [8] Chang Wook Ahn, R. S. Ramakrishnan, "A Genetic Algorithm for Shortest Path Routing Problem and the Sizing of Populations", IEEE Transaction on Evolutionary Computation, Vol.6, pp. 566-579, 2002