

Fuzzy를 이용한 빠른 경로 탐색 알고리즘

Fast Route Searching Algorithm Using Fuzzy

이기정, 황보택근

Ki-Jung Lee, Taeg-Keun Whangbo

(lkj9731@kornet.net, tkwhanbo@kyungwon.ac.kr)

경원대학교 소프트웨어대학

요 약

인터넷 통신과 무선 이동 통신의 발달은 최적 경로 탐색이 인터넷 웹 페이지를 통하여 서비스될 수 있도록 하였으며, CNS(Car Navigation System)를 이용한 서비스도 가능하도록 하였다. 나아가 개인용 휴대통신 장비인 PDA나 핸드폰을 이용하여서도 그 서비스가 제공되고 있다.

기존의 양방향 A* 알고리즘에서는 현재 노드에서 목적지까지의 예상 비용을 직선 거리를 사용하였지만 본 논문에서는 현재 노드까지 지나온 경로에 대한 정보를 이용하였다. 지금까지 지나온 경로의 평균 경로 비용을 계산하여 이용함으로써, 직선 길이가 아닌 지금까지 지나온 경로의 정보를 이용할 수 있었고, 지나온 경로의 정보와 앞으로 탐색할 경로에 대한 애매한 정보들(도로의 속도, 날씨, 주행시간대)을 퍼지를 이용하여 계산하였다. 퍼지를 이용하여 도로의 애매한 정보들을 실시간으로 활용할 수 있는 알고리즘을 제안하고 제안한 알고리즘의 타당성을 실험을 통하여 검증하였다.

I. 서론

인터넷 통신의 발달과 무선 이동 통신의 발달은 최적 경로 탐색의 인터넷 웹 페이지를 통한 서비스와 CNS(Car Navigation System)를 이용한 서비스가 가능하도록 하였으며, 나아가 개인용 휴대통신 장비인 PDA나 핸드폰을 이용하여서도 그 서비스가 제공되고 있다[1][2].

최적 경로 탐색에 주로 사용되는 알고리즘은 양방향 A* 알고리즘이다[2]. 양방향 A* 탐색은 중간에 만난 경로가 최적임을 보장하기 위한 탐색 종료 조건을 가지고 있으며, 탐색 종료 조건을 이용함으로써

단방향 A* 알고리즘 보다는 시간 단축의 성능 향상이 이루어지지만 실시간 최적 경로 탐색에 사용하기에는 효과적이지 못하다[2][3].

평균 경로 가중치를 이용하여 탐색하는 방법은 휴리스틱 평가 함수를 계산할 때 현재 노드까지의 총 비용을 현재 노드까지의 길이로 나누어 현재 노드까지 사용된 평균 경로 비용을 산출하고, 산출된 비용을 가중치로 사용하여 현재 노드에서 목적지까지의 예상 비용에 적용하는 방법이다.

출발지에서 현재 노드까지의 교통량이 많아서 정체되었다면, 이 정체된 정보를 목적지까지의 예상 비용에 추가하여 현재

노드에서 목적지까지의 교통 정보에 추가할 수 있게 된다. 이렇게 함으로써, 실제 도로의 교통량을 데이터에 적용할 수 있게 되며 실제 도로에서의 최적 경로 탐색에서 보다 정확하게 사용될 수 있다.

지금까지 지나온 경로들의 비용은 교통 정보 즉, 현재 노드까지의 교통 상황을 반영할 수 있다. 그러나, 도로 속도, 날씨 조건, 주행 시간대에 따른 교통량 등 애매한 교통 정보들을 모두 반영하기는 어려운 문제점을 가지고 있다.

이러한 애매한 교통 정보들을 반영하기 위하여 본 논문에서는 퍼지를 사용하였다. 퍼지를 사용함으로써, 실제 도로의 애매한 정보들을 현실적인 데이터로 바꾸어 최적 경로 탐색에 이용하고자 하였다.

본 논문은 2장에서는 최적 경로 탐색에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 평균 경로 가중치를 이용한 탐색 알고리즘과 퍼지를 이용한 경로 탐색 알고리즘을 제안하고, 4장에서는 제안된 알고리즘의 효용성을 확인하기 위하여 실제 도로에 적용한 결과를 보여주고 있다. 마지막으로 5장에서는 결론과 함께 향후 진행될 연구 방향에 대하여 논의하였다.

II. 관련 연구

2.1 탐색 알고리즘

양방향 A* 알고리즘은 출발지에서 목적지로 향하는 전방 탐색과 목적지에서 출발지로 향하는 후방 탐색으로 구성되어 진다.

양방향 A* 알고리즘은 두 방향에서의 탐색이 순차적으로 진행하게 되고, 두 탐색이 만나면 탐색을 종료하게 된다. 하지만 전방 탐색과 후방 탐색이 만났다고 하더라도 그 경로가 최적임은 보장할 수 없으며, 만난 경로가 최적인지를 확인하기 위

하여 탐색 종료 조건을 이용하여 확인하여야 한다[2][3][4].

탐색 종료 조건을 이용하기 위해서는 다른 최적의 경로가 있는지 확인하여야 하며, 이 시간이 탐색 시간에 포함되어 전체적인 탐색시간에 영향을 준다.

2.2 퍼지의 이용

기존의 퍼지를 이용한 경로 탐색 알고리즘들은 주로 사용자의 경향에 중점을 두었다. 사용자가 선호하는 도로 또는 사용자가 주로 사용하는 도로 정보들을 이용하여 사용자 위주의 경로를 탐색하였다 [5][6].

교통시스템에 있어서 교통이용자의 경로 선택 행동시 존재하는 선택행동 지식과 그것에 존재하는 퍼지성에 근거하여 교통 흐름 상에서의 경로선택 행동모델화를 시도하였고, 도로 이용자의 경로선택행동을 도로이용자의 경로선택 의사결정 규칙과 의사결정 요인속에 포함된 퍼지성을 고려하여 모델화를 시도하였다. 즉, 도로 이용자는 경로의 실제의 소요시간 및 도로에 대한 각종 정보 등을 정확히 알지못하고 과거의 주행경험 또는 습관 등을 바탕으로 경로선택행동을 한다는 것을 가정으로 한다[5].

경로 탐색에 있어서 사용자의 선호도도 중요하지만, 현재의 교통 정보도 매우 중요하다. 현재 시간대의 교통 상황이나 날씨에 따른 교통량의 변화, 마지막으로 도로의 속도에 따라서 차량의 이동 속도는 매우 많은 차이를 나타낸다.

본 논문에서는 이러한 애매한 정보를 퍼지를 이용하여 체계화하여 사용한다.

III. 제안한 알고리즘

3.1 평균 경로 가중치의 사용

양방향 A* 알고리즘은 노드에서 목적지까지의 예상 비용을 현재 노드에서 목적지까지의 직선거리를 이용하여 계산하였다. 그러나, 예상 비용을 직선거리로 이용하게 되면, 몇 가지 문제점을 가질 수 있다. 첫째는, 직선거리를 이용함으로써 유턴이나 좌회전 금지와 같은 교통 제한이 반영되지 못하는 단점이 있다. 지리적으로 똑같은 위치에 있는 지점들일지라도 검색하는 방향에 따라 경로가 달라질 수 있으나, 단순한 직선거리만을 고려할 경우에는 이러한 특성들이 반영되지 못한다. 두 번째는, 직선거리를 이용함으로써 도로에서의 실제적인 정보들을 반영하지 못한다. 도로의 속성(고속도로 또는 일반도로)이나, 교통 사고로 발생한 요인, 도로 보수로 인한 요인 등에 따라서 예상 비용이 다르게 나타날 수 있다.

평균 경로 가중치 알고리즘은 양방향의 탐색이 만나면 탐색을 종료하고, 그 경로를 최적 경로로 나타낸다. 그러나, 기존의 양방향 A* 알고리즘을 사용하게 되면, 두 탐색이 만나더라도 그 경로를 최적으로 간주할 수 없으며, 제안한 알고리즘도 최적의 경로는 보장할 수 없고, 최적의 경로에 가까운 준최적 경로(quasi-optimal path)로 인식될 수 있다[7].

준최적 경로를 사용하게 되면, 최적 경로는 보장받을 수 없지만, 그 경로 비용이 최적에 가까우면서 탐색 속도는 매우 빠르게 된다.

또한, 예상 비용을 직선거리만이 아니라 현재 노드까지의 도로 정보를 이용함으로써, 두 방향 탐색이 만난 경로가 보다 최적에 가깝게 할 수 있다.

평균 경로 가중치를 사용하는 것은 식 (1)에서와 같이 현재 노드까지의 총 비용을 현재 노드까지의 길이로 나누어 현재 노드까지 사용된 평균 경로 비용을 산출

하고 산출된 비용을 가중치로 사용하여 현재 노드에서 목적지까지의 예상 비용에 적용하는 방법이다.

$$f(n) = c(n) + \alpha \cdot h(n) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{c(n)}{l(n)}$$

여기서 $f(n)$ 은 총 비용, $c(n)$ 은 현재 노드까지의 경로 비용, $h(n)$ 은 현재 노드에서 목적 노드까지의 예상비용을 나타낸다. α 는 현재 노드에서 목적 노드까지의 가중치를 의미하는데, 현재 노드까지의 비용을 현재 노드까지의 길이로 나눈 값을 이용한다.

현재 노드까지의 평균 비용을 앞으로 진행하게 될 목적지까지의 예상 비용에 적용함으로써, 보다 정확한 예측이 가능해진다.

3.2 퍼지를 이용한 경로 탐색

평균 경로 가중치를 이용하여 탐색하는 방법은 양방향 A* 알고리즘을 개선한 방법에 비해서 탐색 속도가 향상되었지만, 탐색의 최적 여부에 있어서는 최적에 가까운 준최적 경로를 얻을 수 있다.

지금까지 지나온 경로들의 비용은 교통 정보 즉, 현재 노드까지의 교통 상황을 반영할 수 있다. 그러나, 도로 속도, 날씨 조건, 주행 시간대에 따른 교통량 등 애매한 교통 정보들을 모두 반영하기는 어려운 문제점을 가지고 있다.

이러한 애매한 교통 정보들을 반영하기 위하여 본 논문에서는 퍼지를 사용하였다. 퍼지를 사용함으로써, 실제 도로의 애매한 정보들을 현실적인 데이터로 바꾸어 최적 경로 탐색에 이용하고자 하였다.

퍼지화를 위한 데이터는 도로 속도, 날씨

조건, 주행시간대 등이 사용된다. 각각의 데이터를 이용하여 퍼지 추론엔진에서 결과를 도출하고, 도출된 퍼지 데이터를 비퍼지화를 거쳐서 실제의 경로 가중치를 추정한다.

퍼지를 이용한 최적 경로 탐색의 흐름도를 그림1에 나타내었다. 그림1에 나타낸 퍼지를 이용한 알고리즘은 경로 탐색을 퍼지를 이용하여 수행하였으며, 평균 경로 가중치 알고리즘과 마찬가지로 탐색 완료 조건이 없다.

본 논문에서 사용한 퍼지 변수는 3가지이다. 도로 속도, 날씨, 주행 시간대 등이다. 각각의 퍼지 변수는 도로의 교통 상황과 밀접한 관련을 가지고 있다.

도로 속도는 도로 유형에 따른 속도를 의미한다. 도로 유형은 고속도로, 국도, 일반도로로 구분되며, 각각의 도로는 도로 자체의 제한속도를 가지고 있다. 고속도로는 100km/h, 국도는 80km/h, 일반도로는 60km/h를 기본으로 하고, 각 도로의 상황에 따라 ± 10 km/h의 오차를 가지고 있다 [8]. 그림으로, 도로의 특성에 따라 선택할 수 있는 최적 경로가 달라질 수 있다.

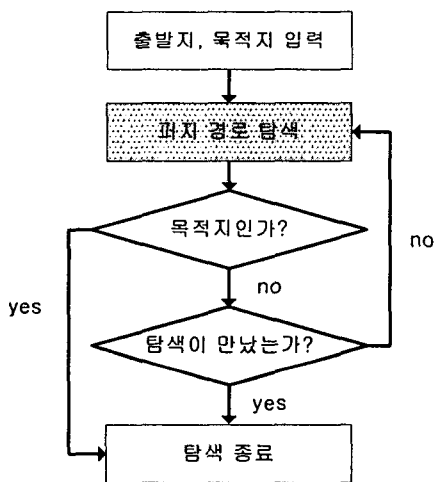


그림 1 제안한 알고리즘의 흐름도

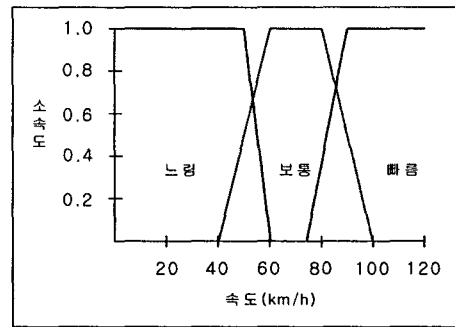


그림 2 도로 속도의 소속 함수

그림2에 도로 속도의 소속함수를 나타내었다. 예를 들어, 다음 진행할 수 있는 도로가 90km/h의 속도로 진행할 수 있다면, 이 도로는 빠름에 0.8의 소속도를 가지고, 보통에 0.7의 소속도를 가질 수 있다.

날씨는 차량이 이동하는데 중요한 요소 중의 하나이다. 날씨가 나쁘면 운전자가 운전하는데 지장을 초래하고 따라서 정체 구간이 많아질 수밖에 없다[5][8]. 또한, 날씨가 나쁘면 대중교통 수단보다는 자가용을 이용함으로써 교통량이 많아진다.

본 논문에서는 강수확률을 이용하여 날씨의 소속함수를 작성하였으며, 맑음, 보통, 흐림의 3단계로 구분하여 설정하였다. 그림3에 날씨의 소속함수를 나타내었다.

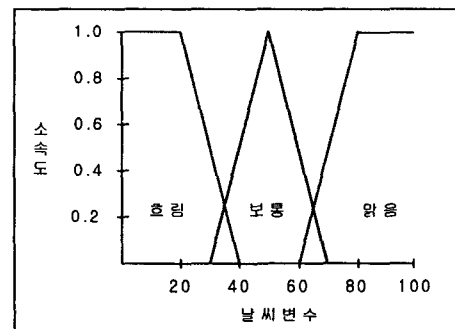


그림 3 날씨의 소속 함수

날씨의 소속함수에서 가로축은 날씨 변수를 나타낸다. 날씨 변수는 식2와 같이

표현된다.

$$\text{날씨변수} = 100 - \text{강수확률} \quad (2)$$

강수확률이란 비나 눈이 올 확률을 의미한다. 즉, 강수확률이 0이면 비나 눈이 올 확률이 0이라는 의미이고, 따라서 날씨 변수는 100이 된다. 날씨 변수가 100이면 맑음의 소속도가 1이 된다.

교통량에 영향을 미치는 중요한 요소중의 하나는 주행 시간대이다. 특히, 도심에서는 주행 시간대에 따라 교통량이 크게 변한다. 출퇴근시간대(6~10시, 17~21시)에는 낮시간대나 심야에 비하여 교통량이 많아서 정체 원인이 되고, 새벽이나 심야에는 교통량이 적게 영향을 미친다[6].

그림4에 주행시간대의 소속함수를 나타내었다.

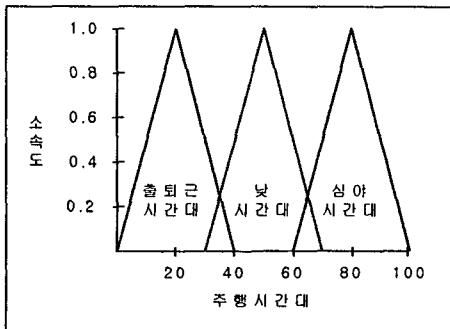


그림 4 주행시간대의 소속 함수

예를 들어, 낮시간대에는 0.25의 소속도를 가지고 출퇴근 시간대에는 0.2의 소속도를 갖도록 설정하였다.

퍼지 추론 규칙은 if-then 규칙을 사용하였으며, 도로 속도, 날씨, 주행 시간대의 3가지 요소들의 조합으로 이루어져 있으며, 총 27개로 이루어져 있다.

비퍼지화 방법은 무게중심법을 사용하였다. 비퍼지화 단계를 수행하고 난 후의 결

과로 가중치(α)를 얻는다. 가중치는 0~1.0 사이의 실수값이다. 얻어진 가중치를 식1의 α 에 적용하여 계산하였다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 퍼지를 이용한 알고리즘과 기존 양방향 A* 알고리즘을 비교하였으며, 총 200가지의 경로에 대하여 수행되었다. 표1은 실험한 결과 중 일부를 나타낸 것이다. 표1에서 양방향은 개선된 양방향 A* 알고리즘이고, 퍼지는 퍼지를 이용한 알고리즘이다.

표 1 탐색 결과

| 탐색 번호 | 탐색 비용 | | 탐색 노드수 | | 탐색 시간 | |
|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| | 양방향 | 퍼지 | 양방향 | 퍼지 | 양방향 | 퍼지 |
| 1 | 18954 | 19008 | 1838 | 1432 | 32647 | 30912 |
| 2 | 3104 | 3104 | 115 | 114 | 2423 | 2410 |
| 3 | 11818 | 11818 | 1070 | 696 | 40418 | 14312 |
| 4 | 12759 | 12759 | 1388 | 876 | 25056 | 17890 |
| 5 | 14125 | 14125 | 349 | 338 | 6699 | 6673 |
| 6 | 23533 | 23533 | 2916 | 2553 | 64231 | 52096 |
| 7 | 10377 | 15308 | 724 | 1276 | 13570 | 25566 |
| 8 | 16906 | 16906 | 2499 | 2048 | 46737 | 43912 |
| 9 | 15038 | 15038 | 1720 | 1297 | 67798 | 29991 |
| 10 | 12129 | 13134 | 531 | 462 | 10325 | 9812 |

탐색 비용의 측면에서 개선된 양방향 A* 알고리즘이 최적의 경로 비용이라고 하면, 퍼지를 이용한 알고리즘은 200개의 실험 데이터 중 182개가 최적 경로를 선정하여 약 91% 적중률을 나타내었다.

탐색 노드수의 측면에서는 개선된 양방향 A* 알고리즘에 비하여 약 23%의 감소를 가져왔다.

탐색 시간은 개선된 양방향 A* 알고리즘에 비하여는 약 20%의 감소를 나타내었다. 탐색 노드수에 비하여 탐색 시간이 더

속 향상되지 못한 이유는 퍼지를 이용하면서 퍼지 연산 수행을 위한 계산량이 추가로 부담되었기 때문이다. 이 계산량과 계산 시간을 개선하면 속도면에서 더욱 효과적인 결과가 예상된다.

종합적으로 살펴보면, 퍼지를 이용한 최적 경로 탐색 알고리즘은 애매한 교통 정보를 이용함으로써, 기존의 양방향 A* 알고리즘에 비하여 탐색 시간은 줄고, 최적에 가까운 준최적 경로를 선정하고 있다.

V. 결론

기존의 양방향 A* 알고리즘은 현재 노드에서 목적지까지의 예상 비용을 직선거리를 이용함으로써 실시간의 교통 정보를 반영할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 퍼지를 이용하여 실시간 교통 정보를 반영하였다. 사용자가 이용하고 있는 도로의 유형에 따라 진행 속도가 달라질 수 있다. 그리고 날씨의 맑고, 흐림에 따라 도로의 차량수가 달라질 수 있다. 마지막으로 주행시간대에 따라 차량수와 진행 속도가 달라질 수 있다. 이러한 애매한 교통정보들을 퍼지를 이용하여 실시간에 사용할 수 있는 현실 데이터로 변환하여 사용하였다.

제안한 알고리즘에 의하여 실험한 결과 200개의 경로 탐색 중 182개가 최적의 경로를 탐색하였고, 탐색 노드수는 약 23%가 감소되었고, 탐색 시간은 약 20%의 감소를 나타내었다.

향후 연구 과제로는 퍼지를 이용한 알고리즘의 계산량을 줄여서 보다 빠른 시간에 탐색이 가능하도록 할 필요성이 있다. 또한, 탐색 알고리즘을 최적화하여 모바일 단말기에 적용할 수 있도록 하는 노력이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 송성훈, 김기섭, "실시간 차량경로결정을 위한 동적 최단경로 알고리즘", 과학기술연구논문집, Vol.10 No.2, 1999
- [2] 이재무, 김종훈, 정홍석, "차량 항법 시스템의 경로 탐색을 위한 탐색 알고리즘들의 성능 비교", 한국정보교육학논문집, Vol.2 No.2, 1998
- [3] 황보택근, "최적 경로를 보장하는 효율적인 양방향 탐색 알고리즘", 멀티미디어학회논문지 Vol.5 No.6 pp.745-752, 2002
- [4] H. Kaindl, G. Kainz, "Bidirectional Heuristic Search Reconsidered", Journal of Artificial Intelligence Research, Vol.7, pp.283-317, 1997
- [5] 김현기, "교통 경로 선택의 퍼지 모델링", Journal of Industrial Technology, 1996
- [6] Vincent Henn, "Fuzzy route choice model for traffic assignment", Fuzzy Sets and Systems 116, 2000
- [7] J. Dillenburg, P. Nelson, "Perimeter Search", Artificial Intelligence, Vol.65 No.1, pp.165-178, 1994
- [8] 김영민, 안상현, "통계적 기법을 이용한 경로 선택 알고리즘", 정보과학회논문지 정보통신 제29권 제1호, 2002