

## 동적 경로 선정을 위한 효율적인 탐색 기법

최경미\*, 박화진\*\*, 박영호\*\*\*

### 요약

최근, ITS(Intelligent Transportation Systems)의 개발과 함께 차량용 내비게이션의 실시간 교통 정보를 이용하는 수요가 급증하면서, 경로탐색의 중요성이 더욱 가속화되고 있다. 그러나 기존의 경로탐색 알고리즘의 대부분은 최단경로 탐색을 위한 알고리즘으로, 정적인 거리 및 운행 시간정보를 사용하여 최적 경로를 계산하여 운전자에게 제공하기 때문에 교통량에 따라 동적으로 변하는 현 시점에서의 최적의 경로를 제공하지 못하는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance, SSP\_RD)과 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형화 및 동적 이동 경로 링크 맵을 제안한다.

## An Efficient Search Mechanism for Dynamic Path Selection

Kyung-Mi Choi\*, Hwajin Park\*\*, Young-Ho Park\*\*\*

### Abstract

Recently, as the use of real time traffic information of a car navigation system increases rapidly with the development of Intelligent Transportation Systems (ITS), path search is getting more important. Previous algorithms, however, are mostly for the shortest distance searching and provide route information using static distance and time information. Thus they could not provide the most optimal route at the moment which changes dynamically according to traffic. Accordingly, in this study, Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance(SSP\_RD) is proposed to solve this problem. Additionally, a routing model based on velocity reduction ratio and distance and a dynamic route link map are proposed.

Keywords : Reduction Ratio, Distance, Dynamic Route, SSP\_RD

### 1. 서론

최근 ITS(Intelligent Transportation Systems)의 개발과 함께 차량용 내비게이션의 사용이 급증하면서 경로탐색의 중요성이 더욱 가속화되고 있다. 경로탐색 알고리즘은 교통시스템, 통신 네트워크, 운송시스템, 이동 로봇의 경로 설정 등

다양한 분야에 사용되고 있다[1].

경로탐색과 관련된 기존의 경로탐색 알고리즘의 대부분은 최단거리 및 최소비용 탐색을 위한 알고리즘으로서, 경로 문제에 동적으로 변하는 상황정보를 주요하게 고려하지 않았다.

그러나 도로 교통량의 증가와 차량들의 이동이 증가하면서 교통상황이 이동 경로 비용에 미치는 효과가 매우 커지고 있으며, 따라서 교통상황을 고려한 이동 경로 비용을 최소화하는 요구가 대두되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해, 실제로 상황에 기반한 동적인 교통 정보의 제공은 운전자의 의사결정에 영향을 미친다는 연구결과가 있다.

미국 캘리포니아 주 샌프란시스코시에서 실시간 교통정보를 다양한 전달매체를 통해 시민들에게 전달했을 때 운전자들의 의사결정 형태를

※ 제일저자(First Author): 최경미  
접수일:2012년 08월 29일, 수정일:2012년 09월 19일  
완료일:2012년 09월 27일

\* 숙명여자대학교 멀티미디어학과  
[kmchoi0990@sookmyung.ac.kr](mailto:kmchoi0990@sookmyung.ac.kr)

\*\* 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수

\*\*\* 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수(교신저자)

▣ 본 연구는 숙명여자대학교의 2012학년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

살펴보면, 교통정보를 받은 이용자 중 인터넷 사이트를 이용한 경우 81%, 전화를 이용한 경우 45%, 라디오나 TV를 이용하여 실시간 교통정보를 받은 이용자는 25%가 통행계획을 변경한 것으로 나타났다[2][3].

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance, SSP\_RD)을 제안한다.

동적 경로 이동 선정은 출발지 노드에서 목적지 노드까지의 도로혼잡 상황정보를 파악하고, 상황에 따른 이동시간을 추론하여 감속률을 구하고, 감속률과 거리에 기반해 경로를 선정한다. 이때, 감속률은 낮을수록 속도차감 정도가 줄어들어 좋다. 이러한 방법은 내비게이션 등의 경로 탐색 알고리즘에 적용할 수 있는 방법이다.

본 논문에서는 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형과 이동 경로 링크 맵을 제안한다. 본 논문의 공헌은 다음과 같다.

첫째, 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측을 모형화하였다. 둘째, 감속률과 거리에 기반한 동적 이동 경로 링크 맵을 제안하였다. 셋째, 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance, SSP\_RD)을 제안하고, 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Dijkstra, DSPT, A\*, ACO 알고리즘에 대해 설명한다. 3장 동적 경로 선정을 위한 탐색 기법에 대해 설명하고, 4장에서는 실험 결과에 대해서 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구로 논문을 마친다.

## 2. 관련연구

본 장에서는 경로 탐색 알고리즘인 Dijkstra, DSPT, A\*, ACO 알고리즘에 대해 설명한다.

### 2.1 Dijkstra 알고리즘

Dijkstra 알고리즘[4]은 어떤 간선도 음수 값을 갖지 않는 방향 그래프에서 주어진 출발점과

목적점 사이의 최단 경로를 찾는 알고리즘이다. Dijkstra 알고리즘은 각 정점에 이르는 최단 경로를 출발점의 주변에서부터 하나씩 확장해가면서 서서히 범위를 넓힌 후 최종적으로 모든 정점에 이르는 최단 경로를 구하는 알고리즘이다.

하지만, Dijkstra 알고리즘은 Polynomial Time의 시간 복잡도를 가지는 최단거리 알고리즘으로 노드의 수가 증가함에 따라 경로 탐색 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

Dijkstra 알고리즘의 수행과정을 살펴보면, 먼저 출발점에서 가장 인접한 정점을 찾는다. 그 정점까지의 거리가 최단거리가 되며, 최단거리의 정점들의 집합을 S라고 한다. 집합 S에 포함되지 않은 정점중에서 출발점으로부터 가장 가까운 정점을 찾고 새로운 정점은 집합 S에 이웃하는 정점들 중 하나가 된다. 그 정점까지 거리는 최단거리이며, 그 정점을 집합 S에 포함하게 된다. 모든 정점이 집합 S에 포함될 때까지 과정을 반복한다.

### 2.2 DSPT 알고리즘

최단 경로를 찾는 알고리즘으로 Dijkstra 알고리즘을 많이 사용한다. 하지만, Dijkstra 알고리즘은 일부 링크의 값이 수정될 때, 재사용하면 모든 노드에 대해서 반복 계산하여 계산량이 많아지고, 불필요한 수정이 발생하게 되는 문제가 있다[5].

이러한 Dijkstra 알고리즘의 단점을 보완하기 위한 동적 알고리즘인 DSPT(Dynamic Shortest Path Tree)가 있다. DSPT 알고리즘은 수정된 링크의 값에 영향을 주는 노드만을 계산하여 계산량을 줄이고, 불필요한 수정을 하지 않는다[6].

하지만, DSPT 알고리즘은 계산이 수행되는 자식노드들 사이에서의 증가 거리는 제외하고, 외부노드로부터 자식노드로 들어오는 증가거리만을 계산하기 때문에 일부 잘못된 계산을 하는 문제가 발생한다.

### 2.3 A\* 알고리즘

A\* 알고리즘은 출발지 노드에서부터 목적지 노드까지 가는 최단 경로를 찾아내는 그래프/트리 탐색 알고리즘 중 하나이다[4].

목표노드까지의 가장 좋은 경로를 추정하기 위해 각 노드에 랭킹을 부여하는 "Heuristic

Estimate”를 사용하고 그 순서대로 노드를 방문한다. A\* 알고리즘은 모든 노드를 탐색하지 않기 때문에 최단경로를 보다 빠르게 탐색하는 특징이 있지만, Sub-Optimal한 경로만을 탐색하는 문제를 가진다.

### 2.4 ACO 알고리즘

개미 집단 최적화(Ant Colony Optimization, ACO) 알고리즘은 조합 최적화 문제를 해결하기 위한 메타 휴리스틱(Meta Heuristics) 탐색 방법으로, 그리디 탐색(Greedy Search)뿐만 아니라 긍정적 반응의 탐색을 사용한 모든 집단에 근거한 접근법이다.

메타 휴리스틱은 지역 최적화를 피하기 위한 알고리즘으로 Colomi, Dorigo, Maniezzo가 처음으로 개미 집단 알고리즘을 제안하였으며, 지역 갱신과 전역갱신을 통해 최적의 해답을 찾는 알고리즘이다[7-9].

개미들은 각 경로에 있는 페로몬 양을 기반으로 서로 간의 정보교환을 통해 최적의 경로를 찾아가고 이러한 개미들의 행동양식을 그대로 적용한 휴리스틱 탐색 방법으로 조합 최적화 문제인 순회 판매원 문제(Traveling Salesman Problem), 순서 문제(Sequential Ordering Problem), 차량 경로 문제(Vehicle Routing Problem), 이차 배정 문제(Quadratic Assignment Problem), 일정 계획 문제(Job-shop Scheduling Problem), 그래프 착색 문제(Graph Coloring Problem), Telecommunications Networks 등에서 최적의 해를 구하기 위해 사용되고 있다[10].

## 3. 동적 경로 선정을 위한 탐색 기법

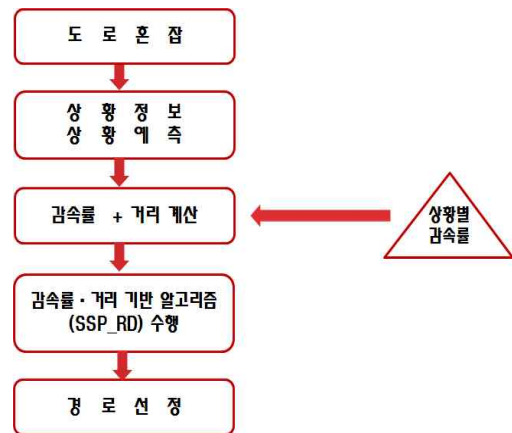
본 장에서는 본 논문에서 제안하는 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형에 대해 설명하고, 동적 이동 경로 링크 맵에 대해 설명한다. 또한, 본 논문에서 제안하는 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(SSP\_RD)에 대해 설명하고, 도로 혼잡 상황정보를 토대로 감속률 계산식에 대해 설명한다.

### 3.1 동적 경로 예측 모형

본 절에서는 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형에 대해 설명한다.

본 논문에서 제안한 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형은 현재의 눈에 보이는 속도가 아니라 향후 펼쳐질 속도 변화의 트렌드를 반영한 모형을 제안한다.

감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형은 (그림 1)와 같다. (그림 1)에 대해 설명하면, 도로의 혼잡 상황을 파악하여 각 구간별 이동시점에서의 상황정보를 토대로 상황을 예측하고, 상황별 감속률을 이용하여 감속률과 거리를 계산한 후, 감속률과 거리에 기반한 의미적 최단거리(SSP\_RD) 알고리즘을 수행하여, 이동 경로를 동적으로 선정한다.



(그림 1) 동적 경로 예측 모형

### 3.2 동적 경로 선정

본 절에서는 본 논문에서 제안한 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리(SSP\_RD) 알고리즘의 경로 선정에 있어 중요한 감속률 구하는 식에 대한 설명 및 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정하는 식에 대해 설명한다.

감속률 구하는 식의 기호들을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 감속률에 대한 기호 정의

기 호	내 용
$RR$	감속률
$\Delta\tau_{(t2-t1)}$	$t2 - t1$
$t1$	이전시간
$t2$	현재시간
$SP_{t1}$	이전시간의 속도
$SP_{t2}$	현재 시간의 속도

감속률 구하는 식(1)은 다음과 같다.

$$RR = \frac{SP_{t2} - SP_{t1}}{\Delta\tau_{(t2 - t1)}} \times 100 \quad (1)$$

식(1)에서는 감속률이 낮을수록 속도차감 정도가 줄어들어 좋다. 이때, 감속률은 마이너스가 될 수 있다. 감속률이 마이너스가 될 수 있다는 사실은 이전에 비해서 도로상황이 점차 좋아지고 있음을 나타내는 것이다.

감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정에 대한 기호들을 정리하면 <표 2>과 같다.

<표 2> 동적 경로 선정에 대한 기호 정의

기 호	내 용
$RR_{DoD}$	감속률 & 거리
$W_1$	감속률 고려 비율(Weight)
$DoD$	거리(Distance of Dijkstra)
$W_2$	거리 고려 비율(Weight)

감속률 구하는 식(1)에서 감속률을 이용하면, 동적 경로를 선정하는 식(2)은 다음과 같다.

$$RR_{DoD} = RR \times W_1 + DoD \times W_2 \quad (2)$$

식(2)에서 RR은 감속률을 나타내며, W1는 감속률 고려 비율(Weight)을 나타낸다. 이때, 감

속률 고려 비율(Weight)는 퍼센트(%)로 나타낸다. DoD는 거리(Distance of Dijkstra)를 나타내고, 거리 값은 현시점에서 다음 이동시점으로 이동할 각 경로의 거리 값을 비율로 환산하여 백분율로 구한 후, DoD에 대입한다. W2는 거리 고려 비율(Weight)를 나타낸다. 이때, W1과 W2의 총합 100%로 항상 1의 값을 가진다.

일반적으로 다양한 요소를 산정하는 경우에는 해당 요소의 Weight를 가변적으로 부여할 수 있다. 예를 들어, 연비, 성별, 기후, 관습, 선호 도로 등의 새로운 요소를 주어진 산정 식(3)에 적용하는 경우에는 해당 요소의 고려비율의 합이 100%가 되도록 조정하면, 다양한 환경요소를 결합한 새로운 알고리즘을 제안할 수 있다.

다음 식(3)은 Weight의 총합을 계산하는 식이다.

$$Total\ Weight = W_1 + W_2 + \dots, W_n \quad (3)$$

*(then, Total Weight is 100%)*

Total Weight를 식(3)에 적용하면, 다음과 같이 식(4)이 된다.

$$X = \begin{matrix} RR \times W_1 + DoD \times W_2 + \\ OF_1 \times W_3 + OF_2 \times W_4 \dots, \end{matrix} \quad (4)$$

이때, OFi 는 i번째 Other Factor의 약자로서, i개의 추가요소를 식(4)에 추가하여, 최종 경로 선정에 영향을 부여할 수 있는 확장성 있는 방안이 될 수 있다.

### 3.3 동적 경로 선정을 위한 SSP\_RD 알고리즘

본 절에서는 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance, SSP\_RD)을 제안한다.

감속률과 거리에 기반한 의미적 최단거리 알고리즘(SSP\_RD)의 의사코드(Pseudo Code)를 설명하면, Step 1에서는 현재 노드에서 목적지 노드까지 감속률 결과 값을 계산한다. Step 2에서는 현재 노드에서 목적지 노드까지의 거리 결과 값을 계산한다. Step 3에서는 감속률과 거리에

Weight를 적용하여 나온 산출 값을 구하고, Step 4에서는 Step3에서 나온 산출 값에 의해 선택된 노드로 이동 경로를 선정한다.

동적 이동 경로 선정에 대해 설명하면, 감속률 구하는 식(1)에서 감속률을 이용하여, 감속률과 거리에 기반한 동적 경로를 구하는 식(2)에 의해 현재 시점에서 목적지점까지 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 산출 식에 의해 나온 결과 값이 낮은 곳으로 현재 이동시점에서 다음 이동시점을 선정한다.

계속해서 현재 시점에서 목적지점까지의 나온 결과 값이 낮은 곳으로 현재 이동시점에서 다음 이동시점의 경로를 선정한다.

마지막 지점까지 현재 시점에서 목적지점까지의 동적 경로 산출 식에 의해 나온 결과 값이 낮은 곳으로 현재 이동시점에서 다음 이동시점을 동적으로 선정하여 목적지점까지 도달한다. 이때, 감속률은 각 단계별로 0~1까지 계속 랜덤 비율을 사용하였다.

(그림 2)는 감속률과 거리에 기반한 의미적 최단거리(SSP\_RD) 알고리즘의 의사코드(Pseudo Code)이다.

```

Procedure : SSP_RD Algorithm
Begin
  While (termination condition not met) Do
    Step 1 : Calculate a reduction ratio result from the current node to the destination node;
    Step 2 : Calculate a distance result from the current node to the destination node;
    Step 3 :  $Reduction\ Ratio \times Weight_1 + Distance \times Weight_2$  (then,  $Weight_1 + Weight_2 = 1$ );
    Step 4 : Move to the node which is selected in Step 3;
  End While
End
    
```

(그림 2) SSP\_RD 알고리즘 Pseudo Code

### 3.4 동적 이동경로 링크 맵

본 절에서는 감속률과 거리에 기반한 동적 이동 경로 링크 맵에 대해 설명한다.

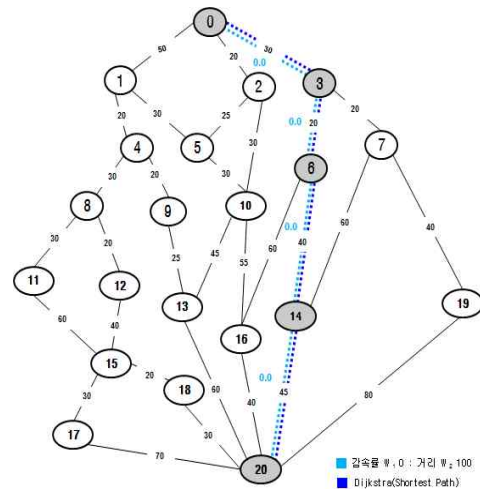
제안하는 감속률과 거리에 기반한 동적 이동 경로 링크 맵은 감속률을 0~1까지 단계별로 랜

덤 비율을 사용하였다.

(그림 3)에 대해 설명하면, 출발지 노드(0)에서 목적지 노드(20)까지 모든 경로를 탐색한다. 이때, 경로의 탐색은 감속률과 거리에 기반한 동적 경로를 구하는 식(2)에 의해 모든 경로를 탐색한다.

거리는 각 노드 경로의 거리 값을 비율로 환산해서 백분율로 구한다. 예를 들면, (그림 2)의 링크 맵에서 출발지 노드(0)에서 각 노드 경로(1)은 거리 값 50, 노드 경로(2)는 거리 값 20, 노드 경로(3)은 거리 값 30이다. 비율로 환산하면 100, 40, 60이고, 백분율로 하면, 1.0, 0.4, 0.6 이다.

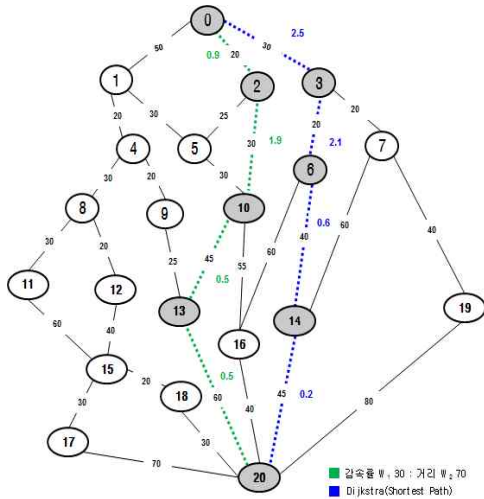
(그림 3)는 감속률 Weight 0%와 거리 Weight 100%를 적용한 링크 맵이다. (그림 2)에서 감속률 0.0은 감속률 Weight 0%를 나타내고, 거리 Weight는 100%를 나타낸다. 이때, 감속률 Weight 0%, 거리 Weight 100%는 거리만을 적용한 결과이므로, 본 논문에서 제안한 SSP\_RD 알고리즘과 Dijkstra 알고리즘의 결과가 동일한 노드 경로(0 → 3 → 6 → 14 → 20)가 나왔다.



(그림 3) 감속률  $W_1$  0%와 거리  $W_2$  100%를 적용한 링크 맵

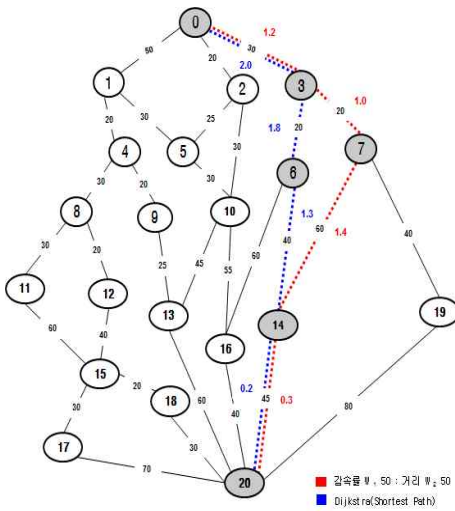
(그림 4)은 감속률 Weight 30%와 거리 Weight 70%를 적용한 링크 맵이다. 감속률 Weight 30%와 거리 Weight 70%의 경우는 Dijkstra의 감속률과 거리를 기반한 값이 상대적으로 크므로 선정되지 않았다. 결과적으로 노드

경로(0 → 2 → 10 → 13 → 20)가 나왔다.



(그림 4) 감속률  $W_1$  30%와 거리  $W_2$  70%를 적용한 링크 맵

(그림 5)은 감속률 Weight 50%와 거리 Weight 50%를 적용한 링크 맵을 보여주고 있다. 결과적으로 노드 경로(0 → 3 → 7 → 14 → 20)가 나왔다.



(그림 5) 감속률  $W_1$  50%와 거리  $W_2$  50%를 적용한 링크 맵

### 4. 실험

본 장에서는 실험 결과에 대해 설명하고, 본 논문에서 제안하는 SSP\_RD 알고리즘을 시간 측정하여 비교하였다.

본 실험은 노드 21개, 경로 31개로 실험하였고, 감속률은 0~1까지 랜덤을 사용하였다.

<표 3>은 SSP\_RD 알고리즘의 감속률 Weight1와 거리 Weight2를 적용하여 시간측정한 결과를 나타낸다.

<표 3> SSP\_RD 알고리즘의 시간측정 비교

감속률( $W_1$ )	거리( $W_2$ )	SSP_RD
0%	100%	0.374
30%	70%	0.364
50%	50%	0.370

감속률  $W_1$  0%, 거리  $W_2$  100% 일 경우 시간 측정결과 0.374초, 감속률  $W_1$  30%, 거리  $W_2$  70% 일 경우 0.364초, 감속률  $W_1$  50%, 거리  $W_2$  50%일 경우 0.370초가 나왔다.

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 도로혼잡의 상황정보를 기반해 이를 활용하여 최단 시간 및 최소 비용의 변화를 동적으로 반영하는 것이 가능하므로, 감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정을 위한 의미적 최단거리 알고리즘(Semantic Shortest Path algorithm with Reduction ratio & Distance, SSP\_RD)을 제안한다.

본 논문에서는 감속률과 거리에 기반한 이동 경로 예측 모형과 이동 경로 링크 맵을 제안하였다. 또한, 제안한 알고리즘이 감속률과 거리에 기반한 동적으로 경로를 찾아가는 알고리즘이라는 것을 증명하기 위해 SSP\_RD 알고리즘을 실험하였다.

본 논문은 여러 가지 요소들을 확장성 있게 적용할 수 있다. 현재는 감속률과 거리를 적용하여 실험하였다. 그렇지만, 추후에 어떤 요소(연비, 성별, 기후, 관습)을 본 논문에서 제안하는

공식에 넣을 때, 공식에 Weight의 총합이 1이 되도록 조정하면 확장성 있는 방법이 된다.

감속률과 거리에 기반한 동적 경로 선정 방법을 제안함으로써, 최단 시간 및 최소 비용의 정보를 제공해 줄 뿐만 아니라 일부분의 교통 정체 완화 및 긴 이동 시간으로 인한 사회적 비용 감소의 효과를 가져다 줄 것으로 기대된다.

향후 연구 과제로는 현재 눈에 보이는 속도를 따라갔을 경우와 감속률로 따라갔을 경우의 실험이 필요하겠고, 출발지 노드에서 목적지 노드까지 차선별로 감속률과 거리를 적용하여 동적으로 경로를 선정하는 연구를 진행하고자 한다.

**참 고 문 헌**

[1] 옥승호, 안진호, 강성호, 문병인, "선호도 기반 최단 경로 탐색을 위한 휴리스틱 융합 알고리즘," 전자공학회 논문지, 제47권, TC 제8호, 2010.

[2] Lyytinen, K. and Yoo, Y., "Research Commentary: the Next Wave of Nomadic Computing," Information Systems Research, Vol. 13, No. 4, pp. 377-388. 2002.

[3] Oh, S.H., "KRIHS FOCUS ITS: Intelligent Transportation Systems," Korea Research Institute for Human Settlements, Vol. 268, 2004.

[4] 위키피디아, "http://www.wikipedia.org"

[5] 조태환, 김지원, 김병조, 윤완오, 최상방, "동적 라우팅 알고리즘의 신뢰성 향상을 위한 최단 경로 설정 알고리즘," 정보과학회논문지 제38권 제6호. 2011.

[6] Bin Xiao, Jiannong Cao, Zili Shao, and Edwin H.-m. sha, "An Efficient Algorithm for Dynamic Shortest Path Tree Update in Network Routing," Journal of Communication and Networks, Vol. 9, No. 4, pp. 499-510, Dec. 2007.

[7] A. Colomi, M. Dorigo, and V. Maniezzo, "An investigation of some properties of an ant algorithm," In Proceedings of the Parallel Problem Solving from Nature Conference(PPSN 92), Elsevier Publishing, pp.509-520, 1992.

[8] A. Colomi, M. Dorigo, and V. Maniezzo, "Distributed optimization by ant colonies," In Proceedings of ECAL91-European Conference of Artificial Life, Paris, France, F.Varela and P.Bourgine(Eds.), Elsevier Publishing, pp134-144, 1991.

[9] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colomi, "The Ant

System: Optimization by a colony of cooperation agents," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B, Vol. 26, No. 1, pp.1-13, 1996.

[10] 이승관, 최진혁, "개미 집단 최적화에서 강화와 다양화의 조화," 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제3호, 2011.



**최 경 미**

2012년~현재 : 숙명여자대학교  
멀티미디어과학(석사)

관심분야 : 멀티미디어 데이터베이스, 정보검색, 모바일 콘텐츠



**박 화 진**

1991년~1997년 : 미 아리조나주립대 (박사)  
1998년 : 삼성 SDS 선임연구원  
2000년~현재 : 숙명여자대학교  
멀티 미디어학과 교수

관심분야 : 컴퓨터그래픽, 가상현실, 게임



**박 영 호**

1992년 : 동국대학교 공과대학  
컴퓨터공학과(학석사)  
2005년 : 한국과학기술원 전산학과  
(공학박사)

1993년~1999년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 교환전송연구단 선임연구원  
2001년~2006년 : 한국산업기술대학교(KPU) 컴퓨터공학과 겸임교수  
2005년~2006년 : 한국과학기술원(KAIST) 첨단정보기술연구센터 연구원  
2005년~2006년 : 동국대학교 컴퓨터멀티미디어학과 겸임교수  
2006년~현재 : 숙명여자대학교 이과대학 멀티미디어학과 부교수

관심분야 : 데이터베이스, XML, 정보검색, 멀티미디어 데이터베이스