

# 유전자 알고리즘, 퍼지 룰을 이용한 다중 경로 계획

## Path-planning using Genetic Algorithm and Fuzzy Rule

허정민\* · 김정민\* · 정승영\* · 김성신\* · 김광백\*\*

Jeong-min Heo, Jung-min Kim, Sung-young Jung, Sung-shin Kim and Kwang-baek Kim

\* 부산대학교 전자전기공학과  
\*\* 신라대학교 컴퓨터정보공학부

### 요 약

본 논문에서는 신경망 모델(neural network model)과 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 실시간 경로 계획(real-time path-planning)과 퍼지 룰(fuzzy rule)을 이용한 효율적인 다중경로계획(multiple path-planning)을 제안한다. 실시간 경로 계획은 빠른 시간 내에 최적 경로의 생성이 반드시 수행되어야 하므로, 본 논문에서는 경로 계획 중 장애물 지역과 비장애물 지역을 빠르게 확인하기 위해 신경망 모델을 이용하며, 이동 방향 및 최적 경로 탐색을 위하여 유전자 알고리즘을 이용하였다. 또한 충돌 구역에서의 효율적인 다중 경로 계획을 위해, 퍼지 룰을 이용하여 경로를 재계획 하였다. 퍼지의 경우, 현재 위치에서 목표 지점으로의 방향을 계산하기 위한 퍼지 소속 함수와 현재 위치와 충돌 구역까지의 거리 값을 가중치로 세우고 퍼지 룰을 결정하여 경로계획을 수행하였다. 시뮬레이션을 통해 실험해본 결과, 퍼지 룰을 사용했을 때 사용하지 않았을 때 보다 좋은 성능을 나타남을 확인할 수 있었다.

키워드 : 유전자 알고리즘, 신경망, 퍼지, 다중 경로 계획

### 1. 서 론

다중 경로 계획의 목적은 여러 대의 자율 주행 장치들의 최적의 경로를 찾고, 임무를 수행할 때 서로간의 충돌 방지를 목적으로 하는 것이다. 이는 많은 알고리즘이 개발 되고 있으며, 많은 문제해결 방법이 제시되어져 왔다 [1]. 일반적으로 다중 경로 계획을 위해서는 여러 대의 자율주행장치가 자신의 위치를 알고 있어야하며, 이들의 충돌 방지를 위해 적절한 경로 계획이 필요하다. 하지만 자율주행장치(autonomous ground vehicle)는 자신이 처한 환경에 대한 정보가 많은 불확실할 경우에는 주어진 업무에 대한 비효율적인 작업을 수행을 하게 된다[2]. 이런 자율주행장치의 효율적인 작업과 불확실성을 없애기 위해서는 주변 환경에 대한 정보가 충분히 주어져야 최적의 경로 계획(path planning)이 이루어 질 수 있다. 경로 계획은 크게 전역 경로 계획(global path planning)과 지역 경로 계획(local path planning) 2가지로 나눌 수 있다. 전역 경로 계획이란 알려져 있는 환경 기반 정보에 근거하여 시작점에서 목표점까지의 경유점을 결정하는 것이며, 지역 경로 계획은 각 경유점 사이에서 알려지지 않은 장애물을 만나거나 예상치 못한 임무 변경이 발생할 경우 경로를 재산출하는 것이다. 전역 경로 계획의 경우 환경에 대한 정보를 정확히 가지고 있기 때문에 최적화된

경로를 계획 할 수 있지만, 많은 연산량을 필요로 하기 때문에 실시간으로 적용하기에는 어려움이 있다. 반면, 지역 경로 계획은 최적화된 경로 계획을 할 수는 없지만 비교적 적은 연산량을 필요로 하기 때문에 실시간으로 적용이 가능하나 지역 최소화(local minimum)에 빠질 위험이 있다[3]. 이런 지역 최소화의 문제점을 해결하기 위해 현재 많은 연구가 진행되고 있으며, 대부분의 경우 센서들의 정보를 융합하여 지역 최소화 문제를 해결한다[4]. 본 논문에서는 정적 장애물이 존재하는 영역에서 전역 경로 계획과 퍼지 추론 기법을 이용하여 자율주행장치들의 최적화된 다중 경로 계획을 제안한다. 최적화의 대표적인 알고리즘인 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)을 사용하여 각 자율주행장치의 전역 경로 계획을 수행하며, 각 자율주행장치의 이동 방향을 고려한 퍼지 추론 기법을 이용하여 서로간의 충돌 회피를 수행한다. 경로 계획을 위한 환경에 대한 정보는 간단한 신경망(neural network)모델을 이용하여 장애물 지역과 비장애물 지역을 확인하였으며, 제안된 방법의 성능은 정적 환경(static environment)에서 다수의 자율주행장치를 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

### 2. 유전자 알고리즘

본 논문에서는 최적의 경로 계획을 위해 유전자 알고리즘을 이용하였다. 유전자 알고리즘이란 유전적 계승과 생존경쟁이라는 자연현상을 알고리즘 형태로 모델링한 확률적 탐색 방법을 말한다. 대표적인 적용분야로는 객체

감사의 글 : 본 연구는 지방연구중심대학육성산업 차세대물류IT기술연구사업단에 의해 지원받은 연구임.

분류, 영상 및 처리, 학습, 시스템 디자인 등이 있다[5]. 그림 1은 제안된 방법에서 사용된 유전자 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

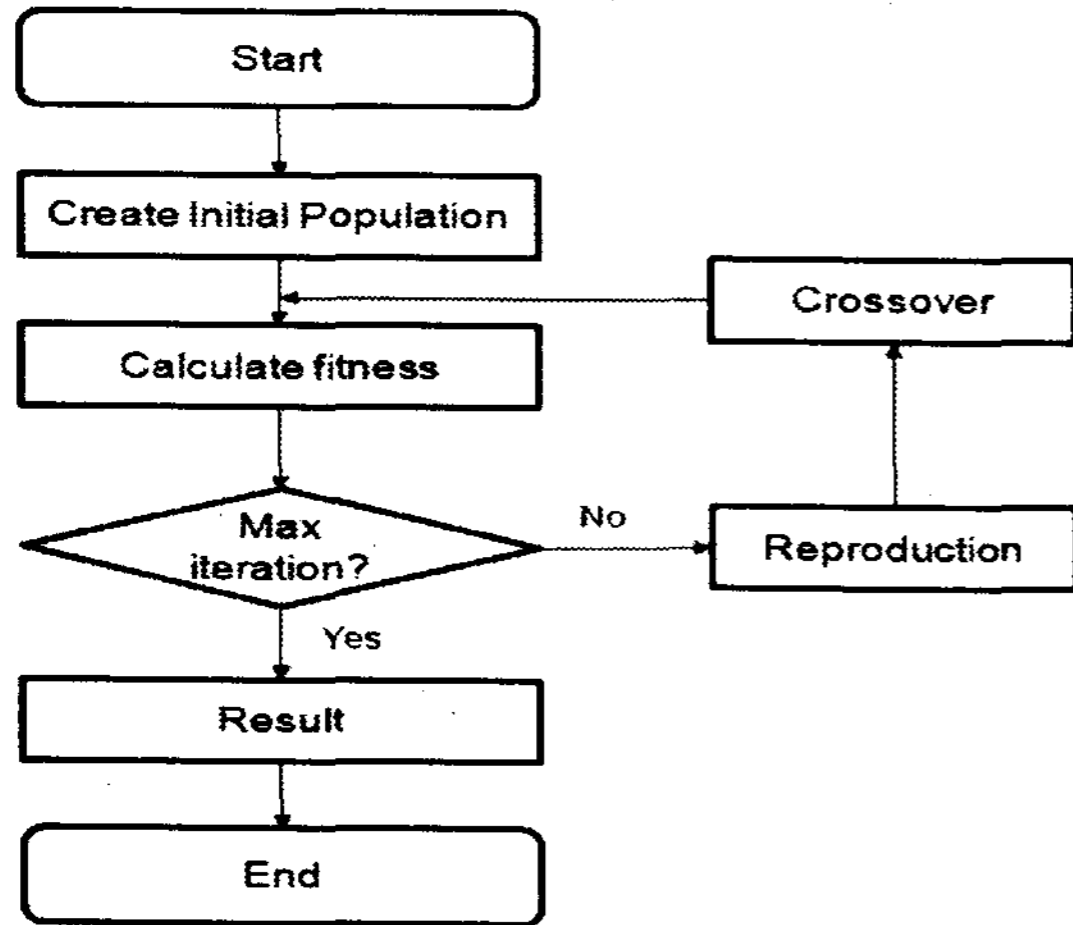


그림 1. 유전자 알고리즘 순서도

유전자 알고리즘의 연산자로는 교배(crossover)와 재생산(reproduction)을 사용하였으며, 최대 반복횟수는 10000으로 수행하였다. 교배 연산에서는 적합도가 가장 높은 염색체 2개를 선택하여 교배를 시켰으며 재생산 연산에서는 높은 적합도를 가지는 염색체들을 나열하여, 전체 염색체 수의 50%까지를 다음 세대로 선택되게 하였다. 유전자 알고리즘을 사용함으로써 자율주행장치들의 주어진 환경 내에서 정적 장애물을 피하고 목적지까지의 최적 경로 계획이 가능하며, 적합도의 계산은 식(1)과 같이 계산된다.

$$fitness = \sum(D_{Obs} - D_{short}) \quad (1)$$

여기서 최단 경로(shortest path) 수치인  $D_{short}$  값이 작고, 안전함(safety) 수치  $D_{Obs}$ 가 큰 값을 가지는 경로를 최적 경로로 판단한다. 여기서 안전함이란 자율주행장치들과 장애물과의 거리를 의미한다.

### 3. 퍼지 추론 기법

본 논문에서는 다중 경로 계획 중 자율주행장치들의 충돌을 방지하기 위하여 퍼지 추론 기법을 이용하여 최종 경로를 결정한다. 퍼지 추론을 위해 각 자율주행장치의 진행 방향을 나타내는 퍼지 소속 함수의 소속도 값을 계산하며, 계산된 퍼지 소속도 값은 충돌 회피를 위해 만들어진 퍼지 룰을 이용해 앞서 유전자 알고리즘을 통하여 생성된 경로에서 충돌 구간이 발생할 경우 경로를 재계획 하게 된다. 자율주행장치의 방향 퍼지 소속 함수의 구조는 그림 2와 같다. 방향 퍼지 소속 함수는 그림과 같이 Left, Middle, Right, 총 3개의 구간을 가지며 각 구간은 경유 지점에서 자율주행장치의 이동 방향을 의미한다. 표 1은 충돌 회피를 위한 퍼지 룰을 나타낸다. 자율주행장치의 수가 2대 일 경우, 총 2개의 소속도 입력과 2개의 출력값이 나오며, 주행 장치의 수가 더 많아 질 경우에는 입력값과 출력값 역시 비례하여 증가하게 된다. 퍼지 추론 룰은 비교적 간단한 구조로 구성되어 있으며 충돌이

발생하지 않도록 단순히 자율주행장치의 진행 경로를 변경해주기 때문에 계산량이 많지 않으므로 빠른 경로 수정이 가능하다.

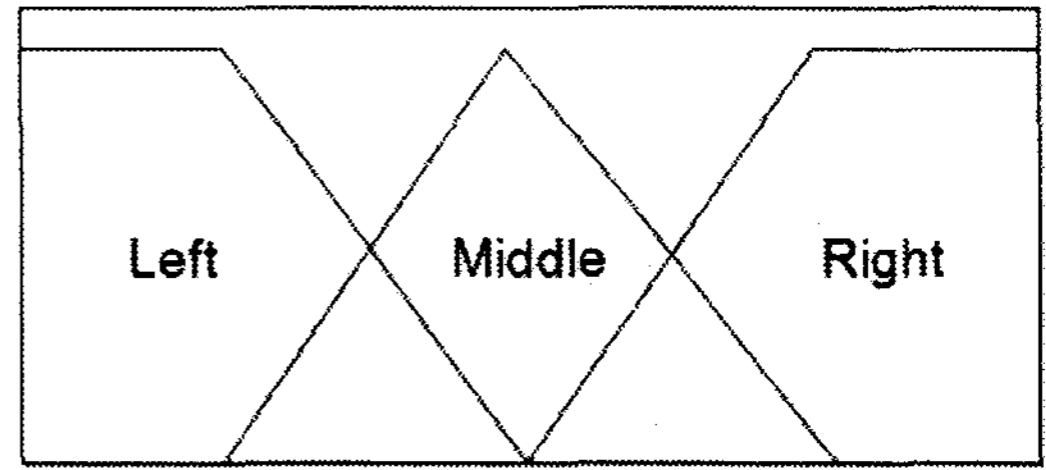


그림 2. 자율주행장치의 방향 퍼지 소속 함수

표 1. 충돌 회피를 위한 퍼지 룰

X1 \ X2	Left	Middle	Right
Left	y1=Left	y2=Right	y1=Left
Middle	y1=Left	y2=Left	y1=Left
Right	y1=Right	y2=Right	y1=Left

경로를 수정하는 자율주행장치는 작업 우선순위에 따라 결정하여야 하지만 본 논문에서는 주로 첫 번째 자율주행장치의 경로를 수정하였다.

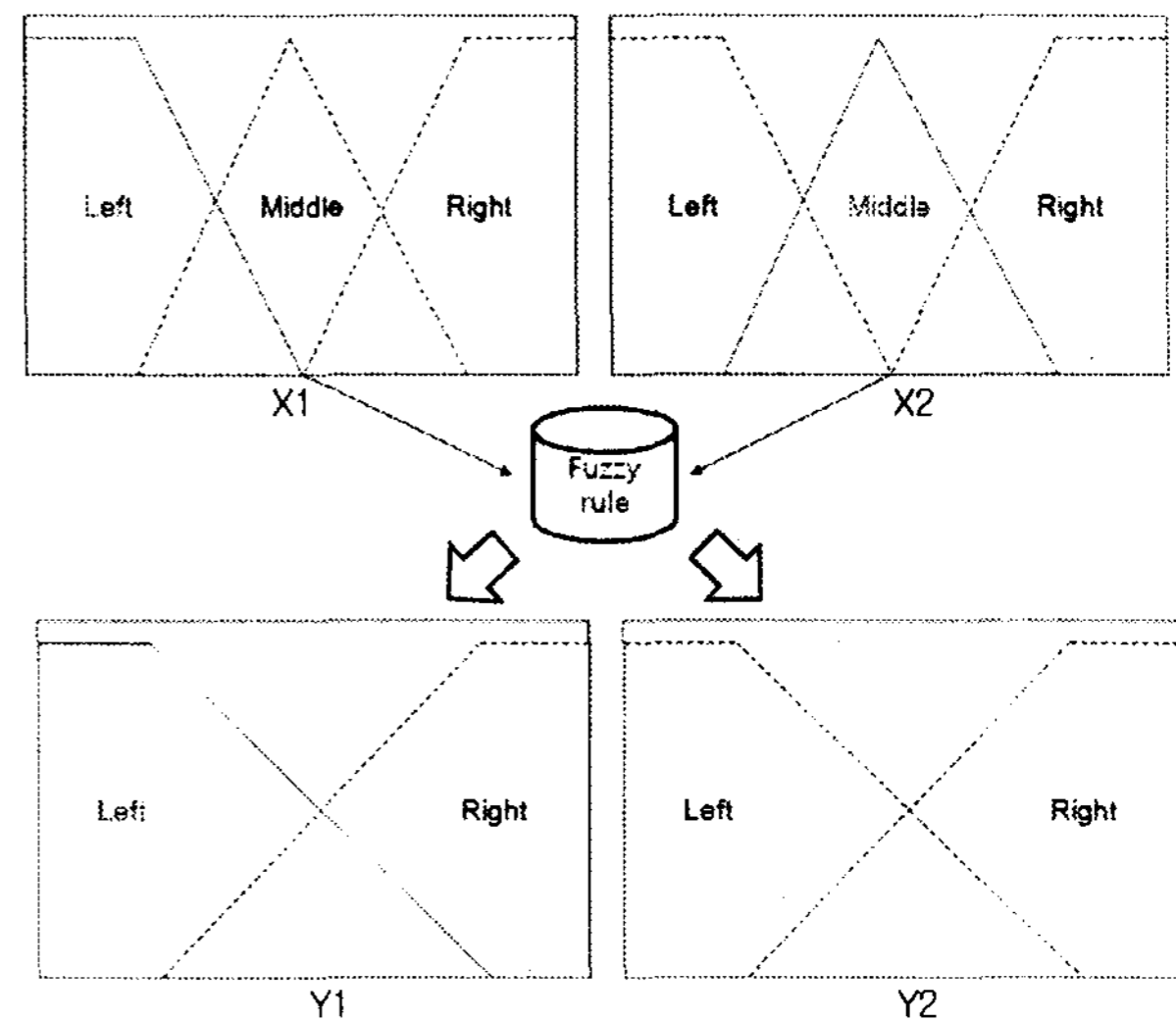


그림 3. 퍼지 추론

그림 3은 각 자율주행장치의 방향 소속도를 퍼지 룰을 적용하여 충돌 회피를 위한 경로를 재설정하는 과정을 나타낸 그림이다. 그림에서 X1, X2는 첫 번째, 두 번째 자율주행장치의 방향 소속도 입력값을 의미하며, Y1, Y2는 출력값을 의미한다. 자율주행장치들의 충돌을 판단하는 방법은 서로간의 거리값을 계산하여 같은 시간에 서로의 존재 지점이 겹치게 될 경우 충돌이라고 판단하여 충돌 판단 지점전에 퍼지 추론 기법을 이용하여 경로를 재설정 한다.

#### 4. 제안된 방법의 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법은 Borland C++6.0 툴을 이용한 시뮬레이션을 구현하여 실험을 하였으며, 아래에 각각 환경에 따른 결과를 나타내었다. 실험한 환경은 장애물과 충돌구간의 유무로 분류한 총 3가지의 환경으로 각각의 결과는 아래 그림들과 같다. 그림 4는 주어진 환경에서 장애물이 존재하며, 충돌 구간이 없을 때의 결과 화면이다. 충돌 구간이 없기 때문에 그림과 같이 유전자 알고리즘을 통한 경로를 그대로 나타내는 것을 알 수 있다. 그림 5는 장애물이 존재하지 않고, 중앙에서 충돌 구간이 존재할 때의 결과이다. 파란색 선이 초기 경로이며, 붉은색 선이 충돌 회피를 위해 수정된 경로이다. 결과와 같이 충돌 구간이 있어도 유전자 알고리즘을 통해 생성된 기본 경로에서 크게 벗어나지 않는 것을 확인 할 수 있다. 그림 6은 위의 경로에서 중앙부분에 장애물이 존재하고, 충돌 구간 역시 존재할 때의 결과이다. 그림에서 파란색 선이 초기 경로이며, 붉은색 선이 충돌 회피를 위해 수정된 경로이다. 장애물이 존재할 경우에도 충돌이 일어나지 않고 실험 결과를 봤을 때, 제안한 방법이 성공하였음을 알 수 있었다.

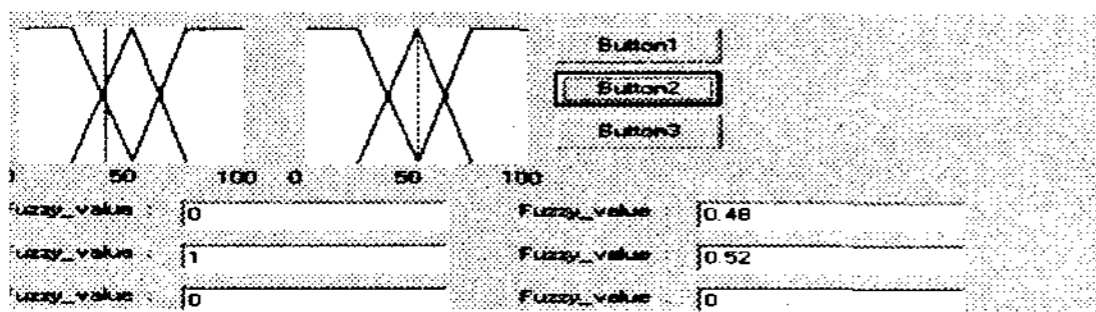
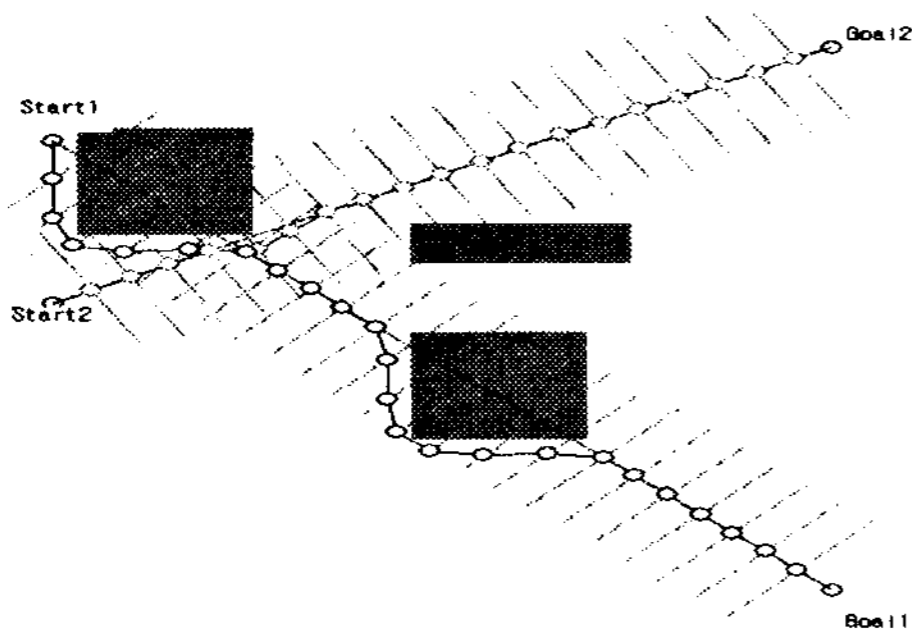


그림 4. 장애물이 존재하며, 충돌 구간이 존재하지 않는 경우

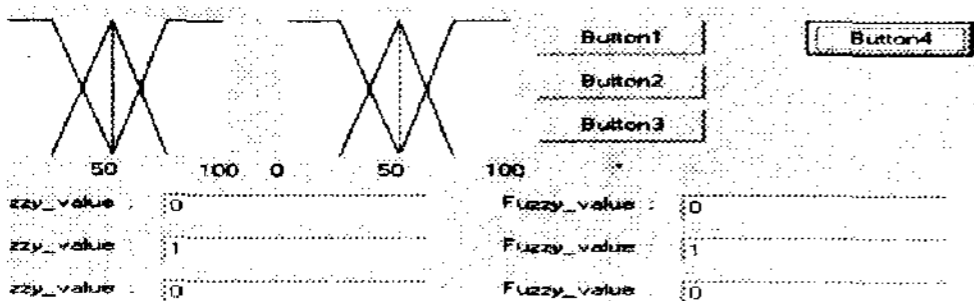
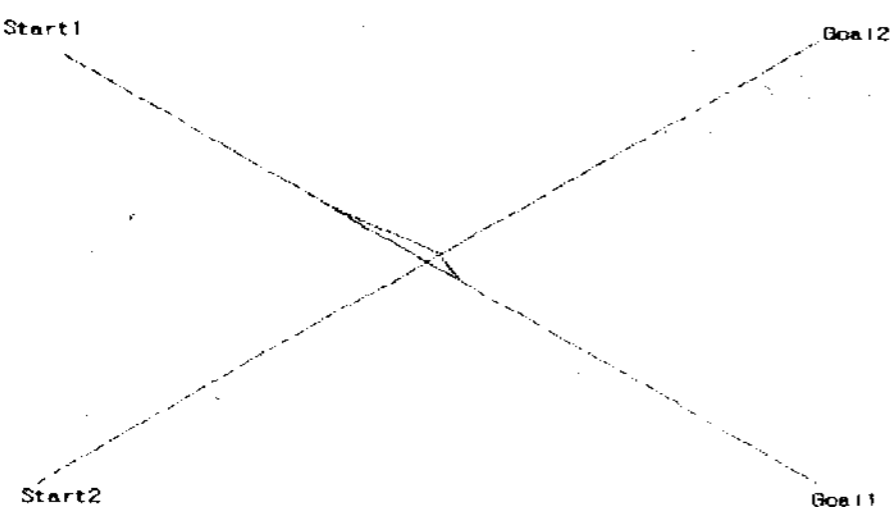


그림 5 장애물이 존재하지 않으며, 충돌 구간이 존재하는 경우

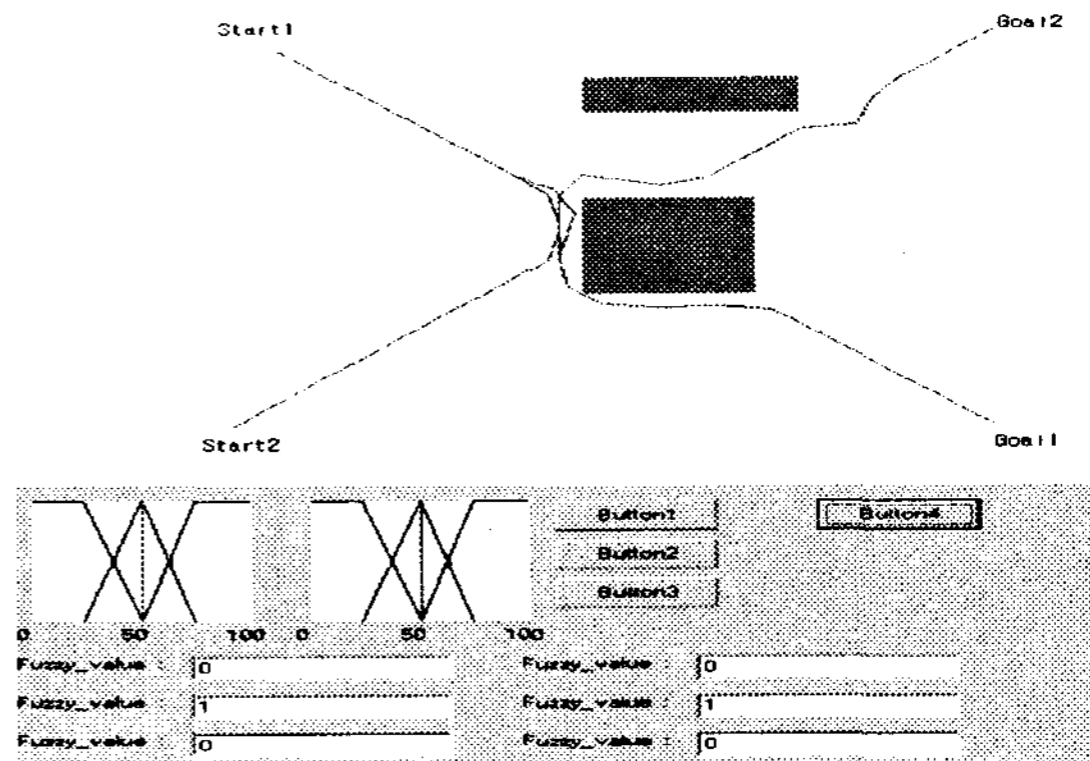


그림 6 장애물이 존재하며, 충돌 구간이 존재하는 경우

이상의 실험을 통하여 자율주행장치가 제안한 유전자 알고리즘과 퍼지 추론 기법을 적용하여 원하는 목적지까지 자율적으로 이동하는 것이 가능한 것을 알 수 있었다. 또한 충돌 구간이 존재할 경우 최적 경로 그대로 이동하는 것은 아니지만 대체적으로 크게 벗어나는 경우가 없이 목적지까지 이동하는 것을 알 수 있었다.

#### 5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 정적 장애물이 존재하는 영역에서 자율주행장치들의 최적화된 다중 경로 계획을 제안 하였다. 전역 경로 계획은 최적화의 대표적인 알고리즘인 유전자 알고리즘을 사용하여 각 자율주행장치의 전역 경로 계획을 수행하였으며, 각 자율주행장치의 이동 방향을 고려한 퍼지 추론 기법을 이용하여 서로간의 충돌 회피를 수행 하였다. 기존의 다중 경로 계획의 기법은 작업 우선순위가 낮은 자율주행장치를 멈추게 함으로써 충돌을 회피하였지만, 제안한 방법은 퍼지 추론 기법을 이용하여 충돌 발생 구간을 예측하여 경로 계획을 함으로써 보다 효율적인 목적지까지의 이동이 가능하였다. 향후 연구 과제로는 자율주행장치의 속도와 동적 장애물을 고려한 경로 계획을 해야 할 것이다. 또한 제안된 방법의 유용성을 확인하기 위하여 실제 자율주행장치에 적용하여 성능을 검증하여야 할 것이다.

#### 참고 문헌

[1] M.B. Motamedinejad, R. Barzamani, J. Jouzdani, A. Khosravi, "A New Fuzzy Path Planning For Multiple Robots", International Conference on Information and Automation, pp.295-300, 2006.  
 [2] Surmann. H, Huser. J and Wehking. J, "Path Planning for a Fuzzy Controlled Autonomous Mobile Robot", Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 3, pp.1660-1665, 1996.  
 [3] Majdi. M, Deldar. M, Barzamani. R, Jouzdani. J, "AGV Path Planning in Unknown Environment Using Fuzzy Inference System", 2006 1ST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics, pp.64-67, 2006.  
 [4] Meng Wang, Liu. J.N.K, "Fuzzy Logic Based Robot Path Planning in Unknown Environment",

Proceedings of 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, vol. 2, pp.813-818, 2005.

[5] Shuhua Liu, Yantao Tian, Jinfang Liu, "Multi Mobile Robot Path Planning Based on Genetic Algorithm", Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, vol. 5, pp.4706-4709, 2004.