

소프트 컴퓨팅에 의한 자율 이동로봇의 충돌 회피 및 최적 경로계획

Collision-Avoidance and Optimal Path Planning of Autonomous Mobile Robot using Soft-Computing

*하상형 · 최인찬 · 김현성 · 전홍태

Sang-Hyung Ha, In-Chan Choe, Hyeon-Seong Kim and Hong-Tae Jeon

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

최근 넓은 활동 범위를 제공하고 작업 환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 자율 이동 로봇에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이 논문은 이동로봇이 장애물을 회피하여 최단 경로를 통해 목적지에 도착할 수 있는 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 유용성을 검증하도록 한다. 제안된 알고리즘은 micro-GA와 λ -geometry MRA를 사용한 알고리즘이다. 시뮬레이션 영역은 320(가로)X200(세로) 픽셀로 제한하고, 한 픽셀의 단위를 1cm로 하였다. λ -geometry MRA 만을 사용하여 경로를 계획했을 경우에는 경로 계획을 위한 방향성은 제공하였지만 최단 거리 경로는 제공하지 못했다. 반면 micro-GA를 함께 사용했을 경우에는 최단 경로 탐색이 가능하였다. 따라서 제안된 알고리즘은 경로의 방향성과 함께 최단 경로 탐색을 제공하고 있다.

키워드 : 마이크로 유전자 알고리즘, λ -Geometry MRA, 최적 경로 계획, 충돌 회피

Abstract

Recently, the necessity of the autonomous mobile robot is emphasized in order to enlarge the scope of activity and actively cope with the change of work environment. This paper proposes the algorithm which enables the mobile robot to avoid obstacles and lead it to the destination by the shortest path. And we verify the usability by a simulation. We made the algorithm with micro-GA and λ -geometry MRA. The area of simulation is limited to 320(width)X200(length) pixels and one pixel is one centimeter. When we planned the path with only λ -geometry MRA, we could find the direction for path planning but could not find the shortest path. But when we planned the path with λ -geometry MRA and micro-GA, we could find the shortest path. So the algorithm enables us to find the direction for path planning and the shortest path.

Key Words : Micro-GA, λ -Geometry MRA, Optimal path planning, Collision avoidance

1. 서 론

과거 산업 현장에서 응용되고 있는 대부분의 로봇은 매니퓰레이터(manipulator)방식으로서 한정된 공간 안에서 제한된 작업을 수행하였지만, 최근 들어 로봇은 산업 현장뿐만 아니라 병원, 사무실, 가정, 전시장과 같은 여러 환경에서 각각의 목적에 맞는 기능을 수행하고 있다. 이에 따라 로봇은 넓은 활동 범위를 수용하고 작업 환경의 변화에 능동적으로 대처할 수 있어야 한다. 즉 작업 공간의 제한성을 해결하고 더 많은 작업 능력을 갖기 위하여 자율 이동 로봇(autonomous mobile robot)에 대한 필요성이 높아지고 있고 이와 관련된 여러 가지 연구가 진행되고 있다.

자율 이동 로봇의 지능화란 어떤 임무가 주어졌을 때 자기 스스로 감지기(sensor)로 주변의 환경과 자신의 위치나 상태를 파악해서 이동하고자하는 경로 계획(path planning)을 해야 하며 이러한 경로는 주행 시간, 소모되는 에너지, 안정성에 대한 고려가 되어야 하고 계산된 경로를 따라가기 위한 경로 추종(path tracking) 제어가 있어야 한다. 그리고 경로 계획은 크게 두 부분으로 나뉘어지는데 먼저 오프라인(off-line)으로 이미 알려진 환경의 지도나 모델을 이용하는 광역 경로 계획(global path planning)과 실시간으로 바뀌어가는 환경에 적용하기 위해 온라인(on-line)으로 상황을 판단하는 국지적 경로 계획(local path planning)이 있다.

즉 이동 로봇을 실용화하기 위해서는 로봇의 위치 추정 및 장애물 회피를 위한 경로 계획 그리고 센서를 이용한 제어 기술이 요구된다. 경로 계획은 장애물이 존재하는 작업 환경 내에서 로봇의 위치로부터 목표점까지 장애물을 피해 최적 경로로 이동하는 것을 목적으로 하는데, 이러한 목적을 이루기 위해서 이동 로봇은 외부에서 획득한 환경 정보

접수일자 : 2009년 12월 1일

완료일자 : 2010년 2월 28일

감사의 글 : 본 연구는 2009년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

를 통해 최적의 광역 경로를 계획할 수 있어야 하며, 장애물이 존재할 경우에는 지역 경로를 작성하여 장애물을 회피할 수 있는 효과적인 회피 알고리즘이 있어야 한다.

이 논문에서는 자율 이동 로봇의 최적 경로 계획을 함에 있어 기존의 방식보다 빠르고 안정된 경로 계획 알고리즘을 제안한다. 그리고 이동 로봇이 경로를 추종함에 있어 발생하는 새로운 고정 장애물이나 동적 장애물의 회피 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 제안하여 시뮬레이션을 통해 그 유용성을 검증하도록 한다.

2. 시스템 구조

이 논문에서 다루고 있는 경로 계획 분야에 대한 연구는 정적 환경에서 동적 환경으로 연구가 이루어지고 있다. 이 논문에서는 인간의 경험적인 움직임을 바탕으로 로봇의 경로 계획시 λ -geometry MRA(maze routing algorithm)과 개선된 micro-GA(genetic algorithm)을 이용하여 광역 경로 계획을 선행함으로써 미리 정의된 고정 장애물을 수용하여 최적 경로를 탐색하도록 한다. 그리고 이를 바탕으로 로봇이 목적지까지 경로를 추종할 때 발생하는 새로운 고정 장애물이나 동적 장애물에 대처할 수 있는 국지적 경로계획은 퍼지 알고리즘을 사용하여 구현하였다. 이 알고리즘은 로봇의 조향 각과 주행 속도를 결정함으로써 충돌 회피 문제를 해결하고 실시간으로 최적 경로를 추종할 수 있도록 하였다. 그림 1은 이동로봇의 광역 경로 계획과 국지적 경로 계획에 각각 사용되는 알고리즘을 설명하고 있다.[1-2]

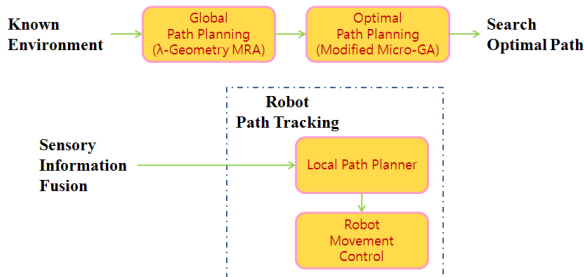


그림 1. 경로 계획 시스템 구조
Fig. 1. The system architecture of path planning

3. 광역 경로 계획(global path planning)

3.1 광역 경로 계획의 구성

이 논문에서는 광역 경로 계획을 위한 알고리즘으로 λ -geometry MRA와 개선된 micro-genetic algorithm을 사용하도록 한다. 또한 환경지도로는 퍼지 환경지도를 사용한다.

퍼지 환경지도는 토폴로지컬 환경지도와 격자 기반 환경지도의 장점을 가지는 환경지도로서 토폴로지컬 환경지도처럼 간결한 공간 표현과 격자 기반 환경지도와 같이 환경의 기하학적 정보를 담고 있는 환경지도의 형태이다. 퍼지 환경지도는 토폴로지컬 환경지도에서의 특징 점과 같은 노드를 가진다. 각 노드는 격자 기반 환경지도상 모서리 특징 점 또는 곡면 특징 점들을 포함하고 있으며 각 특징 점들은 장애물에 대한 방향을 표시하며 장애물과의 거리를 표

현하는 퍼지 멤버십을 갖는다. 또한 각 특징 점들은 서로 링크되어 있으며 각 링크는 특징 점들 간의 거리를 가지고 있다. 그림 2는 퍼지 환경지도의 구성을 설명하는 것으로서 환경지도 중간에 원형으로 표시된 부분이 특징 점 노드이다. 각 노드는 노드 연결 링크를 통해 서로 연결되어 있으며 각 연결 링크는 광역 계획시 최단 경로 계산에 사용된다.

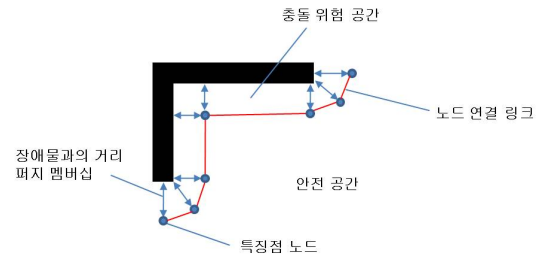


그림 2. 퍼지 환경지도의 구성
Fig. 2. The structure of fuzzy-based map

퍼지 환경지도는 링크를 경계로 안전 공간과 충돌 위험 공간으로 나눌 수 있다. 장애물과의 거리를 나타내는 퍼지 멤버십의 최대 범위는 로봇의 센서 범위 안에 있으며 좁은 공간에서의 퍼지 멤버십의 최소 범위는 로봇의 진행 폭 범위 밖으로 한다.

퍼지 환경지도에서는 격자 기반 환경지도와 달리 토폴로지컬 환경지도의 특징 점 노드와 그 링크를 환경지도에 표시하므로 격자 기반 환경지도의 단점인 저장 공간의 낭비를 피할 수 있으며, 경로 계산에 소요되는 시간이나 자원이 절약될 수 있다. 그리고 퍼지 환경지도가 일반적으로 토폴로지컬 환경지도와 다른 점은 주변 장애물에 대한 정보를 환경지도에서 퍼지 멤버십으로 표현하기 때문에 좀 더 정밀한 환경 표현이 가능하여 일반적인 토폴로지컬 지도와 달리 주행 중에 고정 장애물에 대한 예측을 할 수 있다는 점이다.[3-4]

3.2 λ -geometry MRA

λ -geometry MRA는 휴리스틱(heuristic) 접근법을 사용하기 때문에 제한된 시간과 제한된 컴퓨팅 리소스로도 최적의 해답에 근접한 만족할 만한 솔루션을 찾아낼 수 있다는 점이 매력적이다. 휴리스틱 접근법은 대부분의 경우에 잘 맞는 경험에 의한 규칙들을 이용하는 방법으로서 그래프로 표현된 문제에 대한 특별한 정보를 이용하여 탐색작업을 빠르게 진행시키는 방식이다.

하지만 휴리스틱 알고리즘의 특성상 빠른 시간 안에 경로 탐색이 가능하지만 휴리스틱 평가 함수에 의해 다음 노드를 추정함으로써 경로를 탐색하기 때문에 최단 경로를 찾는 데에는 다소 한계가 있다. 그래서 이 논문에서는 광역 경로 계획을 수행함에 있어서 추가적으로 유전자 알고리즘을 사용하여 최단 경로를 찾도록 한다.

λ -geometry MRA는 기본적으로 격자 기반 환경지도(lattice-based map)를 사용한다. λ -geometry는 $i\pi/\lambda(i, \lambda = 2, 4, 8, \dots, \infty)$ 의 각도와 유클리디안 거리(euclidean distance)를 가지는 노드들로 구성된다. 예를 들어서 2-geometry에 해당하는 이웃 노드는 90° 각도를 가지는 4방향의 셀들로 구성되고, 4-geometry는 45° 각도를 가지는 8방향의 셀들로 구성된다. 또한 8-geometry는 22.5° 각도를 가지는 16방향의 셀들로 구성되고, 각각의 이웃 노

드들 간의 유클리디안 거리는 현재 노드와 인접해있는 셀을 1로 봤을 때 각각 $1, \sqrt{2}, \sqrt{5}$ 으로 계산된다.

이를 미루어 볼 때 λ 의 값이 커질수록 선택 가능한 셀의 방향이 두 배가 되고 얻어진 경로가 보다 부드러워지지만 계산에 필요한 실행 시간도 거의 두 배가 되기 때문에 이 논문에서는 가장 적절하다고 판단되는 8-geometry를 사용한다. 그림 3은 λ -geometry에서 λ 의 변화에 따른 이동 가능 노드수와 이웃 노드와의 각도 및 거리 등을 설명하고 있다.

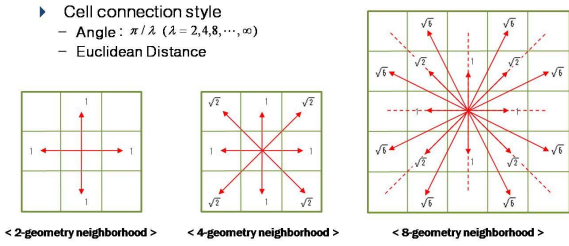


그림 3. λ -geometry의 셀 연결 스타일
Fig. 3. Cell connection style of λ -geometry

그림 4는 λ -geometry MRA에 대한 흐름도이다. 현재 위치에서 다음 노드까지의 거리와 다음 노드에서 목표점까지의 거리를 휴리스틱 평가 함수 $H(i)$ 로 사용하여 그 결과 비용인 적합도(fitness)가 최소인 노드들에 대한 리스트를 광역 경로로 사용한다. 광역 경로 계획 결과는 중간 기착지점들의 경로 리스트이다. 이 경로 리스트를 통해 로봇은 주행 중 고정 장애물과의 충돌을 피하고 안정된 경로로 이동할 수 있도록 보장한다.[5]

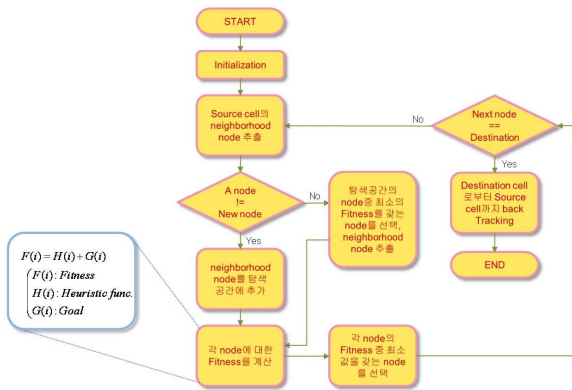


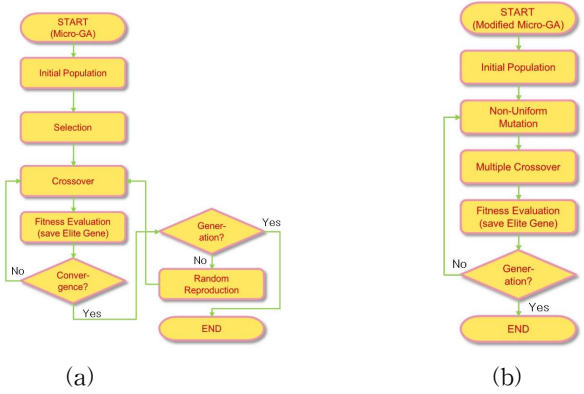
그림 4. λ -geometry MRA를 이용한 광역 경로 계획
Fig. 4. Global path planning using λ -geometry MRA

3.3 Modified micro-genetic algorithm

λ -geometry은 알고리즘 특성상 다른 알고리즘에 비해 평균적으로 가장 우수한 속도와 효율성을 갖추고 있다. 즉 빠른 시간 내에 경로 탐색이 가능하지만 이 알고리즘만으로는 최단 경로를 찾는데 다소 한계가 있다. 그래서 이 논문에서는 개선된 micro-GA를 이용하여 효율적으로 최단 경로를 탐색할 수 있도록 한다. 그림 5는 기존의 마이크로 유전자 알고리즘과 이 논문에서 제안한 개선된 마이크로 유전자 알고리즘의 간의 차이를 설명해주는 flowchart이다.

그림 5에서 볼 수 있듯이 이 논문에서 제안하고 있는 개

선된 micro-GA는 기존의 micro-GA에서의 재생산과 공칭수렴 단계를 배제하고 경로의 중간 경유지 노드를 줄이기 위해 돌연변이를 사용함으로써 보다 빠르고 효율적으로 최적 해를 탐색할 수 있도록 한다.



(a) 기존의 마이크로 유전자 알고리즘
(b) 개선된 마이크로 유전자 알고리즘
Fig. 5. (a) Flowchart of the micro-GA
(b) Flowchart of the modified micro-GA.

그림 6은 λ -geometry MRA에 의해 탐색된 경로 리스트의 각 노드들을 2차원 상의 좌표로 표현한 것이다. 이 경로를 기준으로 불필요한 노드를 삭제함으로써 최단 경로 탐색이 가능하게 된다.

위치 기반 부호화(locus-based encoding) 방식은 유전자의 위치가 해당 유전자의 속성을 결정하게 된다. 즉 밀접한 관계를 갖는 노드들이 염색체 상에서 비교적 가까운 위치에 자리하여 교배 연산 시 중요한 스키마의 생존 확률을 높일 가능성이 많기 때문에 이 논문에서는 이러한 방식을 사용하여 부호화 하도록 한다. 또한 λ -geometry MRA에 의해 탐색된 경로를 기반으로 하기 때문에 똑같은 유전자를 가지는 10개의 집단을 생성하여 초기 집단으로 사용하였다.[6-7]

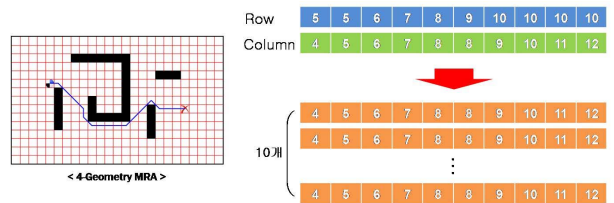


그림 6. 위치 기반 부호화
Fig. 6. Locus-based encodings

일반적으로 유전자 알고리즘은 돌연변이율을 낮게 설정하여 진화가 이루어진다. 하지만 이 논문에서는 돌연변이가 노드를 삭제하기 위한 중요한 변수로 작용하기 때문에 최적 경로에 빠르게 수렴하도록 하기 위해 돌연변이율을 40%로 설정하여 진화가 이루어지도록 한다. 이때 유전자 알고리즘이 진행됨에 따라 돌연변이가 강하면 품질 향상이 어렵기 때문에 유전자 알고리즘이 진행됨에 따라 점차적으로 돌연변이 강도를 줄여나가는 비균등 돌연변이(non-uniform mutation) 방식을 사용하였다.

또한 이 논문에서 제안하고 있는 micro-GA는 재생산 단계를 없애는 대신 다중 교배(multiple crossover) 방식을 사

용하여 이러한 부분을 보완한다. 다중 교배 방식은 부모 염색체에 N개의 교배점이 존재함으로써 다양한 스키마 생성이 가능하고 다소의 지역 최적화 기능과 교란에 대한 회복력이 강하다는 장점을 가지고 있다.

4. 국지적 경로 계획(local path planning)

국지적 경로 계획은 실시간으로 바뀌는 상황에 적응하여 충돌 등을 회피하기 위해 온라인으로 수립되는 경로 계획이다. 이 논문에서는 효율적인 충돌 회피를 위해 퍼지알고리즘을 사용한다. 회피를 위한 LPP(local path planner)의 입력치는 로봇과 장애물이 이루는 각도와 퍼지 환경지도에서의 장애물 퍼지 멤버십, 장애물과 이동 로봇간의 상대속도이고, LPP의 출력치는 이동 로봇의 조향 각과 주행 속도가 된다. 그림 7은 충돌 회피를 위한 LPP의 주요변수 그래프이다.

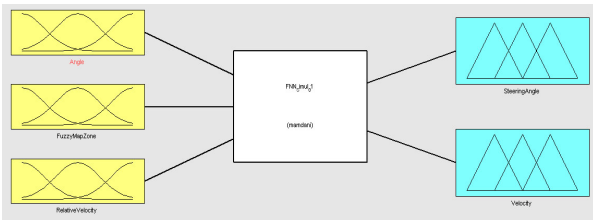


그림 7. 충돌 회피를 위한 LPP.
Fig. 7. LPP for collision-avoidance.

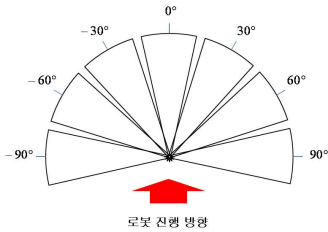


그림 8. 자율 이동로봇의 센서 시스템.
Fig. 8. Sensor system of autonomous mobile robot.

그림 8은 이동 로봇에 장착된 센서의 영역을 보이고 있다. 이 논문에서 사용된 로봇 모델은 가, 감속으로 이동하며, 양 바퀴의 차동 구동에 의한 조향을 한다. 7개의 센서는 30° 간격으로 배치하여 전방으로부터 좌우 90° 만큼의 범위를 가지고 20 ~ 50cm를 센싱할 수 있도록 하였다.

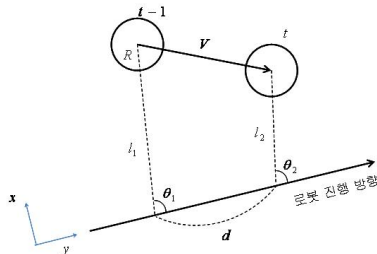


그림 9. 상대 속도 계산
Fig. 9. Diagram for relative velocity calculation

그림 9는 상대 속도 계산을 위한 도해이다. l_1 과 l_2 는 임

의 시간 스텝 n 과 $n+1$ 에서 센서를 통해 얻어진 장애물과 로봇과의 최소 거리이고, θ_1 과 θ_2 는 로봇과 장애물이 이루는 벡터와 로봇 진행 방향과 이루는 각도이다. V_x 는 장애물의 x 방향 진행 벡터이고, V_y 는 y 방향 진행 벡터를 나타내며, d 는 한 스텝에서 로봇이 진행한 거리를 나타낸다. 여기에서 각각의 상대속도는 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$V_x = (l_2 + R)\sin\theta_2 - (l_1 + R)\sin\theta_1$$

$$V_y = (l_2 + R)\cos\theta_2 - (l_1 + R)\cos\theta_1$$

이동 로봇의 주행 시 환경 인식을 위해 측정된 입력 변수의 값은 먼저 언어적인 변수로 나타내기 위해 소속 함수를 이용한 퍼지화 과정이 필요하다. 여기서는 삼각형 형태의 멤버십 함수를 이용하여 퍼지화를 수행하였다. 표 1은 LPP의 입/출력 변수에 대한 설명이다.

표 1. LPP의 입/출력 언어 변수
Table 1. Input/output linguistic variables of LPP

로봇과 장애물이 이루는 각		조향 각도	
RB	Right Big	RB	Right Big
RS	Right Small	RS	Right Small
ZO	Zero	ZO	Zero
LS	Left Small	LS	Left Small
LB	Left Big	LB	Left Big
장애물 퍼지 멤버십		주행 속도	
NR	Near	SL	Slow
FR	Far	ME	Medium
상대 속도		FA	Fast
NR	Near		
EM	Emergency		

표 2. 충돌 회피를 위한 퍼지 룰 베이스
Table 2. Fuzzy rule base for collision-avoidance

Rule.	IF : Angle	and : Fuzzy Map Zone	and : Relative Velocity	Then :	
				Steering Angle	Velocity
1	RB	FR	NR	RB	ME
2	RB	FR	EM	RB	SL
3	RB	NR	NR	RB	SL
4	RB	NR	EM	RB	SL
5	RS	FR	NR	RS	FA
6	RS	FR	EM	RS	ME
7	RS	NR	NR	RS	ME
8	RS	NR	EM	RS	SL
9	ZO	FR	NR	ZO	FA
10	ZO	FR	EM	ZO	SL
11	ZO	NR	NR	ZO	ME
12	ZO	NR	EM	ZO	SL
13	LS	FR	NR	LS	FA
14	LS	FR	EM	LS	ME
15	LS	NR	NR	LS	ME
16	LS	NR	EM	LS	SL
17	LB	FR	NR	LB	ME
18	LB	FR	EM	LB	SL
19	LB	NR	NR	LB	SL
20	LB	NR	EM	LB	SL

그림 10은 입/출력 변수에 대한 퍼지 멤버십 함수 그래프이며 표 2는 충돌 회피를 위한 퍼지 룰 베이스이다.

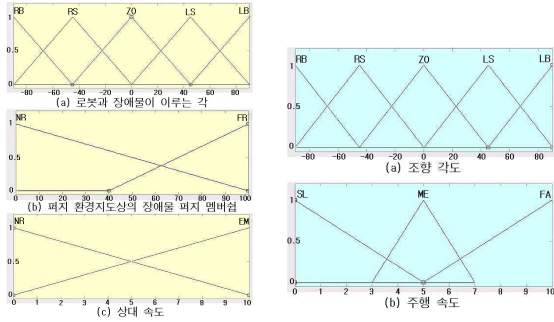


그림 10. 입/출력 변수에 대한 퍼지 멤버십 함수
Fig. 10. Fuzzy membership function of input/output variables

5. 시뮬레이션 및 결과 고찰

이 논문의 시뮬레이션 환경에서 사용된 자율 이동 로봇은 이륜 차동 구동 로봇으로서 장애물과의 거리를 측정하기 위해 7개의 센서가 장착되어 있다고 가정한다.

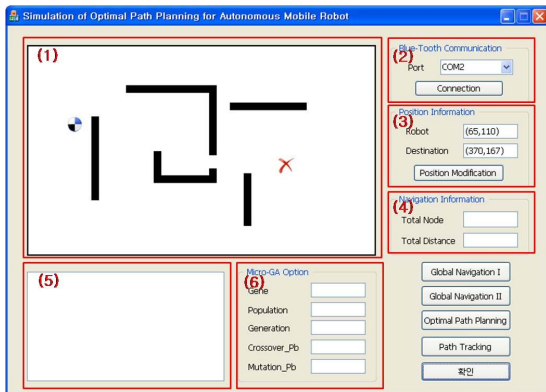


그림 11. 최적 경로 계획을 위한 시뮬레이션 프로그램
Fig. 11. Simulation program for optimal path planning

그림 11은 최적 경로 계획을 위한 시뮬레이션 프로그램을 보여주고 있다. 시뮬레이션 프로그램의 구성은 다음과 같다.

- ① 경로 계획을 확인하기 위한 환경 지도
- ② 로봇과의 통신을 위한 통신 환경 설정
- ③ 로봇과 목적지의 위치
- ④ 광역 경로 계획을 통해 계산된 중간 경유지의 수와 총 실제 거리
- ⑤ 현재 상황 확인
- ⑥ 마이크로 유전자 알고리즘의 옵션 설정

5.1 광역 경로 계획 시뮬레이션 결과

그림 12는 격자 기반 환경지도와 퍼지 환경지도에 대한 광역 경로 계획을 시뮬레이션 한 결과이다. 격자 기반 환경지도에서의 경로 계획은 고정 장애물과의 충돌에 대한 부분을 고려하지 않았기 때문에 이동 로봇이 통과할 수 없는 좁

은 공간으로도 경로를 탐색하게 되어 로봇이 경로를 추종할 때 충돌 문제가 발생하게 된다. 하지만 퍼지 환경지도에서는 고정 장애물과의 일정 거리를 충돌 위험 공간으로 두고 지도에서 미리 배제하여 경로 계획을 하기 때문에 고정 장애물과의 충돌을 회피하고 유연한 곡선 경로를 얻을 수 있게 된다. 여기서 로봇의 위치는 O으로 목표점은 X로 표시하였다.

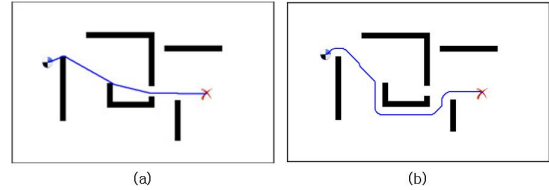


그림 12. (a) 격자 기반 환경지도에서의 광역경로계획,
(b) 퍼지 환경지도에서의 광역경로계획
Fig. 12. (a) Global path planning of lattice-based map
(b) Global path planning of fuzzy-based map

그림 13은 λ -geometry MRA를 사용하여 경로 계획한 경우와 λ -geometry MRA + modified micro-GA에 의해 경로 계획을 한 경우를 보이고 있다. λ -geometry MRA만을 사용하여 경로 계획한 경우에는 최적 경로 탐색에 대한 경로의 방향성은 제공하지만 최단 거리의 경로까지 기대하기는 어렵다. 그래서 λ -geometry MRA에 추가로 modified micro-GA를 사용하여 경로 계획을 함으로써 이와 같은 최적 경로 탐색이 가능하게 되었다.

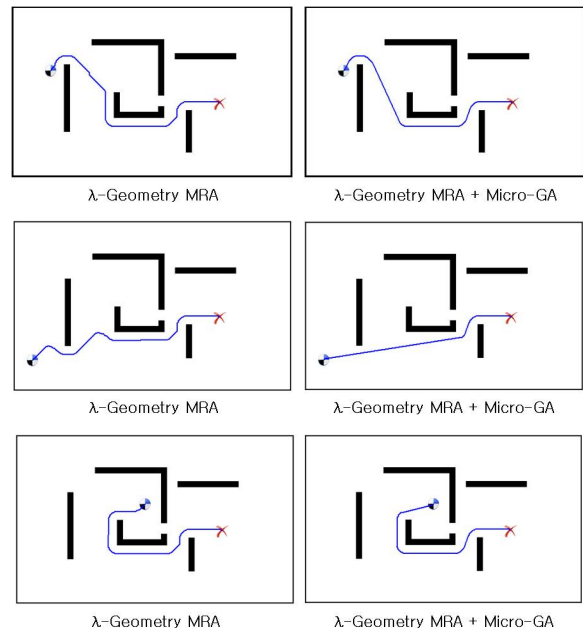


그림 13. 광역 경로 계획 시뮬레이션
Fig. 13. Simulation for global path planning.

표 3은 시뮬레이션에서의 중간 경유지 개수와 실제 거리를 나타낸다.

표 3. 중간 경유지의 수와 실제 거리 비교
Table 3. The number of sub-goal and practice distance

ex 1)		
	λ -Geometry MRA	λ -Geometry MRA + Micro-GA
중간 경유지 수	195	39
실제 거리 (cm)	452.3	387
ex 2)		
	λ -Geometry MRA	λ -Geometry MRA + Micro-GA
중간 경유지 수	177	20
실제 거리 (cm)	476	348.8
ex 3)		
	λ -Geometry MRA	λ -Geometry MRA + Micro-GA
중간 경유지 수	175	31
실제 거리 (cm)	324.8	294.3

5.2 충돌 회피 시뮬레이션 결과

고정 및 이동 장애물의 충돌 회피에 대해 고려해 볼 수 있는 여러 조건 중 대표적인 몇 가지 경우에 대해 컴퓨터 시뮬레이션을 해보았다. 그림 14는 LPP의 출력값을 보여주고 있다.

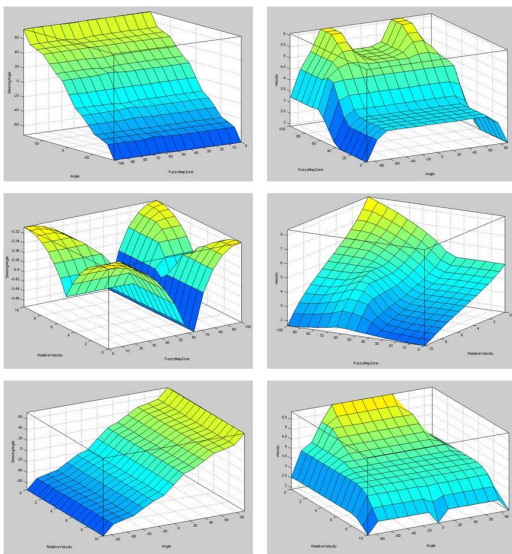


그림 14. LPP의 출력값
Fig. 14. Output of LPP

시뮬레이션 환경은 320(가로)×200(세로) 픽셀로 제한하고, 한 픽셀의 단위를 1cm로 한다. 시뮬레이션에 사용된 장애물 벽의 두께는 10cm이고 로봇의 유효 센싱 범위는 30cm로 한다. 또한 로봇의 최대 속도는 15cm/sec로 제한한다.

그림 15에서 (a)는 반경이 30cm인 원형 고정 장애물을 회피하는 경우이고 (b)는 앞이 막힌 골짜기 형태의 고정 장애물을 회피하는 경우에 대한 시뮬레이션이다.

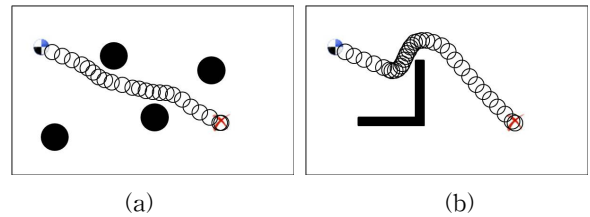


그림 15. 고정 장애물에 대한 충돌 회피 시뮬레이션
Fig. 15. Collision-avoidance simulation for static obstacles

고정 장애물의 경우에서 회피 동작이 상대적으로 큰 이유는 모든 장애물을 이동 장애물로 인식하여 고정 장애물도 언제든지 이동할 수 있는 가능성을 배제하지 않아 회피 후 목표점으로 진행시에도 충돌 회피가 가능하도록 되어 있기 때문이다.

그림 16에서 (a)는 하나의 이동 장애물을 회피하는 경우로서 이동 장애물은 (50, 90)에서 속도 10cm/sec, 방향 0°로 진행하다가 5초 후 45° 방향으로 이동하게 된다. (b)는 고정, 이동 복합 장애물이 존재할 경우로서 고정 장애물은 (90, 140)에 위치하고 이동 장애물은 (70, 10)에서 속도 10cm/sec, 방향 45°로 이동하게 된다. (c)는 두 개의 이동 장애물을 회피하는 경우로서 첫 번째 장애물은 (75, 110)에서 속도 10cm/sec, 방향 60°로 이동하고 두 번째 장애물은 (150, 140)에서 속도 10cm/sec, 방향 -70° 방향으로 이동하게 된다.

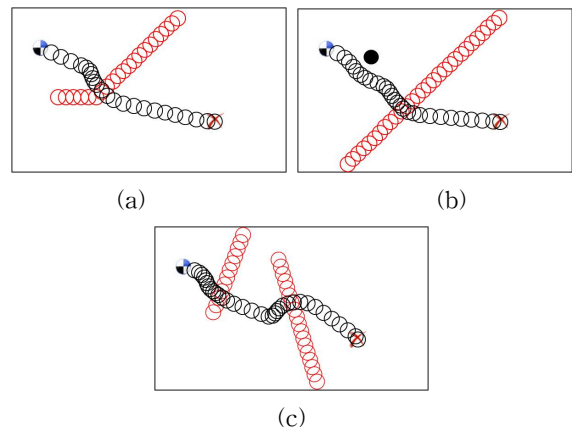


그림 16. 이동 장애물에 대한 충돌 회피 시뮬레이션
Fig. 16. Collision-avoidance simulation for dynamic obstacles

6. 결론

본 연구에서 목표로 하고 있는 자율 이동 로봇의 최적 경로 계획과 충돌 회피에 대한 문제를 해결하기 위해 개선된 micro-GA와 LPP를 이용한 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 유용성을 검증하였다.

이동 로봇의 자율 주행에 있어 광역 경로 계획을 수행하지 않은 경우는 환경 지도에 따라 고정 장애물에 충돌하는 경우도 발생하였으나 광역 경로 계획을 미리 수행한 경우 고정 장애물에 대한 회피 경로가 주어지기 때문에 충돌하는 경우가 거의 발생하지 않았다. LPP를 이용한 장애물 회피

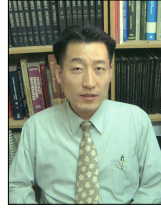
의 경우에는 장애물의 이동 방향의 변화에 대해 강인하고 원만한 주행이 이루어짐을 확인할 수 있다.

이 논문에서는 환경 지도를 미리 생성하고 시뮬레이션 하였지만 실제 자율 이동 로봇에 적용할 경우 환경 지도에 대한 정보 없이 주행 중에 환경 지도를 동적으로 생성할 필요가 있기 때문에 효율적으로 환경 지도를 작성할 수 있는 알고리즘 개발도 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] 변증남, 퍼지논리 제어, 홍릉과학출판사, pp. 110-128, 1997.
- [2] Bart Kosko, *Neural Networks and Fuzzy Systems; A Dynamical Systems Approach To Machine Intelligence*, Prentice Hall Inc., pp. 263-275, 1992.
- [3] Gene Eu Jan, Ki Yin Chang and Ian Parberry, "Optimal Path Planning for Mobile Robot Navigation", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 13, No. 4, pp. 2-9, August 2008.
- [4] X. Yuan and Simon X. Yang, "Multirobot-based Nanoassembly Planning with Automated Path Generation", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 12, No. 3, pp. 2-5, Jun 2007.
- [5] Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tsai Sun and EiJi Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft - Computing; A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall Inc., pp. 273-278, 1997.
- [6] 문병로, 유전 알고리즘, 두양사, pp. 39-52, 2005.
- [7] 심귀보, 인공생명의 방법론, 드림미디어, pp. 30-44, 2000.

저 자 소 개

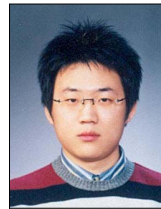


하상형(Sang-Hyung Ha)
 1990년 : 중앙대학교 전자전기공학부
 공학사
 1994년 : 동 대학원 전자전기공학부
 공학석사
 2002년~현재 : 동 대학원 전자전기
 공학부 박사과정

관심분야 : 지능시스템, 소프트웨어 컴퓨팅, 로봇틱스
 Phone : 02-820-5297
 Fax : 02-817-5508
 E-mail : jounazzee@naver.com

최인찬(In-Chan Choe)

한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 15권 1호 참조



김현성(Hyeon-Seong Kim)
 2007년 : 호남대학교 정보통신공학과
 공학사
 2007년~현재 : 중앙대학교 전자전기
 공학부 석사과정

관심분야 : 소프트웨어 컴퓨팅, 로봇틱스, 지능제어
 Phone : 02-820-5297
 Fax : 02-817-5508
 E-mail : k5tgb@naver.com



전홍태(Hong-Tae Jeon)
 현 중앙대학교 전자전기공학부 교수