

비전과 퍼지규칙을 이용한 이동로봇의 경로계획과 장애물회피

배봉규, 이원창, 강근택
부경대학교 전자공학과

Obstacle Avoidance and Path Planning for a Mobile Robot
Using Vision System and Fuzzy Rule

Bongkyu Bae, Wonchang Lee, Geuntaek Kang
Dept. of Electronic Eng. Pukyong National University

Abstract - In this paper we propose new algorithms of path planning and obstacle avoidance for an autonomous mobile robot with vision system. Distance variation is included in path planning to approach the target point and avoid obstacles well. The fuzzy rules are also applied to both trajectory planning and obstacle avoidance to improve the autonomy of mobile robot. It is shown by computer simulation that the proposed algorithm is working well.

정보를 근접장애물 회피에 사용하였다.

1. 서 론

자율주행 이동로봇을 미지의 환경에서 운영하기 위해서는 위치 추정, 장애물 회피 능력, 경로 계획 등의 일련의 연구가 필요하며 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다[1-4]. 이동로봇의 주행에 필요한 주변 환경을 인식하는 작업은 로봇의 주행에 절대적으로 중요하게 작용하며 이를 위해 각종 센서들이 사용되며 어떠한 센서를 사용하느냐에 따라 로봇의 역할이 결정된다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 주행에 필요한 장애물 회피와 경로 설정에 있어서 장애물과의 거리의 변화율을 이용, 경로를 설정하고 장애물을 회피하여 진행하는 방법을 제안한다. 설정된 임시목표까지의 경로를 진행하는데는 빠른 연산 속도와 외부 잡음에 강한 특성을 나타내는 퍼지제어를 이용하였다.

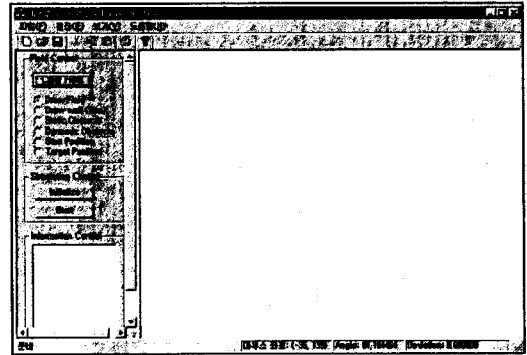


그림 2.2 모의실험을 위한 프로그램

2. 본 론

2.1 모의 실험을 위한 환경 설정

본 연구에서 사용한 이동로봇은 한 대의 고정된 CCD 카메라로 로봇의 전방에 존재하는 장애물의 거리를 인식하도록 하였으며[5], CCD카메라의 사각지대를 검색하기 위해 로봇의 전방, 좌, 우에 총 7개의 센서를 배치하였다[6]. 모의 실험을 위한 작업공간은 최대 600×460cm 크기로 설정하고 임의의 위치에 고정된 장애물을 배치시켰다. 로봇의 크기는 20cm로 설정했으며, 로봇은 15cm/sec의 이동 속도로 주행하도록 하였다.

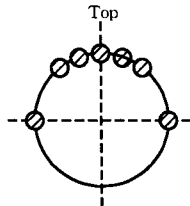


그림 2.1 센서 배치도

로봇에 부착된 센서는 그림.2.1과 같이 좌, 우의 것은 정면에서 90°, 정면의 것들은 10° 간격으로 배치하였으며, 30cm이내의 장애물을 검색하도록 하여 얻어진

2.1.1 영상 데이터의 획득

로봇의 이동 경로를 설정하는데는 로봇에 고정되어 있는 CCD카메라를 이용하였다. CCD카메라를 통해 얻어진 이미지에서 환경인식에 필요한 정보를 가져오는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. 여기서 사용한 방법은 먼저 영상에서 장애물을 인식하기 위해 edge를 얻는 후 로봇을 중심으로 해서 각 edge까지의 거리를 구하였다. edge를 얻는 방법으로도 여러 가지 방법이 있으나 본 실험에서는 sobel연산자를 이용하였다[7]. 모의 실험에서는 정면에서 ±60°를 영상으로 인식할 수 있는 범위로 설정하였으며, 최소 장애물 인식거리는 30cm로 설정하였다.

2.1.2 근접센서의 데이터 획득

CCD카메라에 존재하는 사각으로 인해 근접한 장애물의 검색 및 회피 동작은 기본적으로 불가능하게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해 별도의 센서가 필요하게 된다. 실험에서는 그림.2.1과 같이 7개의 센서를 사용해 근접한 장애물의 감지에 사용하였다. 정면으로부터 ±90° 방향으로 두 개의 센서를, 그리고 정면에서 ±10° 간격으로 5개의 센서를 배치하였다.

2.2 주행 알고리즘

로봇의 주행은 목표에 접근하기까지 임시목표를 설정하기 위한 임시목표 설정과 설정된 목표까지 주행하기 위한 주행제어계로 나눌 수 있다.

2.2.1 임시목표 설정

CCD카메라로부터 얻어진 영상을 sobel연산자를 이용 edge 영상으로 변환한 후, 3° 간격으로 각 edge까지의 거리를 구한 후, 거리 값의 변화율을 구해 장애물의 가장자리를 찾는다. 이 중 변화율이 가장 큰 곳을 임시 목표로 설정하고 그 곳까지 진행하는 경로를 설정하고 진

행하게 하였다. 또한 선택된 임시 목표의 위치에 따라 목표위치에 도달한 후의 회전 방향을 미리 설정하도록 하여 장애물 회피 동작 후에도 진행방향을 잊어버리지 않도록 하였다.

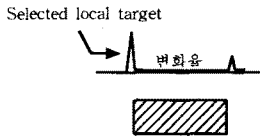


그림 2.3 임시 목표의 선택

2.2.2 근접 장애물의 회피

Edge영상으로부터 임시 목표를 설정한 후, 목표를 향해 퍼지제어기에서 생성하는 경로에 따라 진행하였을 경우 임시 목표에 근접하게 됨에 따라 장애물은 CCD영상으로 감지할 수 없게 되는 상황에 놓이게 된다. 이러한 경우는 로봇에 배치된 센서들의 도움으로 장애물 회피를 할 수 있게 된다. 일단 임시 목표에 도달하게 되면 로봇은 좌우에 배치된 센서의 도움으로 장애물의 외곽을 따라 미리 설정된 회전 방향으로 회전할 수 있게 된다.

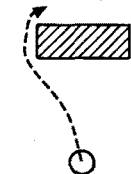


그림 2.4 장애물 회피

2.2.3 임시 목표의 교체

CCD카메라로부터 얻은 영상을 분석해 임시 목표를 설정하여 목표까지의 경로계획에 따라 진행을 하면 카메라의 사각지대에 장애물이 존재하게 되어 센서를 이용한 장애물 회피 동작이 이루어지게 된다. 장애물 회피 동작에 의해 로봇이 장애물의 벽면을 따라 회전하게 되는데 이때 CCD카메라에서 얻어지는 영상으로부터 임시 목표를 설정하게 되면 항상 현재 장애물의 전방 꼭지점을 가리키게 된다. 따라서 이때 다른 목표로의 전환이 이루어지게 하는 작업이 필요하게 된다. 따라서 장애물 회피 동작이 이루어짐과 동시에 다른 임시 목표의 검색이 이루어지도록 한다. 본 논문에서 사용한 방법은 현재 진행한 장애물에 관한 회피동작에 들어가면 다른 모서리를 찾도록 하여 자연스런 임시 목표의 교체가 이루어지도록 하였다.

2.2.4 퍼지제어기

CCD카메라로부터 얻어진 영상을 분석해 진행하고자 하는 임시 목표가 정해지면 임시 목표까지 진행하도록 하는 제어 동작이 요구되게 된다. 본 논문에서는 임시 목표가 설정되면 임시 목표와 현재 로봇의 진행방향과의 차이, 임시 목표까지의 거리에 따라 로봇의 진행을 제어하도록 구성하였다. 제어기로는 연산량이 적고 속도가 빠른 퍼지제어기를 이용하여 경로를 생성하도록 하였다. 퍼지제어기의 입력으로는 목표까지의 거리와 각도를 사용하고 출력으로는 로봇의 회전각도를 출력하도록 구성하였다. 사용된 제어기의 소속함수로는 계산이 간단한 삼각파 형태를 사용했으며, 출력부는 singleton형태를 사용하였다. 퍼지화기에는 Mamdani의 min-max연산을 사용하였으며, 비퍼지화기에는 무게 중심법을 사용하

였다.

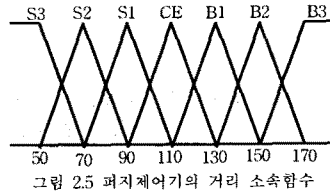


그림 2.5 퍼지제어기의 거리 소속함수

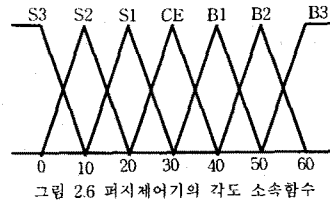


그림 2.6 퍼지제어기의 각도 소속함수

		Angle						
		S3	S2	S1	CE	B1	B2	B3
D i s t a n c e	S3					10	20	30
	S2	10		10		10	20	30
	S1	10			10			
	CE		20			10		10
	B1		20				10	10
	B2				5	10	10	15
	B3					10	15	10

표 1 경로 계획 제어규칙

목표까지의 거리가 멀수록 변화율을 크게 하도록 제어기를 설계하였다. 이렇게 설계된 제어기의 최대 회전각의 범위는 $\pm 15^\circ$ 를 얻을 수 있었다. 근접 장애물의 회피는 영상처리에서 얻어진 출력보다 우선하도록 우선 순위를 높였으며 사용된 소속함수와 제어규칙은 다음의 표와 그림에 나타내었다.

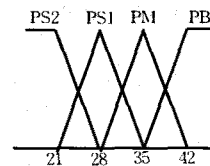


그림 2.7 퍼지제어기의 소속함수

		Angle			
		PS2	PS1	PM	PB
D i s t a n c e	S3				
	S2			10	10
	S1				5
	CE				5
	B1		10		10
	B2				5
	B3				

표 2 장애물 회피 제어규칙

2.3 모의실험결과

모의실험은 제한한 경로계획과 퍼지제어기의 제어성능을 검증하기 위해 여러 종류의 미지 환경에서 실시하였다. 각 실험에서 로봇의 시작위치와 각도는 임의로 설정하였으며 목적지 역시 임의의 위치에 설정하였다. 로봇은 목적지에 대한 어떠한 정보도 가지지 않은 채 실험을

실시하였다. 그림 2.8과 그림 2.9, 그림 2.10에서 나타난 것과 같이 임의의 환경에서 이동로봇이 주위의 환경을 인식하며 목적지에 접근함을 보여주고 있다.

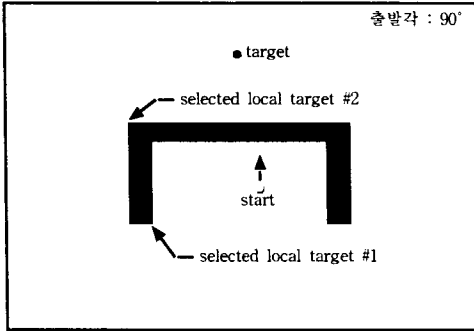


그림 2.8 모의실험1 (U자 형태의 지역최소 회피)

그림 2.8은 보통의 vector field 방식으로 경로계획을 하면 지역 최소에 빠지게 되나 모의 실험결과에서 알 수 있듯이 U형태의 환경에서 벗어나 목표까지 진행함을 보여주고 있다[1]. 그림 2.9는 또 다른 환경에서의 경로 계획 결과를 나타내고 있는데 역시 만족할 만한 결과를 보이고 있다[2].

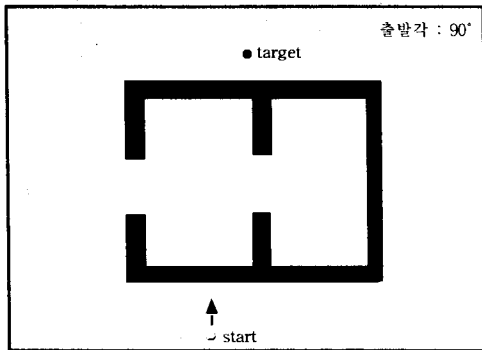


그림 2.9 모의실험2

3. 결 론

자율주행 이동로봇의 경로계획에 있어서 거리의 변화율을 이용하여 임시 목표를 설정하는 방법을 제안하였다. 또한 적절한 임시 목표의 교체가 이루어지게 해서 로봇이 트랩에 빠지지 않도록 하였다. 본 논문에서 소개한 목표 변환방식은 기존의 다른 방식에 비해 간단하면서도 빠른 속도를 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 명기호, 양동훈, 유영동, 홍석교, "초음파센서를 이용한 지역 최소 회피를 위한 주행 알고리즘", 99대한전기학회 하계 학술회의 논문집, G, pp.3086-3088, 1999
 [2] W.L.Xu, S.K.Tso, "Sensor-Based Fuzzy Reactive Navigation of a Mobile Robot Through Local Target Switching", *IEEE Transactions on systems and cybernetics-PART C*, Vol.29 No.3, pp.451-459, 1999
 [3] J.Yen, N.Pfluger, "A Fuzzy Logic Based Extension to Payton and Rosenblatt's Command Fusion Method for Mobile Robot Navigation", *IEEE Transaction on systems, man, cybernetics*, Vol.25 No.6, pp.971-978, 1995

[4] Atsushi Fukayama, Msaaki Ida, Osamu Katai, "Behavior-based Fuzzy Control System for a Mobile Robot with Environment by Sensory-Motor Coordination", *IEEE International Systems Conference Proceedings '99*, pp.1-105-110, 1999
 [5] Jin-Woo Park, Jae-Han Park, Jang-Myung Lee, "Intelligent Control of a Mobile Robot using Fuzzy Logic", *Proceedings of ITC-CSCC '99*, pp.585-588, 1999
 [6] H.R.Beom, H.S.Cho, "A Sensor-based navigation for a mobile robot using fuzzy-logic and reinforcement learning", *IEEE Transactions on systems, man, cybernetics*, Vol.25 No.3, pp.464-477, 1995
 [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993

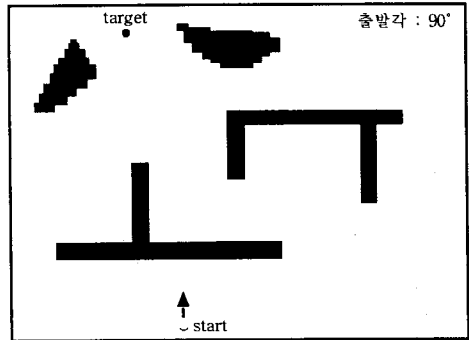


그림 2.10 모의실험3