

모노비전과 퍼지규칙을 이용한 이동로봇의 경로계획과 장애물회피

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

배봉규, 이원창, 강근택
부경대학교 전자공학과

Bongkyu Bae, Wonchang Lee, Guntack Kang
Pukyong National Univ, Pusan, Korea

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.

I. 서 론

오늘날 로봇 시스템은 자동화 시스템, 우주 탐사, 군사 등 사회 전반에 걸쳐 널리 응용되고 있다^[1]. 현재는 이러한 로봇의 단순 반복 작업의 수행에서 벗어나 보다 많은 자율성을 로봇에게 부여하는 움직임이 일고 있다. 자율 주행 이동로봇이 고정된 상태에서 운영되는 매니플레이터와는 달리 미지의 환경에서 운영되기 위해서는 위치 추정, 장애물 회피 능력, 경로 계획 등의 능력이 필요하다. 동적인 환경에서 로봇이 자율적으로 이동하기 위해서는 현재 로봇이 위치한 지역의 부정확하고 불완전한 정보로부터 결론을 유도해 낼 수 있어야 하며 지금까지 이러한 목적에 맞는 방법을 찾기 위해 많은 연구가 진행되어져 왔다^[2,3,4].

현재까지 로봇의 주행에 관한 연구로는 모델기반, 퍼지로지, 신경망, 유전자 알고리즘 등 지능시스템을 도입한 제어방식들이 널리 사용되고 있다.

이동로봇의 주행에 필요한 주변 환경을 인식하는 작업은 로봇의 주행에 절대적으로 중요하게 작용하며, 이를 위해 각종 센서들이 사용되며 어떠한 센서를 사용하느냐에 따라 로봇의 성능이 결정된다고 볼 수 있다. 또한 여러 센서들의 입력을 어떻게 사용하는가 역시 중요한 문제라 할 수 있다. 지금까지 널리 사용되는 입력 센서로는 부피가 적고 간편하면서도 원거리의 측정이 가능한 초음파센서,

레이저, 그리고 근거리 측정이나 특정 물체의 검지가 가능한 적외선 센서 등이 주를 이루고 있다. 하지만 최근에 와서는 반도체기술의 발달로 인한 마이크로프로세서의 연산능력 향상으로 인해 CCD카메라에까지 그 범위가 확대되었으며, CCD카메라의 이용은 보다 많은 주변 정보를 얻을 수 있게 하였다.

본 논문에서는 입력센서로 하나의 CCD카메라를 이용한 영상을 이용했으며, 주행에 필요한 장애물 회피와 경로 설정에는 CCD카메라에서 얻어진 영상을 처리하여 얻어진 장애물과의 거리의 변화율을 이용하여 경로를 설정하고, 장애물을 회피하여 진행하는 방법을 제안하고, 이를 구현하여 사용된 알고리즘의 성능을 고찰하였다. 설정된 임시목표까지의 경로를 진행하는데는 외부 잡음에 강인한 특성을 나타내는 퍼지제어기를 이용하였다^[5,6].

II. 본 론

1. 모의실험

1.1. 환경설정

제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 모의 실험을 행하였다. 모의 실험에서 사용한 가상의 이동로봇은 실제 제작한 로봇과 같이 한 대의 고정된 CCD카메라로 로봇의 전방에 존재하는 장애물의 거리를 인식하도록 설정하였으며, CCD카메라의 사각지대를 검색하기 위해 로봇의 전방, 좌, 우에 총 7개의 적외선센서를 배치하도록 하였다^[6]. 로봇의 크기는

20cm로 설정하였으며, 15cm/sec의 등속으로 주행하도록 하였다.

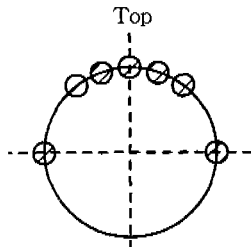


그림 1 센서 배치도

로봇에 부착된 센서는 그림 1과 같이 좌, 우, 정면에 배치하였는데, 주로 임시목표에 접근하여 미리 정해진 회전방향으로의 회전에서 현재 근접한 장애물과의 충돌을 피하는데 사용된다. 각각의 위치를 보면 좌, 우의 것은 정면에서 90° 방향에 설치하였고, 정면에 위치한 5개의 센서는 로봇의 바퀴 축과 수직중심 축에 하나, 그리고 이를 중심으로 해서 10° 간격으로 배치하였다. 장애물 인지거리는 30cm로 하였다.

1.2. 주행 알고리즘

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

1.2.1. 임시목표 설정

임시목표의 설정에는 로봇의 전면에 설치된 CCD카메라로부터 얻어진 영상을 이용하였다. 모의 실험에서는 CCD카메라를 대신하여 화각 60°를 3° 간격으로 분할하여 각 방향에 대한 거리를 측정하여 이를 배열로 만들어 이용하였다. 이렇게 얻어진 값은 CCD카메라를 이용하여 얻어진 영상을 처리해 얻은 데이터와 동일한 형태이다. 다음으로 수행하는 일이 이 배열을 인접한 값들과의 변화율을 계산하는 것이다. 이렇게 하면 변화율이 급격하게 변화하는 부분이 바로 장애물의 모서리가 된다. 다음과정은 이들 모서리 중에서 하나의 목표를 설정하는 것인데 본 논문에서는 변화율이 가장 큰 값을 가지는 모서리를 임시목표로 하도록 하였다. 변화율이 크다는 말은 장애물과 장애물의 뒷 공간과의 간격이 크다는 것을 의미하므로 다음 행동을 취하기가 용이하다. 따라서 변화율이 큰 값을 선택해 그 곳의 위치를 임시 목표로 설정하여 진행하는 경로를 생성하고 진행하도록 하였다. 또한 선택된 임시 목표의 위치에 따라 목표위치에 도달한 후의 회전 방향을 미리 설정하도록 하여 장애물 회피동작 후의 다음 동작이 이어지도록 하였다.

1.2.2. 근접 장애물의 회피

하나의 모서리를 선택하여 임시 목표를 설정하면 다음으로 퍼지제어기에서 생성하는 경

로에 따라 목표에 진행하게 된다. 이렇게 목표에 근접하게 진행하게 됨에 따라 장애물은 영상으로 감지 할 수 없는 사각에 놓이게 된다. 이러한 경우를 위해 로봇에는 앞서 설명한 것과 같이 배치된 센서들의 도움으로 장애물을 회피하여 계속 진행 할 수 있게 하였다. 영상에서 얻어진 경로를 따라 진행하는 중에 장애물이 감지되면 로봇은 영상을 분석해 얻어진 방향을 주시하면서 센서를 통해 얻어진 값을 통해 장애물과의 일정한 간격을 유지하며 원하는 방향으로 나아가게 되는데, 본 실험에서는 장애물의 외곽을 따라 미리 설정된 회전 방향으로 회전하도록 설정하였다.

1.2.3. 임시 목표의 교체

임시목표를 설정하여 제어기에서 출력하는 경로를 따라 목표까지 진행을 하면 최종적으로 카메라의 사각지대에 장애물이 존재하게 되어 앞서 설명한바와 같이 센서를 이용한 장애물 회피 동작이 이루어지게 된다. 장애물 회피 동작은 로봇이 장애물의 벽면을 따라 회전하게 되는데 이때 CCD카메라에서 얻어지는 영상으로부터 임시 목표를 설정하게 되면 항상 현재 장애물의 전방 꼭지점을 가리키게 된다. 따라서 새로운 임시 목표로의 전환이 이루어지지 않으면 현재 장애물의 외곽만을 회전하는 현상이 발생하게 된다. 따라서 현재 설정된 목표를 다른 목표로의 전환이 이루어지게 하는 작업이 필요하게 된다. 이러한 목표의 변경은 장애물 회피 동작이 이루어짐과 동시에 다른 임시 목표의 검색이 이루어지도록 함으로서 자연스럽게 이어지게 하였다.

1.3. 퍼지제어기

본 논문에서 사용된 제어기의 입력으로는 목표가 설정되면 정해지는 목표와 현재 로봇의 진행방향과의 차이 θ , 로봇과 목표까지의 거리 l 을 사용하였고 출력은 회전각 θ_r 로 설정하였다. 사용된 제어기의 퍼지화기에 사용된 입력 소속함수로는 계산이 간단한 삼각파 형태를 사용하였으며, 출력 소속함수는 singleton을 사용하여 연산량을 최소화하였다. 퍼지화기에는 Mamdani의 min-max연산을 사용하였고, 비퍼지화기에는 무게 중심법을 사용하였다.

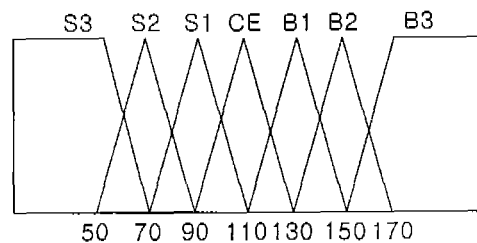


그림 2 경로 설정을 위한 거리 소속함수

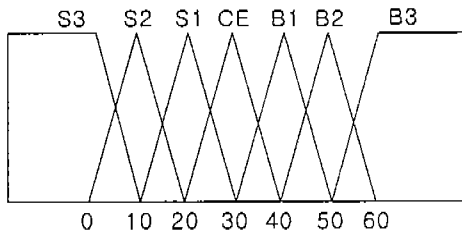


그림 3 경로 설정을 위한 각도 소속함수

표 1 경로 계획 제어규칙

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

퍼지제어기의 경로 계획 제어규칙은 표 1과 같이 목표까지의 거리가 멀수록 변화율을 크게 하도록 제어를 설계하였다. 설계된 제어기의 회전각의 범위는 $\pm 15^\circ$ 를 얻을 수 있었다. 근접 장애물의 회피에 사용된 소속함수와 제어규칙은 표 2와 그림 4, 그림 5에 나타난 것과 같다.

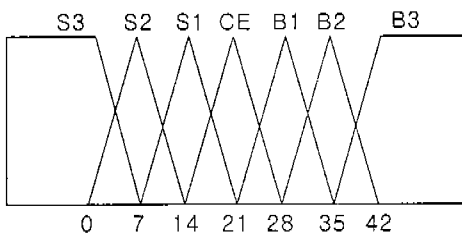


그림 4 장애물 회피를 위한 거리 소속함수

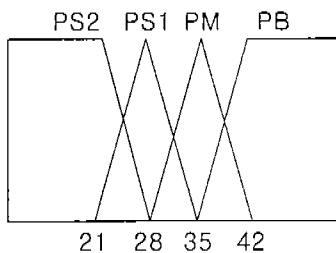


그림 5 장애물 회피를 위한 속도 소속함수

표 2 장애물 회피 제어규칙

		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				

1.4. 모의 실험 결과

제한한 경로계획과 퍼지제어기의 제어성능을 검증하기 위해 여러 종류의 미지 환경에서 실시하였다. 로봇은 목적지에 대한 정보없이 실험을 실시하였다. 그림 6과 그림 7, 그림 8에서 나타난 것과 같이 임의의 환경에서 이동 로봇이 주위의 환경을 인식하며 목적지에 접근함을 보여주고 있다.

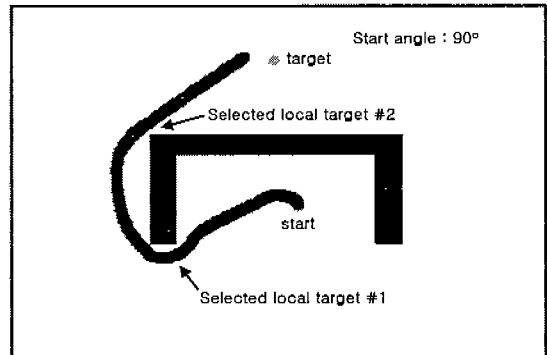


그림 6 모의실험1(U자 형태의 지역최소 회복)

그림 6은 보통의 vector field 방식으로 경로계획을 하면 지역 최소에 빠지게 되나 모의 실험결과에서 알 수 있듯이 U형태의 환경에서 벗어나 목표까지 진행함을 보여주고 있다^[2]. 그림 7는 또 다른 환경에서의 경로계획 결과를 나타내고 있는데 역시 만족할 만한 결과를 보이고 있다.

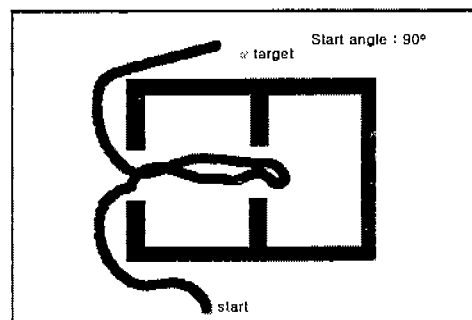


그림 7 모의실험2

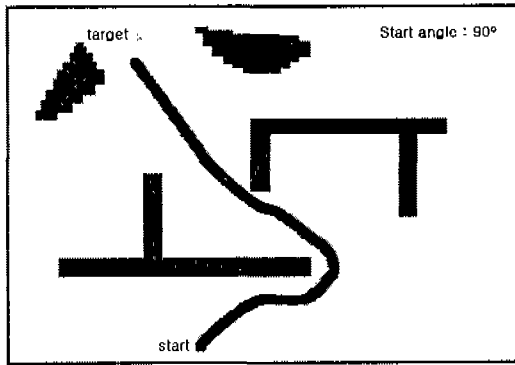


그림 8 모의실험3

2. 시스템구성

시스템의 구성을 보면 로봇에 장착된 영상을 원격지의 호스트 컴퓨터에 전송하고, 호스트 컴퓨터는 전송 받은 영상을 처리하여 로봇에게 명령을 내리는 구조로 설계하였다. 전체적인 시스템 구성은 로봇과 호스트컴퓨터로 나뉜다.

2.1. 자율이동로봇

이동로봇은 그림 9와 같이 무선통신부, 로봇 제어부, 구동부 그리고 전원부로 구성된다. 로봇의 재원을 표 3에 나타내었다.

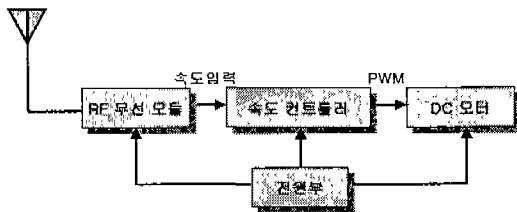


그림 9 이동로봇의 하드웨어 구성

표 3 로봇의 재원

크기	150×165×70 (mm)
무게	450g
모터	맥슨 DC모터-148634
모터 드라이버	L298
데이터 송수신기	BIM-418
프로세서	80196KC 20MHz
메모리	32Kbyte EPROM
CCD카메라	소형 CCD
배터리	7.2V
영상 송수신기	BYW-240RX/TX

2.2. 호스트시스템

호스트시스템은 로봇으로부터 전송받은 영상을 처리하는 역할을 한다. 호스트 시스템은 영상을 수신하기 위한 영상 수신모듈과 로봇에게 데이터를 전송할 RF데이터 송신모듈, 영

상을 받아들이기 위한 이미지 그레이버로 구성되어 있다.

2.3. Edge 영상의 획득

본 논문에서는 장애물의 인식을 위해 영상의 edge를 얻어 사용하였다. 영상으로부터 edge를 얻는 방법에는 derivate, gradient, laplacian 연산자 등과 공간필터인 roberts, prewitt, sobel 연산자 등이 있다^[7]. 본 논문에서는 공간필터중 하나인 sobel 연산자를 사용하였다.

III. 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.

IV. 참고 문헌

- [1] S. Hayati and R. Volpe "The Rocky 7 Rover : A Mars Sciencecraft Prototype", Proc. of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation Albuquerque, New Mexico, pp. 2458-2464, April, 1997
- [2] 명기호, 양동훈, 유영동, 홍석교, "초음파센서를 이용한 지역 최소 회복을 위한 주행 알고리즘", 99대한전기학회 하계 학술회의 논문집, G, pp.3086-3088, 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] L. A. Zadeh, "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process" *IEEE Transaction on systems, man, cybernetics*, (3)1:pp.28-44, January 1973
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993