

# 비전시스템과 인터넷 기반 이동로봇을 위한 퍼지규칙의 경로 계획

## Path Planning of Internet based Mobile Robot with Vision System Using Fuzzy Rules

김상헌, 이동명, 정재영, 오선문, 노관승, 김관형  
동명정보대학교 컴퓨터공학과

Sang-heon Kim, Dong-myong Lee, Jae-young Joung,  
Sun-moon Oh, Kwan-seung No, Kwan-hyung Kim  
Dept. of Computer Science and Engineering,  
TONGMYONG University of Information Technology  
E-mail : honey1321@dreamwiz.com

### 요 약

본 논문에서는 미지의 환경에서 인터넷 기반에 대한 이동로봇의 자율 주행이 가능하도록 비전시스템과 퍼지규칙을 이용한 경로 설정 및 장애물 회피를 위한 알고리즘을 소개 하고자 한다. 한편 원격지에서도 로봇의 움직임을 파악할 수 있도록 인터넷을 통한 원격운용 기능을 추가함으로써 로봇의 효율적인 제어가 가능하도록 하였다. 원격지에서 제어하고자 할 때 대부분이 인터넷이나 무선을 이용한 원격제어 또는 실시간 모니터링을 통해 제어하여 그 상황을 시뮬레이션으로 구현하고 있다. 현재 이동로봇 제어를 할 때 많이 사용되는 방법은 IEEE 802.11b를 기반으로 한 wireless LAN Socket, TCP/IP, RF, 블루투스 통신등이 있다. 이러한 방식중 본 논문에서는 Internet 방식 중에 TCP/IP 프로토콜을 사용하였다. 전체 시스템은 이동로봇과 서버 그리고 클라이언트로 구성되며 이동 로봇은 인터넷을 통해서 로봇을 제어하거나 필요에 따라서는 로봇이 직접 제어권을 가지고 자율주행이 가능하도록 설계되었다.

본 논문에서는 퍼지규칙을 이용하여 경로 계획 및 장애물 회피를 위한 알고리즘을 생성하였으며, 실험을 통한 그 효율성을 검증하였다. 또한 실제 이동 로봇을 제작하여 실험한 결과에서도 제안된 알고리즘이 우수한 성능을 발휘함을 확인할 수 있었다

keyword : Mobile Robots, Fuzzy Control, Navigation

### 1. 서론

최근 산업과 컴퓨터 기술의 비약적인 발달로 인하여 종전에 처리할 수 있었던 정보의 양이나 형태보다 많고 복잡한 일들을 처리할 수 있게 되었고, 근래에는 센서(Sensor)기술의 발달로 인간의 시각에 해당하는 카메라(Camera)의 성능과 처리 기술이 고도로 발달되어 있으며, 이를 제어하는 제어기술이 컴퓨터와 멀티미디어 그리고 신호처리 등의 기술의 급격한 발달로 인하여 다양한 형태의 영상신호처리 방법들이 제안되고 발달되고 있다. 이동 로봇은 미지의 환경에서 로봇의

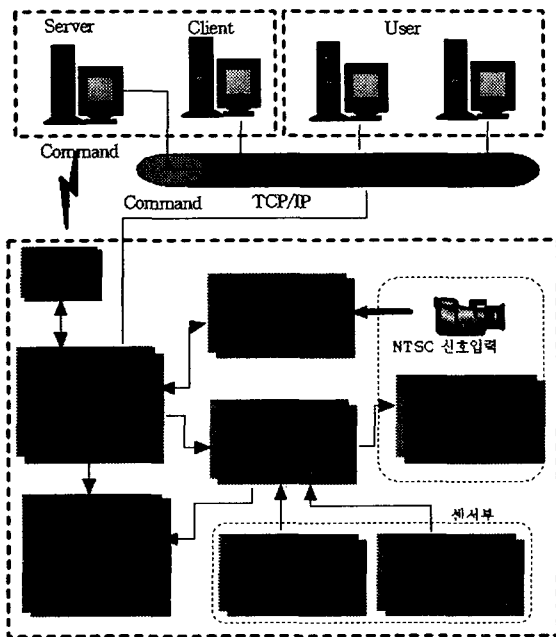
자율 주행이 가능해야 한다. 따라서 로봇이 위치하고 있는 주위의 불완전한 정보로부터 결론을 유도해 낼 수 있어야 하며 현재까지도 이러한 문제를 해결을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 로봇의 주행에 관한 연구로는 현재까지 퍼지 로직, 유전자알고리즘, 신경망 등과 같은 지능시스템을 이용한 제어방식들이 널리 사용되어 지고있다. 이동 로봇의 자율주행에 있어서 주변 환경 인식은 상당히 중요하다. 이러한 주변환경 인식에는 주로 센서가 사용되며 최근에는 마이크로 프로세서의 성능향상으로 CCD 카메라 사용이

가능하게 되어 적외선 센서나 초음파 센서를 사용하는 것보다 훨씬 많은 정보획득이 가능하게 되었다. 본 논문에서는 1대의 CCD 카메라를 센서로 사용한 장애물 회피와 경로 설정 방법을 제안하고 이를 구현하여 사용된 알고리즘의 성능을 고찰하였다. 설정된 임시 목표까지의 이동에는 외부 잡음에 강인한 퍼지 제어기를 사용하였다

## 2. 본론

### 2.1 시스템 모델

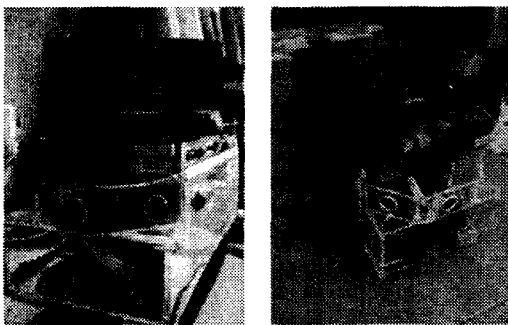
본 논문에서 제시하고자 하는 시스템은 다음과 같다.



[그림 1] 전체 시스템 블록도

[그림 1]은 이동로봇과 서버 그리고 클라이언트로 구성되며 이동로봇은 인터넷을 통해서 로봇을 제어하거나 필요에 따라서는 로봇이 직접 제어권을 가지고 자율주행이 가능하도록 설계되었다.

[그림2]는 실험에 사용한 로봇실물 사진이다.

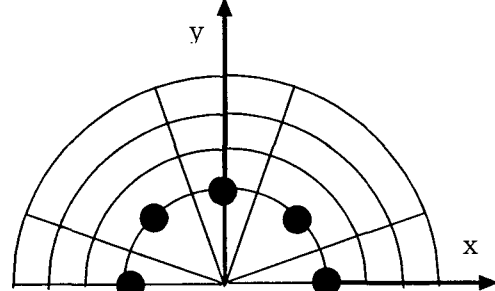


[그림 2] Robot System

1대의 고정된 CCD 카메라를 사용하여 로봇의 앞쪽에 존재하는 장애물의 거리를 인식하도록 했

으며 CCD 카메라의 사각 지역을 검색하기 위해 로봇의 전방과 좌·우측에 5조의 초음파 센서를 배치하였다. 그리고 적외선 2조는 로봇의 바닥을 검출하기 위한 센서로서 절벽 같은 지형에서 로봇을 보호하는 역할을 하며, 일정거리를 기준으로 On-Off 입력을 통해 지면의 유무를 판단하여 로봇을 보호한다.

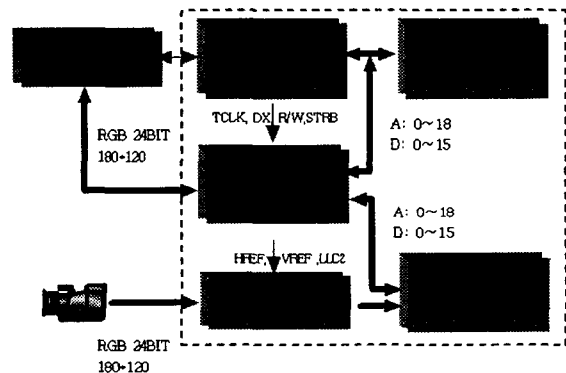
[그림 3]은 초음파 센서의 위치를 나타낸다..



[그림 3] 이동로봇의 초음파 센서 구조

### 2.2 Mobile Robot Vision System

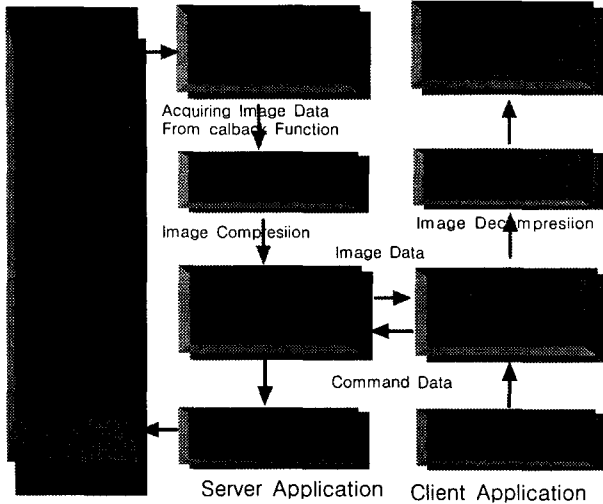
CCD 카메라는 매초 33프레임 간격으로 180\*120 사이즈의 RGB 24BIT 포맷을 구성하여 화소 단위로 그래픽보드에 이미지 데이터를 전송한다.



[그림 4] 그래픽보드 시스템 구조

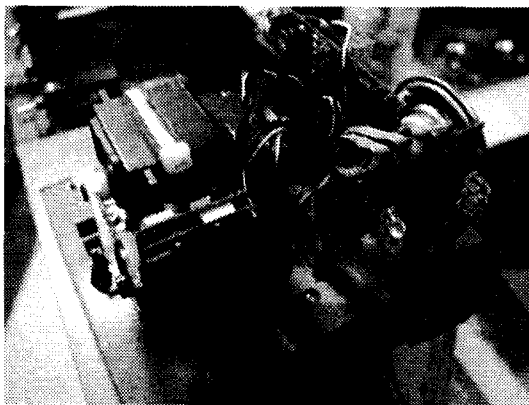
[그림 4]는 로봇의 Vision System구조로서 영상처리를 하는 그래픽보드에 대한 구조를 나타낸다.

원격지에서 실시간으로 로봇 주변의 상황을 모니터링하기 위해서는 영상의 압축이 필수적이다. 최초 획득된 영상은 그 사이즈가 커서 실시간 전송이 불가능하다. 본 로봇에서 사용한 영상압축 방법은 Jpeg의 기반 압축방식인 DCT 압축을 사용하였다. TCP/IP 기반의 원격지 제어는 Window Socket(WinSock, Datagram type)을 통해 구현하였다. Datagram type은 Stream type에 비해 header의 양이 적고 재전송요구가 없어 영상의 전송에 있어서 보다 빠른 전송시간을 보장한다



[그림 5] 실시간 영상 압축 / 복원

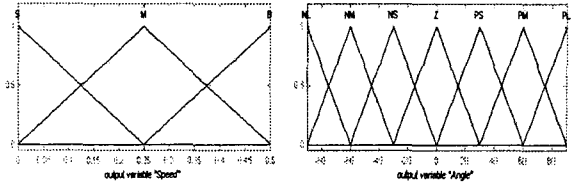
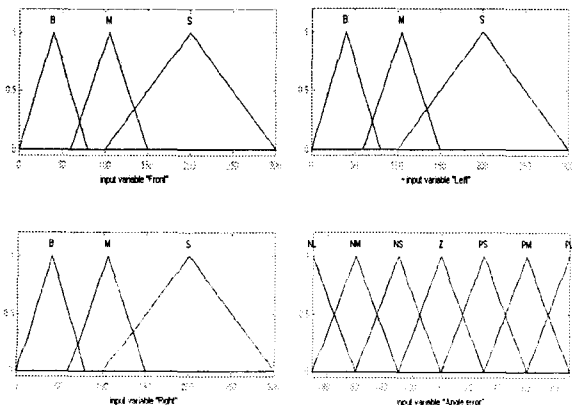
[그림 6]은 CCD 카메라 실물사진으로써 로봇에는 2조의 CCD 카메라가 장착되어 있으나 본 논문에서는 1조의 CCD 카메라만 사용하였다.



[그림 6] CAMERA 실물사진

### 2.3 Fuzzy Control

본 논문에서는 출발지점에서 도착지점을 지정해서 장애물 회피 및 자율 주행을 위해서 제한된 환경에서의 맵을 구성하였고 애매 모호한 상황에서 속도 및 로봇의 회전각도를 조정하기 위해 Fuzzy System 이론을 적용하였다



[그림 7] 멤버쉽 함수

[그림 7]에서 보는 바와 같이 Front Collision, Left Collision, Right Collision, Angle Error 4개의 입력을 넣어 출력 Angle, Robot Speed를 퍼지화기로 구성하였다. 퍼지 추론방식은 이동로봇에 많이 사용되는 Mamdani의 Max-Min 방법을 사용하였다.

퍼지 제어의 규칙기반(Knowledge Base)시스템 RULE No. K: If (전건부) THEN (후건부) 전건부 적합도

$$\lambda_i = \mu_{A_i}(x) \wedge \mu_{B_i}(y)$$

n개의 규칙 기반에 대한 Fuzzy Modus Ponens

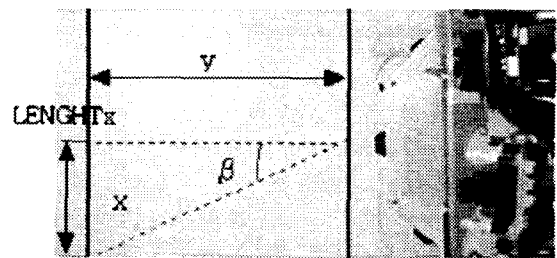
$$\mu_c(y) = \bigcup_{i=1}^n \{\lambda_i \wedge \mu_{c_i}(y)\}$$

비퍼지화 방법으로 COM(Center of Mass)을 사용하였다.

$$y = \frac{\int \mu_c(y) \cdot y \, dy}{\int \mu_c(y) \, dy}$$

### 2.4 주행 시스템

[그림 8]은 로봇의 상면도를 나타낸다.



[그림 8] 로봇의 상면도

[그림 8]의 y는 초음파 센서를 이용하여 값을 산출한다. LENGHTx는 영상처리를 이용하여 구한다.

본 논문에서는 5조의 초음파 센서를 사용하여 거리를 측정하였다. 그리고 1대의 카메라만을 사용하여 초음파 센서 거리값과 영상처리 후 장애물에 대한 값을 퍼지시스템을 통해 로봇의 주행 전략을 수립한다.

### 3. 실험 및 결과

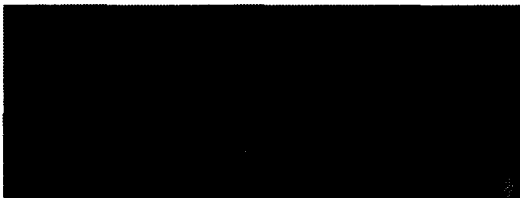
실험에 사용한 시스템은 Intel Pentium4 CPU, 256M Byte의 메인 메모리, 32MB의 비디오메모리를 사용하여 실내에서 이루어 졌다.

[그림 9]는 TCP/IP를 사용한 원격지 사용자 인터페이스 화면으로써 CCD 카메라에 장착된 2 자유도의 Servo모터 및 로봇의 구동부의 DC모터를 제어한다. 그리고 실시간적으로 주위의 환경을 모니터링한다.



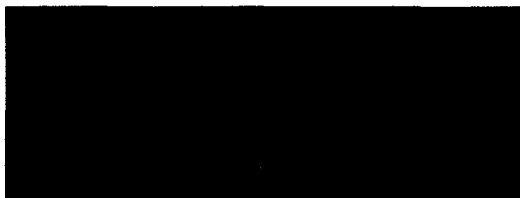
[그림 9] TCP/IP를 사용한 사용자 인터페이스

본 논문에서 제안한 경로계획과 피지 제어기의 성능을 검증하기 위해 여러 종류의 환경에서 실시하였다. 로봇의 출발 각도와 위치는 임의로 설정하였으며 목적지 역시 임의의 위치에 설정하였다. [그림10]은 로봇의 전방에 장애물을 두고 실험했을 때 로봇의 행동을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이와 같이 장애물을 피해 진행하고 있음을 알 수 있다. 실험에서 사용한 로봇의 진행 가능한 폭은 로봇의 2배로 설정하였다.



[그림 10] 실험 I

[그림11]의 경우는 로봇이 장애물을 통과 할 수 없을 때 로봇이 어떠한 행동을 취하고 있는지 보여주고 있다. [그림11] 에서 보듯이 장애물 사이의 공간이 로봇이 진행 할 수 있는 공간 보다 좁아 로봇이 회피 행동을 취하고 있음을 알 수 있다.



[그림 11] 실험 II

#### 4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 비전 시스템을 이용한 자율주행 이동로봇의 경로 계획에 있어서 예지 영상을 이

용한 거리 변화율을 이용하여 임시 목표를 설정하는 방법과 로봇이 주행도중 장애물을 만날 경우 장애물을 회피해 목적지로 진행하는 알고리즘을 제안하였다.

실험 결과에 나타난 것과 같이 카메라를 통한 입력 영상을 처리해 얻은 예지 영상에서 임시 목표를 선택하는데 있어서는 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 장애물 회피와 동시에 새로운 목표를 설정하는 방법은 간단하면서도 그 속도가 빨랐다.

향후 개선되어야 할 점으로는 현재 많은 시간을 필요로 하는 비전처리에 보다 빠른 영상 처리 알고리즘을 적용하여 비전처리에 소요되는 시간을 줄이고, IEEE 802.11b를 기반으로 한 wireless LAN Socket이나 블루투스를 사용하여 실시간 무선통신을 하며, 스테레오비전을 통한 이동 로봇의 성능을 향상시키도록 해야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] George J. Klir, BoYuan "Fuzzy sets and Fuzzy logic Theory and Applications", Prentice Hall, 1995
- [2] 강훈, 심귀보, 지능 정보시스템: 퍼지시스템·진화 연산·신경회로망, 대영사, 2000
- [3] 강동중, 하종은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍미디어, 2003
- [4] 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.
- [5] S. Mann, "Wearable computing: toward humanistic intelligence ", IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, 10 -15, 2001
- [6] Jae-hoon Kim, Geun-taek Kang, Won-chang Lee, "Path Planning of a Mobile Robot with Vision System Using Fuzzy Rules", 2002
- [7] Sung-Ho Jung, Seoung-Joo Kim, Jae-Yong Seo, Yong-Tack Kim, Hong-Tae Jeon , "Multiplex connection control processing method of web based Mobile Robot", 2003
- [8] 윤덕용, "어셈블리와 c언어로 익히는 80C196KC 마스터", ohm출판사, 2000
- [9] 정재은, 유닉스시스템 프로그래밍, 한빛미디어, 2003
- [10] 김종환, "로봇 축구 시스템", 대영사, 2000