

## 이동로봇의 원격제어 및 조작에 관한 연구

김효섭, 홍현주\*, 노영식, 강희준,  
울산대학교 전기전자정보시스템공학부, (주)케피코\*

### The Reserch about Teleoperation and Manipulation of A Mobile Robot

Hyo-Sub Kim, Hyun-Ju Hong, Young-shick Ro, Hee-Jun Kang  
School of Electric-Electronic Information System Engineering University Of Ulsan

#### ABSTRACT

본 논문은 무선 LAN기반에서의 이동로봇에 Manipulator를 장착하고 안정된 원격 제어를 수행하였다. 원격제어는 웹 카메라 및 레이저 센서를 통해 이동로봇 주변 환경을 인식할 수 있으며, 조이스틱을 이용하여 이동로봇 및 Manipulator를 제어한다. 무선 랜 기반 원격제어 시스템은 환경조건에 따라 통신지연이 불규칙하고 통신두절의 발생가능성이 매우 높다. 본 논문은 이러한 문제점이 발생할 경우 문제점을 해결하기 위하여 실시간 화상 전송에 대해 이론적이고 체계적 분석을 실시함으로써 보다 안정된 효과를 얻는다. 그리고 조작자가 이동로봇을 좀 더 안정적이고 쉽게 조작할 수 있도록 하기 위해 힘 반영 조이스틱에 이동로봇 주위의 장애물 정보를 반영하였다. 또한 Manipulator의 원격조정 알고리즘을 개발하여 보다 안정되게 물체를 파지 및 이동시킬 수 있다.

#### 1. 서론

자율이동로봇은 사람의 조작 없이 불확실한 환경에서 장애물을 스스로 인식하고 회피하면서 목표점까지 도달할 수 있어야 한다. 또한 이동한 후에 주어진 목표물을 정확히 파지하여 그 효과를 증대시켜야한다. 본 논문에서는 위와 같은 이동로봇의 원격제어 및 조작에 관한 연구를 하였다.

먼저 자율주행이동로봇의 필수 요건인 장애물회피 알고리즘은 지역경로계획방법인 VFH(Vector Filed Histogram) 방법을 기본으로 하여 새로운 알고리즘을 개발하였다. 실험에서 사용한 레이저센서는 장애물회피를 위해 가장 널리 사용되고 있으며, 가격이 저렴하고 데이터 처리속도가 빨라 실시간 제어가 가능하다는 장점이 있다. 또한 MMC Board와 무선 Lan을 이용하여 Manipulator의 원격조정 알고리즘으로 보다 안정되게 물체를 파지 및 이동시켰다.

제한한 기법은 컴퓨터 시뮬레이션과 실제 이동로봇 실험을 통하여 검증하였다. 실험결과 원격지 명령에 의해 로봇이 주어진 목표점까지 장애물을 회피하며 주행하는 것을 보였으며 로봇에 장착된 레이저 센서 시스템

정보를 활용하여 로봇이 주행한 공간에 대한 정보를 구할 수 있음을 보였다.

#### 2. 원격 시스템의 구조

원격제어시스템의 구조는 그림 1과 같이 크게 서버와 클라이언트 그리고 통신 채널로 나눌 수 있다. 서버는 이동로봇에 장착된 컴퓨터로 정의하고 클라이언트는 조작자와 인터페이스 되는 컴퓨터로 정의한다. 통신 채널은 무선랜으로 구현되었다.

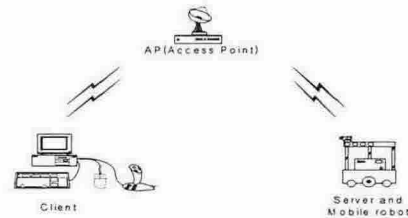


그림 1. 원격제어시스템의 구조

#### 2.1 서버 시스템

서버 시스템은 그림 2과 같이 PC(Pentium IV 1.4G), 이동로봇, 레이저 센서, PC 카메라, 무선랜, MMC Board로 구성되어 있으며, 기능적으로 클라이언트의 제어권을 관리하고, 제어명령수행 그리고 작업환경에 대한 영상정보를 접속된 모든 클라이언트에게 전송한다.

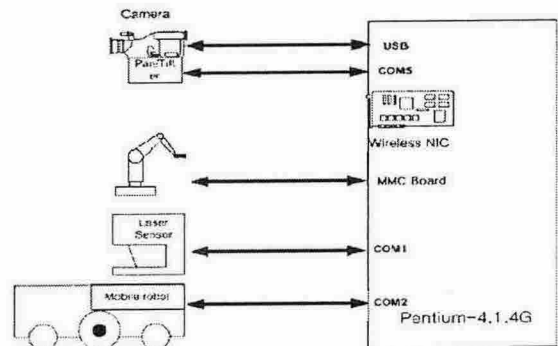


그림2. 서버시스템의 구조

## 2.1 능동적 제어모드 알고리즘

RTT(Round Trip Time;지연시간)는 불규칙하고 무계(Unbounded)이기 때문에 많은 연구들에서처럼 통신 지연이 일정하다고 가정할 수 없으며, 또한 확률·통계적으로 모델링 할 수 없다. 따라서 RTT는 실시간으로 측정되어야 하며, 측정된 지연시간에 따라 원격제어시스템을 제어할 필요가 있다.

측정된 RTT에 의한 능동적 제어모드전환 알고리즘은 그림 3과 같다. RTT가 경계값 보다 작으면 제어루프 관리객체에 의해서 직접제어모드로 전환한다. 이때 조작자는 이동로봇의 속도를 제어할 수 있다.

RTT가 경계값 보다 크면 제어루프 관리객체는 행동 제어모드로 전환한다. 경계값은 이동로봇의 주행속도와 영상전송률을 고려하여 결정되어야 한다. 이때 조작자는 이동로봇의 위치제어만 할 수 있고, 속도는 서버에 의해서 제어된다.

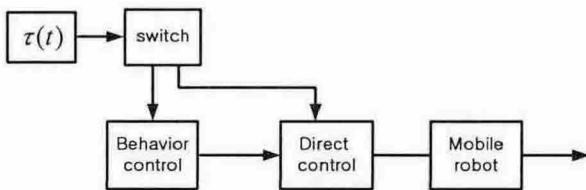


그림 3. 제어모드 전환 블록도

## 2.2 VFH (Vector Field Histogram) 알고리즘

이동로봇의 위치를 중심으로 레이저 센서의 인식범위를 고려한 정사각형 구역을 AW(Active Window)라고 하고 레이저 센서에 의해 얻어지는 장애물 정보를 격자 지도로 저장한다. 이때, 이 격자 하나를 AC(Active Cell)이라고 한다. 레이저 중심 축에서 장애물을 검출하면 중심축상의 측정된 거리에 위치한 한 개의 AC만 CV를 1씩 증가시킨다.

여기서 CV(Certainty Value)는 격자 내에 장애물이 놓여 있을 가능성을 표현한 격자 확실성 값이다. AW 내의 셀들은 여러 개의 Sector로 나누어지는데 나뉘진 섹터내의 셀들은 CV값과 이동로봇과의 거리 정보를 이용하여 장애물 밀도로 나타나게 되는데, 이를 VFH라 한다. 본 연구에 사용된 AW의 크기는 가로, 세로 각각 3[m]로 설정하였다. CV 값은 다음과 같은 수식으로 구해진다. 먼저, 로봇의 중심에서 AW의 각 Cell들과의 방향은 식 (1)에 의해서 구해진다.

$$\beta_{i,j} = \tan^{-1} \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \quad (1)$$

그러면 CV값은 식 (2)에 의해서 구해진다.

$$m_{i,j} = (c_{i,j}^*)^2 (a - b d_{i,j}) \quad (2)$$

다음으로 각각의 Sector에 대하여 POD(Polar Obstacle Density)를 구한다. 섹터 k는

$$k = \text{INT}(\beta_{i,j}/\alpha) \quad (3)$$

POD  $h_k$ 는

$$h_k = \sum_{i,j} m_{i,j} \quad (4)$$

a, b : 양의 정수

$c_{i,j}^*$  : AC (i,j)의 특정값

$d_{i,j}$  : AC (i, j)와 VCP 사이의 거리

$m_{i,j}$  : (i,j)안에 장애물 벡터의 크기

$x_0, y_0$  : VCP의 현재좌표

$x_1, y_1$  : AC의 좌표

$\beta_{i,j}$  : AC (i,j)에서 VCP까지의 방향

$\alpha$  : 양자화된 각

식(1) ~ 식(4)에 의해 구해진 VFH를 이용하여 이동로봇 주변 환경에 장애물이 있을 경우 장애물이 있는 방향으로 조이스틱을 조작할 때에는 VFH에 비례하는 힘을 조이스틱에 전달하여 이동로봇이 장애물 쪽으로 이동하지 못하도록 하였다.

## 3. 매니플레이터 원격조정 알고리즘

매니플레이터 삼성 FARA AT2를 사용했고 VC++ .NET를 이용하여 구현했으며 서버 PC와 원격 제어가 무선 네트워크를 통해 통신하기 위해 무선 랜 프로토콜을 이용하였다. 여기서는 데이터의 실시간을 보장하기 위해서 UDP/IP를 사용하였고 포트번호는 2002를 할당하였다.

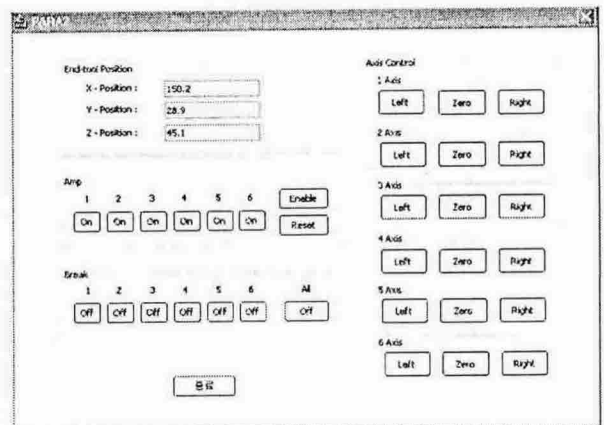


그림 4. 매니플레이터 프로그램 인터페이스

## 4. 적용 결과 및 실험

원격지의 조작자는 원격제어기 프로그램을 통하여 원격지의 상황을 시각적으로 인식 하고 이동로봇을 조정할 수 있다. 하지만 시야의 제한과 전송 채널의 대역폭 한계 및 어두운 조명 같은 상황에서는 원격지의 환경을 정확히 확인할 수 없는 경우가 발생한다. 그림 5는 본 논문에서 구현한 매니플레이터를 장착한 이동로봇의 외관을 보여준다.

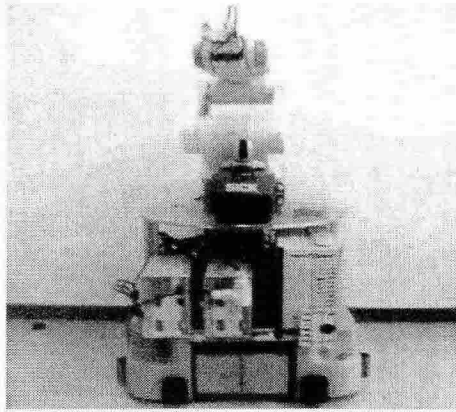


그림 5.1 이동로봇의 외관

이동로봇의 원격제어를 위하여 제안된 직접제어모드와 행동제어 모드에 대한 실험을 수행하였다.

턱을 움직였을 경우 이동로봇이 장애물을 회피하면서 진행하는 결과를 보여주고 있다.

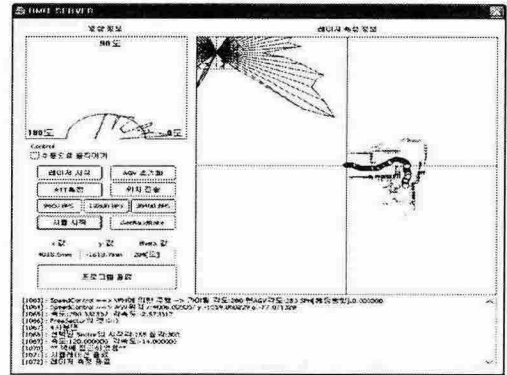


그림 5.4. 행동 제어모드에 대한 주행실험

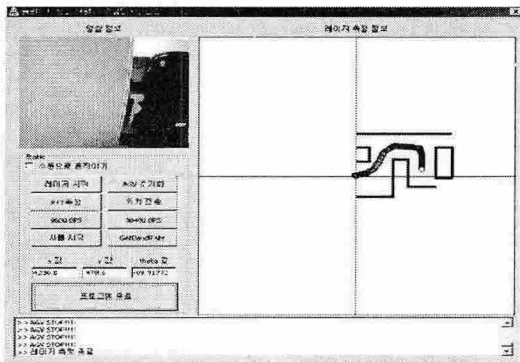


그림 5.2. 비전정보만의 주행실험

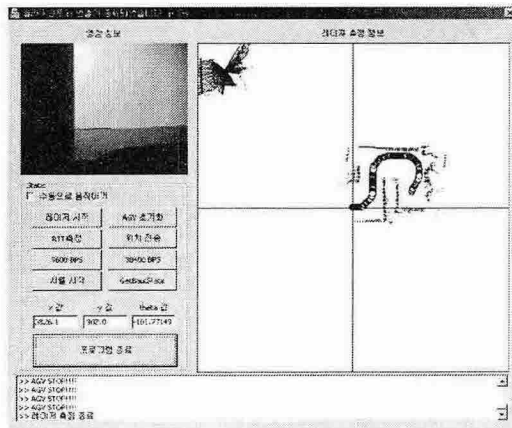


그림 5.3. 비전과 힘 정보에 의한 주행 실험

표 1. 실험결과

	비전정보	비전 + 힘 정보
주행 거리	770[cm]	770[cm]
주행 속도	50[mm/sec]	50[mm/sec]
주행 시간	6분 27초	2분 10초

그림 5.3는 행동제어모드에 대한 실험이다. 실험실 내에 임의의 환경을 만들고 우측 대각선 방향으로 조이스

## 5. 결 론

기존의 산업용 로봇이 정해진 작업에서 프로그램된 반복적인 작업을 해왔으나 작업환경의 변화가 심하거나 작업 내용이 비반복적인 작업에서는 인간의 개입 및 지능이 필수불가결하게 되었다.

인간의 관여 정도는 인공지능의 발전에 따라 반비례로 줄어들지만 고도의 판단력을 필요로 하는 작업은 고차원적 판단을 필요로 하기 때문에 고성능의 인간-기계 인터페이스가 요구되고 있다. 본 논문은 무선 랜과 AP를 이용하여 그러한 독립 네트워크를 구축하였다. 또한 VFH와 조이스틱을 이용한 이동로봇의 직접제어모드와 행동제어 모드에 대한 실험을 수행하였으며 매니플레이터 원격제어를 이용하여 목표물을 파지하였다.

향후 과제로는 이동 로봇으로부터 제공되는 영상 정보와 레이저 정보로 원격지에서 좀 더 쉽게 이동로봇을 제어할 수 있도록 하는 것이며, 이동로봇의 자율성을 좀 더 부여하여 사용자가 작업을 좀 더 안정적이고, 빠르게 수행할 수 있도록 하는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Ren C.Luo, Tse Min Chen, and Chih-Chen Yih, "Intelligent Autonomous Mobile Robot Control Through the internet." IEEE, 2000 Vol.1 pp.6 - 11
- [2] Johann Borenstein, Yoram Koren "The Vector Field Histogram-Fast Obstacle Avoidance for Mobile Robots", Vol. 7, NO.3 IEEE June 1991 pp.278 - 288
- [3] Borenstein, J. and Koren, Y., 1989, "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots." IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 19, No. 5, Sept./Oct., pp. 1179-1187.
- [4] Latombe, Jean-Claude, "Robot Motion", MIT press, 1982
- [5] 류승엽, 이종수, "Remote Dynamic Control of a Manipulator Using Network." Proc, KACC. pp 1811~1812, 1998
- [6] Jin Woo Park and Jang Myung Lee, "Transmission Modeling and Simulation for Internet-based Control", The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Dec. 2001 pp 165 -169