

이동로봇의 원격조작을 위한 스테레오 비전에 관한 연구

정기수, 노영식, 강희준, 서영수, 윤승준
울산대학교 전기전자정보시스템 공학부

A study on the stereo vision system for controlling the mobile robot tele-operation

Ki-Su Jung, Young-Shick Ro, Hui-Jun Kang, Young-Su Seo, Seong-Jun Yun
School of Electric-Electronic Information System Engineering University of Ulsan

Abstract - 본 논문은 네트워크를 통한 원격제어 시스템을 구축하는 연구로써 무선 랜과 AP를 이용하여 독립 무선 네트워크를 구축하고, 이동로봇의 주변 환경에 대한 레이저 센서정보와 영상정보를 전송한다. 그리고 스테레오 카메라와 Head Mounted Display를 사용하여 원격지에서 입체감 있는 영상을 보며 조작을 할 수 있게 하였으며, Head Motion Tracking를 이용해 이동로봇의 카메라를 별도의 조작 없이 컨트롤 가능하도록 방법을 제안하였다.

1. 서 론

원격제어(teleoperation)란 인간의 감각과 작업 능력을 확장하는 것으로 정의된다. 원격제어의 주요 적용 분야는 심해작업, 우주탐사, 의료시술, 원격설비 유지 보수, 공장 자동화 등이 있다.[1]

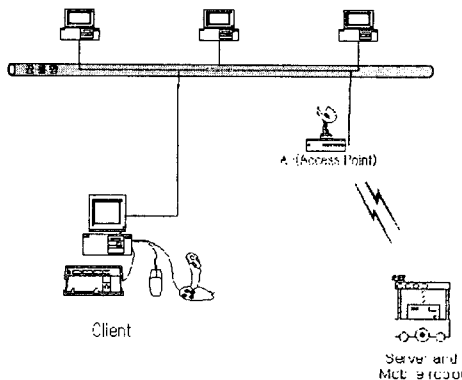
본 논문은 인터넷을 통한 원격제어를 구현하기 위한 연구로 네트워크를 구축하고 원격제어 시스템을 구현하였다. 원격제어 시스템은 서버 시스템(Server System, 이동로봇)과 클라이언트 시스템(Client System, 원격제어기) 그리고 통신채널(Communication Channel)로 구성되어 있으며, 이를 위한 소프트웨어를 구현하였다.

중전의 원격제어에 관한 연구는 대부분 통신지연이 일정하고 원격지 환경이 정적이라고 가정하였다. 그러나 실제로 이동로봇의 원격제어에서 통신지연은 가변적이고 주위환경은 동적이다. 근래에는 통신지연이 가변적이고 원격지 환경이 동적인 상태에서 원격제어 시스템의 안정도와 성능을 개선하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. Luo[2]는 원격제어 시스템에서 행동제어(behavior control)가 직접제어(direct control)보다 우수함을 입증하였다. 또한 오퍼레이터가 원격지의 상황을 더욱 자세하게 파악할 수 있도록 요구되어 진다.

기존에는 이동로봇에 부착된 카메라를 따로 컨트롤해야 하기 때문에 카메라 컨트롤에 불편한 점이 있었고, 일반 PC카메라를 사용하였기에 클라이언트 화면으로 전송되는 영상으로 주위를 확인하기에 한계가 있었다.

본 논문에서는 스테레오 카메라(Stereo Camera)와 Head Mounted Display(HMD)를 사용하여 클라이언트로 전송되는 영상을 사람이 직접 보는 것과 같이 원근감이 있도록 하였으며, HMD에 센서를 달아서 이동로봇에 장착된 스테레오 카메라를 별도의 조작 없이 유저의 시선에 따라 움직일 수 있도록 하였다.[3]

또한 원격지에서 조작 시 이동로봇이 좁은 곳이나 문을 통과할 때 무난하게 통과할 수 있도록 알고리즘을 제안하였다.



<그림 1> 원격제어시스템의 구조

2. 본 론

2.1 원격제어 시스템의 구조

<그림 1>은 원격제어 시스템의 구조를 보여주며 통신 네트워크는 크게 공용 네트워크와 독립 네트워크로 나눌 수 있으며 공용 네트워크는 인터넷(Internet)을 의미하고 독립 네트워크는 하부구조(Infrastructure)네트워크를 의미한다. <그림 1>에서 AP(Access Point)는 무선 랜 프로토콜(IEEE 802.11b)

을 사용하며 하부구조 네트워크를 구축할 수 있는 기능과 하부구조 네트워크와 공용 네트워크를 연결해주는 브리지(Bridge)기능이 있다. AP와 통신할 수 있는 영역 내에서는 무선 랜 카드만 장착하면 독립 네트워크의 구성원이 될 수 있으며 인터넷 연결은 AP의 Bridge기능을 이용하여 쉽게 구현 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 원격제어 시스템은 <그림 1>과 같이 이동로봇(Server)은 무선 랜을 이용하여 AP와 통신을 하며 원격제어기(Client)는 공용 인터넷망을 통해서 이동로봇에 접속하여 이동로봇을 조작 할 수 있다. 사용된 AP는 실내 환경에서 전송거리 약 100[m]이고 최대 전송속도는 11[Mbps]정도이며, 무선 랜 카드는 전송거리 약 70[m]이고 최대전송속도는 11[Mbps]이다.

이동로봇의 구성은 같이 서버PC(Pentium-IV 1.4Ghz), 이동 베이스(TRC, Labmate), 레이저 센서(CICK, LMS 200), Stereo Camera(Point gray, Bumblee) 펜/틸트 로 구성되어 있으며 구성요소 들은 <표 1>에 나타낸 프로토타입을 사용하여 통신한다.

<표 1> 이동로봇의 프로토타입

대 상	프로토타입
클라이언트	802.11b
이동로봇	COM2
레이저 센서	COM1
스테레오 카메라	IEEE 1394
펜/틸트	COM5

2.2 원격비전 시스템

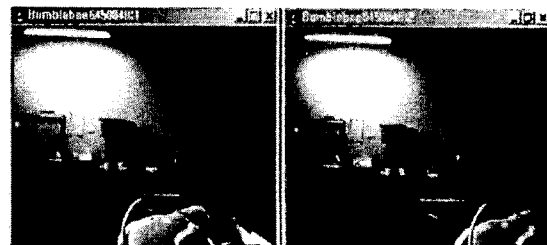
<그림 2>는 사용된 Stereo Camera와 Head Mounted Display를 보여준다. 스테레오 카메라는 Point Grey 사의 Bumble2로 두 개의 렌즈로 물체를 보아서 입체영상을 얻을 수 있다. 640*480 과 1024*768 두 사이즈의 이미지를 얻을 수 있는데 본 연구에서는 low size(640*480)를 사용하였다.



<그림 2> Stereo Camera 와 Head Mounted Display

Head Mounted Display는, Personaldisplay사의 I-visor FX 605로 듀얼 입력을 받아 각각 오른쪽과 왼쪽 화면으로 출력한다. 출력된 영상은 최대 800*600의 이미지로 볼 수 있다.

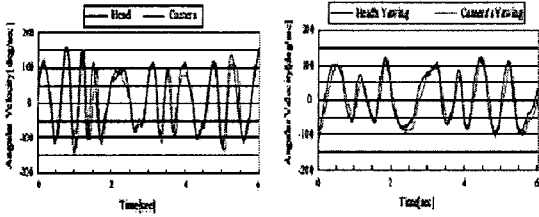
<그림 3>은 클라이언트에서 얻은 영상을 보여준다. 왼쪽화면(a)이 Stereo Camera의 오른쪽 영상이고 오른쪽화면(b)이 Stereo Camera의 왼쪽영상이다. 사람의 눈과 같이 한쪽 눈을 감고 보는 것과 같이 다른 두 개의 영상을 얻을 수 있다. 이 구대의 영상을 HMD를 이용하여 왼쪽화면과 오른쪽화면을 따로 출력해서 종합적으로 양쪽 눈으로 보는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.



(a) 오른쪽 렌즈 (b) 왼쪽 렌즈

<그림 3> Stereo Camera로 얻은 영상

Head Mounted Display에 2개의 Gyro Sensor를 달아서 오퍼레이터가 HMD를 쓰고 시선을 움직이면 Gyro Sensor에 의해서 움직인 각도를 검출해낸 후 그 각도를 이동로봇으로 전송하여 팬/틸트를 원하는 각도로 움직여서 Stereo Camera가 오퍼레이터와 같은 방향을 바라볼 수 있도록 시스템을 구성하였다.



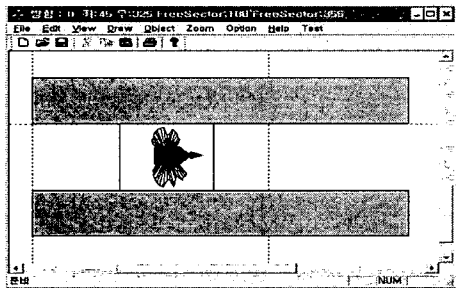
<그림 4> Head와 Camera의 roll과 yaw각의 각속도

<그림 4>는 HMD가 움직였을 때 Camera의 움직임을 roll과 yaw각의 각속도를 측정하여 보여준다. 약간의 오차가 있고 딜레이가 어느정도 발생하는 것을 알 수 있지만, 카메라가 Head를 어느정도 따라가는 것을 알 수 있다. 실제 네트워크의 지연시간이 길어 진다면 딜레이는 더욱 길어질 것이다.

2.4 주행 알고리즘 개선

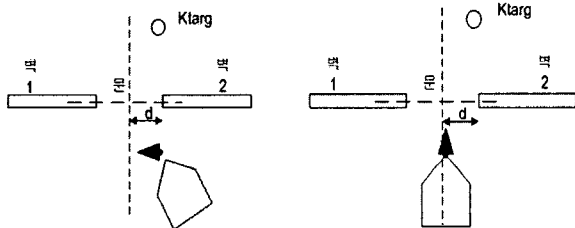
이동로봇 조작 시 좁은 곳이나 문을 만났을 때 원격지의 오퍼레이터는 이동로봇이 통과가 가능한지 판단하기 어렵고, 수동조작으로 통과하기에는 무리가 따른다. 따라서 좁은 장소나 문을 통과할시 오퍼레이터의 조작에 의존하지 않고 이동로봇이 스스로 통과 할 수 있는 능력이 이동로봇에게 필요하다. 따라서 주행 시 마주치는 장애물을 회피하는 알고리즘과 문 통과 시의 알고리즘이 필요하다.

<그림 5>은 이동로봇이 주행 시에 장애물이 있을 때 회피하는 모습이다. 장애물을 회피하기 위해서 VFH(Vector Field Histogram)[4]과 조향제어(steering control)가 사용된다.

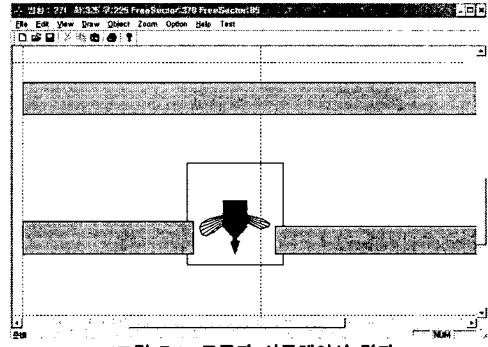


<그림 5> 주행시의 시뮬레이션 결과

<그림 6>은 이동로봇이 문을 통과할 때의 모습을 보여준다. 오퍼레이터가 타겟(Ktarget)지점으로 가라는 명령을 주었을 때 이동로봇은 가까운 장애물(벽2)이 끝나는 지점에서 d(로봇의 가로크기의 1/2)만큼 더 이동해서 타겟방향의 문쪽으로 직진주행을 하게 된다면, 좁은 문도 어렵지 않게 통과가 가능하다. <그림 7>은 이를 이용하여 시뮬레이션한 결과이다. 문으로 가정한 벽사이의 공간의 중앙 방향으로 이동로봇이 이동하는 것을 알 수 있다.



<그림 6> 문통과 시 이동로봇 알고리즘



<그림 7> 문통과 시뮬레이션 결과

3. 결 론

본 논문은 인터넷을 통한 원격제어 시스템을 구축하기 위한 연구로써 무선 랜과 AP를 이용하여 네트워크를 구축하였다. 또한 Stereo Camera와 HMD(Head Mounted Display)를 이용하여 오퍼레이터에게 좀더 직관적인 인터페이스를 제공하였다. 향후 과제로는 통신지연에 따른 오차를 줄이고, 이동로봇이 통신두절이 되었을 때 자율성을 부여하여 작업을 좀 더 안정적이고, 빠르게 수행할 수 있도록 하는 것이다. 또한 현 시스템에서는 이동로봇(서버)이 AP에 의존적이어서 AP의 전송거리를 넘어서게 되면 통신이 두절된다. 차후에는 AP에 의존적이지 않고 언제 어디서나 네트워크망으로 접속할 수 있어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 손재범, 정완균, 임영일 "원격제어 시스템", 제어·자동화·시스템공학회지, pp42-60, 1996
- [2] Ren C.Luo, Tse Min Chen, Chin-Chen Yih, "Intelligent Autonomous Mobile Robot Control Through the internet", IEEE, 2000,
- [3] Koichiro Hayashi, Yasuyoshi Yokokohji, Tsuneo shikawa "Tele-existence Vision System with Image Stabilization for Rescue Robots", IEEE, 2005
- [4] Borenstein, J. and Koren, Y. "The Vector Field Histogram - Fast Obstacle-Avoidance for Mobile Robots", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.7, pp278-288, 1991d

<이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21사업」의 지원을 받았음>