

이동로봇 원격제어를 위한 HMD의 회전각 측정에 관한 연구

윤승준, 노영식, 강희준, 서영수
울산대학교 전기전자정보시스템 공학부

A study on the rotation angle measurement of HMD for the mobile robot teleoperation

Seung-Jun Yoon, Young-Shick Ro, Hui-Jun Kang, Young-Su Seo
School of Electric-Electronic Information System Engineering University of Ulsan

Abstract - 본 논문은 네트워크를 통해서 시스템을 원격제어하기 위한 연구이다. 우선 이 원격제어 시스템은 AP와 무선랜을 이용하여 독립 무선 네트워크를 구축하였고 이동로봇의 주변 환경을 레이저 센서와 스테레오 카메라를 이용하여 정보를 전송한다. 스테레오 카메라를 통해 전송된 영상 정보는 HMD(Head Mounted Display)를 통하여 볼 수 있다. HMD의 회전 각도는 펜틸트에 전송되어 HMD가 회전한 만큼 펜틸트도 회전하여 이동로봇의 주변환경 영상정보를 얻을 수 있는 방법을 제안하였다.

1. 서 론

인간이 작업하기에 위험하고 복잡한 환경, 즉 원자로에서의 작업이나 무인탐사와 같은 일을 하기 위해서는 독자적으로 주변 환경을 인식하고 작업을 수행, 완료할 수 있는 원격제어 이동로봇이 필요로 한다. 이런 기능을 이동로봇을 만들기 위해서는 이동로봇의 지능화 기술에 대한 많은 연구가 필요하다. 원격제어(Tele-operation)란 로봇이나 기계와 같은 시스템을 직접 사람의 손이나 발로 조작하지 않고 어떤 장치를 이용하여 간접적으로 제어하는 것으로 정의된다. 원격제어의 적용분야로는 심해작업, 우주무인탐사, 공장자동화, 원격 설비 유지보수 등이 있다.[1] 현재 컴퓨터와 인터넷기술의 발전과 더불어 원격제어에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문은 네트워크를 통한 원격제어 시스템을 구축하기 위한 연구로서 독립 네트워크를 구축하고 원격제어 시스템을 구현하였다. 원격제어 시스템은 서버 시스템과 클라이언트 시스템, 통신 시스템으로 구성되어 있으며 이를 위한 소프트웨어를 구현하였다. 이 연구에서 서버 시스템(Server system)은 이동로봇이며 클라이언트 시스템(Client system)은 원격제어기를 말한다.

이전의 원격제어에 관한 연구는 대부분 통신지연이 일정하고 원격지 환경이 정적이라는 가정에서 연구되었다. 그러나 실제로 이동로봇의 원격제어에서 통신지연은 가변적이고 주변환경은 동적이다. 현재에는 통신지연이 가변적이고 환경이 동적인 상태에서 원격제어 시스템의 안정도와 성능을 개선하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다.

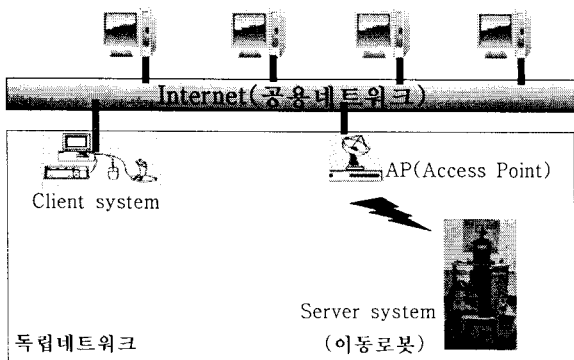
기존에는 이동로봇에 PC카메라를 사용하여 영상을 전송하였는데 이는 주변 환경을 확인하기에는 한계가 있었다. 그리고 펜틸트의 회전은 조이스틱을 사용하였기 때문에 보고자 하는 위치를 컨트롤하는 점에서 불편하였다.

본 논문에서는 HMD(Head Mounted Display)와 스테레오 카메라, 그리고 펜틸트를 이용하여 인간이 보는 방향에 따라 스테레오 카메라도 같이 움직여 별도의 조작이 필요 없이 사용자의 시선에 따라 실시간 스테레오 카메라의 방향을 제어하여 이동로봇의 주변 환경을 파악할 수 있도록 하였다.

HMD의 회전각은 두 가지 방법으로 측정하였다. 첫째 HMD에 자이로 센서를 부착하여 회전각을 얻는 방법과 둘째 PC용 카메라를 이용한 영상처리를 이용한 방법이다.

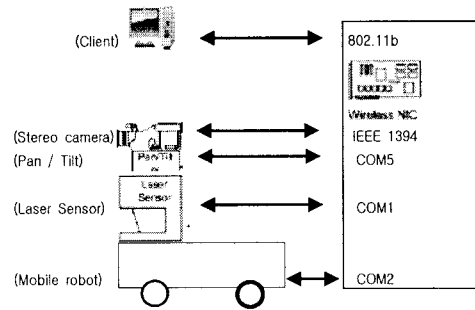
2. 본 론

2.1 원격제어 시스템



<그림 1> 원격제어 시스템의 구조

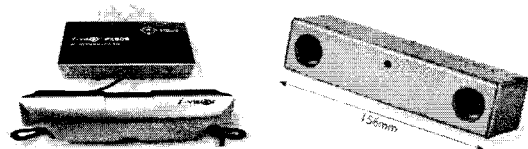
원격제어 시스템의 구조는 <그림1>에서 보듯이 크게 원격제어기, 이동로봇, 통신채널로 구성되어 있다. 여기서 서버는 이동로봇에 장착된 컴퓨터를 의미하고 클라이언트는 사용자와 인터페이스되는 원격제어용 컴퓨터를 의미한다. 그림에서 보듯이 통신 네트워크는 공용 네트워크와 독립 네트워크로 나눌 수 있으며 공용 네트워크는 인터넷을 의미하고 독립 네트워크는 하부구조 네트워크를 의미한다. AP(Access Point)는 무선 랜 프로토콜을 사용하며 하부구조 네트워크를 구축할 수 있는 기능과 공용 네트워크와 하부구조 네트워크를 연결해주는 기능이 있다. 본 연구에서 사용한 원격제어 시스템은 <그림1>에서 보듯이 원격제어기인 클라이언트 시스템은 공용 네트워크를 통하여 이동로봇을 제어할 수 있고 실내 환경에서 AP의 전송거리는 약 100m, 최대 전송 속도는 11[Mbps]이며 무선 랜 카드의 전송거리는 약 70m, 최대 전송 속도는 11[Mbps]이다.



<그림 2> 이동로봇 시스템의 구조

<그림2>에서 보듯이 이동로봇은 레이저 센서, 이동로봇, 펜틸트, 스테레오 카메라, 제어용 PC로 이루어져 있고 위 그림에 있는 프로토콜을 사용하여 통신한다. 펜틸트는 HMD에 부착되어 있는 자이로 센서나 PC용 카메라에서 얻은 영상을 처리하여 회전각을 획득하고 PC를 통해서 제어된다.

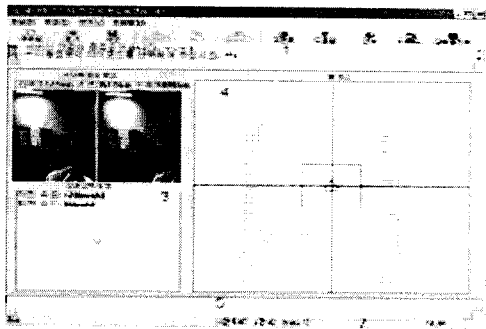
2.2 원격 비전 시스템의 구조 및 제어



<그림 3> HMD(Head Mounted Display)와 Stereo Camera

<그림3>은 이 연구에서 사용된 HMD와 스테레오 카메라를 보여준다. HMD(Head Mounted Display)는 I-visior FX605로서 듀얼로 입력을 받아 각각의 이미지를 오른쪽 화면과 왼쪽 화면에 출력한다. 이 영상의 최대 스케일은 800×600으로 이미지를 획득할 수 있다. <그림3>에서 오른쪽에 나타나 있는 스테레오 카메라는 Bumblebee2로 두 개의 렌즈를 사용하여 주변 환경으로부터 입체 영상을 획득할 수 있고, 영상의 스케일은 640×480과 1024×768 두 가지가 있다. 본 연구에서는 640×480을 사용하였다.

<그림4>는 원격 제어기의 화면으로 1번창은 제어 상태를 표시하고, 2번창은 스테레오 카메라에서 받은 영상 정보를 보여주고 있다. 왼쪽 화면이 스테레오 카메라의 오른쪽 영상이고 오른쪽 화면이 스테레오 카메라의 왼쪽 영상에 해당된다. 이는 사람이 한쪽 눈을 감고 보는 것과 같이 다른 두 개의 영상을 얻을 수 있다. 이 두 개의 영상을 HMD를 이용하여 양쪽 눈으로 볼 수 있는 것과 같은 결과를 얻을 수 있다.



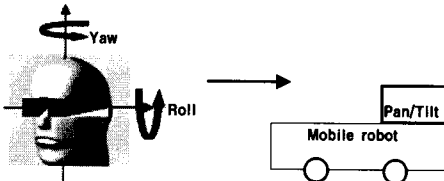
〈그림 4〉원격 제어기의 화면 구성

3번창은 이동로봇의 구동명령을 보여주고 4번창은 이동로봇 주변 환경의 장애물을 보여준다.

본 연구에서는 첫째로 HMD에 두 개의 자이로 센서(Gyro Sensor)를 설치하여 좌우로 움직이는 팬(Pan) 각과 위 아래로 움직이는 틸트(Tilt) 각을 측정하였다. 둘째로 PC용 카메라 두 대를 이용하여 얻은 이미지를 영상처리하여 회전각을 획득하였다.

두 방법은 각각의 장·단점을 가지고 있으며 회전각의 오차를 최대한 줄이는 방향으로 연구하였다.

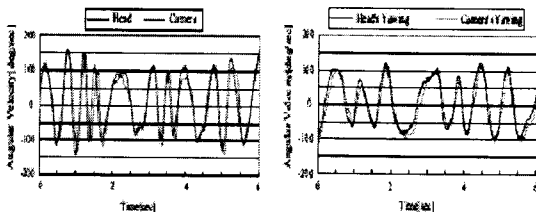
2.2.1 자이로 센서를 이용한 HMD의 회전각 측정



〈그림 5〉 자이로 센서를 이용한 HMD의 회전각 측정

기존에는 이동로봇에 부착되어 있는 펜틸트를 제어하기 위해서 조이스틱을 사용하였다. 사용자가 원하는 방향을 보기 위해서는 조이스틱이라는 제어기를 거쳐서 스테레오 카메라의 방향을 결정하였으며 이는 사용자가 보고자 하는 방향을 정확히 컨트롤하는데 불편한 점을 제공한다.

본 연구에서는 <그림5>에서 보듯이 HMD에 두 개의 자이로 센서를 부착하여 사용자가 HMD를 쓰고 움직이면 자이로 센서를 통해서 움직인 각도 검출해내고 그 각도를 이동로봇으로 전송하여 펜틸트를 제어함으로써 사용자가 눈으로 보고자 하는 원하는 방향으로 스테레오 카메라도 회전하도록 시스템을 구성하였다.



〈그림 6〉 HMD와 Stereo Camera의 roll과 yaw의 각속도

<그림6>은 HMD를 착용하고 움직였을 때의 회전각과 스테레오 카메라의 회전각을 roll과 yaw의 각속도를 측정하여 보여준다. 위 그래프를 보았을 때 딜레이로 인한 약간의 오차가 존재하지만 HMD의 회전각과 카메라의 회전각이 거의 비슷하게 따라감을 보여준다. 하지만 자이로 센서 측정에서 누적 오차로 인하여 오랜 시간을 작동하였을 때 오차는 조금씩 커짐을 알 수 있다.

자이로 센서의 누적오차를 보정하는 방법으로는 PC카메라를 이용하여 영상을 처리하여 회전각을 얻음으로서 누적오차는 극복할 수 있다.

2.2.2 PC카메라를 이용한 HMD의 회전각 측정

자이로 센서를 이용한 회전각 검출에 의한 펜틸트 제어는 짧은 시간에 작동시킬 때는 이상이 없었으나 시간이 갈수록 누적오차가 생기는 것을 알 수 있다. 이는 상대적 위치에서 회전각을 측정함으로써 생기는 오차가 누적됨을 알 수 있다. 이를 보정하기 위해서 두 대의 PC카메라를 이용하여 받은 영상을 이용해서 회전각을 측정하는 방법이다.

자이로 센서를 이용한 측정은 각속도가 측정되기 때문에 이를 적분하여 회전각을 얻을 수 있고 상대적 위치에서 측정되므로 비록 적은 오차라도 계속 누적이 되므로 오랜 시간 제어에는 적합하지 않다. 하지만 PC카메라를 이용한 회전각 측정은 절대적 위치에 측정할 수 있으므로 누적 오차가 존재하지는 않는다. <그림7>과 같이 PC카메라를 이용한 회전각을 측정하기 위해서 첫 번째 카메라는 머리위에서 영상을 획득하고 두 번째 카메라는 얼굴의 옆에서 영상을 획득한다. 회전각 측정을 위해 머리 위와 얼굴 옆에 얇고 흰 막대를 부착하고 PC 카메라는 일정한 거리에 있다는 조건하에서 측정하였다.



〈그림 7〉 HMD 회전에 대한 위와 옆에서 본 모습

PC카메라가 일정한 거리에서의 조건하에서 절대적 위치가 되는 기준 영상과 회전한 영상으로부터 픽셀의 변화된 위치를 통해 회전각을 구할 수 있다.

3. 결 론

본 논문은 네트워크를 통한 원격제어 시스템을 구축하기 위한 연구로서 AP(Access Point)와 무선 랜을 이용하여 네트워크를 구축하였다. 그리고 HMD에 자이로 센서나 PC 카메라로 얻은 회전각을 네트워크를 통해 이동로봇에 장착된 펜틸트에 전송하여 사용자가 눈으로 보고자 하는 방향으로 스테레오 카메라가 회전하도록 시스템을 구성하였다. 향후 과제로는 자이로 센서에 의한 회전각 측정보다는 누적 오차가 없는 PC카메라의 영상에 의한 회전각 측정에 중점을 두고 일정한 거리에 있다는 조건하에서가 아닌 동적인 위치에서 정확한 회전각을 획득하여야 할 것이다. 그리고 이동로봇 서버가 AP에 의존적이기 때문에 AP의 범위를 넘어서면 제어할 수가 없게 된다. 차후에는 제한범위를 극복할 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, and Chih-Chen Yih, "Intelligent Autonomous Mobile Robot Control Through the internet." IEEE, 2000 Vol.1 pp.6 - 11
- [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
- [5] 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, Vol 1, 29 No v.- 2 Dec. 2001 pp 165 -169

<이 연구에 참여한 연구자(외 일부)는 2단계 BK21사업과 NARC 지원을 받았음>