

원격 현장 제어 시스템의 최적 설계에 관한 연구
(A Study on Optimal Design of Tele-existence System)

이 창훈, 도 미선, 박 민용, 이 상배
(C.H. Lee, M.S. Doh, Mignon Park, S.B. Lee)

연세대학교 전자공학과 네트워크 및 시스템 연구실
(Yonsei University Dept. of Electronics NAS Lab.)

A B S T R A C T

A method is proposed to design a mobile tele-existence system, which can be remotely driven with the auditory and visual sensation of presence. The system consists of mobile robot with camera and two microphones. The effectiveness of the proposed system was evaluated by navigation experiments of the tele-robot through an obstructed space.

1. 서 론

이상적인 인간 로봇 시스템에서는 인간의 본신이라 할 수 있는 로봇이 그 사람을 대신해서 일을 하고, 그 곳에서 벌어지는 상황을 마치 손에 잡힐 듯 하게 사람이 인식가능하다. 이러한 시스템은 나쁜 환경에 사람이 가지않고 로봇만이 가서 안전한 장소에서 사람이 그 로봇을 잘 조종해서 작업을 해야하는 우주, 해양, 원자력, 각종 프랜트 설비 및 점검, 수리, 청소, 각종 관측 등 많은 응용 분야를 갖고 있다. 그러나, 현재 사람이 작업을 행하는 정도의 시스템은 개발되어 있지않다. 이러한 시스템을 실현하기 위해서는 원격 조종용 로봇이 다자유도를 갖게 하는 고성능의 하드웨어를 개발하는 기구부 고유의 문제를 제외하고라도 다음 두가지의 인간과 로봇계 사이에 크다란 해결 과제가 있다. 그 첫째로는 조작자의 의지에 따른 눈과 머리의 움직임, 팔의 움직임 등의 상태를 검출하여 실 시간으로 계산해서 로봇의 감각기나 end-effector를 제어하는 방법과 둘째로 로봇이 얻은 원격 환경에서의 로봇 자체, 작업 대상, 더우기 환경 전체의 상태를 조작자의 시각, 청각, 촉각 등 모든 감각에 대응하는 로봇 센서로부터 감각 정보를 적절한 형태로 인식해야하는 과제가 있다. 본 논문에서는 이를 위한 기초적인 연구로서 일차적으로 후자에 관한 연구로 현장감을 가지게하는 시청각 시스템을 탑재한 이동 로봇을 구성한다. 그것을 여러 모드에서 원격으로 제어함에 따른 시스템의 평가와 최적 시스템을 설계함에 있다.

2. 원격 현장 제어 (Tele-existence)

원격 현장 제어란 시간적 혹은, 공간적으로 떨어져 존재하는 것을 의미한다. 다시말하면, 그림 1처럼 A로부터 시공간적으로 떨어진 B에 존재 하면서도 마치 A에 존재하는 듯한 느낌을 가지고 제어하는 기술이다. 여기에는 전통적인 3차원 영상의 개념을 나타낸 것으로 어떤 장소로 들어온 파면을 폐곡면위에 기록하고 전달해서 원격지의 관측자를 둘러싸고있는 동일한 폐곡면위에 배열한 제시 장치를 이용하여 파면을 재생하는 방식이 있으며, 실제 작업 환경 속에 사람과 동일한 차원을 가진 로봇을 두고, 그 로봇과 로봇이 갖고 있는 감각기를 인간의 움직임이나 감각기에 일대일로 대응시켜 제어하는 방식이다. 유사한 용어로는 Tele-presence, Artificial Reality 등이 있다. 이러한 기술이 가능하게된 것은 최근들어 계측 제어, 전자 공학, 통신 정보 처리, 메카트로닉스 등의 기술이 고도로 발달 되었기 때문이다.

이러한 원격 현장 제어 기술이 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

- 작업에 적합할 수 있는 고도의 현장감을 가질 것.
- 원격에 있는 로봇이 자율 기능을 가진 지능 로봇일 것.
- 인간 능력의 확장이 가능 할 것.

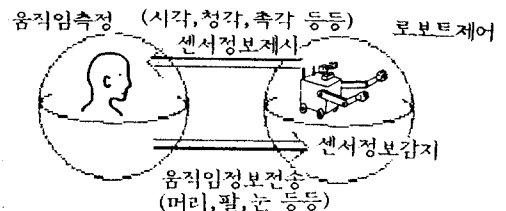


그림 1. 원격 입장 제어의 개념도.

현장에서의 작업은 로봇이 행하며, 이의 조종은 원거리에서 현장감을 가지는 인간이 행하게 되는 일종의 양방향 제어 시스템이다. 이러한 기술 개발을 위해서는 다음과 같은 기술 요소들이 필요하다.

- 지능 로봇 개발.
- 생체 운동, 생체 상태 계측 및 추정 기술.
- 인공 감각기에 의한 외계 정보 검출 기술.
- 현장 감각 정보 제시 기술.
- 인간 능력 확장 기술.
- Master보조용 지식 베이스.
- 관리 제어 기술.
- 통신 기술 등등.

이 기술 개발의 하나로 사람이 보고자 하는 곳으로 카메라를 실은 로봇을 보내어 사람의 움직임에 따라 똑같이 카메라가 연동 하므로써 마치 사람이 로봇에 타고 작업장을 임의로 보면서 작업을 하는 것 같은 현장감을 원거리에서 가지게 되는 시스템이 있다. 비디오 신호와 작업 결과 등이 무선으로 사람에게 전달되며, 사람이 보고자하는 의도라든가 하고자 하는 작업 등이 역시 무선으로 로봇에게 전달되게 된다.

3. 試作 實驗 시스템

그림 2는 이동 원격 현장 제어 실험 시스템의 개략도를 나타낸다. 이동 로봇은 탑재한 마이크로프로세서에 따라 관리 제어되는 3륜 이동차로 시선 방향이 수직으로는 고정되어 있고, 수평으로 제어 가능한 텔레비전 카메라를 갖고 있다. 이 로봇의 시정각계는 인간의 차원에 맞추어져 있고, 카메라가 찍은 텔레비전 화면은 UHF채널을 통해서 원격 관리실로 보내어진다. 그 화면이 텔레비전을 통해서 관찰된다. 소리에 대해서도 마찬가지로 되며, 조작자는 영상을 보면서 또한, 음향을 들으면서 조이스틱으로 이동 로봇의 발진, 가속, 조종의 지시를 한다. 또, 조작자가 필요에 의해서 조작 장치로 좌우로 조종하면 로봇에 탑재된 텔레비전 카메라의 시선이 동일 방향을 향하도록 제어된다. 이러한 것은 모두 무선 모뎀을 통해서 영상 제시 장치측의 마이크로프로세서(IBMPC-AT) 및 탑재된 마이크로프로세서(μ PD70208)에 의해 행해진다.

주행중의 좌우 양 바퀴의 회전은 엔코더와 카운터로 측정되고, 탑재된 컴퓨터의 메모리에 기억되고, 그것의 계산에 따라 로봇의 위치와 자세가 추정되어져 더블 PLL회로와 PWM회로의 합성으로 이루어진 구동부에 의해 제어된다.

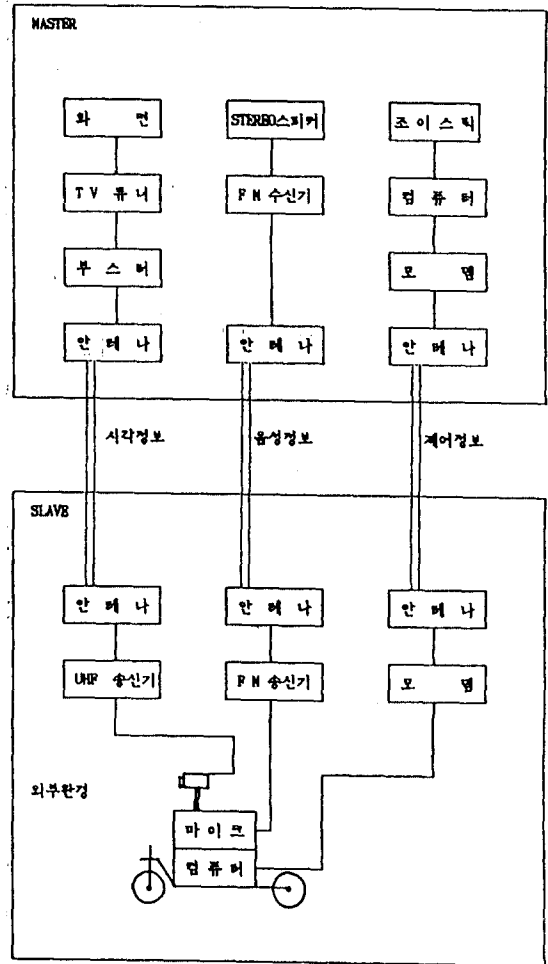


그림 2. 원격입장제어 실험 시스템의 개략도.

4. 제작 및 실험

(1) 차 체

차체의 앞단에 2개, 아랫단에 2개의 배터리가 실려 있으며, 뒷단에는 파워 스위치, 전류계, 퓨즈, 전자 회로를 위한 레귤레이터 등을 장치한 판넬이 있다. 그리고, 뒷단에는 카메라 지지대, UHF송신기, 모뎀, 카메라용 전원, 마이크로프로세서 등이 배치되어 있다. 아랫단에는 서보 제어 회로 및 증폭단으로 구성되어 있다.

마이크로프로세서에 의해 제어되는 부분은 가속 장치, 조타 장치, 카메라 지지대, 진행방향 전환 장치이다.

(2) 가속기

엔코더가 부착된 DC모터를 이용한 제어는 3가지의 모드, 즉 더블 PLL방식과 DAC를 이용하는 방식, 또한 모우터의 기동시에 안정된 회전수가 될 때까지의 시간(인입시간)이 걸리며, 위상 비교만을 할 경우에 정수배 주파수에서도 위상이 로크되는 오동기 방식을 위해 FG(Frequency Generator) 서어보를 혼합한 방식을 선택가능 하도록 하고 있으며, 여기에 추가로 PWM 제어방식을 채택했다. 그림 3은 이들 구성을 나타낸다. 그리고, 속도는 소프트웨어에 따라서 조절된다.

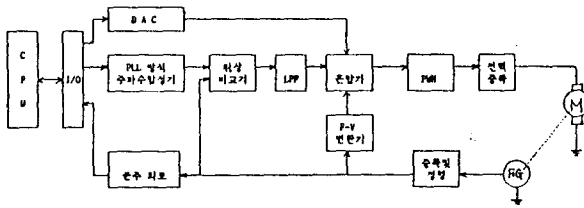


그림 3. 가속기 서보 제어 구성도.

(3) 조타 장치

DC서보 모터에 감속기를 달아 타이밍 벨트로 구동한다. 조종 가능한 각도는 $\pm 30^\circ$ 의 범위이다.

(4) 카메라 지지대

마운트 프레임의 윗단의 앞부분에 스테핑 모터에 감속기를 달아 수평 방향으로 동작시킨다. 회전을 원활하게 하기 위하여 베어링을 부착시켰다. 카메라는 전 방향으로 회전이 가능하므로 역 주행시에도 시각 정보를 얻을 수 있게 된다.

(5) 진행 방향 전환

파워 트랜지스터를 사용한 바이폴라 구동 방식을 채택했다. 정역 회전의 방향 전환은 MC8255를 통해서 소프트웨어 제어가 가능하다.

(6) 시청각 정보 송신 장치

화상 신호는 UHF 송신기를 통하여 50채널의 주파수로 오퍼레이터측에 송신되며, 음성 신호는 FM송신기를 통해서 전송된다. 송신기는 전용 전원을 사용하고 있으며, 카메라의 전력은 영상 신호 케이블을 통해서 함께 공급된다.

(7) 제어 명령 과 자료의 송수신 시스템

2차요도를 가진 조이스틱과 패들, 토크 스위치로 컨트롤 박스를 제작했다. 조이스틱의 좌우 방향은 조타 장치 조종을, 상하 방향은 가감속 및 전후진 조종한다. 그리고, 패들은 카메라의 시선 방향을 조종한다. 데이터들은 RS232C 인터페이스에서 모뎀을 통해 송신된다.

(8) 실험 및 결과

제작된 이동 로봇의 시스템을 평가하기 위해 그림 4에서 처럼 장애물을 피해서 진행하는 주행 실험을 하였다. 이 실험에서 조타 장치와 카메라의 시선 제어에 있어 그림 5와 같은 3가지 모드로 조종할 수 있다. 모드 1은 조타 장치와 카메라 시선이 독립적으로 움직이는 경우이고, 모드 2는 카메라 시선이 조타 장치를 추종하는 경우이다. 그리고, 모드 3은 카메라 시선은 차체의 앞 방향으로 고정되고 조타 장치만이 움직이는 형태이다. 실제 조종성은 조이스틱 조작에 미숙한 경우나 그것의 성능에 따라 저하되는 경우가 있고, 이 실험에서 카메라 한 대를 이용했기 때문에 거리감과 입체감은 다소 떨어지지만 입체 음성 신호를 통하여 모터의 회전음, 타이어의 마찰음, 주위의 소리 들을 수 있어 주행 중의 상태와 상황 인식의 용이함으로 단일 화상에서오는 단점을 보완해 주었다.

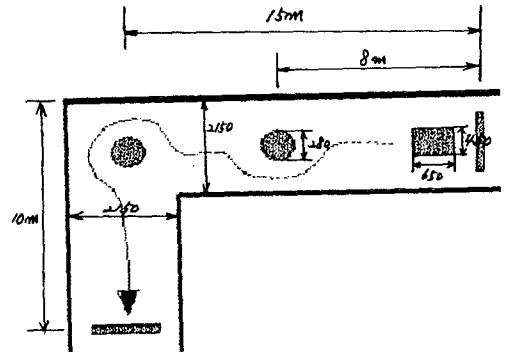


그림 4. 주행 실험을 위한 경로.

- ①모드 1 (독립)
- ②모드 2 (추종)
- ③모드 3 (고정)

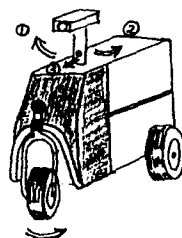


그림 5.

조타장치와 카메라시선과의 상호연동관계에서의 세가지 모드.

5. 결 론

원격 제어 기술의 목표는 자율성을 갖춘 지능 로봇의 실현을 필요로 한다. 로봇에 유연성과 자율성을 갖게하기 위해서는 인간의 시청각 인식에 따른 시선의 움직임, 진행 궤적 등의 연구를 통한 최적 이동 로봇 시스템이 개발되어야 한다. 그리고, 사회 여러 분야의 자동화에 있어 현실적으로 가장 많이 이용하는 형태의 하나로 Master-slave형의 원격 제어 장치라 볼 수 있다. 여기에 현장감을 부여함으로써 더욱 정확한 제어 효과를 높일 수 있으며, 이 과정에서 파생되는 요소 기술로 센서, 통신, 관리 제어, man-machine 인터페이스, 컴퓨터 정보 체제 운용, 기계 기술의 습득을 꾀할 수 있다.

본 고에서는 시청각을 이용한 주행 실험에서의 최적 시스템 개발을 위한 조타 장치와 카메라 시선의 움직임의 상호 연동 관계에 대하여 연구하였다. 그래서, 앞으로의 과제로는 비 평탄 지형에서의 이동, 입체 시각 구현, 다양한 감각 정보의 감지 및 전달, 위치와 거리 인식 알고리즘 개발 등이 있다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 변중남, 서일홍, 시각장치 및 보조센서를 이용한 Feedback Controller 및 인공지능을 갖는 관리 제어 시스템 개발, 대한전기학회 로봇릭스 및 자동화 연구회, pp.6-1 - 6-59, 1989.
- [2] 노영식, 주영훈, AGC 설계 및 Modelling, 대한전기학회 로봇릭스 및 자동화 연구회, pp.2-1 - 2-15, 1989.
- [3] 林桂榮, Robot as Component of Automation Systems, 전자공학회, vol.15, no.6, pp.31-38, 1988.
- [4] 朴贊雄, 텔레로봇의 기술, 전자공학회, vol.15, no.6, pp.39-47, 1988.
- [5] 편집부, DC모타의 制御回路設計, 도서출판세은, 1985.
- [6] 若松清司, et al., 知能ロボット讀本, 日刊工業新聞社, 1983.
- [7] 辻 三郎, et al., ロボット工學とその應用, 電子通信學會編, 昭和59.
- [8] Y.Kanayama, S.Yuta, Vehicle Path Specification by a Sequence of Straight Lines, IEEE Journal of Robotics and Automation, vol.4, no.3, 1988.
- [9] Jean Vertut, Phillippe Coiffet, ROBOT TECHNOLOGY, vol.3, Prentice-Hall, 1986.