

원격로봇 기술의 현황

정 명 진, 김 도 윤

한국과학기술원 전기및전자공학과

I. 서 론

기술의 발달로 인하여 인간의 노동력에 크게 의존해 왔던 여러 가지 산업분야의 많은 부분이 자동화되고 있다. 이러한 자동화의 한 부분으로서 산업 현장에서의 로봇의 역할은 점점 중요시되고 있다. 일반적인 산업용 로봇은 용접이나 페인팅, 부품의 조립, 운반 등과 같이 단순하고 반복적인 작업을 미리 정해진 프로그램의 순서대로 수행함으로써 작업자의 노동력을 대신해 준다. 하지만 현대에 이르러서는 인간의 작업 영역이 확장되어 깊은 심해에서의 자원 탐사나 우주 탐험 등과 같이 인간이 직접 접근하기 힘든 환경에서도 작업을 수행해야 하는 필요성이 대두되었다. 또한 탄광, 원자로, 용광로 등과 같은 위험한 환경에서의 작업을 수행함에 있어 작업자에게 보다 안전한 작업 환경을 제공하기 위하여 로봇을 활용하는 방안을 연구하게 되었다.

이러한 작업은 주위 환경의 변화를 항상 감시해야 하며, 상황 변화에 따른 적절한 대응을 필요로 하기 때문에, 정적인 작업환경에서 미리 정해진 프로그램에 따라 반복적인 작업을 수행하는 일반적인 산업용 로봇으로는 적절한 작업을 할 수 없다. 따라서 상황 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 지능형 로봇의 개발이 요구되고 있으며, 이를 위한 한가지 방법으로 원격제어(teleoperation)의 개념을 도입한 원격로봇(telerobot)이 제시되고 있다.

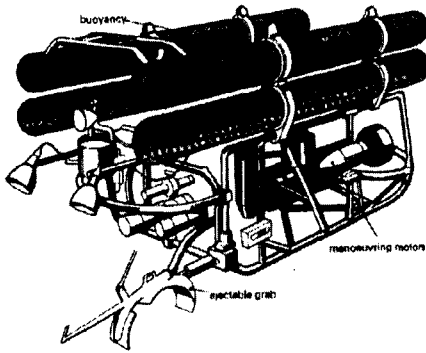
여기서 원격(tele-)이라는 단어는 두 가지 뜻을 내포한다. 첫째, 인간의 감각이나 능력을 먼 거리까지 확장하는 것을 뜻한다. 즉, 작업자는 안전한

곳에서 작업 환경의 변화를 감시하며 상황 변화에 따른 적절한 대응을 교시하고, 실제 작업장에서 작업하는 로봇이 그 교시대로 반응하도록 함으로서 작업자에게 안전한 작업 환경을 제공함과 동시에 보다 효과적인 작업을 수행할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 인간의 접근이 용이하지 않은 우주 공간이나 심해저와 같은 곳에 유용하게 쓰일 수 있다.

둘째, 단순히 멀리 떨어져 있다는 것이라기보다 물건을 정확히 마이크론 단위로 움직인다던지 인간의 힘으로 불가능한 무거운 물체를 움직이게 하는 등의 “인간의 감각이나 능력이 미치지 못하는 영역”으로 진입을 의미한다. 원격로봇을 이용한 원격수술이 이 경우에 속할 것이다.

II. 원격 로봇의 역사

원격 로봇과 이를 제어하기 위한 원격 조작기에 대한 연구는 주로 미국, 프랑스 등을 중심으로 진행되어 왔다. 최초의 현대적 원격 조작기는 1948년에 미국의 Argonne National Lab.에서 제작된 기계적인 조작기인 “Model-M1”이라 할 수 있다. 그 후 모터를 사용한 단방향 제어 방식의 전기적 원격 조작기가 개발되었으며, 1954년에 역시 Argonne National Lab.에서 최초로 양방향 제어를 이용한 전기적 원격 조작기인 “Model-E1”을 개발하였다. 그 후 이동 장치에 원격 조작기를 장착하여 원격 조작기에 운동성을 부여한 “Model-E3”등이 계속 개발되었다. 특히 1966년에 미국 해



〈그림 1〉 CURV

군은 “CURV vehicle”을 사용하여 비행기에서 실수로 바다에 떨어뜨린 핵폭탄을 제거하는데 성공하기도 하였다. 힘 센서와 직류모터를 사용한 최초의 위치-힘 제어 방식의 원격 조작기는 1965년에 미국의 Brookhaven National Lab.에서 최초로 개발하였다.

최근 들어 정밀하고 복잡한 작업의 수행이 요구됨에 따라 위치 제어가 주류를 이루었던 초기와는 달리 위치와 힘을 동시에 제어하는 위치-힘 제어 방식의 원격 조작에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이와 함께 힘 정보를 얻기 위한 노력으로 여러 가지 힘 센서가 개발되었으며, 이를 이용한 힘 제어 알고리즘에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 지금까지 힘 정보를 얻는 대표적인 방법으로는 strain gage나 FSR(force sensor resistor) 등과 같은 힘 센서를 직접 사용하는 것이었다. 하지만, 이러한 방법은 마이크로 로봇처럼 힘 센서를 사용할 수 없는 경우에는 힘 정보를 얻을 수 없다. 그리고 우주 탐사에 사용하는 로봇과 같이 조작자와 로봇 사이의 거리가 먼 경우에는 힘 센서를 사용하여 힘 정보를 얻었다고 하더라도 조작자에게 정보를 전달하는 데 걸리는 시간이 너무 길어서 시간 지연에 따른 문제점이 발생한다. 이와 같이 힘 정보를 얻는 데 있어서 힘 센서의 정확도에 따른 문제점이 발생한다. 이와 같이 힘 정보를 얻는 데 있어서 힘 센서의 정확도에 따른 문제점과 힘 센서를 사용할 수 없는 경우, 그리고 시간 지연에 따른 문제점이 발생하는 경우를 해결하는 한가지

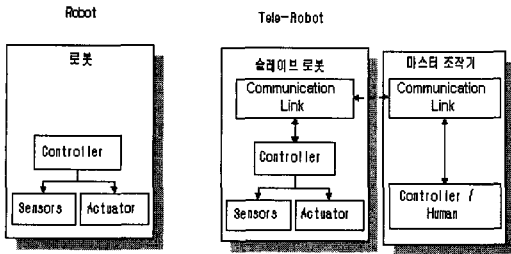
방법으로서 가상환경을 이용하는 연구가 진행되고 있다.

가상 현실에 대한 연구는 1960년대 중반 이반 서덜랜드에 의해 시작되었으며, 가상 환경을 이용하여 조작자에게 현실감을 부여하는 연구는 1980년대 중반 미항공우주국(NASA)의 이임스 연구소(Ames Research Center)에 의해서 급진전이 이루어졌다. 1988년에는 최초의 통합형 가상 현실 시스템인 “RB2(Reality Built Two)”가 상업용 시제품으로 발표되면서 전세계적으로 가상 현실 붐이 일어나게 되었다. 1991년에는 영국의 W. Industry社가 “버추얼리티”라고 불리는 상업용 게임기를 소개하였다. 이와 같이 가상 현실 기술은 오락성을 가미한 게임기 쪽에 많은 진행이 되고 있으며, 이들은 3차원 그래픽 기술을 이용하여 조작자에게 이미지 상의 현실감을 부여하고 있다. 인간의 오감 중 시각 이외에 청각과 촉각을 이용하여 현실감을 부여하는 연구도 진행되고 있으며, 원격 조작에서는 시각 이외에 촉각을 통하여 현실감을 부여하는 방법을 연구하고 있다. 원격 조작에서 가상 환경을 이용한 힘 제어에서는 물체와 로봇을 모델링하고 이렇게 모델링 된 환경에서 힘 정보를 얻는다.

그러므로 힘 센서를 사용할 수 없는 경우에도 시뮬레이터를 통하여 힘 정보를 얻을 수 있으며 실제 작업장과 조작자 사이의 거리가 멀다고 하더라도 힘 정보를 전송할 때 발생하는 시간 지연 문제가 발생하지 않는다.

III. 마스터-슬레이브 시스템

기존의 로봇이 구동부와 제어기, 그리고 주변 정보를 획득하기 위한 센서로 구성된 하나의 단위로 표현이 된다면 원격로봇은 구동부, 센서와 함께 정보를 주고받을 수 있는 통신 수단이 첨가된 슬레이브 로봇과 이를 조작하기 위한 제어기와 통신부가 있는 마스터 조작기로 구성이 된다.(그림 2 참조) 보는 시각에 따라 마스터 조작기에 인간이 포



(그림 2) 기존의 로봇과 원격 로봇의 비교

합되는 것을 강조하기 위해 supervisory controller라 부르는 경우도 있다.

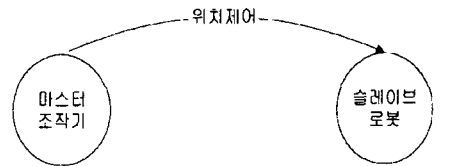
원격 로봇을 제어하는 경우 작업자는 작업 환경과 떨어진 곳에서 작업을 교시하게 됨으로 항상 작업 환경을 관찰하여야 하고, 작업 환경의 변화에 대한 정보를 얻을 수 있어야 한다. 작업자는 CCD 카메라나 힘 센서 등과 같은 여러 가지 센서들을 사용하여 작업장의 정보를 획득하며, 이러한 정보들을 이용하여 마스터 조작기를 제어하게 된다. 따라서 많은 원격 로봇 연구자들은 보다 효율적인 마스터-슬레이브 제어기 설계에 힘쓰고 있다.

마스터-슬레이브 형태의 시스템은 제어 방식에 따라 단방향 제어, 컴플라이언스(compliance) 제어, 양방향 제어와 공유(shared) 제어로 나눌 수 있다. 그림 2에 이들의 특성을 간단히 나타내었다. 단방향 제어는 슬레이브 로봇이 위치 제어를 포함하고 있어, 마스터 조작기의 궤적을 추종하는 방식이다. 슬레이브 로봇이 작업 물체와 비접촉으로 운동하는 경우는 작업자가 시각 정보의 되먹임을 통하여 슬레이브 로봇을 제어한다. 그러나 슬레이브 로봇이 작업 물체와 접촉을 함으로서 발생하는 힘은 작업자에게 되먹임되지 않기 때문에 시각 정보만으로는 작업장의 힘 정보를 파악할 수 없어 슬레이브 로봇이 작업 대상물과 충돌하는 경우가 빈번히 발생한다.

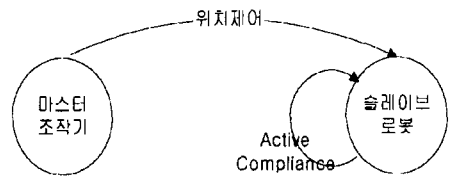
이러한 단방향 제어의 단점을 개선한 컴플라이언스 제어에서는 슬레이브 로봇이 작업 물체와 접촉하여 발생하는 접촉힘이 슬레이브 로봇에 되먹임되어 기존 경로를 수정하는데 사용된다. 즉 과도한 접촉힘이 발생하는 기존 경로에서는 컴플라이언스 제어기가 동작하여 허용 범위 내에 접촉힘이

해당되는 경로로 변경시킨다. 그러나 이런 제어 방법도 작업자에게는 접촉힘이 되먹임되지 않아 작업자가 정교한 작업을 수행할 수 없다.

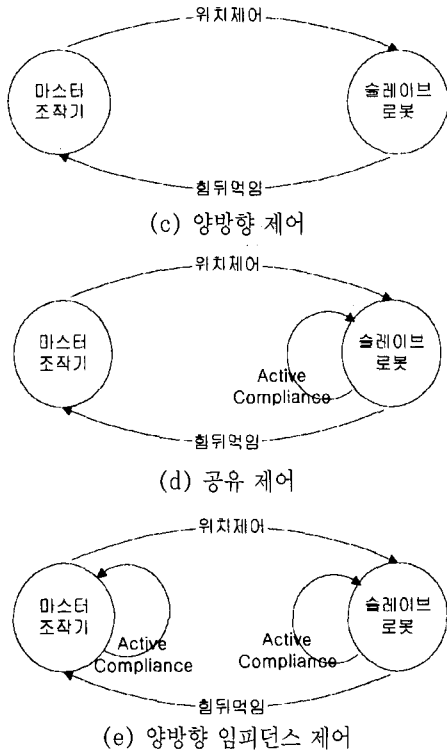
양방향 조작기는 제어 방법에 따라 위치-위치(position-position) 방식 또는 위치-힘(position-force) 방식으로 크게 나뉘어진다. 위치-위치 방식에서는 마스터 조작기와 슬레이브 로봇에 가해지는 힘이 두 로봇 사이의 위치 차이로부터 얻어진다. 위치-힘 방식은 슬레이브 로봇에 장착된 힘 센서를 통해 접촉힘을 되먹임 받는다. 이 방식에서 힘 센서에서 측정된 접촉힘은 힘 반사 이득(force reflection gain)에 의하여 스케일링된 후에 마스터 로봇을 통하여 작업자에게 전달된다. 이 방법은 위치-위치 방식에 비해 보다 정교한 힘 정보를 작업자에게 전달한다. 그러나 힘 반사 이득은 시스템의 성능에 크게 영향을 미친다. 너무 작은 이득은 힘의 되먹임 양이 미비하여 작업자가 작업 대상물을 조작하는 감촉을 충분히 느낄 수 없게 되어 정교한 작업 수행을 방해한다. 반대로 너무 큰 이득은 시스템의 안정 여유(stability margin)를 감소시켜 시스템을 불안정하게 만들 수 있다. 따라서 힘 반사 이득은 시스템의 안정성을 보장하는 범위에서 가능한 한 큰 값으로 설정되어야 한다. 시스템의 안정성을 보장하는 힘 반사 이득의 최대값은 마스터 조작기를 조작하는 작업자의 동적 특성 및 슬레이브 로봇이 접촉하고 있는 작업 환경의 임피던스에 크게 의존한다. 이와 같은 인자들은 상황에



(a) 단방향 제어



(b) 컴플라이언스 제어



〈그림 3〉 마스터-슬레이브 제어기 구조

따라 변동이 심하며 모델링이 무척 어려운 특성을 가지고 있어 힘 반사 이득의 최대값을 결정하는 것은 매우 어려운 문제로 알려져 있다.

공유 제어는 컴플라이언스 제어와 양방향 제어를 합친 구조를 가지고 있다. 앞에서 보았듯이 양방향 제어에서는 시스템이 안정한 범위 내에서 큰 힘 반사 이득을 보장할수록, 작업자는 접촉힘을 섬세하게 느낄 수 있어, 보다 정교한 작업을 수행할 수 있다. 일반적으로 슬레이브 로봇은 마스터 조작기보다 더 큰 강성(stiffness)을 가지고 있는데, 컴플라이언스 제어를 사용하여 슬레이브 로봇의 유효 강성을 줄임으로서 더 큰 힘 반사 이득을 보장할 수 있다. 그러나 이 방법에서도 불확실한 작업 환경과 모델링 오차가 존재할 때, 힘 반사 이득과 컴플라이언스 제어를 설계하는 것은 해결해야 할 문제로 남아있다.

양방향 임피던스(bilateral impedance)제어는 공유 제어에 마스터 제어기 측에 컴플라이언스 제

어를 첨가한 구조를 가지고 있다. 마스터 컴플라이언스 제어기는 마스터 제어기의 컴플라이언스를 작업자가 원하는 값으로 임의로 설정할 수 있다. 일반적으로 마스터 제어기의 관성과 질량이 크면 작업자는 마스터 제어기를 제어하는데 많은 힘을 소모하게 되어 슬레이브 로봇에서 되먹임되는 접촉힘에 둔감하게 된다. 이 때 마스터 로봇의 컴플라이언스를 능동적으로 변화시켜 유효 강성을 줄임으로서 작업자는 보다 적은 힘으로 용이하게 마스터 로봇을 제어할 수 있으며 접촉힘을 좀 더 예민하게 감지할 수 있다.

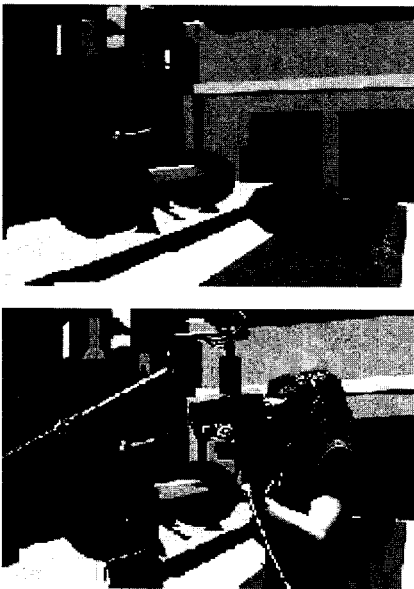
IV. 가상현실기술을 이용한 예측 디스플레이 (predictive display)

원격로봇에서 연구하고 있는 또 하나의 큰 테마는 시간지연의 해결이다. 우주 탐사나 심해에서 작업등과 같이 조작자와 작업 환경과의 거리가 멀리 떨어져 있는 경우, 조작자가 내린 작업 명령이 작업 환경 내에 있는 로봇에게 전달되기까지 시간의 지연이 생기게 된다. 또한 이 작업 명령을 받아 작업을 수행한 결과에 대한 시각 정보를 카메라 등의 시각 센서를 통해서 작업장으로부터 조작자에게 전달하는데도 시간지연 현상이 나타나게 된다. 결국 조작자와 작업 환경과의 거리가 멀수록 조작자가 내린 작업 명령에 대한 반응을 확인하는데 많은 시간지연이 나타나게 된다. 미리 정해진 작업을 반복적으로 수행하는 경우가 아니라면 작업 환경의 상황 변화를 주시하면서 작업 명령을 내려야 하기 때문에, 상황 변화에 대한 정보가 시간이 지연되어서 조작자에게 전달되는 경우 조작자는 지연된 정보를 보고 다음 작업 명령을 내리게 되므로 작업 효율의 저하를 가져오게 된다. 양방향 제어에 있어서 시간 지연의 문제는 제어의 안정성(Stability)에 영향을 미치게되고 시간 지연된 정보는 그 유용성과 신뢰성이 떨어지게 된다.

Ferrell의 연구 결과에 의하면 시간 지연이 있는 원격조작 시스템에서 조작자의 작업 명령은 ‘조금

움직이고 기다리기'의 경향(the "move and wait" strategy)을 갖는다고 발표하였다. 원격조작에 있어서 이러한 시간지연에 의해 발생하는 작업 효율의 저하를 해결하기 위해서 많은 연구가 진행 중에 있으며, 그 한가지 방법으로 제시되고 있는 것이 작업 환경으로부터 얻어지는 시간 지연된 시각 정보를 이용하는 대신 모델링된 로봇과 작업 환경에 대한 정보와 이를 토대로 조작자의 작업 명령에 대해 시뮬레이션된 정보를 시간지연없이 조작자에게 제공하는 예측 디스플레이(predictive display) 방법이다. 이 방법은 3차원 그래픽 기술을 이용하여 조작자에게 이미지상의 현실감을 부여한다. 또한 작업장에 대한 정보를 컴퓨터상의 모델로부터 얻으므로 시각 지연 문제가 발생하지 않는다. 최근에는 3차원 시각 정보 뿐만 아니라 작업장의 물체에 대한 특성 정보까지 모델링함으로써 물체간에 전달될 수 있는 힘 정보도 가상 환경으로부터 얻는 방법이 연구되고 있다.

이러한 기술을 실제로 구현하기 위해서는 가상 환경에 대한 정확한 모델링이 중요해진다. 특히 작업 상황의 변환에 따라 작업 환경이 변화할 때 환경에 대한 모델도 변화시켜 주어야 할 필요가 있다.



〈그림 4〉 가상 환경에서 작업하는 모습

이러한 기술을 가상환경 보정기술(Virtual Space Calibration)이라 한다. 작업중 환경의 변화가 발생하면 기존의 모델은 변화 이전의 데이터를 가지고 있고 변화된 환경은 원격으로 전달되는 카메라에 의한 시각 정보에서 얻을 수 있으므로 변화의 정도, 즉 회전(rotation)과 변이(translation)의 정도를 알아낼 수 있다. 이를 바탕으로 기존의 모델을 보정해 줌으로서 변화하는 환경에서도 항상 정확한 모델을 가지고 있을 수 있다. 이러한 가상환경 보정기술은 원격조작의 여러 분야에서 응용되고 있는 추세이다.

V. 원격 로봇 기술의 응용

1. 우주/해저 탐사 응용 예

우주탐사용 원격로봇은 NASA에서 사용하고 있는 로봇들을 예로 들 수 있을 것이다. 스페이스 셔틀에 장착되어 유명한 Canadarm은 캐나다의 Spar Aerospace Ltd.社에서 제작되었다. 6자유도를 가지고 있으며 전체 길이는 20m나 되어 무게 때문에 지상에서는 구동이 불가능하며 중력이 없는 우주 공간상에서만 동작이 가능하다. 조작자는 온라인 화면을 통해 로봇팔을 보면서 3자유도로 구성된 조이스틱 2개를 이용하여 수백 킬로그램이 넘는 물체를 조정할 수 있다.

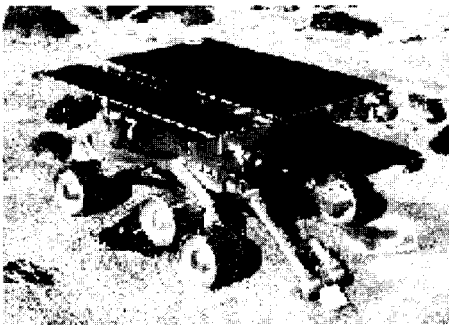
우주에서 사용된 원격 로봇의 가장 극적인 예는 97년도 여름을 떠들썩하게 만든 NASA 화성 탐사 프로젝트에 사용된 소저너(Sojourner)이다. 6개의 바퀴와 각종 탐사 장치를 장착한 소저너는 지구에서 지시하는 명령에 의해 움직이는 원격로봇이다. 소저너가 수집하는 각종 화상 및 데이터는 양방향 극초단파(UHF) 무선모뎀으로 연결된 패스파인더로 전달되고, 패스파인더는 마이크로웨이브를 통해 지구로 이것을 전송하게 된다. 그러나 소저너가 지구로부터 신호를 받는 데엔 11분의 시간차이가 존재해 지구 관제탑에서 목표 탐사지점에 대해 미리 명령을 내려야 한다. 이를 해결하기 위해 로봇의 동작을 예측하는 컴퓨터 시뮬레이션기법이 동

원했다.

이전의 우주탐사에는 인간이 직접 탑승하여 인간에 의해 대부분의 작업이 수행되는 과정을 생각했으나 이와 같은 작업은 많은 비용이 필요하며 발사에 실패할 경우 귀중한 인명의 희생을 감수해야했다. NASA에서는 좀 더 값싼 비용으로 우주탐사 프로젝트를 계속하기 위해 원격로봇을 화성에 보내기로 하였고 그 결과는 대성공이었다.

패스파인더의 가장 큰 의미를 화성탐사 못지 않게 소저너의 기술적 평가에 두는 NASA 측은 이후의 탐사 로봇의 하드웨어 및 소프트웨어 디자인에 원격로봇의 기술이 결정적인 영향을 미칠 것이라 강조하고 있다. 실제로 금년 1월 5일 발사된 달 탐사선 “루나프로스펙터”는 1년간 달 궤도를 돌면서 달 표면지도를 작성하고, 극지의 얼어붙은 물, 가스 및 광물의 존재 여부를 보여줄 증거를 찾는 계획을 가지고 있는데 이 또한 무인 원격 탐사선이다. 앞으로 우주탐사에 원격로봇의 활용도는 계속 증가될 것으로 기대된다.

해저 탐사의 경우 국내에서는 한국기계연구원



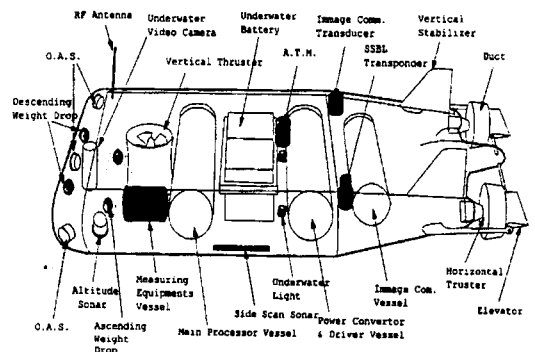
〈그림 5〉 화성 탐사 로봇의 예측 디스플레이 기법 테스트 화면

선박해양공학연구센터에 개발한 잠수정 로봇 VORAM이 있다. 이 로봇은 선박에서 음파로 원격 조종하는 해저 200m급으로서 가오리 모양으로 길이 2.8m, 폭 1.1m, 높이 40cm크기이다. 2개의 프로펠러를 이용해 바닷속을 초속 1.5m로 1회 최장 4시간동안 운항할 수 있는 기능을 가지고 있다. 통신시스템은 300bps(초당정보전송단위)급으로 바다 위에 떠있는 모선(모선)과 초당 18자까지 한글 정보를 주고받을 수 있다. 모선에서 통신시스템을 통해 작업명령을 받은 잠수정은 수중카메라로 찍은 해저사진과 지형, 해류의 속도, 수온 등 각종 탐사자료를 전송하게 된다. 이 로봇은 해저지질, 해양환경조사뿐 아니라 수중구조물 검사와 해저광케이블 유지보수, 원자력발전소 주변해역의 조사 등에 투입되고 침몰된 항공기나 선박의 위치, 상태 확인에도 쓰일 것으로 기대되고 있다.

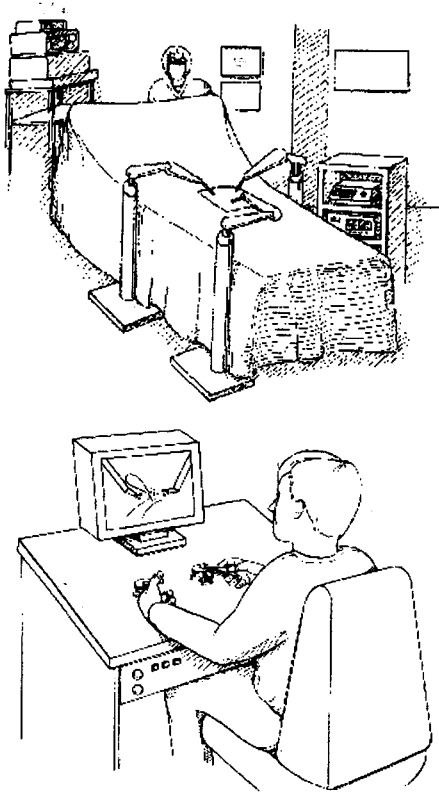
2. 원격 수술

로봇 기술이 발전됨에 따라 의료분야에 적용되어 로봇을 사용하여 수술을 하기에 이르고 있다. (robotic surgery, telesurgery) 이 중에서 컴퓨터 프로그램 이외에 어떠한 인간의 개입 없이 로봇에 의해서만 이루어지는 수술을 robotic surgery라 하는데 이 때 의사는 수술의 계획이나 수술의 과정을 살펴보는 일만 하게 된다. 반면 로봇의 동작이 프로그램에 의해 미리 결정되지 의사의 지시를 받으면서 수술을 행하는 과정을 원격수술(telesurgery)라고 한다.

로봇을 이용한 원격수술은 기존의 수술에 비해



〈그림 6〉 해저탐사 로봇 VORAM



〈그림 7〉 원격 수술의 가상도

많은 이점을 가진다. 예를 들어 수술부위가 안구인 경우 매우 섬세한 움직임이 필요한데 노련한 의사 손이라 할지라도 정밀도에는 한계가 있으므로 손의 움직임 크기를 축소하여 로봇이 따라하게 하면 매우 정밀한 수술을 가능하게 할 수 있다. 또한 의사의 손 떨림과 같은 수술에 불필요한 요소는 로봇에 전달되면서 제거될 수 있다.

또다른 이점은 최소절개수술(Minimally Invasive Surgery)이다. MIS는 환자의 몸에 최소 크기의 절개부위만을 만들어 그 안으로 복강경과 수술도구를 집어넣어 수술하는 것을 말한다. 기존의 수술에서는 사람의 손이 들어가야 하기 때문에 사람의 손 크기 만큼의 절개 부위가 최소 절개영역의 한계이다. 때문에 이러한 MIS는 환자의 몸에 수술을 위한 상처를 작게 내며 수술 후 회복이 빠르고 감염의 위험이 적다. 또한 환자의 신체 깊이 자리잡은 환부에 대한 수술도 가능하게 되며 정밀한 수술이 가능해진다.

JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서는 NASA의 원격기술을 바탕으로 Robot Assisted Microsurgery System(RAMS)이라 불리는 의료용 원격 시스템을 개발 중에 있다. 이 시스템은 미세수술 전문의와 공동으로 개발되고 있으며 뇌, 눈, 귀, 코와 같이 정밀 수술이 요하는 부분에 새로운 개념의 수술을 가능하게 할 것으로 기대되고 있다.

RAMS는 프로그래밍이 가능한 제어기를 가진 6 자유도의 마스터-슬레이브 구조를 갖는다. RAMS는 여러 가지 제어 형태가 있지만 가장 기본적인 형태는 원격조작이다. 조작자는 로봇의 경로를 지정해 줄 수 있고, 스케일 또한 조절이 가능하다. RAMS는 여러 가지 시험 조작을 통해 기존의 수술 - 외과 의사가 손으로 하는 수술 - 보다 향상된 결과를 보였으며 대부분 외과 의사가 가지는 수술 정밀도의 한계를 극복할 수 있음을 보였다. 슬레이브는 수술 도구를 25마이크론 정밀도의 한계 내에서 움직일 수 있으며, 마스터는 30마이크론 까지 측정이 가능하다.



〈그림 8〉 안구 수술을 테스트중인 RAMS

국내에서도 초기 단계이나 많은 병원에서 원격로봇을 도입하여 수술을 시도하고 있으며 일례로 영동세브란스병원은 첨단 복강경 수술장비인 수술용 로봇팔(제품명 AESOP 2000)시스템을 도입, 10여건의 수술을 성공적으로 실시했다고 발표했다.

3. 군용장비

원격로봇의 기술은 군대의 장비에도 도입이 되



〈그림 9〉 원격 지뢰 제거용 군 장비 ROCV

어 군인이 위험한 지역에서 멀리 떨어져 안전한 곳에서 임무를 수행할 수 있는 장비를 만들어 내고 있다. 실제로 Omnitech社에서는 군용 원격조작에 필요한 장비인 STS(Standardized Teleoperation System)를 키트형식으로 판매하고 있으며 이를 이용하여 M60 탱크에 적용하여 미육군에 납품하였다. 원격조작이 가능한 M60탱크는 실제로 1996년 보스니아 내전에 14대가 투입되어 활용가치를 인정받았다. 또한 M1 탱크를 개조하여 땅에 설치되어 있는 지뢰는 제거하는 ROCV(Robotics Countermine Vehicle)도 제작되어 실전에 투입되어 큰 효과를 보았다. 이 밖에도 무인 잠차 HMMWV도 제작되어 테스트 중에 있다.

4. 기타 그 밖의 예

고등기술연구원은 사람이 접근하기 어려운 구조물이나 대형빌딩의 벽면을 기어다니며 각종 작업을 할 수 있는 원격로봇을 개발하였다고 1997년에 발표하였다. 이 로봇은 사람의 손이 닿지 않는 위험한 대형 구조물의 벽면에 달라붙어 지상컴퓨터의 작업명령을 유선으로 받아 이동하면서 작업을 하게끔 설계되어 있다. 가로, 세로 각 1백60CM, 무게 1백27KG의 이 로봇은 상하좌우로 움직일 수 있는 다리판이 십자형태로 엮여져 있다. 이 로봇은 자성체에만 부착이 가능하고 표면재질이나 경사도에 따라 작업영역이 제한되는 전자석을 이용한 로봇과는 달리 빨판을 이용한 진공흡착방식을 채택, 작업대상물의 재질이나 굴곡등 표면상태에 관계없이 자유로이 움직일 수 있는 것이 특징이다. 또 빨판의 진공흡착력을 스스로 감지할 수 있는 자가진단기능을 가져 규정압력에 미치지 못할 경우, 움직이지 않으며 갑자기 전원공급이 중단되거나 작업환경이 변해도 안전선을 연결하는 등의 안전장치

를 지니고 있다.

원자력 연구소에서는 원자력발전소 고방사선 지역에 사람 대신 투입되어 발전소의 안전감시 및 점검업무를 담당할 안전 점검 로봇(KAEROT/m-1)을 1997년에 개발하였다. 이 로봇은 4개의 바퀴를 가지고 있어 45도 경사, 25 높이의 층계도 오르내릴 수 있는 이동형으로 무선으로 원격 조정된다. 이 로봇에는 각종 센서가 탑재되어 사람의 육안으로는 관측이 불가능한 적외선 영역의 전자파를 측정, 이를 영상정보로 변환해 모니터로 보여주기 때문에 발전소 내부의 기온변화, 전기선로의 이상유무 확인, 배관의 누수상태 점검 등 그 동안 관측이 어려웠던 각종 안전감시 및 점검업무 수행이 수월해 질 것으로 기대되고 있다.

인천국제공항으로 이어지는 영종도 연륙교(連陸橋) 현수교 주탑 터 파기 공사에도 원격조종 로봇이 투입되어 사용되고 있다. 일본에서 들여온 12대의 로봇은 빨이 깊어 크레인 등 대형장비투입이 어렵고 초당 2m의 빠른 물살과 조수간만 차가 10m를 보이는 난공사 구역에 투입됐다. 이들 로봇은 하루 15t 덤프트럭 2백40대분(3천6백t)의 흙을 굴착하고 있다. 로봇은 현수교 주탑의 하부구조를 이루는 가로 47m, 세로 18m, 높이 26 m의 대형 철근박스물(뉴매틱 케이스) 바닥에 설치된 레일에 매달려 3백60도를 회전하며 흙파기작업하며 지상 원격조종실에서 동작을 지령한다.

VI. 결 론

본 논문에서 원격로봇의 정의와 연구동향, 역사를 살펴보았으며 현재 응용되고 있는 분야를 간략하게 소개하였다. 과학기술이 발달하고 생활 수준이 향상됨에 따라 인간은 보다 안락하고 편안하며 안전한 것을 추구하는 경향이 있다. 또한 인간의 접근이 어려운 심해나 우주공간, 원자력 발전소등과 같은 곳에서의 작업은 인명의 위험과 함께 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다. 원격로봇기술을 이용하여 로봇으로 이러한 작업을 대치한다면

비용절감과 작업의 완수율을 높일 수 있으며 무엇보다도 귀중한 인명을 보호할 수 있다는 장점이 있다. 특히 작업장의 환경이 동적으로 바뀌어 순간적인 판단을 요구하거나 돌발적인 사고에 대처하는 능력은 아직까지는 로봇에게 절대적으로 부족하기 때문에 원격로봇의 기술에 가치는 더욱 높아지고 있다.

인류복지를 증대시키고 인간 활동 영역을 넓히는데 원격로봇기술은 큰 부분을 담당할 것이며 아직 해결되지 않고 있는 문제가 많은만큼 지속적인 투자와 연구가 뒷받침이 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 정명진, “원전용 로봇시스템의 원격 현실감 기술과 지능제어 기법에 관한 연구”, 원자력 연구소 로보트 기반기술 개발 2차년도 최종 보고서, KAERI/CM-116/94,, 1994

[2] 이형기, “모델링 불확실성과 시간지연이 있는 원격조작기의 강인한 양방향 제어”, 한국과학기술원 박사학위 논문, 1998

[3] 이영진, “그래픽 시뮬레이터를 이용한 원격 조작에 관한 연구”, 한국과학기술원 석사학위 논문, 1996

[4] 손재범, 정완균, 염영일, “원격제어 시스템”, 제어 자동화 시스템공학회지, 제2권 제 3호 5월, pp.42-60, 1996.

[5] Sheridan T. B., “Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control”, MIT press, 1992.

[6] Brooks R., “Telerobotics response requirements”, Proc. IEEE Conf. Syst., Man, Cybern., 1990.

[7] 추길환, 김도윤, 김재현, 정명진, “원격 수술 로봇 시스템에 관한 연구와 현황”, KACC, pp.1524-1527, 1997.

저 자 소 개



鄭 明 振

1950年 1月 31日生, 1973年 2月 서울대학교 공과대학 전기공학과 학사, 1977年 12月 미시간대학교 전기공학과(ECE) 석사, 1983年 8月 미시간대학교 제어공학과(CICE) 박사, 1976年 1月~1976年 7月 국방과학연구소 연구원, 1981年 1月~1981年 8月 미시간대학교 CRIM 연구교, 1983年 10月~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 조교수 부교수 교수, 주관심 분야: 로보틱스, 제어



金 度 潤

1972年 10月 28日生, 1995年 2月 고려대학교 제어계측공학과 학사, 1997年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사, 1997年 3月~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학 중, 주관심 분야: 이동로봇, 지능제어, 다개체 시스템, 학습을 통한 환경인식