

## 원격 수술 로봇 시스템에 관한 연구와 현황

### A Study on Robotic Telesurgery System and the State of the Art

추길환, 김도윤, 김재현, 정명진

한국과학기술원 전기및전자공학과

E-mail: chgh,nice,kjh@donghae.kaist.ac.kr, mjchung@ee.kaist.ac.kr

**Abstract**—로봇기술의 발달로 인하여 로봇의 활용 분야는 점차 확대되고 있으며 의료 및 재활분야에도 이용되는 추세이다. 의료분야에 이용되는 메디칼 로봇은 최소 절개 수술에 적용하는 경우 많은 이점을 얻을 수 있다는 점과 전문 의사가 현장에 있기 힘든 오지나 낙도 또는 전쟁터 같은 곳에서도 원격 수술이 가능하다는 장점으로 많은 관심을 받고 있다. 원격 수술은 수술 계획, 로봇에게 환자 등록, 원격 수술 시행의 세가지 과정을 거치게 된다. 본 논문에서는 원격 수술을 위한 위 과정의 연구 동향을 기술하고 현재 본 실험실에서 수행하고 있는 연구 내용을 다룬다. 원격 수술을 위한 의료 시스템을 구축하기 위해 팬-틸터 구동부를 가진 스테레오 시각 시스템을 제작하고 여기서 얻어지는 정보를 HMD에 투시하여 현장감을 느끼게 만드는 것과 실제 수술대에서 환자를 수술하는 듯한 느낌을 제공할 수 있는 기술인 마스터 조작기와 슬레이브 조작기 사이의 힘 피드백 구현에 대해 다룬다.

**Keywords** 원격 수술, 가상 현실, 힘 피드백, 메디칼 로봇, 마스터, 슬레이브

#### 1 서론

원격 조작 기술의 발전과 각종 센서를 이용한 정보의 융합 및 처리, 그리고 정보 전송 기술의 발전은 가상 현실 기술이나 스테레오 영상과 같은 3차원 디스플레이 기술의 발전과 결합되어 “단순 작업을 반복하는 산업 현장의 기계”로서의 기존의 로봇 개념을 크게 변모시키고 있다. 이러한 발전된 로봇 기술이 적용되는 분야 중의 하나가 의료 분야이다. 의료 분야에 사용되는 로봇을 의료로봇(medical robot)이라 하는데 응용 분야에 따라 크게 네가지로 나누어 볼 수 있다. 첫번째는 laboratory robot으로서 약물을 테스트하는데 사용되는 로봇들을 일컫는 용어이다. laboratory robot은 많은 양의 테스트를 한번에 할 수 있으며 피로를 느끼지 않아 실수가 없어 높은 신뢰성을 가질 수 있다는 장점이 있다. 둘째는 병원의 인력이 부족한 경우 약을 배분한다던지 보행이 어려운 환자의 운송을 도와주는 hospital robot이 있다. 세번째는 스스로 생활하는데 어려움이 있는 지체 부자유자를 도와주는 재활 로봇(rehabilitation robot)이다. 재활 로봇은 일반적으로 모터가 있는 휠체어에 지체 부자유자나 환자의 요구에 응해 줄 수 있는 로봇 팔이 장착되어 있는 형태이다. 네번째는 원격으로 로봇트를 사용하여 수술을 하는 경우(robotic surgery, telesurgery)이다. 이 중에서 컴퓨터 프로그램 이외에 어떠한 인간의 개입없이 로봇에 의해서만 이루어지는 수술을 robotic surgery라 하는데 이 때 의사는 수술의 계획이나 수술의 과정을 살펴보는 일만을 하게 된다. 반면 로봇의 동작이 프로그램에 의해 미리 결정되지 않고 로봇과 거리상으로 떨어져 있는 의사의 지시를 받으면서 수술을 행하는 과정을 telesurgery(원격 수술)라고 한다.

원격 수술이 적용되는 유용한 분야중에 하나가 최소 절개 수술(Minimally Invasive Surgery)이다. MIS는 환자의 몸에 최소 크기의 절개부위만을 만들어서 그 안으로 복강경과 수술도구를 집어 넣어 수술하는 것을 말한다. 기존의 수술에서는 사람의 손이 들어가야 하기 때문에 사람의 손 크기 만큼의 절개 부위가 최소 절개영역의 한계이다. 때문에 이러한 MIS는 환자에게 많은 이득을 주게 된다. 우선 환자의 몸에 수술을 위한 상처를 작게 내며 수술 후의 회복이 빠르고 따라서 빨리 일상 생활로 복귀 할 수가 있다. 그리고 빠른 퇴원으로 인해 입원비를 절감 할 수 있으며 절개부위가 작아서 감염의 위험이 적다. 그러

나 현재까지 MIS는 다음과 같은 제약 조건 때문에 쉽지가 않다.

- 지렛대 효과에 의해 의사의 손이 움직이는 방향과 수술 도구 끝의 움직이는 방향이 반대가 된다.
- 의사는 삽입된 복강경에 의해 전송된 수술 부위의 장면을 수술대 건너의 모니터를 보며 수술을 해야 하기 때문에 직관적이지 못하다.

그러나 여기에 원격 수술 기술을 도입하면 이러한 문제를 해결할 수가 있게 된다. 여기서 도입되는 원격의 의미는 의사의 손이 직접 닿지 않는 환자의 내부로 절개 부위를 통해 로봇을 투입하고 의사는 외부에서 로봇을 조정하여 수술을 하게 된다는 의미이다. 이렇게 함으로서 환자는 양질의 MIS의 혜택을 받을 수 있으며 의사는 좀더 쉽게 MIS를 할 수 있다. 투입되는 로봇의 크기는 기술의 발달로 계속 줄어들어 절개 부위를 줄일 수 있고 의사는 환자의 내부에 들어간 로봇을 조작기를 통해 지렛대 효과 없이 직관적으로 할 수 있기 때문이다. 예를 들어 현재 뛰어난 미세수술의 경우 수술시에 40 micron의 정확도로 수술할 수 있다고 한다. 그러나 MIS의 경우 위의 제약 때문에 그 정확도가 현저히 줄어 들게 되는 데 원격 수술을 이용한 MIS의 경우 오히려 4 micron의 정확도로 수술 할 수 있게 된다.

그 밖에 다음과 같은 부가적인 이점을 얻을 수 있다.

- 수술 전에 시뮬레이션과 충분한 계획을 통해 MIS의 수술 시간을 단축하여 비용을 절감할 수 있다.
- 환자의 신체 깊이 자리잡은 환부에 대한 수술도 가능 하게 된다.
- 정밀한 수술이 가능하므로 기존의 MIS에 비해 환부 이외의 다른 부위를 건드리는 위험을 줄일 수 있다.

오늘날 환자의 복지 증진에 대한 관심이 높아지면서 위험이 적고 비용이 저렴한 시술에 대한 현실적이고 경제적인 필요성이 증대되어 MIS에 대한 수요가 기대된다. 따라서 이러한 MIS에 사용될 원격 수술 시스템의 관심도 같이 증가되고 있다.

본 논문에서는 원격 수술을 시행하는 과정을 2장에서 설명하고 3장에서 구축 중인 원격 수술 시스템을 구성하는 각 요소에 대한 설명을 한 후 4장에서 결론을 맺는다.

## 2 원격 수술 과정

원격 수술은 수술계획, 로봇에게 환자 등록, 원격 수술 시행의 과정으로 진행된다. 각 과정에서 수행하는 내용은 다음과 같다.

### 2.1 수술 계획 (Surgical Planning)

수술 계획은 우선 환자에 대한 영상 자료를 얻고 그 자료를 통해 3차원 모델을 만들어낸 후 이를 통해 계획을 세우는 과정이다. 환자의 영상 자료는 CT(Computed Tomography)나 MRI(Magnetic Resonance Imaging), DA(Digital Angiography)등을 통해 얻게 되는데 이렇게 얻어진 자료는 2차원적인 환자의 단면이다. 2차원적인 단면들은 의사가 보기에 직관적이지 못하기 때문에 다시 3차원으로 모델링된다. 3차원의 정보를 저장하는 방법으로는 surface graphic과 volumetric graphic이 있다. surface graphic은 3차원 물체를 한 화면에 투영하여 그 정보를 저장하지만 volumetric graphic은 3차원의 머피에 입체에 관한 모든 정보를 저장하게 된다. 환자의 신체는 매우 복잡한 구조를 가지게 되는데 surface graphic으로는 모든 필요한 정보를 표현하는 데 한계가 있다. 하지만 volumetric graphic은 그 물체의 복잡성에 구애를 받지 않으며 어떠한 시점에서의 표현도 가능하며 volume의 내부도 표현이 가능하다. volumetric graphic

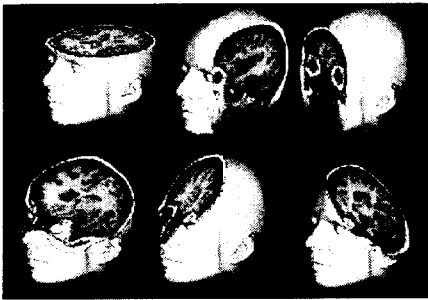


그림 1: 내부 정보를 포함하는 volume graphic의 예

에 의한 이러한 3차원 특성은 surface graphic에 비해 많은 이점을 가지고 있어 수술 계획 단계에서는 volumetric graphic을 이용한 3차원 모델링이 유용하다. volumetric graphic의 도움으로 미세한 조직과 혈관등을 피해 어떻게 로봇을 움직여 수술을 할지에 대한 경로 계획이 가능하며 수술 전에 시뮬레이션도 가능하게 된다. 또한 volumetric graphic의 발달이 가져다 주는 이점은 환자에 대한 더욱 많은 정보를 가질 수 있게 되어 예전의 방법으로는 미처 발견하지 못할 수도 있는 환자의 내부를 상을 발견할 수 있게 되고 내부 구조를 알게 되므로 해서 생각지 못했던 새로운 수술 계획을 세울 수도 있게 된다.

### 2.2 로봇에게 환자 등록 (Registration of robot to patient)

수술 계획 후, 실제로 수술에 들어가기 전에 로봇에게 실제 환자의 좌표를 등록하는 과정을 거쳐야 한다. 이것은 수술 전에 획득한 환자에 대한 3차원의 모델과 실제 환자의 좌표를 일치시키는 것이다. 만일 수술 전에 가지고 있는 환자의 3차원 모델과 환자의 실제 모습이 좌표상으로 일치하지 않으면 3차원 모델을 근거로 하는 수술이 오류를 일으키기 때문이다. 따라서 우선 환자를 수술대에 고정 시켜야 하는데 이는 다리 수술시에 다리의 움직임을 막기 위해 고정 시키는 것과 마찬가지로이다. 환자를 고정 시킨 이후 환자와 모델을 일치시키는 작업을 하게 되는데 크게 두가지가 있다. 첫째는 환자의 몸에 기준이 되는 물질을 이식하는 방법이 있고 둘째는 표면 기반 등록 방법이 있

다. 기준물질의 이식은 위에서 설명한, 환자에 대한 3차원 모델링을 하기 전에 수행하게 된다. 그리고 이것을 센서로 감지하여 실제 위치를 확인하고 3차원 모델링에서의 기준과 비교하여 환자를 등록 하게 된다. 그러나 이러한 방법은 환자의 몸에 상처를 남기며 그 자체를 위해 수술을 해야 하므로 환자에게 좋지 못하다. 또 하나의 방법인 표면 기반 등록 방법은 3차원 데이터가 가지고 있는 표면에 관한 자체적인 데이터를 이용하는 것이다. 즉 실제 환자의 외관의 표면과 3차원 모델링 데이터의 표면을 일치시켜서 등록을 하는 것이다. 예를 들어 환자의 뇌수술시에 CT나 MRI는 환자 얼굴 생김에 대해 상세한 정보를 제공하게 되는데, 이것으로 부터 얻은 3차원 모델과 실제 환자의 얼굴을 일치시키면 정확한 등록이 되는 것이다. 그림 2는 이러한 표면 기반 등록 방법에 의해 3차원 모델과 실제 환자의 사진이 모니터 상에서 중첩 되어 나타난 것이다. 이 때 중요한 것은 환자의 3차원 모델링의 정확성이다. 3차원 모델의 약간의 오차도 이것을 기준으로 하여 하는 수술에서는 환자에게는 치명적인 결과를 가져올 수 있기 때문이다.



그림 2: 환자와 3차원 모델링 데이터의 일치화 과정

### 2.3 원격 수술 시행 (Execution of telesurgery)

위의 모든 과정이 준비되었으면 로봇을 이용하여 수술을 행하게 된다. 수술에 이용되는 로봇은 현재는 산업용 로봇을 이용하고 있다. 이는 아직까지 수술용 로봇에 대한 수요가 많지 않아 상품화된 로봇이 없으며 안전에 관한 표준이 없기 때문이다. 현재 원격 수술을 위한 많은 로봇 팔이 연구되고 있는데 높은 정밀도와 빠른 응답, 그리고 수술을 용이하게 하는 높은 자유도와 작은 크기를 가진 매니플레이터를 필요로 하고 있다. 로봇 팔을 이용하는 수술의 경우에 로봇 팔이 단순히 조작자인 의사의 손동작을 그대로 흉내만 내는 것 뿐만 아니라 여러 가지 이점을 보이고 있다. 예를 들어 수술부위가 안구인 경우 매우 섬세한 움직임이 필요한데 사람의 손의 정밀도에는 한계가 있으므로 손의 움직임 스케일을 축소하여 로봇 팔이 따라라게 되면 상당히 정밀한 수술을 가능하게 할 것이다. 또한 의사의 손떨림과 같은 수술에 불필요한 요소는 로봇 팔에 전달되면서 제거될 수 있다. 로봇 팔을 제어하는 조작기 또한 다양하게 연구되고 있는데 로봇 팔만큼의 다양한 자유도와 정밀도 그리고 사용하는 의사가 실제 수술을 할 때와 같은 느낌을 가질 수 있는 형태가 필요하다. 현재 의사의 손의 동작을 그대로 컴퓨터에 전달하는 인터페이스 역할을 하는 조작기로는 가상 현실 장갑이 가장 일반적이다. 일단 수술을 시작하면 수술중의 모든 상황에 대한 정보를 알 필요가 있다. 이러한 정보들은 환자와 등록된 3차원 모델링의 화면에 중첩되어 나타나서 이를 보고 수술하는 의사를 돕게 된다. 중첩되는 정보들은 신체의 해부도나 환자의 혈압등 신체 정보, 수술도구의 끝에 달린 카메라에 들어오는 정보가 있을 수 있다. 그러나 무엇보다 환자의 몸의 내부에 들어간 로봇 팔이나 로봇 팔에 달린 수술 도구가 그래픽으로 처리되어 중첩되어 나타나야 하는데 이를 위해서는 로봇의 팔과 수

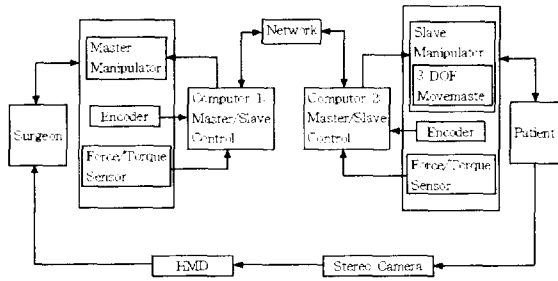


그림 3: 시스템 블록 다이어그램

술도구의 위치를 알아야 한다. 이 부분은 위의 등록 과정과 더불어 매우 중요한 부분이다. 만약 위치가 잘못 인식이 된다면 엉뚱한 부위를 수술하게 되기 때문이다. 이를 위해 일반적으로 센서를 이용하여 위치를 인식하는데 로봇의 관절의 변화를 측정하는 방법과 자기센서를 이용하는 방법, 두 가지가 연구되고 있다. 그리고 로봇이 장착된 위치에 대한 환자의 상대적 위치를 알아야 위의 위치 정보가 유용하므로 환자의 위치를 알아내기 위해 간단한 표식이 이용되고 있다. 원격 수술의 경우 의사는 환자와 떨어져있는 콘솔에서 위의 정보가 나타나고 있는 모니터를 보면서 조작기를 이용하여 수술을 해야 하는데 이때 의사는 실제로 환자의 옆에서 수술하는 듯한 몰입감을 느낄 수 있어야 한다. 몰입감을 느낄 수 있도록 하는 방법으로는 수술을 하는 로봇의 팔에 전달되는 힘이나 촉감을 의사가 조정하는 조작기에 피드백시키는 방법이 있는데 이로써 의사는 실제로 환자의 몸을 만지고 있다는 현실감을 느낄 수 있을 것이다. 촉감을 전달하기 위해 다양한 센서와 이를 전달하는 장치들이 개발되고 있고 더욱이 요즘은 수술시에 의사에게 익숙한 피 등의 냄새를 피드백하려는 시도도 있는데 이런 것이 모두 의사에게 몰입감을 부여하려는 시도이다. 몰입감을 부여하는 또 하나의 방법으로는 모니터 대신 HMD(Head Mounted Display)를 이용하는 방법이 있다. HMD를 이용하면 volumetric graphic으로 구현된 환자의 3차원 모델을 다양한 시점에서 상호 대화식으로 살펴볼 수 있으므로 의사에게 상당한 몰입감을 부여하게 된다. 이러한 장치를 이용한 몰입감의 부여는 궁극적으로는 홀로그램 이미지를 이용하여 거의 완벽한 현실감을 부여하게 될 것이다.

## 2.4 원격 수술의 한계

원격 수술 시스템을 구현하는데 있어서 아직까지는 많은 한계가 있다. 3차원 모델링을 실시간으로 하기 위해서는 빠른 계산 능력을 가진 고가의 컴퓨터가 필요하며 수술을 받는 환자의 위치와 의사의 위치가 떨어져 생기는 로봇과 조작기 사이의 통신에 의해 발생하는 시간 지연에 대한 문제도 완전히 해결되어 있지 않다. 또한 기존 네트워크로 3차원 정보를 전송하고 로봇의 센서 데이터를 피드백하기에는 용량이 부족하다. 그리고 수술에 개입되는 로봇에 대한 사람들의 거부감과 안전에 관한 표준이 아직 명확하게 없다는 것도 원격수술의 또 다른 한계라고 볼 수 있다. 하지만 기술의 발달이 진행됨에 따라 이러한 문제점은 하나씩 해결 될 것으로 기대된다.

## 3 시스템 구성

원격 수술 시스템은 일반적으로 마스터 조작기(Master manipulator)와 슬레이브 조작기(Slave manipulator) 그리고 의사에게 현실감을 부여하기 위한 스테레오 카메라 시스템과 HMD로



그림 4: 팬-틸터에 장착된 스테레오 비전 시스템

구성된다. 각각 요소의 연결은 그림 3과 같다.

환자의 모습은 스테레오 카메라를 통해 무선으로 HMD에 전송된다. 의사는 영상을 토대로 마스터 조작기를 이용하여 수술 도구를 움직인다. 이 때 마스터 조작기에는 슬레이브 조작기에 가해지는 힘이 그대로 전달이 되게 된다. 마스터 조작기의 움직임은 그대로 슬레이브 조작기로 전달이 되는데 필요에 따라 스케일 업/다운을 한다. 슬레이브 조작기는 마스터 조작기와 같은 경로로 움직이면서 장착되어 있는 힘 센서를 통해 힘을 피드백한다. 이 때 의사 시야의 움직임은 스테레오 카메라가 장착되어 있는 구동부에 연결되어 시야를 따라 카메라가 움직이게 된다. 각 부분의 구체적인 작업 내용은 다음과 같다.

### 3.1 시각정보 시스템

일반 산업체에서 사용되는 로봇은 단순하며 반복적인 작업을 수행하기 때문에 작업장의 사전 모델링을 통하여 작업을 자동화할 수 있다. 하지만 원격 수술 시스템에 있어서는 환자 개개인의 특성이 다르고 언제 발생할지 모르는 돌발 상황에 대처하여야 하기 때문에 자동화가 어렵다. 따라서 이러한 원격 수술 시스템은 자동화 기술 보다는 원격 조작 기술을 적용하는 것이 적당하다.

원격 조작의 원활한 수행을 위해서는 떨어진 작업장에서 일어나는 상황을 작업자에게 잘 전달해 줄 수 있어야 한다. 원격 수술에서는 수술실에서 발생하는 순간순간의 상황을 의사에게 정확하게 전달해 주어야 하고, 의사는 이러한 정보를 토대로 수술이 제대로 수행되고 있는지 확인할 수 있으며 원활한 작업 지시를 내릴 수 있게 된다. 이렇게 원격 수술 시스템에서 의사의 눈 역할을 하는 시각 정보 시스템은 의사에게 필요한 수술실의 상황을 제대로 획득할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 의사가 현장에서 직접 수술을 하는 것과 같은 몰입감과 원하는 시각 정보의 효율적인 획득을 가능하도록 도와주는 시각 정보 시스템을 개발하고자 한다.

시각 정보 시스템은 카메라 구동기를 통하여 의사가 원하는 위치와 방향에서 수술실을 관찰할 수 있도록 한다. 또한 카메라 줌 기능을 이용하여 필요한 물체를 원하는 크기로 확대해서 관찰할 수 있는 기능도 제공한다. 그림 4는 상, 하, 좌, 우로 움직이는 스테레오 비전 시스템이다. 이 시스템은 의사의 움직임에 따라 카메라의 위치를 바꾸어 주는 역할을 한다. 이와 같이 카메라를 통해 획득한 영상 정보는 무선 이미지 전송 장치를 통해 멀리 떨어져 있는 의사에게 전달된다. 의사는 이렇게 전송된 영상 정보를 HMD를 통해 바라봄으로써 수술실의 상황을 잘 판단할 수 있다. 의사가 착용하는 HMD는 의사의 머리 움직임을 추적함으로써 의사가 관찰하고자 하는 수술실 또는 환자의 방향과 위치를 획득하게 되고, 이 정보를 이용하여 카메라 구동기를 제어하게 된다. 따라서 의사는 HMD를 이용하여 수술실에 있는 카메라를 구동함과 동시에 원하는 영상 정보를 획득할 수 있다. 이러한 방법은 물체를 바라보는 자연스러운 동작을 통

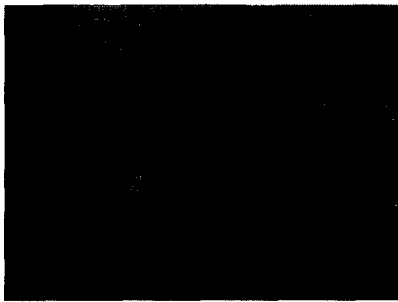


그림 5: 전체 시스템

해 카메라 구동기를 제어하기 때문에 카메라 구동기를 제어하기 위한 부과적인 노력 없이 수술실의 상황을 판단할 수 있도록 해 주며, 이러한 시각 정보 시스템의 제어는 의사가 원격 수술 시스템에서도 실제로 수술실에서 수술을 하는 것과 같은 몰입감을 부여하는데 큰 영향을 준다. 무선 이미지 전달 장치로부터 전송된 영상은 의사가 착용하고 있는 HMD에 전송됨과 동시에 모니터를 통해 방송됨으로써 수술에 참여하고 있는 다른 사람이나 환자의 가족들이 수술의 진행 과정을 관찰할 수 있도록 한다.

### 3.2 매스터 조작기

작업자가 필요한 동작을 교시하는 장치를 매스터 조작기라 한다. 원격 수술과 같이 작업환경과 떨어진 곳에서 작업을 교시하는 작업자는 보다 직관적이고 사용하기 편리한 매스터 조작기를 필요로 하게 된다. 기존의 명령 입력 장치는 2차원에서 움직이는 장치가 대부분이었으나 원격 수술과 같은 작업은 3차원 움직임을 전달할 수 있는 장치가 필요하다.

현재 사용되고 있는 매스터 조작기는 스투이트 플랫폼 위에 조이스틱을 장착하여 3차원 움직임을 표현할 수 있는 3D 조이스틱과 손가락 관절의 움직임을 전달할 수 있는 데이터 글로브가 있다. 하지만 이러한 것들은 슬레이브 조작기의 말단기(End-effector)부분만을 움직이는데 중점을 두고 있어 원격 수술과 같이 슬레이브 조작기의 각 관절의 움직임이 작업에 영향을 미칠 수 있는 경우에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 매스터 조작기와 슬레이브 조작기의 기구학적 특성을 똑같이 만들어 매스터 조작기의 움직임이 슬레이브 조작기에 일대일 대응이 되도록 제작하고 있다.

이러한 매스터 조작기는 다른 형태에 비해 슬레이브 조작기의 움직임을 직관적으로 이해할 수 있으며 각 관절에 미치는 힘을 그대로 피드백하여 원격지의 상황을 그대로 전달할 수 있는 장점이 있다. 따라서 작업의 능률과 정확성을 높히는데 중요한 역할을 한다.

### 3.3 슬레이브 조작기

수술 장소에서 움직이는 슬레이브 조작기로는 Mitsubishi 중공업사의 Movemaster-EX를 사용하였다. 5축 회전형(Revolute type)의 로봇으로 각 관절은 직류 전동기에 의해 구동되며 광학적 증가형 엔코더(incremental encoder)로부터 위치 정보를 피드백받는다. PC로 슬레이브 조작기를 제어하는데 매스터 조작기와 슬레이브 조작기와의 통신은 인터넷과 전용선 두 가지로 실험을 계획 중이다. 인터넷을 이용하여 제어를 하는 경우 네트워크 구축 비용이 줄어들고 주변 기기가 대중화되어 초기 투자비용이 저렴하다는 장점이 있다. 하지만 네트워크 교통량에 따라서 실시간 제어가 어려우며 네트워크 상황에 따라 제어가 불가능한 경우도 발생할 수 있다. 또한 인터넷이 이더넷으로 연결

이 되어 있는 경우 전송 속도는 10MBPS 가 물리적인 한계이므로 이 이상의 속도를 필요로 하는 경우에는 고속 이더넷이나 ATM으로 교체를 해야 한다. 그러나 전용선은 인터넷에 비하여 작게는 8배에서 크게는 20배 이상까지 속도를 올릴 수 있으며 프로토콜 제작에 따라 실시간 제어가 가능하다는 장점이 있다. 대신 네트워크 구성과 장비 설치에 대한 초기 투자 비용이 증가하는 단점이 있다.

## 4 결론

컴퓨터의 발달로 원격 의료나 의료정보학(Medical Informatics)과 같은 분야가 엄연한 의학의 한 분야로 자리를 잡아가고 있다. 곳곳의 컴퓨터가 네트워크로 연결되어 통신망이 구축되고 있는 현실에서 머지 않은 미래에는 모든 의료가 원격적으로 행해 질 것으로 기대되고 있다. 현재의 의료는 문제가 있을 때마다 환자가 병원에 찾아가고 환자의 선택보다는 병원의 사정에 따라 배정되는 의사를 만나서 그때그때 문제를 해결하는 "공급자 중심의 의료"이다. 하지만 환자 입장에서는 지속적으로 자신의 건강에 대한 정보가 환자 중심으로 관리되고 자신이 원하는 장소, 시간에 진료를 받을 수 있는 "수요자 중심의 진료"로 바뀌길 바란다. 이러한 "수요자 중심의 진료"를 행하기에 가장 적합한 것이 원격 기술이며 이 중에서 수술에 대한 연구 분야가 원격 수술 분야이다.

본 연구에서는 현재까지 진행된 원격 수술의 연구 분야를 과 정별로 정리하고 실제 시스템을 구현하고 있다. 의사에게 현장감을 주기위한 시각 정보 시스템과 의사의 움직임을 전달하고 슬레이브 조작기의 힘이 피드백 되는 매스터 조작기를 제작 중이다.

원격 수술은 의사의 접근이 힘든 낙도나 전쟁터와 같은 곳에서 진가를 발휘하게 될 것이며 또한 MIS에 유용하게 쓰일 수 있다. 이 밖에도 숙련된 의사가 다른 의사를 도와주는 teleassistance와 같은 분야에도 적용이 될 것으로 기대된다.

## 참고 서적

- [1] H.A. Paul, et al., "A Surgical Robot for Total Hip Replacement Surgery", *Proc. of the 1992 IEEE ICRA*, 1992, pp.606-611
- [2] G. Bolmsjo, H. Neveryd, H. Efring, "Robotics in rehabilitation", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, vol. 3, 1995, pp. 77-83.
- [3] C.A. Stanger, C. Anglin, W.S. Harwin, D.P. Romilly, "Devices for Assisting Manipulation", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, Vol.2, No 4, December 1994, pp. 256-64
- [4] Michael Tryppe, "EURODOC. European Initiative for Remote Knowledge Visualization", <http://www.artma.com/eurodoc/EURODOC.html>
- [5] Amere Oakman, "Volume Graphics: The road to interactive medical imaging?", *SURPRISE 96*, [http://www-dse.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal.vol2/ao2/article2.html](http://www-dse.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal.vol2/ao2/article2.html)
- [6] Lara Crawford, "Medical Robotics", Robotics Lab. University of Berkeley, California
- [7] Richard M. Satava, "The Modern Medical Battlefield: Sequitur on Advanced Medical Technology", *IEEE Robotics and Automation Magazine*, September, 1994, pp.21-25