

생체로봇(Bio-robot)



표준기술기획팀 공업연구관 박상삼
02) 509-7257 parkss@mocie.go.kr

1954년 미국의 조지 드볼(Georgy DeVol)이 최초로 프로그램이 가능한 로봇을 개발한 이래 반세기가 지나고 있다. 그리고 1961년 산업용 로봇이 제조용으로 미국의 포드 자동차회사에 최초로 설치한 유니메이트(Unimate) 로봇을 시작으로 그 동안 로봇은 생산현장에서 우주에서 그리고 전쟁터에서 없어서는 안될 전자기계로 자리 매김을 했다. 생산 및 제조공정에서의 로봇의 응용은 가히 혁신적인 사건으로 과학 기술사는 기록하고 있다.

그 이후 로봇의 발전은 환경을 인지하고 스스로 판단할 수 있는 지능형 로봇을 연구개발하는데 경주하고 있다. 지능로봇의 용도는 산업용 이 외에 주부들의 가사를 돕는 가사 서비스 로봇 신체장애우를 위한 재활 로봇, 고령사회에서 큰 역할을 할 실버 로봇, 군사용 로봇, 재난대비 로봇, 건설용 로봇, 해저탐사용 로봇 등 범위가 넓어지고 있다.

로봇 기술의 발전은 의료, 생명 분야에도 영향을 미

쳐 1980년 초부터는 수술에 획기적 방법이 도입되었는데 로봇을 이용해서 환자에게 최소한의 피해를 주는 수술 로봇과 신경외과용 로봇, 생명과학에서 필요한 미세한 힘을 감지하는 미세조작용 로봇 등 역시 생체 로봇의 현주소이다.

생체 로봇은 크게 네 분야로 분류가 가능한데 하나가 생체모방 로봇이다.

생체모방 로봇은 인간, 곤충이나 물고기, 동물들을 연구해 로봇화함으로써 로봇의 동작을 유연화시키고 있다. 다음 두 분야는 인간에 직간접적으로 도움을 주는 의료용, 재활용 등을 위한 수술 및 재활 서비스 로봇을 들수 있다. 그리고 마지막 분야는 진단 검사용 바이오 로봇이다.

1. 생체모방 로봇

‘생체모방(biomimicry)’이라 불리우는 이 아이디어는 일본에서는 ‘지능 구조,’ 영국에서는 ‘바이오미

메틱스(biomimetics),’ 미국에서는 ‘스마트 물질’ 등 다양한 이름으로 불리면서 오늘날 과학과 공학의 한 흐름을 형성하고 있다. 그 중에도 생체모방 로봇은 인간, 곤충, 물고기, 그리고 기타 여러 동물들을 연구해 생명체의 우수한 특성을 창조적으로 모방해 기계설계와 로봇 제작에 응용하려 함으로서 인류 복지에 활용하고자 하는 로봇들이다.

바닷가재, 도마뱀, 바퀴벌레, 뱀, 잠자리, 개, 새 등 다양한 동물과 곤충의 특성을 모방한 로봇을 개발하는 바이오메테틱스 분야의 연구가 특히 미국을 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 이 생체모방형 로봇들은 바퀴로 구동되는 로봇이 갖지 못하는 험한 지형을 탐험하거나 위험한 임무를 대신 수행할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

미국 노스이스턴(Northeastern)대학 생물학과 조세프 에이어스(Joseph Ayers) 박사는 플라스틱과 인공근육으로 만든 바닷가재 로봇의 동작을 연구하고 있다. 이 로봇 가재는 물속 장애물을 자체 판단으로 피해 다니면서, 해변에 매설된 지뢰나 수뢰 등을 제거하는 군사용으로 사용될 예정이다. 카네기멜론대의 호위 초세트(Howie Choset) 박사는 뱀과 코끼리 코의 움직임을 모방한 로봇을 개발중이다. 이 로봇 뱀은 주로 건물 붕괴사고 현장에서 잔해의 틈을 비집고 들어가 생존자를 수색할 수 있다. 매사추세츠주 케임브리지에 있는 보스턴 다이내믹스는 바퀴벌레의 탄력 있는 다리를 모방한 로봇을 개발하고 있다. ‘렉스’라고 불리는 이 로봇은 6개의 다리로 바위를 기어오르거나 점프를 하기도 한다. 이 업체는 또 점착력이 강한 도마뱀 발바닥 털을 응용, 벽을 타고 오를 수 있는 로봇도 개발중이다.

미국의 경우 생체모방 로봇 연구의 예산은 주로 미국 항공우주국(NASA)이나 미군 관련 기관들이 지원하고 있다. 미 육군의 전차 장갑차사령부(Tacom)는

현재 100만 달러가 넘는 예산을 건넌 ‘노새 로봇’ 개발에 투입한 상태다. 이 로봇들은 전장에서 차량에 연료를 공급하거나 장비를 운반하는 용도로 사용될 예정이다. 또 총알이 빗발치는 전장에서 경찰이나 적의 주위를 분산시키는 임무를 수행할 로봇 개의 개발도 진행중이다.

생체모방 로봇의 몇 가지만 예를 들면 다음과 같다.

가. 생체모방 로봇의 예

① 혼다 인간형 로봇(HONDA Humanoid Robot): 혼다에서 1986년에 개발이 시작된 인간의 걸음걸이를 모방한 휴머노이드 로봇은 지능(intelligence)과 이동 능력(mobility)에 초점이 맞추어졌다. 인간과 함께 생활할 수 있고 협력할 수 있는 로봇의 개념을 정립함으로써 특정 목적에만 이용되던 로봇을 인간의 일상생활로 끌어 들이려는 최초의 시도라고 할 수 있다.

이러한 개발 동기 하에 가장 중요한 과제는 인간처럼 걸을 수 있어야 한다는 것이었다. 걸을 수 있는 능력의 개발에 집중한 결과 현재 세계에서 가장 진보된 발과 다리를 가지고 걷는 로봇으로 인정받고 있다. 최근의 모델은 키가 180cm에서 160cm로 줄었고 무게도 130킬로그램밖에 되지 않는다. 사람과 악수도 가능하며 울퉁불퉁한 지반에서도 걸을 수 있다. 자신의 위치와 주변의 물체를 감지할 수 있으므로 스스로 이동이 가능하며 원격지에서 조작자가 원격 제어를 할 수도 있다. 현재까지 인간이 가진 가장 발전된 형태의 인간형 인공지능 로봇이다. 2005년 12월에는 시속 6km로 뛸 수 있는 아시모를 선보이기도 했다. 우리나라에서는 KAIST의 휴보 그리고 KIST의 마루/아라가 일본을 빠르게 뒤쫓고 있다.

② 소니 아이보: 아이보(AIBO)란 소니(SONY)사에서 개발한 애완용 로봇으로서 기본적으로 강아지나 고양이처럼 걷고, 앉고, 엎드릴 수 있다.

AIBO(Artificial Intelligence Robot)라는 이름이 의미하듯이 이러한 기초적인 동작 이외에 상당히 많은 인공 지능이 첨가된 로봇이기도 하다. 인간이 동작을 가르치면 배울 수 있고 어떠한 습성도 갖게끔 만들 수 있다. AIBO와 기존의 로봇과의 가장 큰 차이점은 이러한 반응을 완전하게 자율적으로 행동한다는 점이다. 마치 애완동물처럼 상황에 따라서 즐거움과 슬픔, 두려움과 경계심을 표현할 수 있어 살아 있는 동물과 매우 흡사하다고 할 수 있다.

③ 로봇 II(Robot II): 미국 케이스 웨스턴 리저브 대학교(Case Western Reserve University)에서 개발되어 Robot II라고 명명된 곤충형의 이 로봇은 6개의 다리를 가지고 있다. 이 로봇에서 주목할 점은 여섯 개의 다리에 센서가 부착되어 있어 그 다리를 어디에 던져야 안전하게 걸을 수 있는지 스스로 판단한다는 점이다. 다리가 빠질 만큼 틈이 넓은 판 위에서는 마치 살아 있는 곤충처럼 한발 두발 짚어보면서 이동을 한다. 다시 말하자면 어떠한 형태의 지반도 확인하면서 걸어갈 수 있는 인공 지능을 가지고 있는 것이다.

나. 지능형 의수와 로봇손

① 지능형 의수: 절단된 상지를 복원하려는 노력은 그 역사가 오래되었으며 이에 따른 인간 손의 생체모방 기술의 역사도 오래되었다. 그리고 오늘날 인간의 손을 모방한 로봇손은 로봇연구의 한 분야를 이루고 있다.

기록으로 확인되는 최초의 의수는 1509년 기사 von Berlichingen이 전투에서 손을 잃고 난 후 절단된 손에 대해 스프링을 사용한 다지 의수이다. 그 이후 지금까지 많은 의수가 제작되어 왔으며 동작은 되지 않으며 외양만을 따라하는 미용형(Cosmetic type)에서부터 가장 일반적인 형태로 기구를 사용하

여 어깨 또는 팔의 동작과 연동하여 손동작을 할 수 있는 몸구동형(Body powered type), 최근에 들어서는 별도의 에너지원과 구동기를 사용하여 사용자의 의사에 반응하여 능동적인 작업을 수행하는 외부 전력형(Externally powered type)이 있다.

지능형 의수란, 제어 기술을 이용하여 외부 동력에 의해 작동되는 의수를 말한다. 인간의 팔과 로봇형 의수를 제어하기 위한 제어신호로 보통 근육을 움직일 때 발생하는 전압신호인 근전도(Electro-myogram: EMG) 신호를 많이 사용한다. 처음 외부 동력을 이용한 의수는 1949년 IBM에서 개발되었고, 1958년 러시아에서 굴근(Flexor)과 신근(Extensor)의 근육 수축으로부터 제어되는 외부 동력을 이용한 제품이 개발되었다. 현재에도 이러한 의수를 실현시키기 위한 연구가 계속 진행되고 있으며, 근래 들어 미국의 유타압2 또는 독일의 오토복핸드 등 몇몇 회사에서 상용화하여 시판될 정도로 기술의 진보가 이루어졌으나 아직 개선될 점은 많다.

의수의 궁극적인 지향점은 사용자 인터페이스를 갖춘 로봇손이라고 말할 수 있다. 의수와 로봇손을 구분하는 것은 사용자가 인간인지 로봇에 부착하여 사용하는지의 차이라고 할 수 있다. 다만 현재의 기술 수준으로는 다지 다관절 로봇손이 의수로서 사용되기에는 성능 면에서 충분하지 못한 점이 많기 때문에 비교적 단순한 구조의 로봇손만이 의수에 활용되고 있으나, 향후 10년 안에는 다지 다관절 로봇손이 의수로서 사용될 수 있으리라 생각된다.

② 로봇손: 본격적인 로봇손이라 할 수 있는 Stanford/JPL 손을 시작으로 다양한 종류의 로봇손이 개발되어져 왔다. 로봇손의 개발에서 가장 중요한 이슈는 크기(무게)와 출력의 향상, 기구학적 설계, 센서에 관한 문제들이다.

현재 기술 하에서 사람과 같은 크기의 로봇손은 인

간이 낼 수 있는 힘의 1/10 정도에 불과하기에 실제 응용되는 범위는 매우 작을 수밖에 없다. 이 난제를 해결하기 위해 Stanford/JPL손은 텐던 구동 식을 사용하였으나 텐던 구동 식은 별도의 모터박스가 필요하다는 단점 때문에 사용자가 많은 불편을 감수해야만 한다. 독일의 한 연구소의 DLR 손의 경우 모터 구동 방식을 사용하여 사용 편의성과 제어성을 향상시켰으나, 크기와 무게가 인간 손에 비해 너무 커진다는 단점이 있다. 그 외에도 로봇손의 출력을 향상시키기 위해 유압 구동 방식을 사용한 문헌대학의 TUM 핸드와 같이 여러 가지 시도가 이루어져 왔으나 현재로서는 명확한 해결방법은 없다고 할 수 있다.

손은 5개의 손가락과 한 개의 손바닥, 22개의 관절로 이루어진 복잡한 기구학적 구조를 지니고 있다. 인간의 손을 가능한 충실하게 재현하여 주로 의수와 원격제어를 목적으로 한 완전 인간형 로봇손이 개발되어져 왔으나, 이와 같은 로봇손은 지나치게 복잡하고 비대하기 때문에 바렛 핸드와 같이 3지 9자유도의 간단한 구조로 효율적인 움직임을 재현하거나 수동과 자유도를 줄이는 방식으로 Gosselin 손이 개발되었다.

인간 뇌의 운동제어 영역에서 가장 많은 부분을 차지하는 것은 손이며 이유는 손에 배치된 감각기관이 많기 때문이다. 인간의 손은 복잡하고 섬세한 동작을 수행할 수 있는데 이는 관절 수 뿐 아니라 촉감을 느끼는 감각 기관의 역할이 크기 때문에 촉각 센서를 로봇손에 응용하는 연구가 수행되어지고 있다.

다. 국내 현황

의수의 경우 포항공대와 산업과학연구원이 개발한 Biro I, II, & III 가 유일하며, 이는 아직 연구단계에 있다. 로봇손의 경우 역시 포항공대에서 개발한 PHand I~V가 있다.

그리고 성균관대에서 개발한 로봇손(SKKU-Hand)도 그 우수성이 잘 알려져있다. 결론적으로 의수의 경우 우리나라에서의 이 분야 상품개발은 외국에 비해 미약하다. 그러나 구미에서는 이미 많은 중소기업이 상품을 내놓고 있으며 이들은 고부가 제품으로 수입가격도 비싼 편이다.

2. 의료용 로봇

의료용 로봇 분야는 최근 20년에 걸쳐 눈부신 발전을 이룬 로봇 분야로 대체적으로 수술용 로봇, 수술 시뮬레이터, 수술 보조 로봇 등으로 분류할 수 있다. 정밀성과 안전성 그리고 반복성이 요구되는 이 분야 로봇관련 이론들은 정밀 위치 제어(Precision position control), 여유 자유도(Hyper redundancy), 정밀 힘 제어(Precision force control), 원거리 제어(Tele control), 안정성과 정밀도(safety and reliability) 등 많은 학문적 이론들이 요구된다.

가. 수술용 로봇

그 중에서도 수술 분야, 특히 원격 수술 분야가 가장 많이 응용되고 있다. 이는 의사의 손 떨림과 같은 수술에 적합하지 못한 현상을 제거할 수 있을 뿐 아니라, 신경 수술과 같은 분야에서의 정밀한 힘 제어와 위치제어를 바탕으로 안전한 수술을 보장해 주고 있다. 더구나 사람의 손이 기구학적으로 닿을 수 없는 지점에서의 수술을 가능하게 해 주며, 수술부위를 최소화하고 내시경과 여유 자유도 로봇을 이용하여 피수술자의 수술 후 통증을 최소화하는 데 기여하고 있다.

원격수술은 로봇 자체로 동작하는 것보다는 사람의 손이 좀 더 민첩하게 동작할 수 있기 때문에 로봇이 사람의 정밀도를 증가시켜 주는 역할을 할 수 있다면, 보다 훌륭한 작업을 수행해 낼 수 있다. 특히 다른 수

술 로봇보다 간단하고 가격이 저렴하다는 점에서 인체 외부의 수술의 경우 적합한 로봇이다. 이 외에도 실제로 판매하고 있는 원격수술 로봇을 살펴보면, 미국의 이 분야의 한 회사(The Intuitive Telesurgery System)는 3차원 내시경과 여유 자유도 로봇암 및 사람 손목모양을 본떠 만든 기구를 가지는 시스템을 개발하여 판매하고 있다. 실제로 많은 시술이 이를 통해 이루어졌고, 수술 로봇의 응용성과 안전성을 보여준 예이다.

하버드대학연구팀에서 사용하는 ZEUS 로봇을 판매하는 회사(DaVinch)의 경우 의사가 수술중에 시야를 확보하고 간단한 힘 반영과 로봇을 제어할 수 있는 시스템을 개발하고 있다. 실제로 인체 내부의 장기를 시술한 예가 있다. 이탈리아의 MiTech 실험실은 Hall-effect를 이용한 센서로 수술 공간 확보를 위한 내시경 및 수술 장비 조작 기구에 대하여 연구를 하였다.

이를 이용하면 수술 공간 확보와 무릎의 민감한 신경에 접촉을 금해야 하는 수술에 응용할 수 있다. 일본 도쿄대학의 Mitsuishi 연구팀은 6자유도를 가지는 원격 수술용 주 로봇과 종 로봇에 대하여 연구하였다.

1998년 700km 떨어진 곳에서 인공 혈관을 케매는데 성공하였고 1999년에는 실제 쥐의 동맥을 3차원 기법을 이용하여 케매는데 성공하였다. 그러나 많은 시간이 걸린다는 점에서 아직은 현실성이 부족하다고 할 수 있다.

앞에서 제시한 인체의 일부를 절개하여 수술하는 것과는 달리 CALTECH에서는 소장벽 내에서 움직일 수 있는 이동 로봇에 대하여 연구하였다.

대장의 경우와는 달리 소장의 벽에는 많은 동맥들과 암죽관들이 지나가고 있기 때문에 장벽에 압력을 가하여 이동하는 방식은 소장내 치명적인 손상을 가져

올 수 있다. 그리하여 이들은 돼지의 소장을 실험대상으로 하여 어느 정도의 압력에서 소장이 손상을 받는지에 대하여 연구하였다. 다른 로봇들의 작업도 마찬가지로 로봇의 강건성은 오히려 인체에 손상을 줄 우려가 많기 때문에 인체의 특성을 아는 것이 무엇보다도 중요하다. ETH의 장치는 부드러운 인체의 특성을 알려줄 수 있다. 이를 이용하여 인체 내부의 가상환경을 만들어 줄 수도 있으며 이는 곧 의사들이 학습을 보다 안전하게 할 수 있음을 의미한다.

마지막으로 이식수술을 위한 로봇도 연구되고 있다. 이식수술을 할 때에는 피부를 얼마만큼 얇게 벗겨낼 수 있는가가 관건이라는 점에 착안하여 이 기구는 6자유도를 가지고 있으며 피부의 두께를 결정하는 두 가지 요인인 힘과 속도를 로봇에 입력할 수 있는 힘반영과 속도 센서를 부착하고 있다.

또한 일정거리 혹은 다른 지역, 국가에서 의사가 환자의 수술이 가능하게 하는 원격수술 로봇의 연구가 활발하게 하버드, 존 홉킨스, 버클리 등의 대학에서 연구중이며, 실제 상용으로 나온 제품이 있다. 그러나 원격 수술 로봇을 이용하는 외과의사는 케매기와 같은 사람의 손이 쉽게 할 수 있는 작업을 로봇을 사용할 경우에 많은 제약을 받기 때문에 얼마나 빠르게 의사가 로봇에 적응할 수 있도록 하는 것도 큰 문제가 된다. 원격 로봇을 만들었다고 하더라도 의사들에게 배우는 시간을 줄일 수 있고 마치 인체를 열어 놓고 하는 것과 같은 환경을 만들어 주는 것이 관건이라 할 수 있다.

나. 수술보조 로봇

수술보조 로봇으로 신경과 척추수술 보조용으로 미국에서는 BrainLab에서 개발한 Vector Vision, 뇌수술보 조종의 NeuroMate, Computer Motion 회사의 AESOP, 영국의 임페리얼대에서 뇌수술 보조로

개발한 Roboscope이 있다. 그리고 복상경 수술 보조 용으로 영국의 EndoAssist, 프랑스의 LER(The Light Endoscopic Robot), 일본의 Naviot 그리고 한국의 KaLAR(KAIST Laparoscopy Assistant Robot) 등이 있다.

다. 수술 시뮬레이터

프랑스의 INRIA 연구팀은 인체의 장기들을 모델링하고 조작자가 마치 실제의 장기를 만지고 있는 것과 같은 감각을 제공하는 소프트웨어와 힘반사 기기에 대하여 연구를 하였다. 이는 내시경 수술에서 의사가 눈과 손으로 직접 장기를 수술하는 것이 아니라, 새로운 시뮬레이터 환경에서 좀더 넓은 시야를 가지고 수술할 수 있도록 해 주는 장치이다.

그러나 아직 제대로 된 힘반영을 이루는 데 부족한 점이 많다. 두개골 속의 신경수술을 하기 위하여 만들어진 기구가 있다. EC(European Community)의 지원을 받는 Roboscope라는 연구팀은 MRI로 인체 내부의 구조를 알아내고 뇌에 대한 모델을 구한 뒤 기구가 접근을 금해야 할 곳을 미리 정하고 최소한의 구멍을 뚫어 신경 수술을 할 수 있는 기구이다. 한편 독일의 Karlsruhe대에서는 Endoscopic Surgery Trainer를 개발하여 수술전 훈련용으로 사용하고 있다.

라. 국내 현황

우리나라에서의 이 분야 개발은 외국에 비해 미약하다. 그러나 구미에서는 이미 많은 중소기업이 상품을 내놓고 있으며 이들은 고부가 제품으로 수입가격도 비싼 편이다. KAIS에서 수술용 로봇으로 대퇴관절 치환용으로 ARTHROBOT이 개발되어 연구 단계에 있으나, 상용까지는 시간이 걸릴 것으로 보인다.

3. 재활용 로봇(Rehabilitation Robots)

사고나 뇌 손상으로 인한 신체의 운동기능을 회복하기 위한 여러 가지 로봇 장치들이 연구되고 있으며, 특히 구미 선진국의 경우 물리 치료사에 의존하는 전통적인 방법에서 탈피하여 장시간 재활이 가능한 로봇 개발에 심혈을 기울이고 있다. 로봇에 의한 재활의 장점은 치료의 질을 향상시키고, 각각의 환자에 맞는 일정한 속도와 힘으로 훈련이 가능하고 치료비용을 절감 할 수 있다. 또한 사람의 수작업에 의존하던 재활에 비교하여 재활 시간을 좀 더 길게 할 수 있으며, 상지나 하지의 강직(Spasticity)이 심한 환자의 경우도 로봇을 이용한 재활 프로그램이 가능하여 물리치료사에 의존하던 방법보다 확장성이 매우 높다.

특히, 상체의 운동 기능이 손상된 경우MIT에서 개발한 상지 재활용 로봇이 임상 적용중에 있다. 하지 재활의 경우, 보행 능력을 회복하기 위한 보행훈련기기(Gait Trainer)와 같은 장치와 스위스의 하지 훈련용 로봇 Lokomat과 같은 제품이 개발되어 임상에 적용중에 있다.

가. 국내 재활 로봇 현황

2001년 통계자료에 의하면 등록된 전체 장애인의 수는 1,134,177명이며, 그 중 지체장애인의 경우 682,325명으로 전체의 60%에 해당한다. 하지만 현재 개발된 국내 제품의 경우 물리치료사의 도움이 필요한 매우 단순한 형태의 재활 제품이 판매되고 있다. 인공 의수족과 같이 상지나 하지가 없는 장애인, 그리고 휠체어와 같은 하지의 움직임이 없는 경우에 대한 연구가 상대적으로 많이 진행되고 있는 실정이다. 많은 장애인의 경우 후천적 장애 발생률이 96.3%인 것을 통해 볼 때, 이러한 의수족이나 휠체어의 도움 없이 정상적인 보행이 가능하도록 돕는 재활 프로그램이야말로 가장 바람직한 접근 방법이고 선진국의 경

우 사고로 인한 상지 및 하지 보행 장애에서 물리치료사에 의한 재활 프로그램에서 점차 로봇에 의한 재활 프로그램에 대한 많은 연구가 진행중에 있다.

보행 재활 관련된 국내 기술의 경우 주로 재활에 의한 치료보다 의수족, 휠체어 등과 같은 보조기에 대한 연구가 대부분을 이루고 있다. 보행 재활과 같은 경우 많은 시간과 물리치료사나 가족의 노동력이 투입되는 경우 거의 방치되거나 주변 여건으로 재활훈련이 지속적으로 이루어지기 힘든 구조로 되어 있어 사람의 수작업에 의존하는 훈련 방법이나 트레이딩 훈련에 의존하고 있다. 최근에 재활공학연구소에서 동력 보행 보조기를 개발하였으며, 이러한 연구를 시작으로 좀 더 지능화되고 환자의 특성에 맞는 다양한 재활 로봇의 개발이 시급한 상태이다. KAIST에서는 KARES모빌 로봇을 개발 전동휠체어에 로봇팔을 부착하여 장애인의 기본동작들을 지원하고 있다. 서강대에서는 실버 로봇으로 EXPOS 보행보조용 개발을 끝내고 시판을 목전에 두고 있다.

나. 해외 기술 동향 및 시장 규모

미국 미시간기술공대(Michigan Technological University)의 경우 1998년 장애인을 위한 로봇 시스템을 발표하였으며, Berkeley의 경우 장애인이 아니라 군인의 보행을 혁신적으로 향상시켜 주는 군인용 로봇 시스템을 개발하고 있다. 그리고 스위스의 Lokomat의 경우 유럽과 미국에 재활임상 실험센터를 설치하여 그 효과를 임상적으로 검증하고 있는 단계에 있다.

로봇을 이용한 훈련이 필요로 하는 대표적인 질병은 뇌질환과 사고로 인한 척추 손상(Spinal Cord Injury)을 들 수 있다. 미국의 경우 뇌졸중(Stroke)과 같은 뇌질환 발생률은 연간 750,000명이며, 그 중 160,000명이 사망, 전체사망 원인 중 3번째이며, 미

국 전체 연간 300억 비용이 소요되고 있다.

다음으로 척추손상(Spinal cord injury)은 현재 추정된 환자의 수는 250,000 ~ 400,000명, 평균 나이는 16 ~ 30세로 매우 젊은 층에서 발생하고 있으며 1988년 이래로 전체 환자 중 감각과 운동 기능이 마비된 완전마비(Complete) 환자가 45%, 부분적으로 기능이 상실된 불완전마비(Incomplete) 환자가 55%로 미국에서 연간 97.3억 달러 비용이 직간접적으로 지출되고 있다. 이 같은 질환으로 인한 운동장애를 갖는 환자의 수가 100만 명 이상이며, 미국 전역에서 직간접적으로 막대한 비용이 정부와 환자들로부터 지출되고 있다(약 400억 달러). 따라서 로봇 재활을 통해 많은 사람들에게 양질의 재활 서비스를 제공함으로써 의료비 지출을 줄이고 정상적인 생활이 가능하게 함으로서 엄청난 부가가치를 창출할 수 있다.

다. 국내 시장 규모 및 개발 방향

국내의 경우 지체 장애인이 68만 명으로 직·간접 비용도 미국과 비교했을때 1인당 GNP를 비교해서 예측하면 향후 100억 달러로 매우 클 것으로 예상된다. 국내의 지체장애인 중 거의 대부분이 후천적으로 발생하고 있다(즉, 사고나 질병 등에 의한 발생). 하지만 국내의 경우 제대로 된 의료 서비스를 받기 힘들고 사람에 의존하기 때문에 많은 사람들이 이용하기에 어려움이 따르고 있다. 따라서 로봇을 이용한 재활의 경우 대량 생산을 통하여 많은 장애인이 양질의 재활 서비스를 저렴하게 받을 수 있고, 국내의 경우 20 ~ 30대에 발생한 지체장애의 경우 평생 지속되는 경우가 많기 때문에 이러한 조기 재활 프로그램은 정상적인 생활이 가능하도록 돕는데 있어서 매우 중요하다. 선진국의 경우 1990년대 중반부터 연구를 진행해 오고 있기 때문에 제품화 기간이 얼마되지 않고 있다는 것이 타 분야와 다르게 선진 기술을 따라 잡을 수 있는 분야 중의 하나라고 사료된다.

4. 진단 검사용 바이오 로봇

나노 바이오 기술이 응용된 의료용 지능형 로봇의 개발은 높은 검사 신뢰도, 장비의 소형화, 경제적인 시약의 사용 등을 만족시킬 수 있을 뿐 아니라, 지능형 로봇 시스템의 이용을 통해 검사 결과의 분석 및 향후 약제 조제 분야에까지 직접적인 연계관계를 가질 수 있도록 한다.

이러한 지능형 바이오 로봇의 개발을 위해서는 바이오 로봇용 핵심 요소기술, 진단 검사 전문가 시스템, 진단 검사용 바이오 로봇 기술 개발을 위한 연구가 선행되어야 한다. 그리고 이들을 통합하는 검사 항목 분류, 평가 최적화 기술 및 지능형 데이터베이스와 네트워크 기술, 초정밀 바이오 매니플레이터 제어 기술 및 햅틱 기술, 바이오 매니플레이터/센서 융합 기술 등 BT, NT를 아우르는 전망위적 기술이 요구된다.

나노 바이오 기술이 응용된 의료용 지능형 로봇은 새로운 기능과 개념의 제품으로 기존 진단기기 시장 진입이 어려운 중소병원으로 대변되는 새로운 시장을 창출하여 시장 진입이 가능할 것으로 예측되며 이후 시장의 성장 잠재력이 매우 크다고 볼 수 있다. 또한 현재 선진국과 기술격차가 상대적으로 작은 바이오, 나노, 로봇 기술을 이용하여 새로운 개념의 제품을 개발하는 것으로 특허 등의 문제도 해결 가능하리라 예상된다.

가. 해외 기술개발 동향

마이크로 나노 로봇을 위한 하이브리드 매니플레이터는 선진국에서도 최근에 연구가 시작된 분야로 기존의 단순한 운동만이 가능한 형태의 매니플레이터에서 최근에는 복합적인 운동이 가능한 하이브리드 운동용 매니플레이터에 대한 연구가 대학 연구 기관과 첨단 로봇 생산업체를 중심으로 연구되고 있다.

바이오 로봇용 핵심 요소 기술로 미국에서는 UC Berkeley대와 존스 홉킨스대의 연구팀이 초소형 집계를 이용한 단일 세포 조작 및 DNA 조작을 수행하였다. 미국 Cell Robotics International 사에서는 단일 세포를 조작할 수 있는 통합 로봇 시스템을 상품화하고, 다수 선행 특허를 보유하고 있다. 캐나다에서는 Dalhousie 대의 연구팀이 마이크로 머시닝을 이용해서 제작한 마이크로 트위저로 박테리아 등을 잡을 수 있음을 보여 주었다.

일본 나고야대와 Tokyo대에서는 병렬형의 매니플레이터를 개발하고 있으며 독일의 Klocke Nanotechnik에서도 소형의 매니플레이터를 개발하였다. 스위스 Institute of Robotics에서 1996년에 개발한 Nanorobot은 1 μ m이하 정밀도의 압전 소자를 이용한 3축 로봇으로 비전 시스템을 통해 현미경의 화상을 보며 사용자가 원격으로 조종하였다. 개발된 Nanorobot은 독립된 세 축으로 구성되어 있으며 한 축의 끝에 MEMS 공정으로 제작된 마이크로그리퍼가 부착되어 있다. 독일의 MINIMAN 프로젝트에서는 힘센서가 부착된 소형 집계로 20 μ m 크기의 쥐 뇌 세포의 조작을 수행한 바 있다. 이와 같이 다양한 연구팀들이 초소형 집계의 설계·제작을 통해 바이오 로봇 기술에의 적용을 시도하고 있는 상태이다.

나. 국내 기술개발 동향

바이오 로봇용 핵심 요소 기술로 포항공대는 힘 센서를 내장한 압전 구동기로 구동하는 하이브리드형 초소형 집계를 개발하여 미세 물체 조작에 성공하였으며 삼젓가락형 초소형 집계를 개발하여 점착력을 극복하는 방안을 제시하였다. 더불어 마이크로 머시닝 공법을 이용하여 정전력 초소형 집계를 개발하여 차세대 검사용 집계 설계 및 제작 기술을 확보하고 있다. 이 외에는 서울대의 가변구조 관측자 제어기법과 이산시간 가변구조 제어기법을 이용한 MEMS 마이크로 그리퍼, KIST의 원격조종과 자동조립 기능을

겸한 micro assembly cell 등이 있다.

진단 검사용 바이오 로봇 기술은 국내에서는 clinical robotics 혹은 clinical automation과 관련된 기술개발은 전무한 상태이나 로봇관련 요소 기술은 상당한 수준에 와 있는 상태이다. 일부 벤처기업과 대기업 연구소에서 마이크로-나노급 정밀도의 매니플레이터를 개발하였으나 대부분 병진 운동만이 가능한 직교형 테이블의 형태이다. 복합구동이 가능한 하이브리드 매니플레이터에 대한 연구와 개발은 대부분 일반적인 로봇에 관한 연구이며 마이크로-나노 로봇에 대한 연구와 개발은 미미한 상태이다. 초정밀 제어 기술의 연구는 현재 시작단계이며 KIST의 원격조종과 자동조립 기능을 겸한 micro assembly cell 개발과 포항공대의 3자유도 마이크로 매니플레이터와 듀얼 서보 제어를 통한 마이크로 원격조종 시스템 개발이 진행되고 있다.

바이오 소자 조작 로봇 시스템의 개발의 경우 국내에서는 아직 단일 세포 조작 로봇을 개발하거나 생산하고 있는 업체가 전무한 상태이나, 바이오 칩 생산 자동화 시스템에 대한 제품 개발은 활발히 진행중인 상태이다. 바이오이나(주)와 Proteogen(주)에서 국산장비 개발을 수행하였다. 로봇앤드디자인(주)에서 생명공학 연구소와 자동전기영동 시스템을 개발하였고, DNA arrayer, Protein arrayer, Scanner 등의 개발을 진행하며 전문 바이오 장비 업체로 발전하고 있다.

다. 시장 규모

바이오 기술을 응용한 진단 검사용 지능형 로봇 시장은 아직 형성되지 않은 단계이지만, 로봇 시장이 급속도로 커지고 있는 현시점에서 바이오 로봇을 포함한 초정밀 로봇 시스템 시장은 IT, NT, BT가 RT와 연계되어 거대 시장을 형성할 것으로 전망된다. 세계 시장을 선도하는 주요 진단기기 업체 중 세계 1위의 시장 점유율을 보이고 있는 스위스의 Roche-BM 사 회장은 바이오 나노 기술이 응용, 결합된 시스템을 차세대 신기술로 지적한 바 있다.

마이크로, 나노관련 로봇과 바이오 관련 로봇 기술은 매우 유사한 원천 기술에 기반하고 있으며 현재 국내 시장은 이들 기술의 태동기에 위치하고 있어 전체적인 시장 규모는 이들의 밀접한 관련성에 비추어 볼 때 통합된 시장 규모의 예측으로부터 시작되어야 한다고 본다. 향후 21세기 핵심 기술로서 마이크로-나노 로봇 기술이 발전하고 BT, IT, NT와 융합된 마이크로-나노 로봇 산업의 거대 시장 형성되리라는 관측이 우세하다. 임상진단 의료기기의 세계 시장 규모는 2000년 260억 달러에서 2004년 310억 달러로 성장하였으며 면역화학, 임상화학, 혈당 부분이 세계 시장을 주도하고 있으며, 바이오 로봇을 포함한 초정밀 로봇 시스템 시장은 2010년이 되면 세계적으로 350억 달러, 국내에서만 9,600억 원의 시장이 형성될 것으로 예상되고 있다. 