

생체모방형 로봇의 세계

이 글에서는 생체모방형 로봇의 종류와 개발현황에 대해 소개하고자 한다.

로봇이란 용어는 1921년 체코슬로바키아의 극작가 카렐 차페크(Karel Capek)의 희곡 RUR(Rusum's Universal Robots)에서 체코 말로 노동을 뜻하는 단어 로보타(Robota)에서 유래했다. 즉, 로보타는 노동을 대신해주는 인조 인간을 의미하고 있다. 용어의 유래로부터 짐작할 수 있듯이, 로봇은 인간의 형태를 하고, 인간과 같이 행동하며, 인간과 같이 사고를 하는 인간을 모방한 인간지향형 기계로 인식되어 왔다. 오랫동안 로봇을 연구하는 학자들은 인간의 형태를 하고 인간처럼 사고하는 로봇을 창조하려고 노력해

왔다. 그 노력의 결과로 일본 혼다 및 한국과학기술원에서는 아시모 및 휴보와 같은 인간형 로봇 즉 휴머노이드를 개발하였으며, 보다 더 인간에 근접하기 위해 성능 향상에 몰두하고 있다. 위의 휴머노이드형 로봇은 주로 인간과 같은 직립보행을 위한 로봇으로서 인간의 걸음새를 흉내내고 있지만, 걸음새 이외의 부분은 섬세한 운동이 어렵다. 따라서 인체의 한 부분만을 구현하기 위한 것으로 인간 손가락의 움직임을 모방한다든지, 얼굴의 표정을 여섯 가지로 구분하여 자연스런 표정을 구현하려는 연구가 계속 진행되어오고 있으며, 또한 인

공지능의 한 분야로서 인간처럼 사고하며 인간과 대화하는 로봇을 개발하고 있으나, 아직 인간처럼 행동하고, 인간처럼 표현하며, 인간처럼 사고하는 로봇은 요원하기만 하다.

또 다른 시도로서 인간이 아닌 동물과 곤충을 흉내내려는 시도가 있어 왔다. 이것은 전통적인 물리학 대신에 생물체의 형태와 행동양식 및 생체기관의 기능 등에서 영감을 얻어 로봇에 이용하는 방식이다. 장난감 강아지 로봇인 아이보 및 뱀로봇과 같은 육상동물에서부터 로봇새 또는 파리와 같은 곤충처럼 하늘을 나는 공중로봇 및 어류의 형태와 모양

을 흉내낸 수중로봇까지 매우 다양하다.

위에서 언급한 로봇은 생체모방형 로봇으로 정의할 수 있다. 생체모방형 로봇이란 동물의 형태, 행동양식 및 각 생체기관의 기능 등을 모방해 로봇에 응용한 것이다. 로봇을 연구하는 학자들은 동물들의 전체 또는 일부분의 특성으로부터 영감을 받아 메커니즘을 흉내내어 로봇의 센서, 액추에이터, 운동 메커니즘 및 제어 등에 응용하고 있다. 이와 같은 생체모방형 로봇은 지능형 로봇 기술의 급속한 발전과 더불어 차세대 핵심 IT 요소기술로 급부상하고 있다.

생체모방 로봇의 종류

공룡로봇

MIT에서는 트루디(Troody)라는 공룡 로봇을 개발하였다. 트루디는 공룡 트루돈(Troodon)을 본떠 만든 것으로 45 cm의 키에 1.3m의 길이 및 4.5kg의 몸무게를 가졌다. 16자유도를 전기모터로 구현했으며, 현재 일어서거나 앉을 수 있고, 몇 걸음 걸을 수 있는 단계이다.

해양로봇

얕은 바다의 광물 탐사 및 채굴을 위해 미국의 Northeastern 대학의 Marine Science Center에서는 바닷가재 로봇(Lobster robot) 및 칠성장어

(Lamprey robot)를 개발했다. 바닷가재 로봇은 8개의 발을 가지고 있으며 집게발과 더듬이 및 꼬리까지 갖추고 있어 실제 바닷가재의 움직임을 그대로 모사할 수 있다. 또한 칠성장어는 여러 개의 관절로 이루어진 몸통을 가지고 있어 몸통의 S자형 요동운동에 의해 앞으로 진행할 수 있다. 이들의 다리 및 몸통 관절을 구동하기 위해 니티놀(Nitinol) 기반의 형상기억합금(SMA: Shape Memory Alloy) 구동기를 채택하였고, 뉴럴 기반의 제어를 통해 이들의 움직임을 제어하고 있다.

미쓰비시에서 4년 동안의 프로젝트에 의해 탄생된 물고기 로봇은 마치 살아있는 듯한 착각을 줄 정도로 진짜 물고기와 매우 닮았다. 100만 달러의 가격을 호가하는 이 물고기 로봇은 수백만년 전에 살았던 실러캔스라는 물고기를 재현한 것이다. 이 로봇의 중량은 12kg이고 길이

는 70cm이며 부드러운 실리콘-레진 물질로 피부를 재현했다. 이 로봇은 추진력과 진행방향을 동시에 제어하는 탄성 진동 지느러



그림 1 Troody

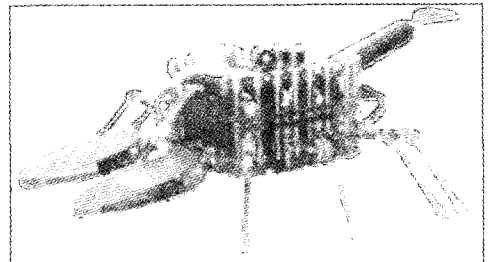


그림 2 Lobster robot



그림 3 Lamprey robot

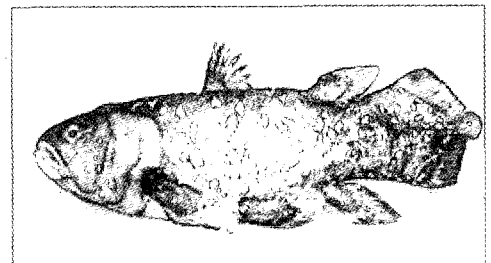


그림 4 Fish robot

미를 기반으로 추진제어기술의 적용을 통해서 개발되었다. 현재 일본의 과학박물관에 전시되어 있다.

뱀로봇

뱀로봇은 뱀의 운동을 모사할 수 있는 메커니즘을 개발하여 구동하는 것으로 위험한 지역의 탐사, 좁은 파이프의 내부 검사 및 인명구조뿐만 아니라 의학분야에서 수술용 매니퓰레이터 등 쓰임새가 매우 많다.

영국의 Gavin Miller 박사는 여러 종류의 뱀로봇을 개발하였다. 뱀 로봇 안에 컴퓨터와 배터

리가 탑재되어 있고 한 두 개의 조이스틱으로 수많은 관절을 제어하고 있다.

CMU의 Biorobotics Lab에서는 뱀과 같이 직렬로 연결된 다관절 메커니즘을 개발하고 있다. Snoopy, Medusa, Elephant Trunk robot 등으로 이름 붙여진 이 로봇들은 뱀과 같은 가늘고 긴 형태로 개발하기 위해 좁은 공간 내에 각 조인트가 2자유도의 회전운동을 구현하도록 유니버설(universal joint) 조인트, 앵글러 스위벨 조인트(angular swivel joint) 및 앵글

러 베벨 조인트(angular bevel joint) 등을 이용하였다.

곤충로봇

귀뚜라미나 바퀴벌레와 같은 곤충은 생체의 운동 메커니즘을 손쉽게 접근할 수 있는 대상으로 많은 연구자들의 관심의 대상이 되어왔다. 스탠포드 대학의 로봇 연구실에서는 6개의 다리가 달린 바퀴벌레형 기는 로봇인 스프롤(Sprawl), 미니-스프롤(Mini-sprawl), 및 스프롤리타(Sprawlita)를 개발하였다. 곤충의 뼈와 근육을 정확히 재현한

금속이나 플라스틱 복제물을 만드는 대신에 바퀴벌레의 본질만 구현하였다. 스프링을 이용한 연결장치와 공기압 피스톤을 이용하여 다리를 위 아래로 움직일 수 있다. 이 로봇은 진짜 바퀴벌레와 마찬가지로 각 그룹의 발들이 표면에 닿는 순간 스치듯이 앞으로 나아갈 수 있다. 현재 방향을 틀고 속도를 조절할 수 있도록 연구를 진행하고 있다.

Case Western-Reserve 대학의 Biologically Inspired Robotics Laboratory에서는 바퀴벌레와 귀뚜라미와 같은 곤충들

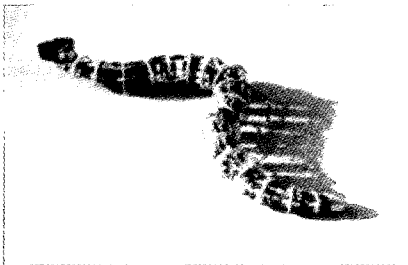


그림 5 Snake robot by Dr. Gavin Miller

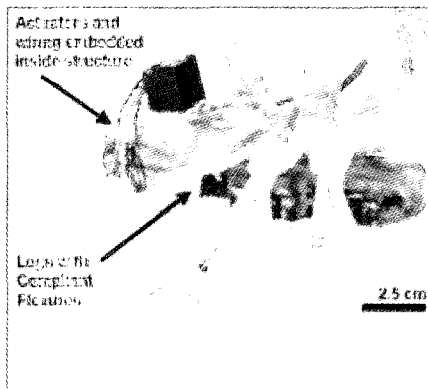


그림 7 Sprawlita

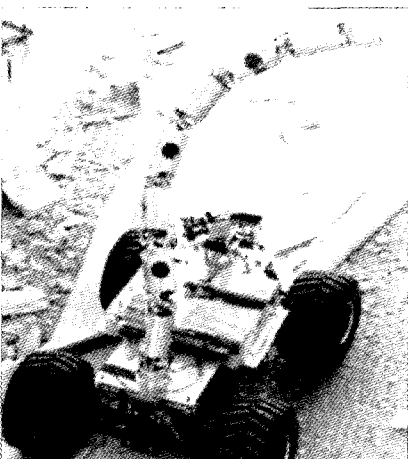


그림 6 Snoopy : snake robot

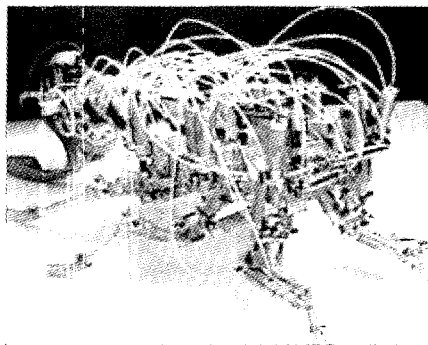


그림 8 Robot III

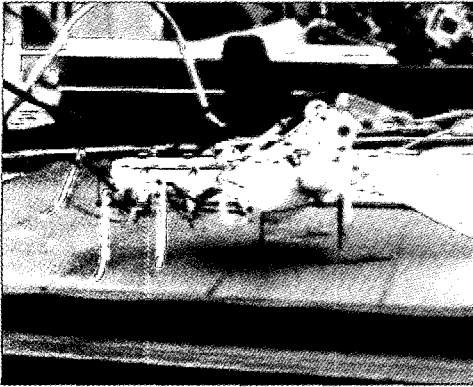


그림 9 Cricket micro robots by Case Western Reserve Univ.

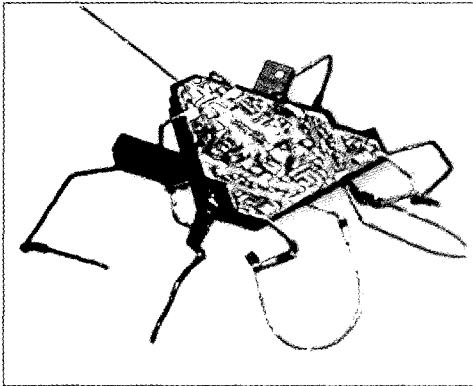


그림 10 UniBug 3.1

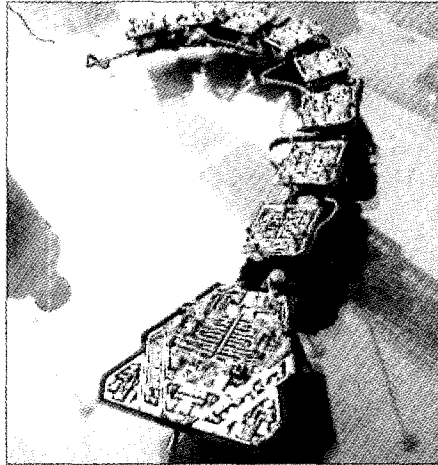


그림 11 Spiderwinder by M. Tilden

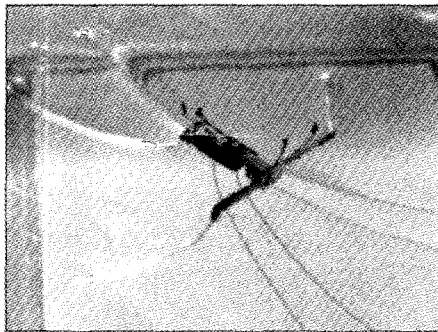


그림 12 Waterstrider robot

봇인 소금쟁이 로봇(Water-strider robot)을 개발했다. 이 로봇은 탄소섬유로 만들어진 1.3cm의 상자 형태의 몸체와 물에 뜨는 플라스틱으로 코팅된 5cm의 다리 8개로 이루어져 있으며 무게는 1g에 지나지 않는다. 근육역할을 하는 3개의 평판압전구동기를 이용해 물 위에서 떠서 움직일 수 있도록 고안되었다.

로부터 얻은 데이터를 이용하여 울퉁불퉁한 지형을 통과할 수 있는 바퀴벌레형 로봇인 로봇 III(Robot III)를 개발했다. 이것은 공기압으로 구동되며 크기는 실제의 바퀴벌레보다 약 17배 정도 크다. 이 개발된 로봇 III는 생체의 동역학을 연구하는 모델로서도 사용되고 있다.

또한 이 대학에서 개발한 귀뚜라미 마이크로 로봇은 5cm의 크기로 귀뚜라미의 걷기 및 뛰기 동작을 재현할 수 있다.

영국의 마크 톨든(Mark W.

tilden)은 디지털 회로를 사용하지 않고 아날로그 회로만을 이용하여 곤충의 자연스런 동작들을 흉내 낼 수 있는 바이오봇(BIObot)이라는 곤충로봇을 개발하고 있다. 이 로봇은 특별한 두뇌없이 생존할 수 있는 하등동물과 매우 흡사하다. 빛을 인지하여 빛이 있는 곳으로 이동하는 유니버그 3.1은 그가 추구하고 있는 바이오봇의 한 사례이다.

CMU의 NanoRobotics Lab.에서는 물위에 떠서 매우 기민하게 움직일 수 있는 마이크로 로

생체의 특정부분 모방

아이로봇 사의 메코-젯코(Mecho-Gecko)는 길이 13cm에 무게 100g으로 수직벽의 이동을 위해 개발되었다. 이 로봇은 젯코도마뱀의 발바닥을 모방한 섬모가 무수히 나 있는 발을 가지고 있어 짧은 시간 동안 벽에 붙어 있을 수 있다. 또한 CMU에서는 젯코도마뱀의 발바닥에 나 있는 섬모를 모사하기 위해 직경 4 μ m의 폴리머 마이크로 파이버

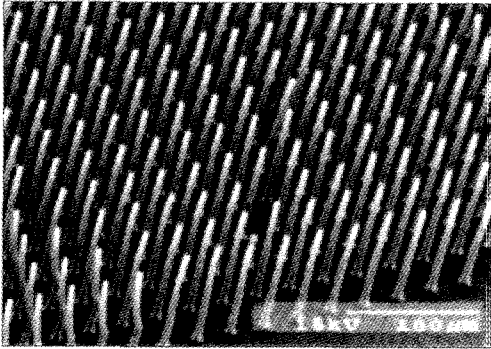


그림 13 4 μ m diameter polymer micro-fibers

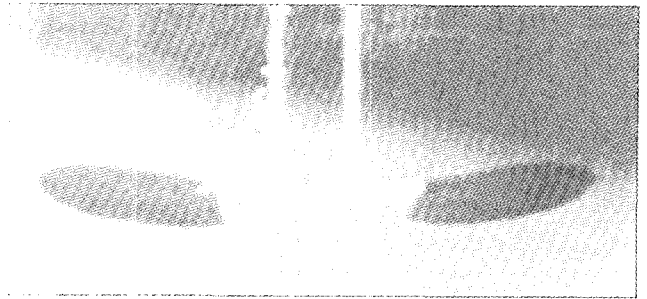


그림 15 Robofly

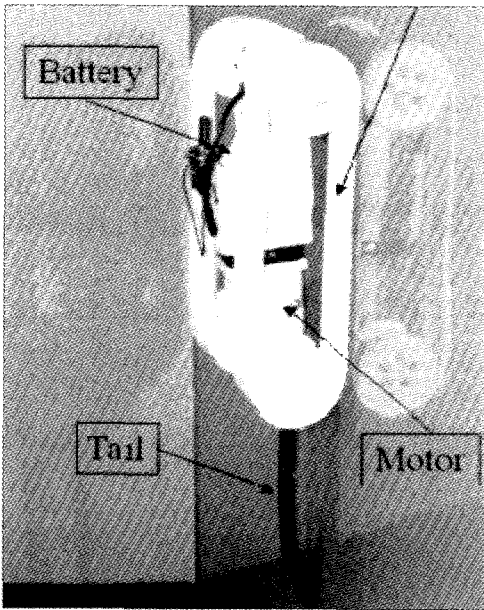


그림 14 Tread-based locomotion mechanism

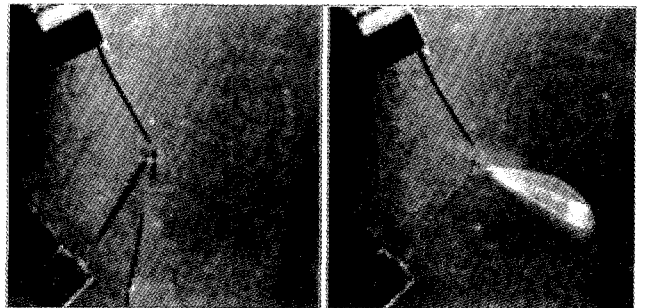


그림 16 Polyester wing motion : down stroke(left) and up stroke (right) images

를 개발하고 그것을 이동 메커니즘의 바퀴에 붙여 벽을 기어오르는 로봇을 개발했다.

파리 또는 잠자리 등과 같이 날개를 갖고 있는 곤충의 날개짓을 모사하기 위한 연구도 많이 수행되고 있다. 미국 버클리 대의 Dickinson 박사 연구팀은 Robofly라는 모형을 이용해 파리의 공중비행 메커니즘에 대한

연구를 수행하였으며, 피에조를 이용한 구동기로 파리의 비행을 모사할 수 있는 추진체를 개발하고 있다. 그리고, 미국 Georgia Tech.의 Robert C. Michelson 교수팀은 Entomopter라는 새의 날개형상을 갖는 비행체에 대해 연구 중이며, Caltech의 Y. C. Tai 교수팀은 박쥐로부터 모방한 날개, MicroBat의 시제품을 만들어 그 특성을 실험적으로 연구하고 있다. CMU의 시티 교수팀은 폴리에스터를 이용한 날개와 피에조를 이용한 구동기를 이용하여 날

개를 갖는 곤충의 가슴근육을 모사할 수 있는 메커니즘을 개발하였다. 이 메커니즘은 90°를 29Hz로 날개짓을 할 수 있다.

생체모방 로봇용 구동기

로봇의 움직임을 생성하기 위해서는 로봇의 근육에 힘을 발생시켜 근육이 운동을 하도록 만들어야 한다. 현재 로봇의 근육에 해당하는 구동기 즉 액츄에이터(actuator)로는 전기모터가 가장 많이 사용되며 공기압구동기도 종종 사용된다. 그러나 이러한 구동기는 로봇의 크기 및 중량을 증가시키는 요인으로 작용하기 때문에 어떻게 하면 적은 부피의

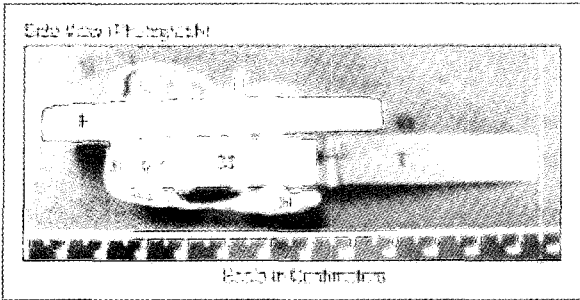


그림 17 Swimming robot actuated by living muscle tissue, M : Semitendinosus muscles, F : Styrofoam float, w : Electrode wires, T : Cast silicone tail assembly, B : Lithium batteries, C : encapsulated microcontroller

구동기로서 큰 힘과 큰 변위를 얻을 것인가에 대한 연구가 진행되고 있다. 국내의 경우 성균관대와 고려대 등에서는 폴리머에 전극을 도포하여 전압을 가하면 폴리머가 변형하는 원리를 이용하여 폴리머 구동기를 개발하고 있다.

마이크로 로봇의 경우 부피가 큰 전기모터를 사용할 수 없기 때문에 위의 폴리머 구동기나 피에조 구동기, 그리고 Nitinol 기반의 형상기억합금 구동기 등이 실제 시스템에 응용되고 있다.

기존의 전통적인 구동기 외에 살아 있는 근육에 전기신호를 인가하여 근육을 움직이게 하려는 시도가 있다. 미국 MIT의 Biomechatronics group에서는 살아 있는 개구리의 근육 2개에 전기자극을 주어 근육이 운동할 수 있는 수영로봇을 개발하였다. 약 42시간의 수명시간을 가

회전 및 직선주행을 할 수 있는 것으로 알려져 있다.

생체모방형 로봇의 적용

생체모방형 로봇의 적용범위는 매우 크다. 인간이 갈 수 없는 위험한 지역에 생체 모방형 로봇을 보내 그곳을 탐험할 수도 있으며, 그곳의 광물을 채취할 수도 있을 것이다. 또한 좁은 파이프의 내부를 검사할 수도 있으며, 인명구조 뿐만 아니라 의학분야에서도 사용 가능하다.

소금쟁이를 모방한 로봇의 경우 뛰어난 기동력을 바탕으로 다양한 분야에서 활용될 것으로 보인다. 화학센서를 장착해 오염물질이나 독소의 유입을 감시할 수 있으며, 카메라를 장착할 경우 탐사에 사용될 수 있다. 뿐만 아니라 그물을 달아 물위의 오염물질을 걷어내는 데에도 사용할 수

지고 4시간 동안 최대속도의 75%의 속도로 구동하는 데 성공하였다. 이 로봇은 기초적인 수영 능력인 출발, 정지,

있을 것으로 보인다. 또한 파리와 같은 곤충형 로봇은 적의 진지에 침투하여 첩보활동을 할 수 있을 것이다.

이처럼 많은 가능성을 가진 생체모방형 로봇 중 곤충형 로봇은 로봇의 소형화가 필수적이다. 현재 소형화를 하기 위해 가장 절실한 것이 구동기이다. 작으면서도 매우 큰 힘과 큰 변위를 발생시켜야 하는데 아직까지도 이 분야의 연구가 미진한 실정이다. 또, 곤충형 로봇의 경우 한 두 대의 로봇보다는 매우 많은 로봇 무리를 이용하여 작업을 수행하는 것이 효율적이다. 따라서 로봇 무리 안에 있는 개개의 로봇을 제어하면서 전체를 제어할 수 있는 지능화된 제어 알고리즘도 많은 연구가 필요하다.

현재 많은 연구자들이 관심을 가지는 분야는 우리 몸 안에서 기생하는 기생충이나 바이러스를 모방한 로봇 시스템이다. 현재 마이크로 및 나노 기술을 이용하여 부분적인 성과를 거두고는 있지만 아직 개발되어야 할 기술은 끝이 없다.

21세기는 지금까지 기술한 생체모방형 로봇의 출현과 더불어 생체모방형 로봇이 우리 생활 곳곳에서 인간에게 많은 정보와 이익을 가져다 주는 세상이 될 것이다.