

◆특집◆ 위치결정 기술

초정밀, 소형 메커니즘을 위한 액츄에이터

김수현*

Actuators for Precision Mechanism and Milli Structure

Soo Hyun Kim *

Key Words : Miniature actuator, Miniature motor, Mini robot, Nanomuscle

1. 서론

최근 기계 시스템은 점점 그 크기가 작아지고 있다. 또한 기전(機電)복합 시스템의 등장으로 전자 회로 내부에 기계장치가 삽입되기도 한다. 일상에서 흔히 볼 수 있는 하드디스크(HDD), 콤팩트 디스크(CD-ROM) 등 컴퓨터 관련 장치뿐 아니라, 반도체 및 전자 관련 제조 공정에서 마스크(Mask)와 프린트 기판(PCB)의 정밀위치 보정, 집적회로(IC)의 검사, 그리고 광학 부품의 정렬 등에도 고정밀도의 액츄에이터를 필요로 한다. 한편 사람이 직접 관찰하기 힘든 작은 관 내부의 검사나 인체 장기 내부의 검사를 위한 메카니즘에도 이러한 액츄에이터는 필수요소로써 자리잡고 있다. 미니어춰 액츄에이터 (miniature actuator)는 크기가 수~수십 mm 정도로써 마이크로 액츄에이터(micro actuator)와는 구별된다. 현재 세계적으로는 미국, 일본, 스위스 등을 중심으로 다양한 구동 성능을 가지는 액츄에이션 방법에 대한 연구가 진행중이다. 여기서 중요한 점은 그 크기의 축소는 물론, 적은 전력 소비로 큰 출력을 얻는 것에 있다. 최근 이들

나라에서 이루어지고있는 주요 연구 결과와 기업의 제품을 바탕으로 초정밀 및 밀리 액츄에이터의 현황과 응용 사례 그리고 미래를 살펴본다.

2. 미니어춰(Miniature) 액츄에이터의 현황

2.1 액츄에이터 요소기술

가장 일반적으로 널리 쓰이는 액츄에이터로 모터를 들 수 있다. 모터의 소형화에서 가장 중요한 요소는 회전자(Rotor)와 고정자(Stator)의 축소 및 기어(Gear)의 소형화에 있다.

Fig.1 은 스위스의 한 기업에서 판매중인 모터이다. 직경 3 mm, 최대 회전수 15000 rpm 이며 최대 토크(Torque)는 3 mN·m 까지 얻을 수 있다. 앞부분에 리드스크루(leadscrew)구조를 설치하여 선형 운동으로 변환이 가능하다.^[1]

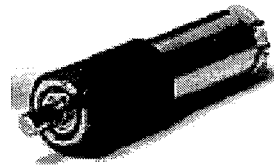


Fig. 1 Gear miniature motor (smoovy®, Switzerland)

* 한국과학기술원 기계공학과
Tel. 042-869-3268, Fax. 042-869-5201
Email kimsh@kaist.ac.kr

Micro Mechatronics 특히, 초정밀 구동체계, 메커니즘 및 측정 시스템에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

이러한 모터는 소형 기계시스템의 부품으로써 사용이 가능하다. 대부분의 휴대폰 진동 장치는 편심된 진동자를 소형 모터로 회전시키는 구조를 가지고 있으며 그 크기는 직경 15 mm, 두께 3 mm 정도이다. 비슷한 구조로 일본에서는 직경 2 mm의 발전기(Generator)를 제작하고 있다. 에칭에 의한 박막 제조기술을 이용하여 코일을 제작하고, mm 단위 이하의 회전자를 이용하여 수십 mV의 전압 발생이 가능하다.

Fig.2는 다른 형태의 선형 액추에이터를 보여준다. 스마트 재료(Smart material)라 불리는 신소재를 이용하여 총 길이 30 mm로 4 mm의 구동 범위를 가진다.^[2] 이와 같이, 큰 변위와 높은 출력을 낼 수 있는 형상기억합금(SMA), 높은 응답성을 가진 압전소자(Piezo material) 등 다양한 재료를 사용하여 단순한 구조를 가지는 액추에이터를 제작하기도 한다. Fig.3은 여기에 마이크로 액추에이터 제조 기술, 액추에이터와 센서 그리고 제어 요소들을 통합하는 다기능집적필름(MIF) 기술, 3차원 구조물을 위한 제작 및 조립 기술이 복합적으로 이루어진 튜브형 액추에이터이다. 이는 직경 1 mm로, 끝부분에서 5 자유도 운동이 가능하다. 이러한 형태의 액추에이터는 혈관 내시경 등 속이 좁은 관 내에 적용 가능하다.^[3]

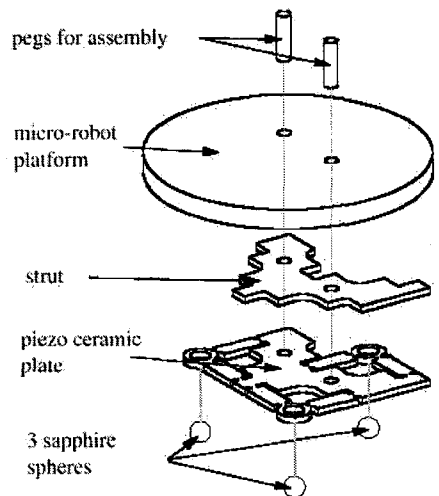
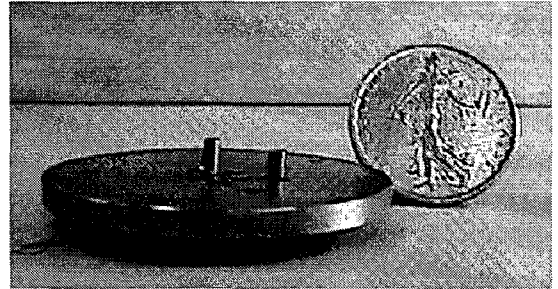


Fig. 4 3-DOF manipulator (Ecole Polytechnique Federale De Lausanne, Switzerland)



Fig. 2 Nanomuscle (Toy Foundry, USA)

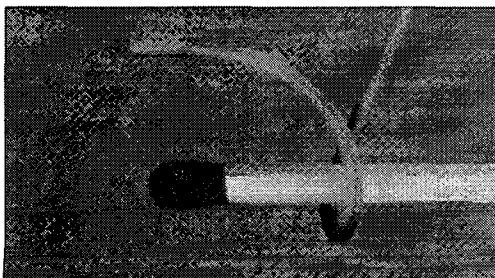


Fig. 3 Tubular manipulator (Olympus, Japan)

Fig.4와 같은 다자유도 구동기는 압전소자를 이용하여 수 nm의 정밀도를 실현한 3자유도 구동이 가능하다. 이는 반도체 제조 공정이나 광학 부품의 초정밀 정렬 등에 유용하게 쓰인다. 그러나 최대 구동 범위가 제한되어 있기 때문에 한계를 극복하기 위하여 여러 개를 직렬 연결하여 사용하기도 한다.^[4]

2.2 액추에이터의 이용

지금까지 언급한 회전, 직선운동 및 다자유도 액추에이터들은 소형 로봇(Mini robot) 등 소형이고 초정밀 구동을 특징으로하는 메카니즘에 중요한 요소로써 자리잡고 있다. 이와 같이 센서, 제어장치 등을 탑재하여 초소형 메카니즘을 만든 예들을 소개하고자 한다. Fig.5는 일본의 한 대학에서 제작한 이동 메카니즘으로, 크기는 30×30×30 mm 이

고 중량은 50 g 이다. 구동은 압전소자를 이용한 U 자 형태의 다리이며 한 번에 0.1 μm 에서 20 μm 까지 이동할 수 있다. 최대 이동 속도는 2 mm/s 이다.^[5]

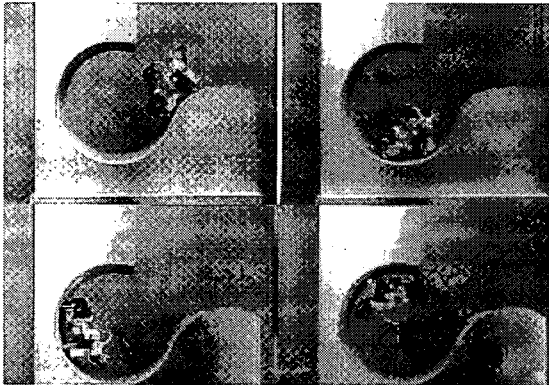


Fig. 5 Minirobot (Univ. of Electro - communications, Japan)

Fig.6 은 이보다 조금 작은 크기로 최대 35 mm/s 의 속도를 낸다. 또한 적외선(IR) 통신을 이용하여 6 m 이내에서 조정 장치와의 송수신이 가능하다. 유사한 크기의 소위, 개미로봇이 MIT 에서 제작된 바 있으며, 여기에는 광센서, 충격센서, 경사각 인지 센서 등 17 개의 센서를 탑재하며, 또한 다른 로봇들과의 통신도 가능하다.^[4]

이러한 소형 메카니즘은 사람이 직접 들어가 기 어려운 복잡한 구조물 내부 조사용, 폭발물 탐지용 등에 적용할 수 있다. 지금까지 알아본 것은 일부의 예이며 이와 같은 소형, 정밀 구동방법에 대한 연구는 계속 활발하게 진행 중이고 크기와 구동성능이 크게 향상되어가고 있다. 그러나 일반적으로 초정밀, 초소형 구동이라는 두 가지 기능을 동시에 만족시키는 데에는 아직도 여러 가지 해결해야 할 제한들이 많이 있다.

소형화 되어가는 정밀 구조 메커니즘에 대한 액츄에이터의 이용 범위는 그야말로 광범위하다. 그 중에서도 사용 용도가 가장 유력시 되는 분야는 의학분야와 감시체계 분야이다. 의학용으로는 내시경으로 대표되는 내부 검사방법들 및 기타 혁신적인 수술방법의 도입에 쓰일 수 있으며, 초소형 감시체계 운용도 응용 예가 너무 많지만 군사적인 측면에서도 아주 매력적인 시스템이라 할 수 있다.

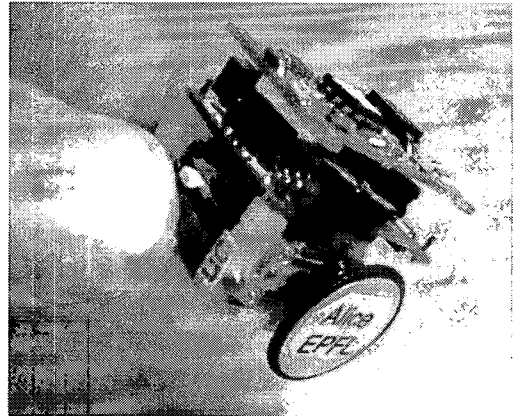


Fig. 6 Minirobot (Ecole Polytechnique Federale De Lausanne, Switzerland)

3. 전망

3.1 내시경

SF 작가로도 유명한 물리학자 아이작 아시모프의 공상과학소설 '환상의 항해(A Fantastic Voyage)'는 매우 황당한 이야기를 담고 있다. 뇌 장애로 사경을 헤매는 환자의 몸 속에 초미니 잠수함을 투입, 이 잠수함이 혈관을 타고 뇌 속으로 들어가 레이저로 환부를 치료하고 환자가 흘리는 눈물을 통해 밖으로 나온다는 얘기다. 그러나 이 같은 공상소설이나 영화 속 같은 일들이 전혀 불가능으로만 여겨지지 않는 기술적 진전들이 우리에게 다가오고 있다.

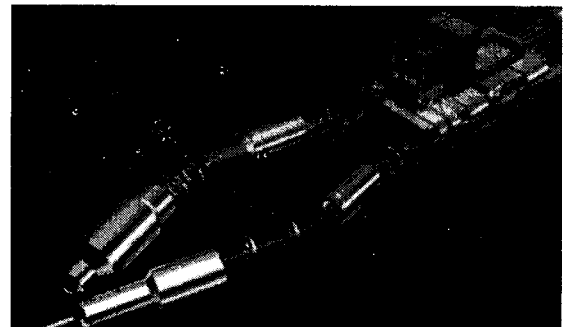


Fig. 7 Medical robot

'99 년 4 월 과학자들은 혈관 속에서 단독으로 움직일 수 있는 초소형 이동체를 개발했다. 독일 일 메나우공대 연구팀이 완전하게 작동하는 성냥

개비 절반 크기의 "마이크로 인공벌레"를 만드는 데 성공한 것이다. 인공벌레에는 카메라와 초미니 송곳 등 의료장비를 탑재할 수 있다. 혈관을 구석 구석 볼 수 있을 뿐 아니라 혈관 벽에 달라붙은 지방분도 제거할 수 있다. 원격조종을 이용한 치료도 가능해지는 것이다. 영국 BBC 방송은 이 같은 초소형 벌레로봇의 출현을 마이크로 머신 연구가 진행된 이래 가장 주목할 만한 성과라고 평가했다.

3.2 초소형 비행체

초소형 비행체가 개발되면 군사적 목적으로 활용될 것이 예상되고 교통이나 환경감시, 테러 진압 등 민간용으로도 응용될 것이다. 미국의 경우, 21 세기의 전투에서는 군인 개개인인 초소형 항공기와 컴퓨터를 간단하게 휴대하고 다니며 필요한 경우, 항공기를 미리 띄워 보내서 제한된 지역을 정찰하고 화학, 생물학 및 방사능 오염도 등을 측정하여 영상과 탐지 정보를 실시간 송신하며 적진의 상황을 모두 파악 한 후 작전을 수행하는 계획을 가지고 있다. 또한 초소형 비행체를 이용하면, 도시 시가전의 경우에 있어서, 좁은 골목이나 건물과 건물 사이 비행, 환기구나 굴뚝을 통한 정탐 및 공격이 더욱 효과적일 것이다. 좀 더 공격적인 용도로는 순항미사일 또는 레이더 시스템 교란장치로도 이용될 수 있다. 유인 항공기 개발 초기에는 군사적 목적의 정찰용으로 활용되다가 성능과 공격무기가 발달되면서 공격용으로도 확대되었듯이 초소형 비행체의 용도도 같은 추세로 전환될 것이다.

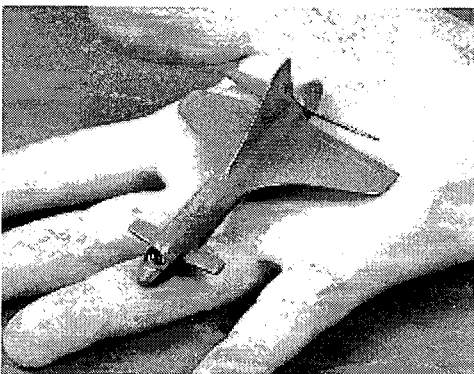


Fig. 8 Miniature airplane

민수용으로는 교통이나 환경 위반을 장소에 구애 받지않고 감시하거나 적발할 수 있으며 교통의 혼잡도를 파악하여 자동차를 유도 함으로써 교통의 흐름을 수월하게 할 수도 있을 것이다. 또한 여러 대의 초소형 항공기를 정렬시켜서 통신 중계용 임시 안테나와 기상 풍선을 대신할 수 있고 대기 오염도 관측할 수 있을 것이다. 그 외에도 위험한 상황 파악 및 진압, 화재나 건물 붕괴 등에 의한 재해 지역에서의 생존자 확인과 구출 및 오염도 측정, 농작물의 병충해 조사 및 작황 예측, 야생동물의 이동 추적, 유해 곤충의 퇴치 등에도 쓰일 수 있다.

초소형 비행체의 개발이 가시화 되고 실제로 구현되어나가면서 이와 동시에 수반되는 많은 소형, 정밀 구동기술과 이들이 채용된 메커니즘의 출현들은 이 21 세기의 우리 생활에 커다란 변화를 미칠 것이다.

4. 결론

이상에서 언급한 소형, 정밀구조 메커니즘을 위한 액츄에이터의 현황과 전망을 살펴보았다. 이러한 액츄에이터에 대한 연구와 개발은 기술적 혁신의 심장을 이루고 있다고 해도 무리가 아닐 정도로 중요한 부분을 차지하고 있다 따라서 이를 위한 기술개발을 위한 노력과 지속적인 매우 중요한 일이 아닐 수 없다. 18 세기에는 거대하고 동력화된 기계를 통하여 이루어진 산업혁명이 인류에게 대량생산으로 인한 물질적인 보상을 이룩할 수 있게 해 주었다면, 마이크로 및 소형 정밀 구조 메커니즘 과 혁신적 구동기술을 통한 새로운 혁명은 종래의 방법을 일대 전환하면서 막대한 기술 및 경제적 파급효과를 가져오게 해 줄 것이다.

참고문헌

1. <http://www.smooovy.com/>
2. <http://www.toyfoundry.com/>
3. <http://www.olympus.co.jp/>
4. <http://dmtwww.epfl.ch/ist/>
5. <http://www.iijnet.or.jp/MMC/>