

마이크로 시스템의 구성 및 응용

(Organization of Microsystem and Its Applications)

최 준 립*
 (*금성중앙연구소 선임연구원)

1. 서 론

Microelectronics의 발달이 정보 처리 기술의 혁신을 가져왔듯이 마이크로 가공 기술의 발전이 mechatronics 분야의 새로운 영역으로 자리 잡았다. 마이크로 가공 기술은 밀리미터 이하의 미세 구조를 실현하는 기술로서 반도체 가공 기술에 기반을 두며 2차원 및 3차원 미세 구조를 구현하는 기술을 말한다. 이 기술은 이용하여 극소형 센서, 미세 부품, 마이크로 액츄에이터의 구현을 가져왔으며 현재 센서, 콘트롤러, 및 액츄에이터가 직접화되어 수 밀리미터 단위의 마이크로 로봇을 제작하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 수 밀리미터 단위의 마이크로 로봇은 생체의 국부 수술을 위한 도구로, 인간의 손이 미칠 수 없는 미세한 부분의 조작으로, 산업 전기용으로 정보전 시대의 군사용 로봇으로 실용화될 것으로 기대된다. 본 논문에서는 마이크로 시스템의 구성과 응용에 대해 고찰하고자 한다.

2. 마이크로 시스템의 구성

일반적인 micromechatronics의 구성을 살펴보면 그림 1에 나타난 바와 같이 세 부분으로 나누어 지는데 첫째, 외부로부터 정보를 감지하는 감각 기관, 둘째, 감지된 정보를 처리, 판단, 제어하는 지능

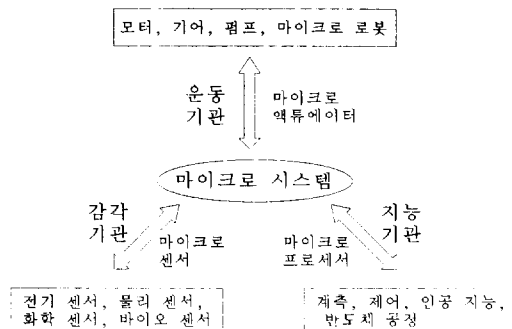


그림 1. 마이크로 시스템의 구성도.

기관, 셋째, 명령에 의해 외부에 작용을 가하는 운동 기관으로 분류된다. 위에 기술한 세 부분 중 지능 기관을 가하는 운동 기관으로 분류된다. 위에 기술한 세 부분 중 지능 기관을 제외한 감각 기관 및 운동 기관에 대하여 살펴보면 여러 센서가 로봇 팔에 부착되어 여러 감각 기능을 수행하는 한 예가 그림 2에 나타나 있다[1]. 시각 센서로 방향과 위치를 감지하고 그리퍼에 부착된 촉각 센서를 통하여 물체에 가해지는 힘을 측정함으로써 미끄러짐이나 파손을 방지할 수 있으며 근접 센서를 사용하여 장애물과의 접촉을 피할 수 있다. 이러한 로봇 팔은 미세한 물체의 조립 및 운반, 어두운 곳 또는 보이지 않는 곳에서의 작업, 우주 및 해양에서의 작업, 미세한 형태의 인식 분야에 응용할 수 있다.

운동 기관의 제작 기술에 대하여 살펴보면 기존

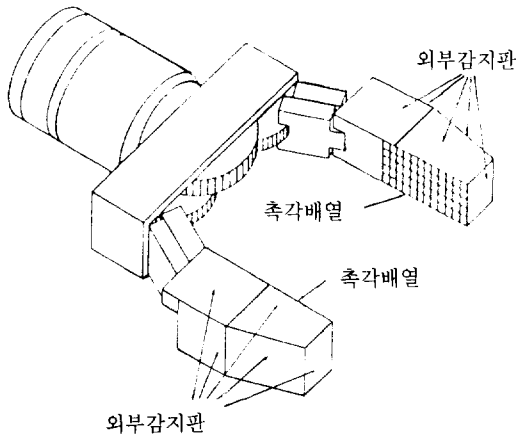


그림 2. 다양한 감지 배열을 갖는 로봇팔.

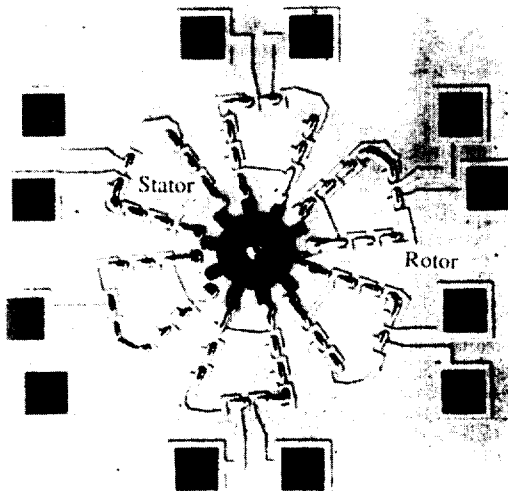


그림 3. 실리콘 웨이퍼상에 제작된 전자기 구동형 마이크로 모터.

의 금형 또는 절삭 가공 등의 방법으로 액츄에이터의 부품들을 제작하였던 반면, 마이크로 시스템에서는 마이크로 단위의 부품을 제작해야 하므로 반도체 가공 기술이 사용된다. 이 가공 기술은 2차원 실리콘 가공기술과 3차원 가공 기술로 나누어지며 그 실례로 실리콘과 high aspect ratio 가공 기술로 제작된 직경 $500\mu\text{m}$, 높이 $40\mu\text{m}$ 크기의 전자기 구동형 마이크로 모터가 그림 3에 소개되어 있다[2]. 다음으로 3차원 가공 기술로 제작된 직경 $150\mu\text{m}$, 높이 $30\mu\text{m}$ 의 마이크로 프로펠러가 그림 4에 나타나 있다[3]. 이와같은 가공 기술을 이용하여 정전형 모터, 자기 구동형 모터, 마이크로 펌프, 마이크

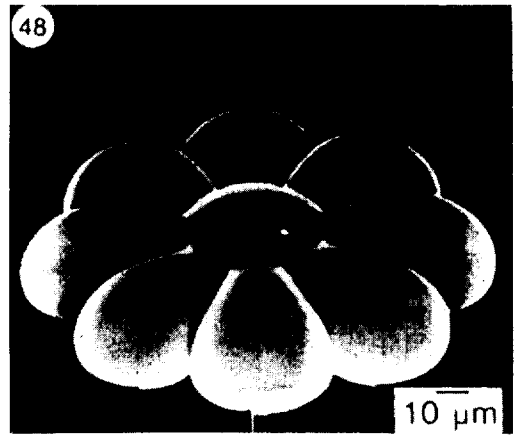


그림 4. 3차원 가공 기술로 제작된 마이크로 프로펠러.

로 밸브, 마이크로 기어 등의 액츄에이터에 필요한 요소 부품들이 제작되고 있다.

3. 마이크로 로봇의 등장

마이크로 시스템의 한 예로 마이크로 로봇을 들 수 있는데 여기서 기존의 로봇과 마이크로 로봇의 차이에 대하여 간단히 논의해 보기로 한다. 지금까지 작은 로봇을 제작하려는 여러 시도가 있었지만 보편화되기 위해서는 다음과 같은 장벽을 극복해야 한다. 첫째로 dimension의 차이이다. 마이크로 세계에서는 치수의 3승에 비례하는 체적 효과가 상대적으로 약해지고 치수의 2승에 비례하는 면적 효과의 영향을 크게 받는다. 예를 들어 마이크로 단위로 축소된 코끼리와 확대된 개미를 생각할 때 움직임의 균형이 깨어지는 것은 체중이 치수의 3승에 비례하여 커지는 것에 비해 다리의 강도는 치수의 2승에 비례하는 단면적에 비례하므로 원래 코끼리는 치수의 3승에 비례하여 다리가 굵고 개미는 치수의 2승에 비례하여 다리가 가는 것이다[4]. 그러므로 마이크로 로봇의 설계에 있어 scaling을 적용할 때 역학의 수정이 필요하게 된다. 둘째로 계층 제어의 벽을 들 수 있다. 예를 들어 마이크로 시스템의 크기를 고려할 때 감각 기관과 지능 기관이 또한 마이크로 되어야 한다는 것이다. 그러나 현재 마이크로 센서와 microelectronics 기술의 발달로 이 장벽은 제거되고 있다. 셋째로 부품 조립이 어려움

이다. 운동 기관이 수형화되면서 취급과 조립이 어려워지므로 마이크로 부품의 조립을 위해서는 microassembler의 제작이 요구된다. 현재 개발되고 있는 마이크로 부품을 마이크로 시스템으로 제작하기 위해서는 전체 부품을 모두 집적화할 수 없으므로 조립 기기의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 넷째로 에너지 전달이다. 동력원이 외부에 있는 경우는 문제가 되지 않으나 마이크로 로봇의 특성상 그 자체로서의 기능을 수행하기 위해서는 내부에서 전원을 공급해야 하나 현재의 기술 수준으로 장시간 사용할 수 있는 마이크로 전지는 존재하지 않는다. 결국 마이크로 로봇의 설계시 전력 손실을 극소화할 수 있는 방법이 필요하다. 다섯째로 마이크로 로봇 자체가 통신 기능을 갖추고 있어야 한다. 마이크로 로봇의 기능 특성상 그 자체로 일을 수행하기보다는 외부의 명령에 의한 작업 수행의 가능성이 많으므로 정보를 송수신할 수 있는 기능이 추가될 때 비로소 제 역할을 할 수 있다고 생각한다.

위에서 고찰한 난제를 극복한 밀리미터 또는 마이크로미터 단위의 마이크로 로봇은 아직 출현하지 않았으나 세이코 엡슨사가 제작한 세계에서 가장 작은 로봇이 그림 5에 나타나 있다[5]. 전체의 크기가 1cm인 이 로봇은 그림 6에 나타난 것과 같은 구조를 하고 있으며 그림 7에 나타난 98개의 부품으로 구성되어 있다. 시각용 광 센서와 통신 기능, 축전지가 내장되어 있어 약 5분간 작동 가능하며 1초에 15mm 정도를 이동한다. 1초에 128회 회전하는 마이크로 모터로 구동되며 마이크로 프로세서가 내장되어 있다. 그러나 이 로봇은 그 크기가 아직 cm

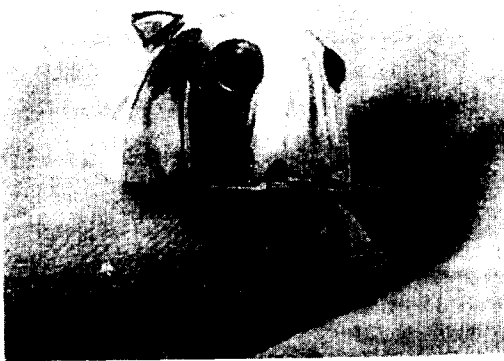


그림 5. 일본 세이코 엡슨사가 제작한 세계 최소 로봇.

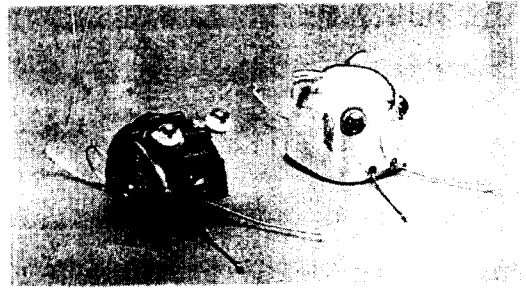


그림 6. 로봇의 내부 구조.

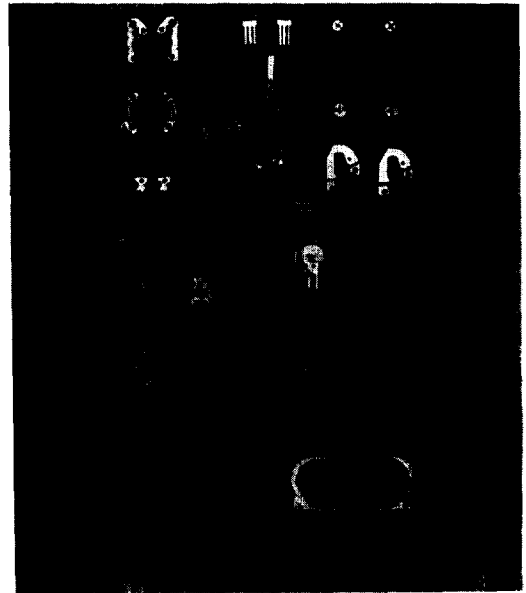


그림 7. 로봇의 부품.

단위이므로 엄밀한 의미에서의 마이크로 로봇이라고 말할 수 없지만 이와 같은 기능을 갖는 로봇이 수십 또는 수백 마이크로 단위의 부품으로 구성된 밀리미터 크기로 축소되었을 때 그 로봇을 최초의 마이크로 로봇이라고 할 수 있을 것이다.

4. 마이크로 시스템의 응용

넓은 의미에서의 마이크로 시스템(로봇)은 다음과 같은 응용분야가 기대되고 있다.

- ① 의용 생체 공학에 응용하여 국부 수술을 시행한다.
- ② 혈관 내와 같은 마이크로의 세계에 주입하여

생체의 정보를 취득한다.

- ③ 세포를 물리적으로 조작한다.
- ④ 극미량의 유체를 조절한다.
- ⑤ 미세 광학에 응용하여 정보시스템에 활용한다.
- ⑥ 원자로 또는 인간의 범위가 닿지 않는 건축 구조물의 결합의 위치 판별 및 보수에 사용한다.
- ⑦ Scanning tunneling microscope 등의 마이크로 광학에 응용한다.

위에서 기술한 것 중 현재 응용이 가능한 것으로 미세 광학을 들 수 있다. 기울 또는 렌즈를 정확히 조절하여 광 픽업 시스템에 응용한다든지 광섬유의 align 작업 등 구동력이 크게 필요하지 않은 분야에 적용될 수 있다. 또 하나의 큰 영역으로 대두되고 있는 것이 정보전 분야에 사용될 마이크로 로봇이다. 통신 기능이 부가된 눈에 거의 보이지 않을 크기의 마이크로 로봇이 전화선, 전기선, 배관 등을 통하여 잠입한 후 정보를 취득, 송신하는 것이다. 또한 비둘기와 같은 생물에 마이크로 로봇을 덧붙여 적근으로 날려보낸 후 적의 동태와 동향을 파악하는데 사용될 수도 있다. 의용 생체 분야로의 응용은 마이크로 로봇 초기 단계에서부터 대두된 응용 분야이다. 그러나 재료의 안정성에 약간의 문제가 있고 마이크로 로봇 자체가 구동력이 약하므로 현 단계에서는 국부 수술보다 세포나 고분자의 조작에 먼저 응용되리라 예상한다. 마이크로 과학분야의 응용으로 STM의 tip과 구동부에 응용하여 액투에이터와 신호 처리 기능이 한 곳에 집중된 tip을 구동부에 응용하여 액투에이터와 신호 처리 기능이 한 곳에 집중된 tip을 만들 수 있다. 이와같이 큰 구동력을 필요로 하지 않는 분야로의 응용이 먼저 이루어지리라는 예측이며 곧 구동력을 필요로 하는 분야로 발전되리라 본다.

5. 결 론

마이크로 시스템은 감각 기관, 지능 기관, 운동 기관으로 구성되어 있으며 운동 기관에 해당하는 액투에이터의 마이크로화를 통하여 마이크로 시스템은 실현될 수 있다. 마이크로 시스템의 한 예로 대두되고 있는 마이크로 로봇의 구현을 위해서는 마이크로 세계에서 역학점 고려, 감각, 지능 기관의 극소화, 마이크로 부품 조립기술의 발달, 에너지

전달의 효율화, 통신 기능 부여 등의 장벽을 극복해야 한다. 마이크로 시스템의 실용화는 큰 구동력을 필요로 하지 않는 미세 광학, 세포 또는 고분자의 조작, STM 등의 미세 과학분야에 먼저 이루어질 것으로 예상하며 곧 구동력을 필요로 하는 국부 수술의 시행, 생체의 정보 취득, 인간의 범위가 닿지 않는 구조물의 결합 보수, 정보전용 로봇 등으로 전파되리라 본다. 이상 고찰한 바와 같이 마이크로 시스템의 구현은 그 산재한 어려운 기술의 벽에도 불구하고 현실로 다가오고 있으며 microelectronics의 발달이 오늘날 정보 사회의 구현에 기여하였듯이 micromechatronics의 발전이 과학 기술의 여러 분야에 공헌하기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Harmon, L., "Automated Tactile Sensing," Robot TV Conf., 1982.
- [2] Chong H. Ahn, et, al., "A Planar Variable Reluctance Magnetic Micromotor with Fully Integrated Stator and Wrapped Coils," IEEE Micro Electro Mechanical Systems, 1993.
- [3] *The LIGA Technique*, MicroPart, 1992.
- [4] Fujita Hiroyuki, "Present and Future Research Trend of Modern Micromachining Technology," Journal of The Korea Society of Mechanical Engineers, 1993.
- [5] "Microrobot," Nikkei Mechanical, 7-12, 1993.



최준림(崔峻林)

1964년 1월 7일생, 1986년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 Cornell Univ. 전기전자공학과 졸업(석사). 1991년 Univ. of Minnesota 전기전자공학과 졸업(공학). 현재 금성중앙연구소 선임연구원.