

마이크로 작업을 위한 마이크로 로봇 시스템 연구 Development of Micro-manipulator for Microscopic Works

#*최 현 석¹

#*H. S. Choi(hchoi@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 수중로봇개발단

Key words : micro-manipulator, microgripper, PZT actuator, microscopic works, manipulation, robot

1. 서론

융/복합 기술은 서로 다른 분야의 복수의 기술을 결합하여 신기술, 신제품, 신서비스를 개발함으로써 새로운 분야로의 사업화 능력을 높이는 기술로 관심을 받고 있다. 특히 로봇은 이러한 융/복합 기술이 활발히 적용되고 있는 분야중 하나이다. 최근의 로봇연구는 의료, 통신, 나노, 지식 산업 등과 융합되어 서비스로봇, 복지 로봇, 의료 로봇 그리고 교육지원 로봇 등과 같은 융/복합형 로봇의 개발에 집중되고 있으며 관련 로봇 시장이 계속 성장하고 있다.

이러한 융/복합형 로봇에서 마이크로/나노 산업과 바이오 산업과 융합된 로봇기술은 새로운 고부가가치 로봇의 시장이다. 나노 재료나 바이오 물질, 세포와 같이 크기가 작은 대상을 취급하고 진공이나 무균환경처럼 특별한 작업 환경이 필요로 하는 경우에서 로봇은 높은 작업 능력을 제공하는 수단이 된다. 로봇의 움직임은 진동이 작고 정밀도가 높아 마이크로 단위의 미세 대상을 조작하는 작업에 적합할 뿐만 아니라 환경에 대한 제한도 적어 마이크로 작업에 큰 크기를 가진 대상을 고정시키거나 이동시키고 특정 작업을 수행하는데 적합하다.[1]~[6]

본 연구에서는 정밀 미세 운동을 할 수 있는 구동 모듈과 마이크로 단위 크기를 가진 작업물을 파지할 수 있는 미세파지 기구를 개발하여 마이크로 매니플레이터 시스템을 구현하였다. 작업자는 개발된 로봇 파지기구의 움직임을 현미경을 통해 관찰하면서 로봇을 원격 제어할 수 있도록 하였다. 개발된 로봇 시스템의 검증 시험을 위해 본 연구에서는 쥐의 난자

를 로봇이 파지하고 이동시키는 작업을 수행하였다.

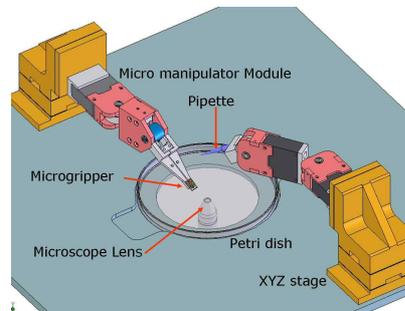


Fig.1 Schematic of the designed micromanipulation system for microscopic works

2. Micro/nano manipulator

Micro/nano manipulator 는 다음과 같이 작업 내용과 시스템의 특성으로 정의할 수 있다. ① 로봇의 취급 대상물의 크기가 마이크로/나노 수준인 로봇, ②로봇 시스템 정밀도가 나노 수준인 로봇, ③로봇의 크기가 마이크로/나노인 로봇을 마이크로/나노 매니플레이터로 정의할 수 있다.[1,4,5]

본 논문의 연구는 대상체가 마이크로 크기를 가진 로봇으로써 미세 작업을 위한 마이크로 매니플레이터이다. 개발된 미세작업을 위해 매니플레이터는 미세파지 기구와 정밀 운동이 가능한 구동기, 작업지시를 위한 원격제어기 그리고 미세 작업 상태를 보기 위한 작업 모니터링 장치로 구성되었다. 마이크로 작업시스템에서는 작업을 관찰하기 위해 광학현미경이 사용되었다. 로봇메커니즘을 현미경에 부착하기 위해서는 로봇의 크기와 중량은 광학현미경 샘플 테이블에 설치할 수 있을 정도로 작고 가벼

위야만 하므로 본 연구에서는 PZT를 이용하여 사용조건에 적합한 로봇 구동모듈을 개발하였다.

3. 매니플레이터 구현을 위한 초정밀 구동기 및 마이크로 파지기구 구현

마이크로 매니플레이터의 구현을 위해 본 연구에서는 마이크로 초정밀 구동모듈과 물체 파지를 위한 파지기구를 개발하여 사용하였다. 개발된 구동 모듈에서는 PZT와 inchworm 구동 메커니즘을 사용하였으며 파지기구는 flexure hinge joint를 이용한 구조로써 MEMS 공정을 통해 구현하였다.

PZT 구동기는 높은 정밀도와 반응속도를 가지고 있으며 부피가 작아 초정밀/초소형 로봇에 많이 이용되어 왔다. 본 연구에서는 PZT와 inchworm 구동메커니즘을 사용하여 높은 정밀도와 넓은 운동 범위를 가진 구동 모듈을 개발하였다. 개발된 구동모듈을 직렬로 연결하여 scara type의 3자유도의 마이크로 매니플레이터를 구성하였다. 구동모듈의 회전각도 분해능은 약 0.00025°이며 운동범위는 ±18°이다.

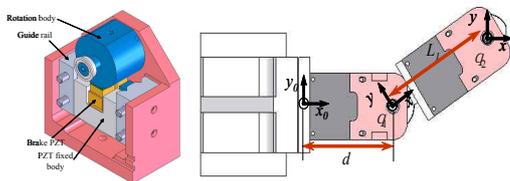


Fig. 2 Micro manipulator using the semi-inchworm actuator and kinematic definition

$$\begin{aligned} x &= x_0 + d + L_1 \cos q_1 + L_e \cos q_2 \\ y &= y_0 + L_1 \sin q_1 + L_e \sin q_2 \\ z &= z_0 \end{aligned}$$

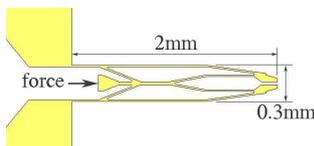


Fig. 3 Micro Overall microgripper size and images of fabricated microgripper

파지 기구는 SU-8 (Microchem Corp., USA)으로 제작하였으며 PZT에 의해 파지기구가 구동

되었다. 최대 파지 크기는 약 250um로 두께는 100um로 제작되었다.

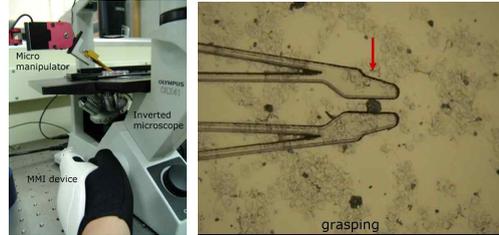


Fig. 4 Micro manipulator system and cell manipulation using microgripper

4. 결론

개발한 매니플레이터를 이용하여 쥐의 난자를 다루는 실험을 실시하였다. 파지기구는 투명하여 세포들이 기구의 밑에 있어도 쉽게 발견할 수 있었으며 실증 실험을 통해 100um의 크기의 세포를 파지하는데 충분한 분해능과 안전성을 가지고 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. Toshio Fukuda and Fumihito Arai, Prototyping Design and Automation of Micro/nano Manipulation System, *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, **1**, pp192-197, 2000.
2. Tomomasa Sato, Micro/Nano Manipulation World, *Proceeding IROS 1996*, pp834-841, 1996.
3. Metin Sitti, Survey of Nanomanipulation Systems, *Proceedings of the 2001 1st IEEE-Nano conference*, pp75-80, 2001.
4. Toshio Fukuda, Fumihito Arai, and Lixin Dong, Nano Robotic World-From Micro to nano
5. F. Arai, et al., Bio-Micro-Manipulation (New direction for Operation Improvement), *Proc. IEEE/RSJ Int Conf. on IROS*, **3**, pp1300-1305, 1997.
6. Stephan Fahlbusch, Sergeji Fatikow, Implementation of self sensing SPM cantilevers for nano-force measurement in microrobotics, *Ultramicroscopy*, **86**, pp181-190, 2001.