

3자유도 병렬형 마이크로 로봇 설계 Design of 3 DOF Parallel Micro Robot

‘나 홍 열’, 이 병 주*, 서 일 홍*, 김 희 국**

* 한양대학교 전자컴퓨터공학부(Tel : 81-031-400-5218; Fax : 81-031-406-6416; E-mail:ratom@hanmail.net)

** 고려대학교 제어계측공학과(Tel: 81-041-860-1443; Fax: 81-041-865-1820 ; E-mail:wheekuk@tiger.korea.ac.kr)

Abstract : Micro positioning mechanism is the key technology in many fields, such as scanning electron microscopy (SEM), x-ray lithography, mask alignment and micro-machining. In the paper, a 3DOF parallel-type micro-positioning mechanism is proposed. This mechanism uses piezo-actuators and Flexure hinge to control x, y and θ motion. It is shown both analytically and numerically that 2 DOF flexure hinge model was better precision than 1 DOF flexure hinge design.

Keywords : Parallel mechanism, Kinematic redundancy, Micro positioning system, Flexure hinge, Piezo-actuator

1. 서론

미소 위치 제어 메커니즘은 Scanning Electron Microscopy (SEM), x-ray lithography, mask alignment and micro-machining의 분야에서 중요한 요소 기술로서 보다 높은 정밀도를 요구한다.

본 연구에서는 그림 1과 같은 3자유도(x, y, θ) 병렬형 미소 위치 제어 메커니즘을 제안한다. 베어링(bearing)을 이용한 일반적인 관절과는 달리 Flexure hinge를 관절로 사용함으로써 인하여 백래쉬에 의한 오차를 제거할 수 있다[1]. 기존의 많은 연구에서 Flexure hinge를 회전 변위를 일으키는 1 자유도로 설계하였음을 볼 수 있지만 실제로는 추가적으로 작은 변위이지만 길이 방향의 미끄럼 변위가 발생하고 있음을 예측할 수 있다. 본 논문에서는 2 자유도로 Flexure hinge를 설계하여 보다 정확한 제어가 된다는 사실을 유한 요소 설계법(FEM)을 이용해서 증명하고자 한다.

모빌리티는 어느 특정한 시스템의 작업 공간의 모든 위치에서의 운동을 제어하는데 필요한 최소한의 파라미터의 개수를 의미하며 다음과 같은 관계식으로 표현된다.

$$M = N(L-1) - \sum_{i=1}^J (N_i - F_i) \quad (1)$$

여기서, N , L , J , 그리고 F_i 는 각각 시스템의 작업 지점에서의 운동 자유도, 시스템의 링크의 개수, 시스템의 관절의 수, 그리고 각 관절의 운동 자유도를 나타낸다. 또한, 모빌리티(mobility)는 시스템의 액추에이터의 최소한의 개수를 표현한다. M 이 N 보다 클 때, 이 시스템은 기구학적 여유자유도 시스템이라 불린다[2].

위 식에 의해서 제안한 시스템의 모빌리티는 Flexure Hinge를 1자유도로 설계할 경우 3이 되고 Flexure Hinge를 2 자유도로 설계할 경우 12가 된다.

본 논문의 구성은 2장에서 전체 시스템의 구조를 설명하고 3장과 4장에서는 각각 1 자유도와 2 자유도로 가정하였을 경우에 대한 기구학을 기술하고 5장에서는 유한요소설계법에 의한 모의 실험과의 비교를 통해 1 자유도 Flexure Hinge 보다 2 자유도 Flexure Hinge가 보다 적합함을 입증한다.

2. 시스템의 구조

그림 1의 3자유도 병렬형 로봇은 6개의 Piezo-Actuator와 9개의 Flexure Hinge로 구성되어 있다. 120° 간격으로 3개의 체인이 구성되는 대칭 구조로 온도, 외란 등에 강한 특징을 가진다. 2개의 Piezo-

Actuator는 대칭으로 위치되어 각각 좌우 방향으로 Hinge를 구동시킨다. Piezo-Actuator와 링크의 접촉면의 원활한 미끄럼과 회전 변위의 발생을 위하여 집적축이 되도록 설계되었다.

그림 2에서 회전 변위(θ)는 다음과 같이 유도된다[3].

$$\theta = \int_{-\theta}^{\theta} \frac{[M_z + F_y R(1 - \sin \theta)]R \cos \theta d\theta}{EI_z(\theta)} \quad (2)$$

여기서, $I_{xz}(\theta) = \frac{b^3 h(\theta)}{12}$,

$$h(\theta) = t - 2R(1 - \cos \theta).$$

길이 방향 변위(d)는 다음과 같이 유도된다.

$$\theta = \int_{-\theta}^{\theta} \frac{F_x R \cos \theta d\theta}{EA(\theta)} \quad (3)$$

여기서, $A(\theta) = bh(\theta).$

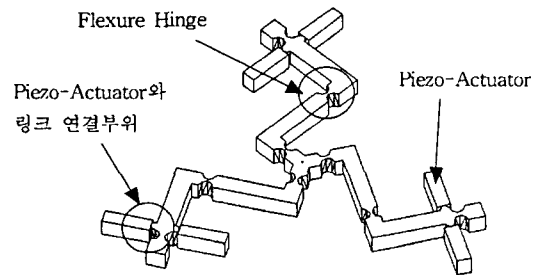


그림 1 3 DOF 병렬형 로봇 설계도

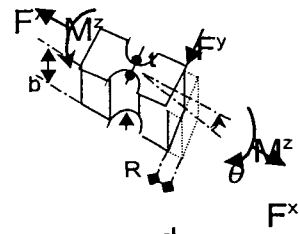


그림 2 Flexure Hinge 개략도