

높은 회전성능(100°)을 가지는 초정밀 위치결정용 마이크로 병렬기구 플랫폼의 개발

윤용하*, 강득수, 서태원, 김홍석, 성태중(서울대 대학원 기계항공공학부),
김종원(서울대 기계항공공학부 교수)

A Micro-positioning Parallel Mechanism Platform with 100-degree Tilting Capability

Yongha Yoon, Deuksoo Kang, Taewon Seo, Hongseok Kim,
Tajjong Sung (School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU),
Jongwon Kim (Prof., School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU)

ABSTRACT

This paper presents a micro-positioning platform based on the unique parallel mechanism recently developed by the authors. The platform has a meso-scale rectangular shape whose size is 20 x 23 mm. The stroke is 5 mm for both the x- and y-axis and 100 degrees for the α -axis(the rotational axis along the x-axis). The platform is actuated by the three sets of two-stage linear actuators: a linear motor for rough positioning and a piezo actuator for fine positioning. The platform is already assembled. Experimental results of the positioning measurements and control performance are presented.

Key Words : Parallel mechanism(병렬기구), Micro-positioning(초정밀 위치결정)

1. 서론

현재 마이크로 기계 부품, 광학기는 수 μm 이하의 고정밀도를 요구하는 복잡한 3 차원 형상의 부품을 사용한다. 이러한 3 차원의 정밀한 소형부품을 제작하기 위해선 비교적 넓은 작업영역 내에서 서브 마이크로 이하의 정밀도와 높은 운동성(회전능력)을 만족시켜야만 한다.¹

이 논문에서는 이중 스테이지 구동기를 이용하여 100°의 운동성을 가지는 위치결정용 마이크로 병렬기구 플랫폼을 소개한다.² 이 플랫폼은 20 × 23mm의 직사각형 형태의 메소스케일 크기이고, 플랫폼의 전체크기는 280(w) × 200(d) × 408(h) mm이다.

이 플랫폼은 x-방향과 y-방향으로의 병진운동과 α -방향(x-방향 회전)의 회전운동을 가지는 3 자유도 기구이다. x-방향과 y-방향의 스트로크는 5mm 이고, α -방향의 회전각은 100°이다. 목표 위치 정밀도는 말단장치를 기준으로 x-방향과 y-방향이 각각 0.5 μm , α -방향이 1.0 μm 이다.

2. 병렬기구의 구조

본 위치결정용 마이크로 병렬기구 플랫폼은 공간상에서 3 자유도 운동이 가능하고, 높은 회전능력을 가지는 새로운 병렬기구를 기반으로 설계되었다. 이 병렬기구는 고정부, 말단장치와 이 둘을 연결하는 세 개의 다리(leg)로 구성된다. 각각의 다리는

조동운동을 위한 리니어 구동기와 미동운동을 위한 피에조 구동기로 구성된 이중 스테이지 구동기(dual stage actuator)에 연결된다.

기구학을 통해 작업영역 해석이 수행되었고, 5 × 5 mm의 작업영역을 만족하였다. 또한 이 작업영역 내에서 목표한 100°의 회전능력을 가진다. 이 작업영역에서 최소 회전능력은 112°이고, 최대 회전능력은 139°이다.

특이점 해석 역시 수행되었으며, 작업영역 내에서 특이점이 존재하지 않음을 증명하였다.

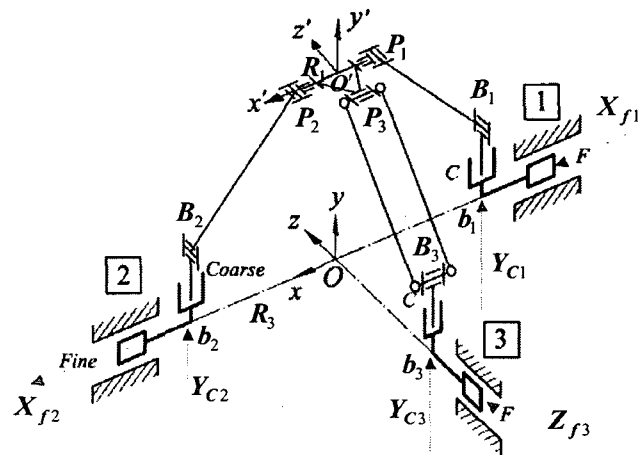


Fig. 1 A parallel mechanism of the micro-positioning platform

3. 초정밀 위치결정용 플랫폼

초정밀 위치결정용 플랫폼은 그림 2 와 같이 설계, 조립되었다. 그림에서 볼 수 있듯이 말단장치의 최종위치를 직접적으로 측정하여 피드백 제어가 가능하도록 세 개의 리니어 센서를 말단장치와 연결하였다. 또한 분해능을 최대화하기 위해 조동과 미동 구동기의 구동방향을 서로 수직으로 배열하였다.³ 그림 2 의 우측 그림 세 개는 말단장치의 회전모습을 보여주고 있다.

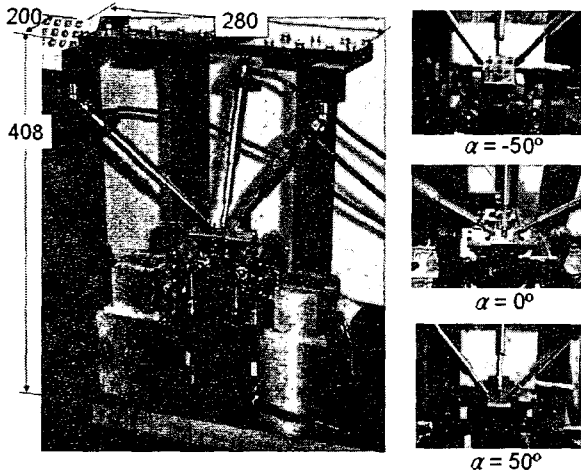


Fig. 2 Photo of the micro-positioning parallel mechanism platform

4. 실험: 위치제어

그림 3 은 초정밀 위치제어 병렬기구 플랫폼의 위치제어 능력을 증명하는 실험결과이다. 이중 스테이지 구동기는 순차적 제어알고리즘을 이용하여 구동된다. 그림 3 의 (a), (b), (c)는 x - y 평면에서 회전각도가 0, -45, 45°일 때 플랫폼의 정밀도를 나타내고 있다. 실험으로 확인된 위치 정밀도는 $0.3\mu\text{m}$ 이내이다. 이 때 x -방향과 y -방향의 이송속도는 $6\text{mm}/\text{min}$ 이

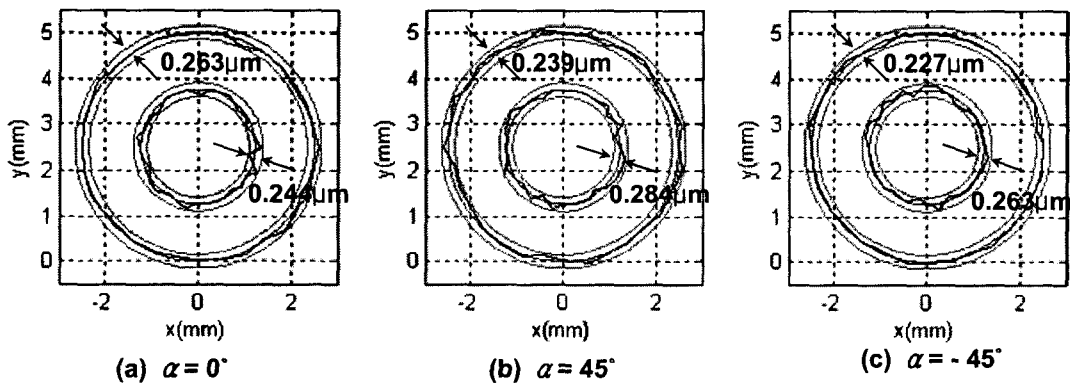


Fig. 3 Positioning capability of the micro-positioning parallel mechanism platform

고, a -방향의 이송속도는 $48^\circ/\text{min}$ 이다.

5. 결론

100° 의 회전능력을 가지는 3 자유도 초정밀 위치결정용 병렬기구 플랫폼을 설명하였다. 플랫폼은 미동구동기와 조동구동기의 구동방향이 서로 수직인 이중 스테이지 구동기로 이루어졌다. 그리고 세 개의 리니어 센서를 이용하여 피드백 제어를 한다는 특징이 있다. 이 플랫폼의 위치정밀도는 5mm 범위 내에서 $0.3\mu\text{m}$ 이내이다.

현재 리니어 센서의 보정 연구가 진행 중이며, 동역학 제어에 관련된 연구도 진행 중이다.

후 기

이 연구는 국가지정 연구실사업(NRL)의 지원과 마이크로열시스템연구센터(ERC)의 일부 지원에 의해 수행된 것입니다.

참고문헌

1. Kawahara, N., Suto, T., Hirano, T., Ishikawa, Y., Kitahara, T., Ooyama, N., and Ataka, T., "Microfactories; new applications of micromachine technology to the manufacture of small products", *Microsystem Technologies*, Vol. 3 No. 2 pp. 37-41, 1997.
2. Oh, K. K., Liu, X. J., Kang, D. S. and Kim, J., "Optimal design of a micro parallel positioning platform Part I: Kinematic analysis", *Robotica*, Vol. 22 pp. 599-609, 2004.
3. Oh, K. K., Liu, X. J., Kang, D. S. and Kim, J., "Optimal design of a micro parallel positioning platform Part II: Real machine design", *Robotica*, Vol. 23 pp. 109-122, 2005.