

새로운 형태의 3자유도 마이크로 매니플레이터

정 구 봉*, 이 병 주*, 서 일 흥*, 김 희 국**

*한양대학교 전자컴퓨터공학부

(Tel: 82-31-400-4052; Fax: 82-31-416-6416; E-mail: bj@email.hanyang.ac.kr)

**고려대학교 제어계측공학과

(Tel: 82-41-860-1443; Fax: 82-41-860-1820; E-mail: wheekuk@tiger.korea.ac.kr)

Abstract

본 논문에서는 새로운 형태의 정밀위치제어용 3자유도 매니플레이터를 제안하고, 기구학 해석을 수행하며, FEM과 수치해석적인 방법을 비교하여 메카니즘에 대한 모델링 방법이 크게 틀리지 않음을 확인 하고자 한다. 회전관절과 구형관절은 비구동관절로써 미소움직임이 가능하도록 하나의 모듈로 이루어진 flexure hinge들로 만들어진 것이다. 따라서, 비구동관절에 대한 강성해석을 수행하며 구동관절의 토크 벡터를 비구동관절의 강성과 변위로 표현하여 액추에이터의 구동용량을 결정한다.

1. Introduction

극도로 작은 대상 물체를 다루는 기술은 전자, 기계, 생물, 화학, 물리, 반도체 그리고 의료분야에서 증가하고 있는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 정밀위치제어가 가능한 새로운 형태의 3자유도 마이크로 매니플레이터를 제안하고 기구학 해석을 수행하며, 메카니즘에 사용할 구동기의 용량과 hinge의 설계인자들을, 비구동관절의 강성과 주어진 작업을 수행하는 동안의 비구동관절의 변위, 그리고 구동관절의 토크 관계식을 이용하여 구한다. 제안되는 매니플레이터는, 그림 1에 도시한 바와 같이 3개의 구형관절과 3개의 회전관절, 그리고 3개의 선형관절로 이루어지며, 각기 다른 세 개의 관절들이 한 쌍을 이루어 형성하는 직렬체인 3개를 가지는 병렬형 구조로 되어 있다. 비구동관절인 회전관절과 구형관절은 미소움직임이 가능하도록 설계된 flexure hinge로 이루어진다. 전체 메카니즘의 기구학은 구동관절인 3개의 선형관절의 변위를 입력으로 하고, 출력으로는 매니플레이터 말단에서, z축 방향으로의 변위와 x축과 y축에 대한 Euler angle, α , β 를 사용하여 전개한다.

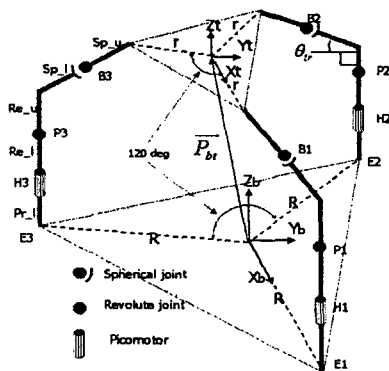


그림 1. 3자유도 메카니즘

2. 기구학

역기구학

그림 1에 주어진 메카니즘에서 하나의 직렬체인은 그림 2와 같이 모델링 할 수 있다.

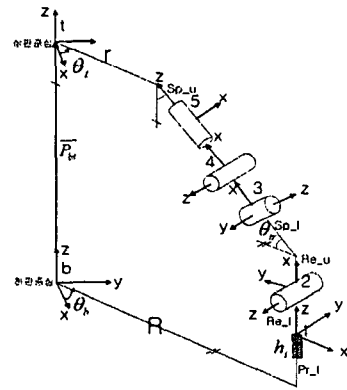


그림 2. 3자유도 메카니즘의 직렬체인 모델링

여기서, R , r 은 각각 하판의 반지름과 상판의 반지름을 의미한다. h 는 피코모터의 변위이며, 2번째관절은 revolute flexure hinge를 나타낸다. 3, 4, 5번째 관절은 spherical flexure hinge를 모델링한 것이다. 또한 \bar{P}_{br} 는 하판중심으로부터 상판중심까지의 위치벡터를 의미한다. 하판 중심좌표계에서 상판중심좌표계까지의 변환행렬, T_i^b 를 식(1)과 같이 정의하자.

$$T_i^b \triangleq \begin{bmatrix} n_1 & a_1 & a_1 & x_c \\ n_2 & a_2 & a_2 & y_c \\ n_3 & a_3 & a_3 & z_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

그림 2에 보여지는 3자유도 메카니즘의 출력벡터, \underline{u} 는 상판중심좌표계 원점의 위치, x , y , z 와 x - y - z Euler angle, α , β , γ 로 한다. 단, 주의할 점은 우리가 제어하고자 하는 독립출력벡터, \underline{u}_{ind} 은 α , β , z_c 이며, 나머지 3개의 출력은, \underline{u}_{dep} , 비독립출력벡터로서, 구속조건에 의하여 독립출력벡터로부터 종속적으로 결정된다. i 번째 체인에서의 입력, θ_i 는, 각 체인에서의 관절각 값들, θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 와 picomotor의 변위, h 로 표현 할 수 있다. 여기