

병렬로봇 시스템의 정밀제어를 위한 유연링크의 유한요소 해석 연구

A Study on the Flexible Link for Precise Control of Parallel Robot using Finite Element Analysis

*이재열¹, 황희선¹, 김종걸¹, 홍성호¹, 박정우¹

*J. Y. Lee¹, H. Hwang¹, J. G. Kim¹, S. H. Hong¹, J. W. Park¹

¹한국로봇융합연구원 실용기술연구본부

Key words : Parallel manipulator, Robot, Rigid dynamics, Flexible dynamics, ANSYS

1. 서론

직렬기구(Serial mechanism) 형태의 직렬로봇(Serial robot)은 조인트의 누적 위치오차와 위치센서의 낮은 분해능으로 인해 이동 플랫폼(End platform)에 누적오차가 발생하고, 구동부의 정/동적마찰 및 큰 관성력으로 인해 반복 고속작업 또는 가반하중의 변화가 급격한 작업등에서 낮은 구동대역을 지니므로 빠르고 정밀한 작업 수행이 어렵다. 직렬로봇의 문제점을 해결하기 위하여 병렬기구(Parallel manipulator)를 적용한 병렬로봇(Parallel robot)이 현재까지 많은 연구 개발이 이루어 졌다.



Fig. 1 Test platform of 3DOF parallel robot

병렬로봇은 한 개의 직렬 몸체로 여러 단을 구성되는 직렬 로봇과 달리 이동 플랫폼이 최소 한 개 이상의 링크에 의하여 지지되는 구조의 로봇이다. 직렬로봇의 경우 모든 조인트에 구동기가 설치되는 형태이고 병렬로봇은 각 링크 조립체 당 한 개의 구동기가 장착되는 형태로 한 개의 링크에 구동을 주고 수동 조인트로 연결된 다른 링크를 구동하여 이동 플랫폼을 이송하는 방식을 가진다. 본 연구에서는 고속으로 움직이는 병렬로봇에 적

용되는 링크 구조에 대해 강체 동역학 해석과 유연체 동역학 해석을 수행하여 강성 변화를 예측하였다. Fig. 1은 본 연구를 위해 설계 제작된 3자유도 병렬로봇을 나타내었다.

2. 강체 동역학 해석

병렬로봇의 거동을 분석하기 위하여 동역학 모델을 구성하였다. 평가를 위해서 상용유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용하였다. 각 관절을 구성하기 위해 Revolute, Spherical joint 조건을 적용하여 모델을 구성하였다. 모터와 감속기를 통하여 전달된 구동축의 회전량은 Fig. 2와 같이 적용하였다. 초기 중심 위치에서 $\pm 152.5\text{mm}$ 의 구간을 0.43초 동안 이동하는 모션을 적용하였고 End platform에 가반하중으로 6kg의 무게를 추가하였다. 또한 자중에 의한 영향 및 관성을 적용하기 위하여 중력가속도를 추가 하였다. 강체 동역학 해석 결과로 이동 플랫폼의 방향별 변위이력과 속도 및 가속도 정보를 추출하여 유연체 해석결과와 상호 비교하였다.

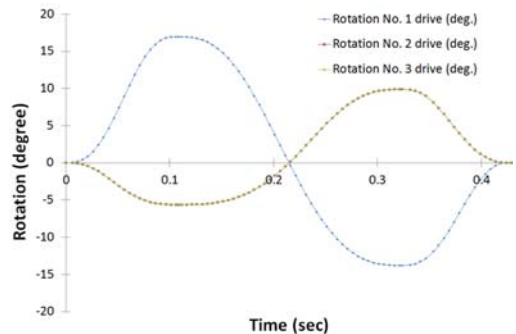


Fig. 2 Trajectory of drive motion(No.2= No.3)

3. 유연체 동역학 해석

병렬 기구의 유연체는 Fig. 3와 같이 Main shaft, Upper link, Lower link로 구성하고 나머지 구성품은 강체로 정의 하였다. Lower link는 Upper link와 End platform 사이를 연결하며, Ball socket 기구와 Tension spring으로 고정하게 된다.



Fig. 3 FEM of flexible link and shaft

강체 동역학에서 정의한 작업영역에서의 모션을 적용하기위해 Fig. 2에서 정의한 회전 모션을 Main shaft에 적용하였다. 병렬기구에 적용한 회전체 모델에서 감속기는 하모닉 드라이브를 사용하였으며, 제작사에서 제공하는 회전강성모멘트 (Torsional stiffness) 값을 고려하였다. Fig. 4는 End platform의 X방향 이동시 변위 이력을 출력하였다. Fig. 5는 End platform의 Y방향 이동 변위 이력을 출력하였고, Fig. 6은 Z방향 이동 변위 이력을 나타 내었다.

4. 결론

병렬기구를 적용한 로봇시스템을 설계 및 제작 하는 경우 강체 동역학 해석을 통해 제어 모델을 구성하게 된다. 빠른 평가를 장점으로 하는 강체 해석의 경우 빠른 pick-and-place 작업을 위한 링크의 변형에 의해 작동 오차가 발생할 수 있으며, 병렬 기구와 같이 해를 얻기에 복잡한 모델의 경우 실제 제품과 동일한 운동 상태 및 강성을 확인할 수 있는 유연체 동역학 해석을 통해 강성 예측을 수행할 수 있는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 산업융합원천기술개발사업의 지원으로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

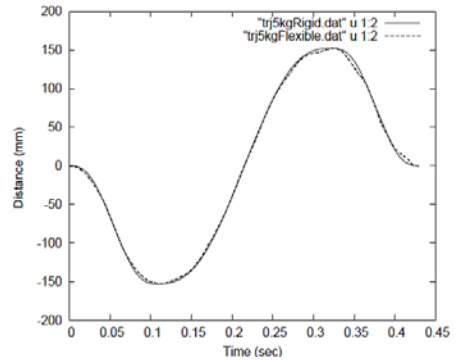


Fig. 4 Trajectory data of X direction

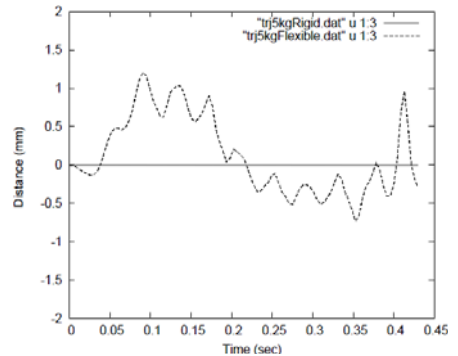


Fig. 5 Trajectory data of Y direction

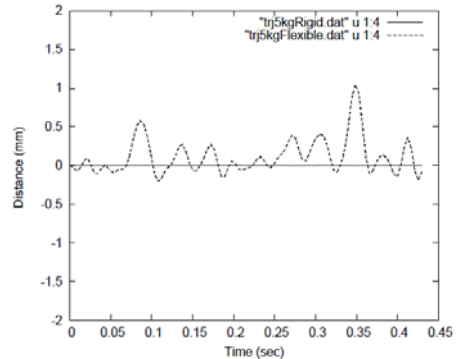


Fig. 6 Trajectory data of Z direction

참고문헌

1. Ch. Pinto, J. Corral, S. Herrero, B. Sandru, "Vibratory Dynamic behaviour of parallel manipulators in their workspace", 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, A28_519, 2011.
2. Dwivedy, S.K. Eberhard, P., "Dynamic analysis of flexible manipulators, a literature review". Mechanism and Machine Theory, vol. 41, page. 749-777, 2006|