벨트 병렬기구를 이용한 평면이송 기구

Plane Moving System Using Belt Parallel Kinematic

*#이창우[1], 송준엽[1], 하태호[1], 이재학[1], 배영걸[2]

*#C. W. Lee(lcwlej@kimm.re.kr)[1], J. Y. Song[1], T. H. Ha[1], J. H. Lee[1], Y. G. Lee[2]

[1] 한국기계연구원 나노융합・생산시스템 연구본부, [2] 충남대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Belt Parallel Kinematics, Plane Moving, Reconfigurable

1. 서론

소비자의 욕구가 다양해지면서 제품의 다양화와 더불어 모델 변화가 빠르게 진행되고 있다. 이러한 추세에 빠르게 대응하기 위해서 재구성이 용이한 생산시스템이 요구되고 있다. 또한 제품이 소형화되면서 생산시스템도 소형화하여 초기 투자비용을 줄이고, 투입되는 에너지, 공간 등을 최소화는 마이크로 팩토리가 연구되고 있다. 마이크로 팩토리는 전체 생산시스템이 소형이므로 물류의 자동화가 더욱 요구된다. 기존의 생산시스템은 생산자가 제품을 이송하기에 충분한 공간을 가지지만 마이크로 팩토리는 공간이 협소하여 생산자가 물류를 이송하기 어려운 경우가 많다. 때문에 마이크로 팩토리는 물류시스템이 자동화되어야 생산성 향상을 기대할 수 있다. 마이크로 팩토리에서 물류 시스템에 대응하기위한 평면 이송기구의 경우 재구성성에 대응하기 위해서 역시 재구성성이 요구된다. 초기에 마이크로 팩토리 물류 시스템으로 제안된 방법이 평면모터였다. 평면 모터의 경우 추력이 충분하고 고속 운동이 가능한 장점을 가지고 있다. 그러나 평면 모터의 경우는 행정을 변화시켜야하는 경우 Base가 영구자석 형태로 구성되어 있어야하므로 행정의 변화가 매우 어렵다. 생산되는 제품의 부품의 개수나 형태가 변화하는 경우 팩토리의 형태가 바뀌게 되면 물류 시스템의 행정이 변화해야 하는데 평면 모터는 대처가 매우 어렵다. 또한 평면 모터는 Base가 영구자석이라 취급이 어렵다. 마이크로 팩토리에서 생산되는 제품은 크기가 소형이라 물류 시스템에서 큰 추력이 요구되지 않는다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 초음파를 이용한 평면 이송기구를 본 연구팀에서 제안하였다. Base는 단순히 평면도가 좋은 정반이면 사용이 가능하므로 기존의 평판모터보다 행정을 변화시키기에 장점을 가지지만 추력이 작고 X,Y 방향으로 동시 구동이 불가능해 평면 이송기구로 부적합하게 되었다. 이렇한 단점을 극복하고 마이크로 팩토리 물류 시스템에 적용하기위해 일종의 벨트 병렬기구를 이용한 평면 이송기구를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 평면 이송기구는 벨트의 길이와 벨트의 운동을 가이드하는 풀리가 고정된 포스트만 이송시키면 행정이 쉽게 바뀌는 구조로 되어있다.

2. Belt Parallel Kinematic 구조

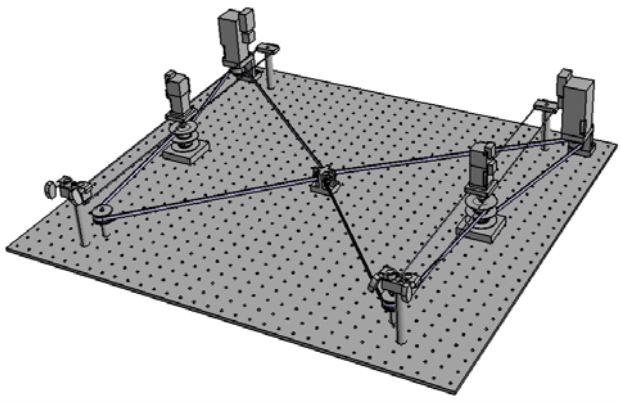

Fig. 1 Belt parallel kinematics type planar motor schematic diagram

벨트 병렬기구를 이용한 평면 이송기구의 구조를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서보는 것처럼 매우 단순한 구조로 구성되어 있다. 구조는 4개의 서보모터, 벨트, 아이들 풀리로 구성된다. Fig. 1에서 4개의 서보 모터 중 상부 2개의 서보 모터는 회전각을 제어하여 서보 형태로 제어되고 가운데 2개의 서보 모터는 토크 모드로 제어되어 벨트에 일정한 Tension이 유지되도록 하는 역할을 한다.

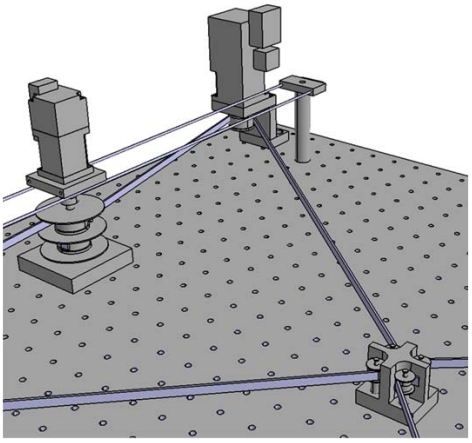

Fig. 2 Belt parallel kinematics planar motor

Fig. 2에서보는 것처럼 서보모드로 제어되는 2개의 모터는 Base에 고정되어 있어 벨트의 길이를 결정한다. 2개의 서보 모터에 의해서 벨트의 길이가 고정되면 나머지 두개의 토크 모드로 제어되는 모터에 의해서 일정하게 벨트에 장력이 유지되어 위치가 결정된다. 이송부는 4개의 베어링에 의해서 벨트가 고정되어 위치가 변하여도 벨트에 의해서 토크를 받지 않도록 설계하였다.

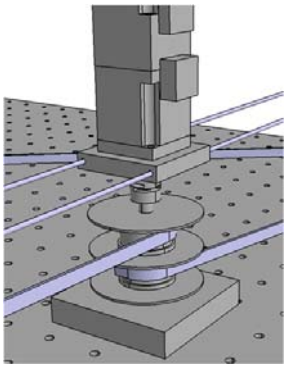

Fig. 3 Keeping tension mechanism

Fig. 3는 장력을 유지하도록 하는 토크 모드로 제어되는 서보모터 장착부의 구조를 나타낸다. 두개의 벨트는 상하로 엇갈려 풀리에 연결되어 항상 텐션이 유지된다. 텐션을 유지하는 서보는 두개의 벨트의 길이의 차이에 따라서 상하 방향으로 이송되는데 안내기구로 와이어를 사용하였다. 두개의 와이어는 토크 모드로 구동되는 서보모터를 상하 방향의 안내기구 역할과 동시에 서보가 일정한 토크를 발생할 때 발생하는 반발력을 지탱해 주는 역할도 동시에 수행하게 된다. LM 가이드를 사용할 수 있지만

와이어를 사용하므로 진직도 오차가 크게 발생하지만 이송부의 위치 정밀도에는 영향이 없고 간편하게 설치가 가능하다. 또한 행정을 쉽게 변경할 수 있어 본연구의 목적인 재구성성이 용이한 구조의 평면이송 장치 구현이 쉬워진다.

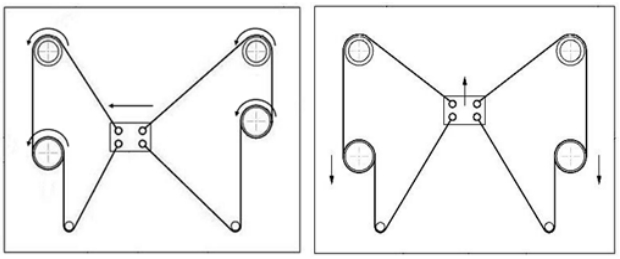

Fig. 4 Moving mechanism

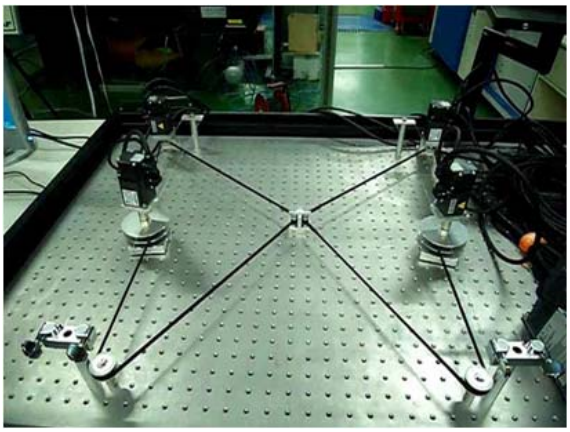

Fig. 5 Belt parallel kinematics type planar motor

Fig. 4는 이송 Mechanism을 나타낸다. 이송부가 수직 방향으로 중심부에 있고 수평이동을 하는 경우 좌측의 두개의 벨트는 동일한 길이만큼 줄어들고 우측의 두개의 벨트는 또한 동일한 만큼 늘어난다. 그러나 좌우의 벨트의 줄어난 량과 늘어난 량이 동일하지 않고 기하학적 관계에 의해서 결정된다. 이 경우 좌측과 우측의 벨트쌍이 동일하게 줄거나 늘어나므로 텐션을 유지하는 모터는 회전만 할 뿐 수직으로 움직이지 않는다. 그러나 이송부의 초기 위치가 수직 방향을 기준으로 중앙에 있지 않은 경우는 기하학적인 관계로 벨트의 길이 차이가 발생하여 상하로 움직이게 된다. 이송부가 위쪽 방향으로 이송되는 경우는 상부의 두개의 위치제어 되는 서보의 벨트의 길이는 줄어들고 하부의 벨트의 길이는 늘어난다. 때문에 텐션을 유지하는 서보 모터는 아래로 움직이게 된다.

3. 이송부 위치 결정

이송부를 위치는 다음의 기하학적 조건에 의해서 결정된다. 좌표계의 중심을 좌측 하단으로 고정시키면 이송부 중심의 좌표는 다음과 같이 결정된다.

$$x = L2 \times \cos(\theta 2) + \frac{r}{2} \qquad \text{식 1}$$

$$y = L2 \times \sin(\theta 2) + \frac{h}{2} \qquad \text{식 2}$$

또한 기하학적 관계에서 L2는 다음의 기하학적 관계를 만족하여야 한다.

$$H = L1 \times \sin(\theta 1) + L2 \times \sin(\theta 2) + h \qquad \text{식 3}$$

$$H = L3 \times \sin(\theta 3) + L4 \times \sin(\theta 4) + h \qquad \text{식 4}$$

$$R = L1 \times \cos(\theta 1) + L4 \times \cos(\theta 4) + r \qquad \text{식 5}$$

$$R = L2 \times \cos(\theta 2) + L3 \times \cos(\theta 3) + r \qquad \text{식 6}$$

$$L1 \times \sin(\theta 1) = L4 \times \sin(\theta 4) \qquad \text{식 7}$$

$$L2 \times \sin(\theta 2) = L3 \times \sin(\theta 3) \qquad \text{식 8}$$

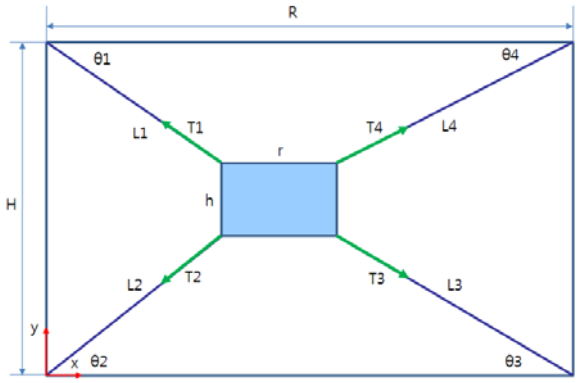

Fig. 6 Moving principle

벨트의 길이에 해당하는 L1과 L4는 위치제어에 의해서 알고 있는 정보이고 H, R, h, r은 시스템에 의해서 결정되는 상수이고, L2, L3, Θ1, Θ2, Θ3, Θ4 6개로 변수이다. 식 3에서 식 8까지 6개의 기하학적 조건에 의해서 6개의 변수가 계산되어 병렬기구에서 발생할 수 있는 Singularity Point가 존재하지 않고 모든 영역에서 위치제어가 가능하다. 벨트에 작용하는 장력은 다음의 수식에서 구할 수 있다.

$$T1 \times \sin(\theta 1) + T4 \times \sin(\theta 4) = T2 \times \sin(\theta 2) + T3 \times \sin(\theta 3) \qquad \text{식 9}$$

$$T1 \times \cos(\theta 1) + T2 \times \cos(\theta 2) = T3 \times \cos(\theta 3) + T4 \times \cos(\theta 4) \qquad \text{식 10}$$

장력 T2,와 T3는 텐션 제어가 되므로 알고 있는 량이고 위의 두 수식으로부터 장력 T1, T3를 구할 수 있다.

4. 결론

본 연구를 통하여 행정을 자유롭게 변경 가능한 Micro-Factory 물류이송용 평면 이송기구를 설계 및 제작하여 성능평가를 수행하였다. 기존의 평면 모터나 초음파를 이용한 평면 이송기구와 비교해서 위치 정밀도는 떨어지지만 기존 방법에 비해 훨씬 간편한 방법으로 행정을 쉽게 변경 가능한 평면 이송기구를 제작하였다.

후기

본 논문은 지식경제부 차세대신기술개발사업인 “차세대 Micro-factory 시스템 기술 개발” 사업 중 “차세대 IT μ-Factory 시스템 기술 개발” 프로젝트의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

1. Chang-Woo Lee, Jun-Yeob Song, Tae-Ho Ha, "Planar Motor Based on the Principle of Ultrasonic Wave Using PZT," ASPE 2007 Annual Meeting, 256-259
2. K. Spanner, Survey of the Various Operating Principle of Ultrasonic Piezomotors. White Paper for ACTUATOR 2006.
3. Jona Zumeris, Nasher, Israel, US Patent Number 6,064,140
4. K. Spanner, O. Vyshneevskyy, W. Wishnewskiy W., New Linear Ultrasonic Micromotor for Precision Mechatronic Systems. Actuator 2006. Bremen