

## 6자유도 병렬기구 구조물의 기구학적 보정

### Kinematic Calibration of 6 D-o-F Parallel Kinematic Structure

\*오용택<sup>1</sup>, 아궁 삼수던 사라기<sup>1</sup>, #고대조<sup>2</sup>

\*Y. T. Oh<sup>1</sup>, Agung. S. Saragih<sup>1</sup>, #T. J. Ko(tjko@yu.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>영남대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>영남대학교 기계공학부

Key words : Parallel kinematic, Kinematic calibration, Error compensation

#### 1. 서론

고정도 및 고품질을 가진 제품을 가공하기 위해서는 공작기계가 가지고 있는 다양한 오차 요인들을 신속하고 정확하게 측정하여 이를 보정해야 한다. 일반적으로 공작기계는 진동과 관련된 동적 오차와 구조계의 조립 특성에 따른 기하오차 및 열 변형 오차를 포함한 정적오차를 가진다.

병렬형 공작기계는 다수의 조인트와 모션을 위한 구동 액추에이터가 공간상에 조립되어 있기 때문에 기하오차에 의한 엔드이펙터의 위치 오차 및 각 오차가 발생한다. 그러나 공간상에 위치한 각 조인트의 정확한 위치의 측정은 상당히 어렵다.

본 논문은 Stewart-platform의 병렬형 구조물에서 상판의 이송 시 발생하는 위치 오차를 바탕으로 각 조인트의 기구적 오차를 최적화 방법을 통하여 보정하고자 한다.

#### 2. 기구학 해석

Fig. 1 (a)의 Stewart-platform은 상판과 하판에 연결된 6개의 구동 액추에이터의 길이 변화에 의해 6자유도 운동을 구현할 수 있는 병렬기구 구조물이다.

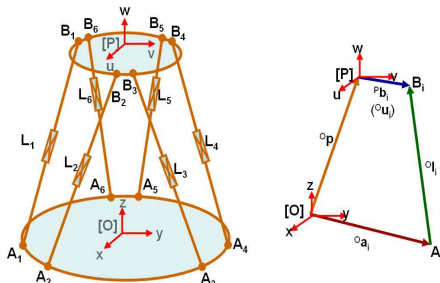


Fig. 1 a) Particular orientation of the PKM  
b) Vector relationship of the actuator i.

Fig. 1 (b)와 같이 모든 다리가 기구학적으로 사슬이 닫혀 있으며, 상판의 원점 위치로부터 각 액추에이터의 길이를 역기구학을 통해서 비교적 쉽게 계산할 수 있다.[1] 순기구학은 액추에이터의 길이로부터 상판의 위치와 자세를 결정하는 문제이다.[2]

#### 3. 기구학적 보정

Fig. 2는 Stewart-platform의 기구적 오차의 최적화 방법을 모식도로 나타낸 그림이다. 최적화 방법은 다음과 같다.

1. Platform 이송 시 엔드이펙터의 위치 오차만을 고려하여 각 액추에이터의 길이 오차를 역기구학을 통하여 계산한다.
2. 계산된 액추에이터의 길이 오차는 각 조인트의 기구적 오차로 인하여 발생한다.
3. Matlab을 이용하여 액추에이터의 길이 오차를 최소화하는 각 조인트 값을 구한다.
4. 보정된 각 조인트 값을 통하여 계산된 액추에이터의 길이를 순기구학 계산을 통하여 엔드이펙터의 위치와 자세를 구한다.
5. 각 조인트 값의 보정 전 엔드이펙터의 위치와 보정 후 위치를 비교한다.

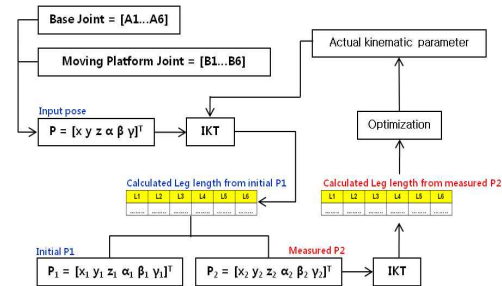


Fig. 2 Optimization procedure.

Stewart-platform의 병렬형 구조물에 대한 보정 연구는 최적화 이론을 이용하는 방법[3]이 대표적이며 보정 과정에서 정확한 위치와 자세 측정이 매우 중요하다.

#### 4. 시뮬레이션을 통한 기구학적 보정

Table 1은 각 조인트에 기구적 오차가 없는 이상적인 값들을 나타내고 있다. B와 A는 각각 하판과 상판의 조인트 값이다.

Table 1 Nominal values of kinematic parameters(mm)

Pod	$B_{i,x}$	$B_{i,y}$	$B_{i,z}$	$P_{i,x}$	$P_{i,y}$	$P_{i,z}$
1	150	0	0	99.57398	33.31699	0
2	-10.4635	149.6346	0	26.2899	101.6555	0
3	-75	129.9038	0	-78.6404	69.57511	0
4	-124.356	-83.8789	0	-101.181	-28.06	0
5	-75	-129.904	0	-20.9336	-102.892	0
6	134.8181	-65.7557	0	74.8913	-73.5955	0

상판과 하판의 조인트의 기구학적 오차의 범위를 +5mm ~ -5mm라 가정한다. Fig. 3의 그림은 Matlab을 통하여 계산된 각 조인트의 편차를 그래프로 나타낸 것이다.

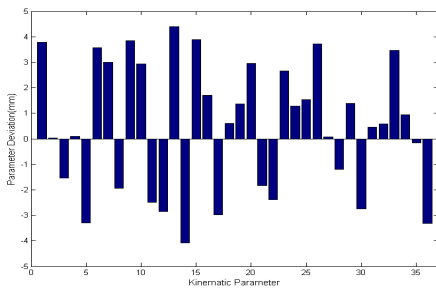


Fig. 3 Error of kinematic parameters.

#### 4. 결과 및 분석

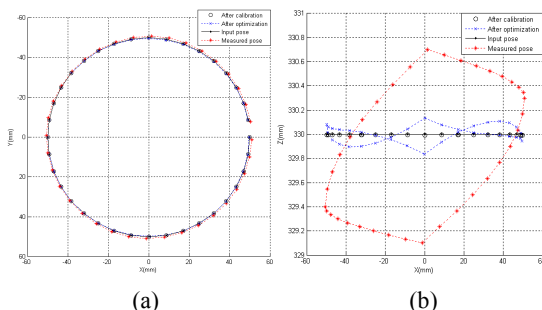


Fig. 4 Result of motion simulation a)XY b) XZ

Fig. 4의 시뮬레이션 결과를 통하여 조인트의 기구학 보정 후 엔드이펙터의 위치 오차의 크기가 현저히 감소하였으며 초기의 input 값에 근접함을 볼 수 있다.

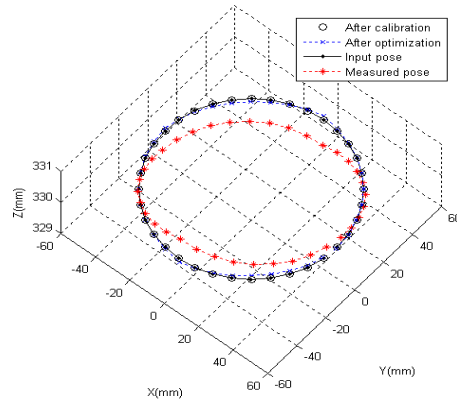


Fig. 5 Result of motion simulation(XYZ).

Fig. 4 (b)에서 보정 전 오차의 크기는 z방향으로 +0.7mm~0.9mm 이었으나 각 조인트의 기구학적 보정 후 오차의 크기는 ±0.1mm로 크게 감소하였다. Fig. 5는 XYZ 방향에서 관찰한 결과이다.

#### 5. 결론

Stewart-platform의 병렬형 구조물의 이송 시 발생하는 위치 오차를 줄이기 위하여 각 조인트의 값을 최적화 방법을 통하여 보정하였으며 시뮬레이션을 통하여 보정 전 위치 오차와 보정 후 위치 오차를 비교 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Weck, M., Staimer, D., On the Accuracy of Parallel Kinematic Machine Tools: Design, Compensation and Calibration, 2nd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar, 12.-13.4.2002, pp. 73-84
2. Wang, Y., An Incremental Method for Forward Kinematics of Parallel Manipulators, Proc. Robotics, Automation and Mechatronics conference, IEEE, 1-3.6.2006, Bangkok.
3. M. J. Nategh, M. M. Agheli, A total solution to kinematic calibration of hexapod machine tools with a minimum number of measurement configurations and superior accuracies, International Journal of Machine Tool & Manufacture 49(2009) 1155-1164