

# 대칭 구조의 등방성 병렬 로봇에 관한 연구

## Study on the isotropic parallel robots with symmetric structure

\*오현석<sup>1</sup>, 이병주<sup>2</sup>, #김희국<sup>1</sup>

\*H. S. Oh<sup>1</sup>, B. J. Yi<sup>2</sup>, #W. K. Kim<sup>1</sup> (wheekuk@korea.ac.kr)

<sup>1</sup> 고려대학교 제어계측공학과, <sup>2</sup> 한양대학교 전자컴퓨터공학과

Key words : Isotropic manipulator, parallel robot, symmetric structure

### 1. 서론

다자유도 병렬로봇의 등방성 특성을 분석할 때 병진운동과 회전운동사이의 단위 차이로 인하여 발생하는 불명확성을 보완하기 위한 방안으로 특성길이 (characteristic length)가 제시되었다.[1] 특성길이는 그 값이 적용되었을 때 최적의 등방성 특성을 나타내는 형상에서 병진속도와 회전속도와의 비로서 정의된다.

등방성 로봇은 특성길이를 적용하여 하나 이상의 형상에서 등방성 특성을 나타내는 로봇으로 정의된다. 등방성 병렬 로봇의 경우 단위값을 가지는 등방성 특성을 기준으로 다른 설계 변수들에 대한 형상에서의 등방성 특성과 비교하게 되므로 설계과정에서 의미 있는 최적 설계 인자를 도출할 수 있게 한다.

등방성 병렬 로봇의 구조에 대한 연구는 현재까지 특정 메커니즘의 자코비안 행렬을 분석하는 방식으로 수행되었다.[1-3] 이와는 달리 본 연구에서는 등방성 병렬 로봇의 출력공간에서의 active constraint wrench를 분석함으로써 등방성 병렬 로봇의 구조를 도출하기 할 수 있는 방법을 제시한다.

### 2. 등방성 병렬 로봇

병렬 로봇의 기구학 속도 관계식은 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$[A]\dot{u} = [B]\dot{\phi} \quad (1)$$

여기서

$$[A] = \begin{bmatrix} \$1^r \\ \$2^r \\ \vdots \\ \$n^r \end{bmatrix}, [B] = \begin{bmatrix} \$1^r \circ \$1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \$2^r \circ \$2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \$n^r \circ \$n \end{bmatrix} \quad (2)$$

[A]의 각 행은 각 입력관절에 의해 상판에 가해지는 wrench를 나타내며 [B]는 입력관절의 단위입력에 의해 가해지는 입력 파워를 나타낸다. 특히 동일한 구조의 limb이 대칭형상을 유지하는 대칭 구조 병렬로봇의 경우 그리고 적절한 구동관절이 선정되는 경우 [B]의 모든 대각요소는 동일한 값을 가진다. 따라서, 대칭 구조 병렬로봇의 경우 [A]가 등방성 특성을 가지는 가를 조사함으로써 등방성 병렬 로봇의 구조를 규명할 수 있다.

평면형 3 자유도 병렬 로봇이 등방성 특성을 보유하려면 각 limb의 구동관절에 의해 상판에 가해지는 wrench  $\$i^r$  ( $i=1,2,3$ )의 각 축은 그림 1에서 보인 바와 같이 이동판의 중심에 위치한 기준 좌표계를 중심으로 형성되는 임의 크기의 정삼각형의 한 변에 일치해야 한다. 따라서, 등방성 병렬 로봇의 구조는 wrench  $\$i^r$ 가 그림 1과 일치하는 limb의 구조를 규명하는 것으로 축소된다. 예를 들면, R관절과 P관절 세 개의 조합으로 구성되는 모든 limb에서 두 개의 P관절이 수동관절인 경우를 제외하고는 모든 형태의 limb으로 구성되는 3-자유도 평면형 로봇은 등방성 특성을 나타내는 형상을 보유한다.

병진형 3 자유도 병렬 로봇이 등방성 특성을 보유하려면 그림 2와 같이 각  $\$i^r$  ( $i=1,2,3$ )의 축은 붉은 점선으로 표기된 세 변의 길이가 같은 사면체의 밀면 삼각형의 꼭지점을 지나며 다른 꼭지점 C를 지나야 한다.

그림 3은 각 두 개의 구동관절을 가지는 총 세 개의 limb으로 구성되는 6 자유도 병렬 로봇이 등방성 특성을 나타내기 위한 각  $\$i^r$  ( $i=1,2,\dots,6$ )축의 형태를 보여준다. 즉,

길이( $l$ )가 같은 사면체의 세 변을 축으로 하는 wrench 와 이동판에 놓인 세 개의 wrench 가 각 limb 에서 가해지는 wrench 와 동일한 경우이다. 이러한 병렬 로봇의 행렬  $[A]$ 는  $C$  에 위치한 좌표계에 대하여 아래와 같이 표현되므로 등방성 특성을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

$$[A] = \begin{bmatrix} S_1^r \\ S_2^r \\ S_3^r \\ S_4^r \\ S_5^r \\ S_6^r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & r_{23y} & r_{23z} & lr_{23z} & 0 & 0 \\ r_{31x} & 0 & r_{31z} & 0 & lr_{31x} & 0 \\ r_{12x} & r_{12y} & 0 & 0 & 0 & lr_{12y} \end{bmatrix} \quad (3)$$

다른 형태의 wrench 의 조합을 이용하여 등방성 병렬 로봇의 구조를 규명할 수 있으며 위 경우에서 이동판에 놓인 세 개의 wrench 가  $C$  점에 위치한 세 개의 기저 좌표계의 축을 wrench 축으로 하는 세 개의 무한대 피치 wrench 로서 교체되는 조합이 이에 해당된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 등방성 병렬 로봇의 출력공간에서 요구되는 wrench 를 분석함으로써 등방성 특성을 보유한 병렬 로봇의 구조를 도출하기 위한 방법을 제시하였으며 평면형 3 자유도, 공간형 3 자유도, 그리고 공간형 6 자유도 대칭 구조의 병렬 메커니즘에서 각 limb 의 입력관절에 의해 이동판에 가해지는 wrench 의 조건에 대하여 조사하였다. 향후 연구로는 본 논문에서 제시된 wrench 를 나타낼 수 있는 각 limb 의 관절형태의 규명이 필요하다.

### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2011-0010708)

### 참고문헌

1. Angeles, J., "The Design of Isotropic Manipulator Architectures in the Presence of Redundancies," *The International Journal of Robotics Research*, **11**(3), 196-201, 1992.

2. Ranjbaran, F., Angeles, J., & Gonzalez-palacois, M.A., "The mechanical design of a seven-axes manipulator with kinematic isotropy," *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, **14**, 21-41, 1995.
3. Fattah, A. and Hasan Ghasemi, A.M., "Isotropic design of spatial parallel manipulators," *The International Journal of Robotics Research*, **21**(9), 811-824, 2002.

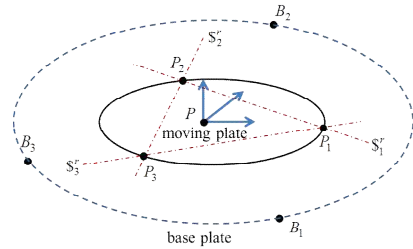


Fig. 1 Active constraint wrenches for an isotropic planar 3-DOF parallel robot

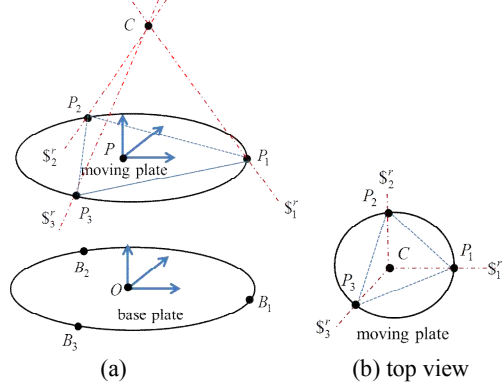


Fig. 2 Active constraint wrenches for an isotropic translational 3-DOF parallel robot, (b) top view

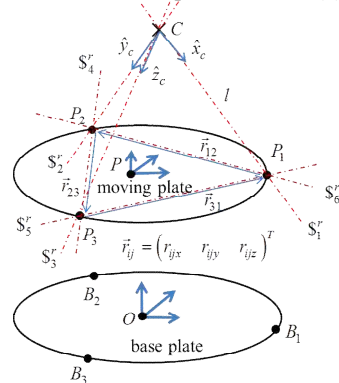


Fig. 3 Active constraint wrenches for an isotropic 6-DOF parallel robot