

# 어깨 관절의 움직임을 고려한 다관절 상지 로봇 설계

## Design of the Upper-Limb Exoskeleton Robot considering the Shoulder joint during movement

\*김규정<sup>1</sup>, #한창수<sup>2</sup>, 장혜연<sup>2</sup>, 임동환<sup>2</sup>, 윤덕원<sup>2</sup>, 김수호<sup>3</sup>, 한정수<sup>4</sup>

\*K. J. Kim<sup>1</sup>, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)<sup>2</sup>, H. Y. Jang<sup>2</sup>, D. H. Lim<sup>2</sup>, D. W. Yun<sup>2</sup>, S. H. Kim<sup>3</sup>, J.S.Han<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>한양대학교 지능형로봇학과, <sup>2</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>3</sup>대우조선해양, <sup>4</sup>한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Shoulder Joint, Adduction and Abduction, Protraction and Retraction, Upper-limb, Exoskeleton

### 1. 서론

최근 사람이 착용하는 외골격 로봇에 대한 관심이 높아지고 있으며, 특히 상지 외골격 로봇에 있어서 다양한 설계방법과 자유도 구성에 대한 연구가 진행되고 있다. 자유도 선정은 사람과 로봇의 동작범위와 작업영역을 결정하기 때문에 외골격 로봇 설계에 있어서 가장 중요한 부분이다.

Riener는 상지 관절의 재활을 목적으로 사용하는 상지 외골격 로봇 'ARMIn2'를 개발하였고, 전두면(Coronal Plane)상에서의 보이는 CGM(Center of the glenohumeral joint)의 변화에 주안점을 두고 자유도를 결정하였다[1]. 특히, CGM의 변화가 가장 큰 상지 외전(Abduction)동작에 대해서 분석하였고, Patsianis도 역시 외전운동을 분석하여 4-slot Geneva mechanism으로 상지에서 발생하는 복합운동을 구현하고자 하였다[2]. 하지만 이 연구들은 전부 복합체의 외전 운동만 고려했을 뿐 상체(Trunk)와 전인(Protraction)과 후인(Retracton)운동을 고려하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 상지 외골격 로봇의 자유도를 선정하기 위해 동작분석 데이터와 전부 복합체의 기능적 해부학을 기반으로 상지 외골격 로봇의 자유도를 결정하고 분석하였다.

### 2. 자유도 선정

본 연구는 단순반복 작업에 종사하는 노동자 또는 고정밀/고위험 정밀 작업자가 사용하는 거치식 상지 외골격에 대한 연구로서 동작분석 데이터와 근활성도 센서를 이용한 사전 연구를 통하여 능동형 관절이 주관절과 어깨관절의 굴곡과 신전운동을 보조할 수 있도록 위치를 결정 하였다[3]. 또한 능동형 관절 이외에 수동형 관절을 배치해

작업환경에서 원만한 동작을 구현되도록 하였다. Fig.1은 본 로봇의 개념도이다. 로봇의 자유도는 총 6자유도이며 스테이지 2자유도와 외골격 로봇 팔에서 4자유도를 가진다. 스테이지 자유도는 상체의 움직임을 보상하기 위한 자유도이며, 로봇 팔은 직접 사람의 동작에 관여하여 내전, 외전, 굴곡, 신전 그리고 회전 운동을 한다.

### 3. 작업 요구 동작영역

앞 절에서 정한 자유도를 토대로 외골격 로봇의 좌표계를 설정하였고, Matlab<sup>®</sup>을 이용하여 외골격 로봇이 작업자가 표현하려고 하는 작업동작과 동일한 동작영역을 확인하기 위해 시뮬레이션을 하였다. Fig.2는 로봇의 동작영역을 나타내며, 작업영역을 모두 표현할 수 있음을 확인하였다.

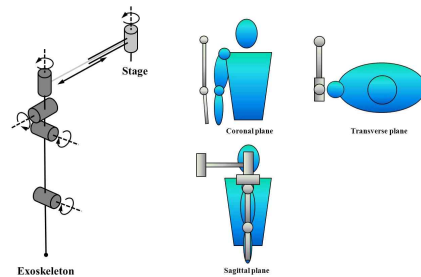


Fig. 1 Conceptualization Design of Upper-Limb Exoskeleton.

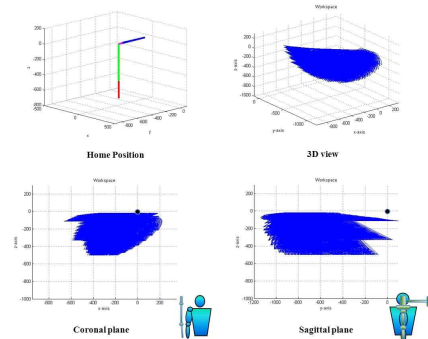


Fig. 2 Workspace of Upper-Limb Exoskeleton.

### 4. 해부학 기반 인간-로봇 착용성 분석

해부학적으로 사람의 관절 축은 운동에 따라 변한다. 특히, 견부 복합체에서 이러한 모습을 자주 볼 수 있다. 따라서 로봇의 축과 사람의 축을 정렬하기 위해 해부학 기반 분석이 요구된다. 견부 복합체의 움직임 비율은 전두면에서의 외전운동과 수평면에서의 내전운동에서 모두 다르게 나타나기 때문에 각 해부학적 평면에서 움직임을 고려해 변위를 알아보고자 하였다. 먼저 사람의 각각의 분절을 Fig.3(a)과 같이  $L_1, L_2, L_3, L_6, L_7$ 로 정의하였고, 로봇의 링크는  $L_4, L_5$ 로 표현 했다. 사람의 관절은 흉쇄관절(sternoclavicular joint), 견쇄관절(acromioclavicular joint), 관절와상완관절(glenohumeral joint)로 구분을 하였으며,  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 로 표현하였다. 여기서 사람이 로봇을 구동할 때 로봇 어깨관절의  $\theta_5$ 를 알 수 있으며, 사람과 로봇 사이에서 발생하는 변위  $\theta_4, d_1$ 을 아래 식을 통해 구할 수 있다. Fig.3(b)는 전두면에서 외전운동을 할 때를 나타내며, 측정된 값들은 Fig.4과 같다. Fig.5는 수평면에서의 내전운동에서 측정된 값이다.

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = \vec{T}_4 + \vec{T}_5 \quad (1)$$

$$\theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (0^\circ < \theta_3 < 180^\circ) \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{X}{C_3} - L_5 \quad (3)$$

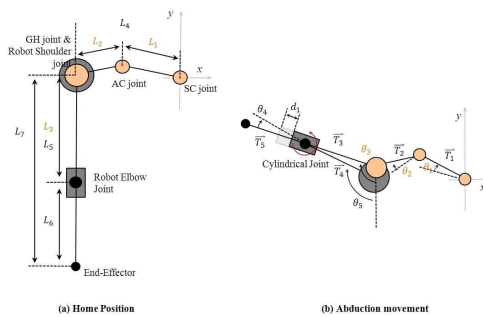


Fig. 3 Exoskeleton-Human abduction movement.

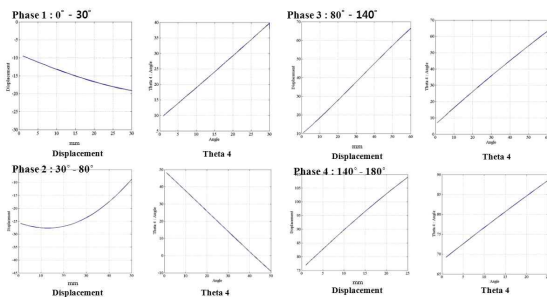


Fig. 4 Result of Human-Robot Displacement during Abduction Motion in Coronal plane.

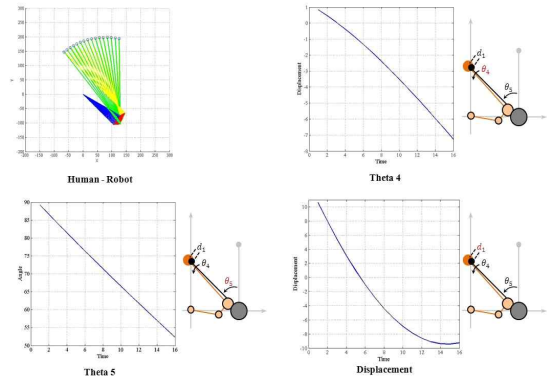


Fig. 5 Result of Human-Robot Displacement during Adduction Motion in Horizontal plane.

### 4. 결론

본 연구를 통해 사람과 로봇의 동작영역을 확인할 수 있었고, 그 동작영역을 표현하기에 해부학적으로 문제가 없는지 분석할 수 있었다. 이러한 분석은 작업 목적에 맞는 상지 외골격 로봇을 설계하기 위한 설계지표로 사용될 수 있으며, 로봇과 사람 사이에서 발생하는 변위를 기구적 방법과 제어방법을 이용하여 보상할 수 있음을 알 수 있었다.

### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020938). 본 연구는 'Seoul R&BD Program(PA100077)'의 지원을 받아 수행하였음.

### 참고문헌

1. Tobias Nef, Robert Riener, "Shoulder Actuation Mechanisms for Arm Rehabilitation Exoskeleton," 2nd Binenial IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biochatronics Scottsdale, 862-868, 2008.
2. Evangelos Papadopoulos, Geogios Patsianis, "Design of an Exoskeleton Mechanism for the Shoulder Joint," 12th IFToMM World Congress, 1-6, 2007.
3. 고광진, 김규정, 서아름, 장혜연, 한정수, 한창수, "사용자의 작업 목적에 따른 작업 영역 분석 및 관절 자유도 결정에 관한 연구," 951-952, 2011.