

# 부하보조용 상지관절 메커니즘의 힘 제어에 관한 연구 A Study of Force Control for Upper-limb Power Assist Mechanism

\*윤덕원<sup>1</sup>, #한창수<sup>2</sup>, 장혜연<sup>1</sup>, 한정수<sup>3</sup>

\*D. W. Yun<sup>1</sup>, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)<sup>2</sup>, H.Y. Jang<sup>1</sup>, J. S. Han<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>2</sup>한양대학교 로봇공학과, <sup>3</sup>한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Upper-limb, Power Assist, Force Control, Damped Least Square

## 1. 서론

로봇기술의 발전으로 사람의 모습과 기능을 모방하고 사람이 하는 다양한 작업들을 수행할 수 있는 인간형 로봇들이 개발되고 있다. 하지만 이러한 인간형 로봇은 인간의 실생활과 같은 사람의 빠른 판단을 요구하거나 다양한 환경변화가 있는 산업현장에서는 그 알고리즘 연산량의 한계로 인하여 현재까지 적용하기 어려운 점이 있다. 최근에는 이러한 문제의 대안으로 사람의 기능을 그대로 이용하고 로봇의 큰 힘을 이용할 수 있는 착용형 외골격 로봇의 개발이 활발해지고 있다<sup>1-4</sup>.

이러한 외골격 로봇 중 상지 외골격 로봇은 크게 2 가지 형태로 분류할 수 있다. 하나는 다루고자 하는 물체를 로봇에 부착하여 로봇의 큰 힘을 이용하는 ‘근력증강로봇’의 형태가 있고 다른 하나는 사람이 다루고자 하는 물체를 들고 로봇이 사람의 팔에 힘을 가해주는 ‘근력지원로봇’의 형태가 있다.

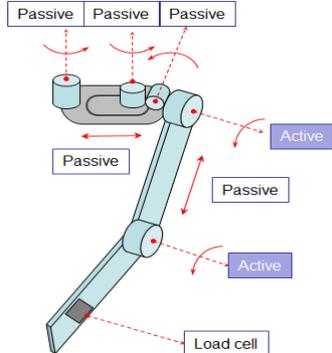


Fig. 1 Conceptual Design of Exoskeleton for Upper-limb Power Assist Robot

본 논문에서는 근력지원형태의 2 자유도 로봇의<sup>5</sup> 사용자 의도 파악을 위한 알고리즘과 효과적으로 근력을 지원해 주기 위한 힘제어에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 사용자 의도 파악 알고리즘

본 연구의 대상이 되는 외골격 로봇은 사람이 로봇을 착용하면 사람과 로봇 사이에 힘을 측정할 수 있는 센서를 사용하였고 사람이 조작하고자 하는 물체를 잡게 되므로 조작하고자 하는 물체의 중량과 사람의 동작 의도를 분해하는 알고리즘이 필요하다.

센서에 입력되는 신호는 사람의 동작 의도와 사람이 조작하는 물체의 중량이 포함되어 있다. 만약 물체의 무게가 일정하다고 가정하면 가상의 부하보조를 위한 힘을 설정할 수 있다. 이 가상의 힘을 로봇의 기구학을 이용하여 센서 신호에서 제거하면 순수한 사용자의 의도를 파악할 수 있다.

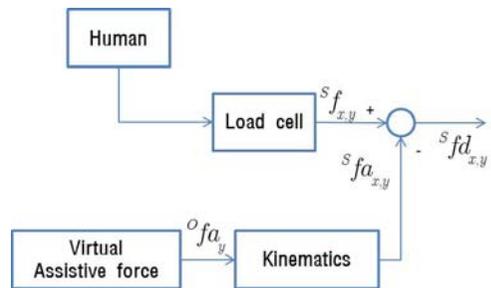


Fig. 2 Conceptual Design of Exoskeleton for Upper-limb Power Assist Robot

### 3. 부하보조를 위한 힘 제어

분리된 사용자의 의도를 이용하여 로봇을 구동하기 위해서는 힘 제어를 수행한다. 힘 제어를 수행하기 위하여 로봇 시스템의 기본적인 동역학적 모델을 수립하였고 이를 바탕으로 위치 제어를 설계 하였다. 사용자의 의도를 기반으로 위치 제어를 수행하기 위해서는 역기구학 방정식이 필요하다. 수식적인 역기구학 방정식은 로봇의 작업공간외의 영역에 사용자의 이동 의도가 있을 경우 기구학적 특이점 때문에 구할 수 없는 경우가 발생한다. 이를 극복하기 위해서 본 논문에서는 감쇄최소자승법을 이용하여 이를 극복하고자 하였다.

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = J^T (JJ^T + \lambda^2 I)^{-1} \bar{e} \quad (1)$$

$\theta$  : Configuration

$J$  : Jacobian of robot system

$\bar{e}$  : User intention

사용자 의도파악 알고리즘에서 사용자의 이동 의도 벡터를 감쇄최소자승법을 이용한 역기구학 식에 적용하여 위치제어 입력으로 사용한다.

부하보조 로봇의 효과를 확인하기 위해 사람의 근 피로를 증가할 수 있는 운동형태를 정의하여 로봇을 사용할 때와 사용하지 않을 때의 근전도 신호 측정을 하였다. 3 명의 피험자를 1~3kg 의 물체를 장시간 이동시키는 실험을 수행하였으며 로봇을 사용할 경우 사용하지 않을 때보다 약 60% 근활성도 저감효과를 확인 하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 상지부하보조를 하기 위한 로봇을 이용하여 일정한 부하를 다루는 사람의 동작의도를 파악하기 위한 방법을 제시 하였으며 감쇄최소자승법을 이용한 역기구학 으로 로봇의 위치제어를 하였다. 이의 효과를 확인하기 위해 사용자의 근전도 신호 측정을 하였으며 부하보조 로봇을 사용할 경우 사용자의 근 부담이 감소되는 것을 확인하였다.

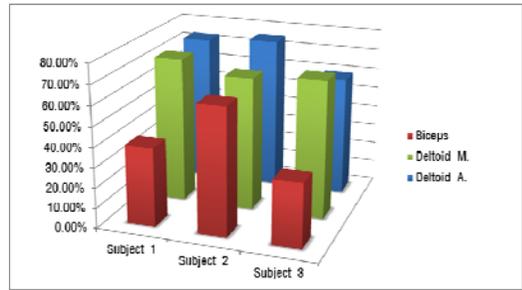


Fig. 3 Experimental Result of Muscle Activity

### 후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업과 (No. 2010-0020487) 지식경제부 및 정보통신 산업 진흥원의 고기능 로봇 매니플레이션 연구 센터(NIPA-2012-H1502-12-1002)의 지원을 받아 수행된 연구임

### 참고문헌

1. E. Cavallaro, J. Rosen, J. C. Perry, S. Burns, and B. Hannaford, "Hill-based human arm kinematics and dynamics during daily activities—Toward a 7 DOF upper limb powered exoskeleton," in Proc. 12th Int. Conf. Adv. Robot. ICAR, Jul., pp. 532–539, 2005
2. T. Nef, M. Mihelj, G. Colombo, and R. Riener, "ARMin-Robot for Rehabilitation of the Upper Extremities," in Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automat., Orlando, USA, pp. 3152–3157, 2006
3. Jang H. Y., Lee Y. S., Han C. S., Han J. S., Development of Wearable Robot for a Muscular Power Assistance of Upper Extremity, KSME, 653-654, Oct, 2009
4. Jang H. Y., Han C. S., Kim T. S., Jang J. H., Han J. S., Development of Wearable Robot for Elbow Motion Assistance of Elderly, KSME Vol.25 No.3, 141-146, March, 2008
5. 윤덕원, 한창수, 장혜연, 김규정, 한정수, "단순 반복 작업자를 위한 상지 외골격 로봇 설계", 한국정밀공학회 2012년 춘계학술대회논문집, 329-330, 2012