

# 상지 근력지원을 위한 웨어러블 로봇의 동작기법 개발 Development of the Operating Methodology of the Force Assistive Wearable Robot for Upper Limb

\*이희돈<sup>1</sup>, 유승남<sup>1</sup>, 한정수<sup>2</sup>, #한창수<sup>3</sup>

\*H. D. Lee<sup>1</sup>, S. N. You<sup>1</sup>, J. S. Han<sup>2</sup>, #C. S. Han<sup>3</sup>(cshan@hanyang.ac.kr)

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

Key words : Wearable Robot, Human Robot Interface, Command Signal, Force Assistance

## 1. 서론

일반적으로 로봇은 다양한 센서로부터 주변 환경에 대한 정보를 획득하여 계획된 알고리즘에 의해 동작된다.[1] 이러한 로봇은 예상되는 주변의 환경에 대응하는 알고리즘이 프로그래밍 되어있거나, 상황을 판단하기 위한 인공지능을 갖추어야 한다. 따라서 인공지능 분야의 발전 없이는 로봇의 개발에 한계가 있다. 이에 대한 대안 중의 하나로 최근 개발되고 있는 웨어러블 로봇(Wearable Robot)은 로봇의 인공지능부분의 자세제어, 상황인식, 동작신호 생성을 사람이 담당하면서 다양한 환경에서 착용자의 힘을 보조하는 작업을 가능하게 하는 시스템으로 알려져 있다. 주로 웨어러블 로봇은 착용자로부터 동기신호를 입력 받아 근력을 증폭해주는 용도로 제안이 되고 있으며, 인체의 관절을 모방한 외골격 형태를 띠고 있다. 현재 전 세계적으로 군사적인 목적 이외에도, 산업, 의료, 재활 등의 목적으로 활발하게 연구되고 있다[2-6]. 하지만 대부분의 시스템들은 기저부가 고정되어 있어서 사용자의 이동성을 보장할 수가 없거나 고가의 센서와 전자 장비를 다수 적용하여 시스템이 고가라는 점, 또한 일부 시스템들은 EMG 와 같은 생체신호를 동기신호로 사용하기 때문에 착용의 어려움과 신뢰성 있는 동기신호를 획득하기 힘들다는 단점들을 가지고 있다. 본 연구에서 제안하는 상지용 웨어러블 로봇 시스템은 EMG(Electromyograph)와 같은 인체 부착형 센서를 배제하고, 스트레인게이지(Strain Gauge)와 손목 고정기(Arm Brace)를 채용하여 사용자가 손쉽게 착용 할 수 있도록 고안되었으며, 인간의 팔 관절 전체를 구속하는 방식이 아닌 기저부와 말단부만을 구속하여, 복잡한 기구적 구조를 가지지 않고, 인간의 행동을 방해하지 않는 시스템을 지향하고 있다. 본 논문은 기존의 연구들에 비해 간단한 센서와 이를 이용한 동작기법을 설계함으로써 보다 현실적인 외골격 시스템을 개발하는데 목표를 두고 있다.

## 2. 사용자-로봇 인터페이스 (HRI, Human Robot Interface)

HRI 는 동기신호 생성을 위한 신호 측정과 착용의 편의성을 중점적으로 개발하였다. 착용의 편의성 및 입력의 명확성을 위해 힘 센서 기반의 시스템을 구축하였고, 스트레인게이지를 사용하여 Elbow Extension/Flexion(Elbow E/F)과 Shoulder E/F의 2 자유도 동기신호 생성을 위한 HRI 를 설계하였다.

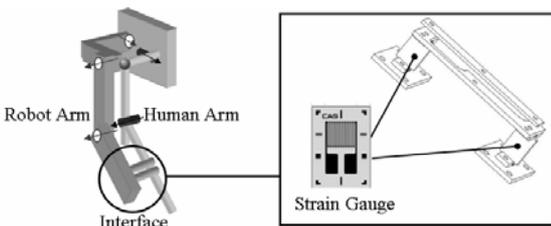
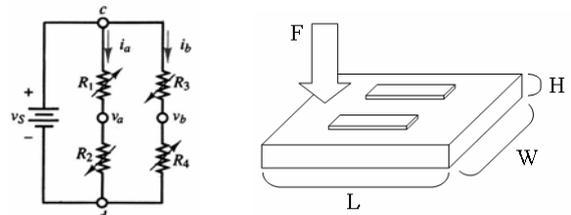


Fig.1 Concept Design of HRI

Fig.1 은 사람의 팔과 웨어러블 로봇의 기구부 사이의 인터페이스를 도시한 것이다. 사람 팔과 로봇 기구부는

손목에서 HRI의 손목 고정기에 의해서만 연결되며, 동기신호는 로봇의 기구부와 손목 고정기를 연결하는 프레임에 부착된 스트레인게이지에 의해 사람의 힘을 측정함으로써 생성되도록 설계하였다. 프레임설계에 앞서 입력 힘과 스트레인게이지의 출력과의 관계를 이용하여 설계 변수를 산출하였다. 우선 이에 앞서 증폭기의 이득과 아날로그 입력단자의 분해능을 고려하여 출력전압  $V_o$ 를 결정하고, 또한 측정하고자 하는 최소의 힘  $F$ 를 결정해야 한다. 계산식은 아래와 같다. (Fig.2)



$$v_o = v_s G \varepsilon = v_s G \frac{6LF}{WH^2E} = \frac{6v_s GL}{WH^2E} F = kF$$

$\varepsilon$ : strain G: Gauge Factor E: Elastic Modulus k: Calibration Constant

Fig.2 Calculation of design parameter

위의 식을 통해 계산된 스트레인게이지는 각 자유도 별로 1set(2 개)이 위아래로 부착되며 본 시스템에서는 2 자유도의 동작 패턴(Shoulder E/F, Elbow E/F)을 만들어 내기 위해 위의 스트레인게이지 1set 을 병렬로 두 개 배치하였다.

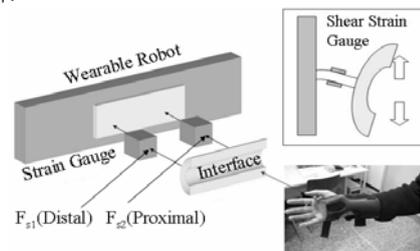


Fig.3 Arm Interface for Input of Command Signal

위의 개념을 바탕으로 Fig.4 와 같이 HRI 를 제작하였다.

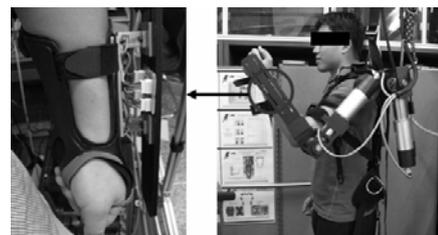


Fig.4 Human-robot interface

## 3. 동기신호 생성기법 개발

인간의 의지와 그에 따른 행동을 로봇이 어떻게 추종하며 근력을 지원해 줄 것인가는 웨어러블 로봇의

개발에 있어 중요한 부분 중 하나이다. 본 연구에서는 사용자의 입력신호를 패턴화하여 로봇을 구동하는 기법을 제안한다. Fig.5 는 이러한 개념을 도시한 것으로, 각각의 센서 쌍에 의해 측정되는 힘은 로봇 팔과 사람 팔 사이의 상대적인 동작에 의해 발생하는 힘으로서, 각 센서 쌍에 입력되는 힘의 방향과 크기 차이에 의해 총 8 가지 경우의 수를 만들어 낼 수 있다.

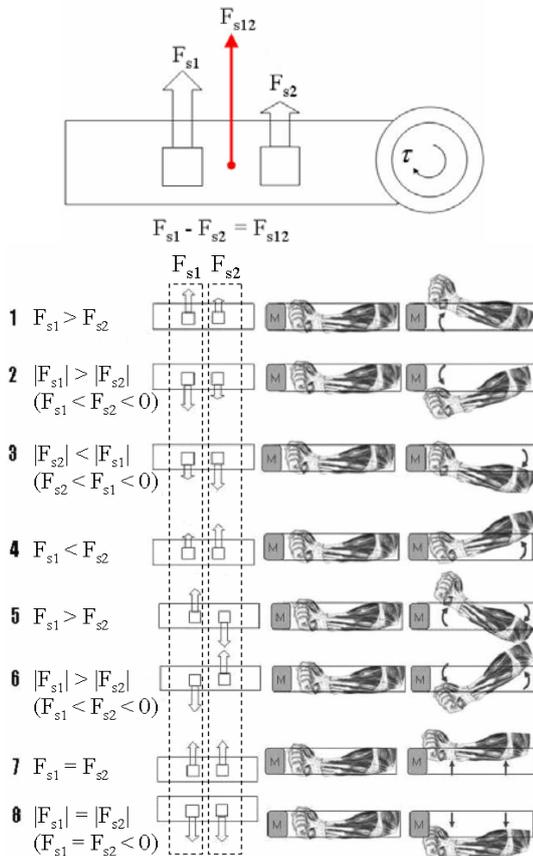


Fig.5. Patterns for force assistance of the upper limbs

실험에서는 위의 패턴들 중에서 4 가지 신호 패턴만을 사용하였다. Fig.6 은 사용자의 동작패턴과 각 관절의 모터출력 사이의 관계를 도시하고 있다. Fig.6 (a)에서 Case 1 은 Shoulder Flexion, Case 2 는 Shoulder Extension, Case 3 은 Elbow Flexion, Case 4 는 Elbow Extension 동작 시 힘의 입력을 통해 발생한 패턴이다. Fig.6 (b) 는 (a)의 패턴 입력 시 Wearable 로봇의 각 관절을 동작시키기 위한 모터의 출력을 나타낸다.

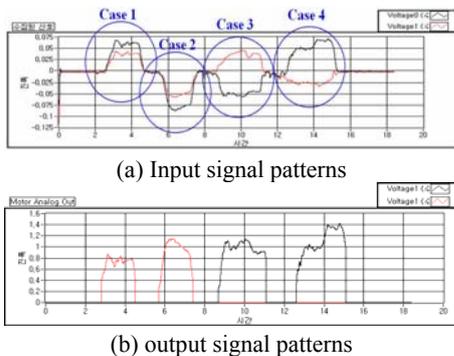


Fig.6 Signal pattern of Wearable Robot

위와 같이 생성된 로봇 동작을 위한 동기신호는 2 채널의 아날로그 신호의 형태로 제어시스템에 입력되고, 이 신호를 사용하여 모터의 방향 선택 및 모터의 속도설정을 위한 신호를 출력한다.

#### 4. 결론

본 연구는 착용형 근력지원 로봇의 개발을 위한 선행연구로 인간과 로봇의 인터페이스 및 동작기법을 제안하였다. 착용하기 편리한 인터페이스를 설계하였고, HRI System 을 이용하여 Elbow E/F 과 Shoulder E/F 동작 시 발생하는 동기신호를 생성하고 실제 시스템을 구동하였다. 실제 시스템을 이용한 반복 측정 결과, 제안한 인터페이스 및 센서를 통해 생성되는 동기신호는 유사한 경향을 가지는 신호임을 확인할 수 있었다. HRI System 실험을 바탕으로 Elbow E/F, Shoulder E/F 근력 지원 시스템을 구성하여 5kg 의 중량물을 핸들링 하였다. (Fig.7)

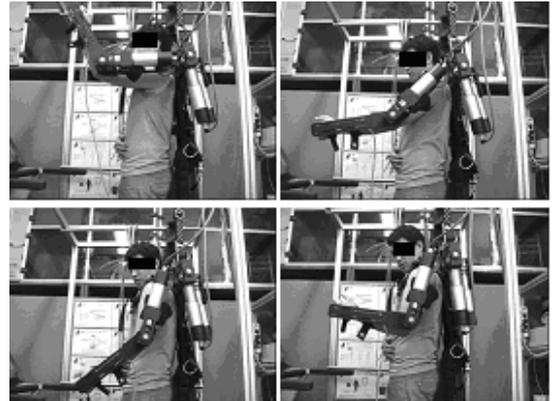


Fig.7 Action with the command signal test

로봇의 동기신호를 입력 힘의 패턴으로 생성하기 때문에 착용자는 패턴에 대한 훈련이 다소 필요하였다. 향후에는 본 연구를 토대로 Shoulder Ab/Ad (Abduction/Adduction)동작 기능을 추가하여 양팔 6 자유도의 근력 지원이 가능한 웨어러블 로봇 시스템을 구축할 계획이다.

#### 후기

이 논문은 2006 년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (KRF-2006-511-D00027)

#### 참고문헌

1. Mckerrow, P.J, "Introduction to Robotics", Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 1998.
2. Yoshiyuki Sankai, "Leading Edge of Cyernics: Robot Suit HAL", SICE-ICASE International Joint Conference 2006, pp.1-2, 2006.
3. Kazuo Kiguchi, Shingo Kariya, Keigo Watanabe, Kiyotaka Izumi, and Toshio Fukuda, "Fuzzy-Neuro Control of an Exoskeletal Robot for Human Elbow Motion Support", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp.3668-3673, 2001.
4. Keijiro Yamamoto, Kazuhito Hyodo, Mineo Ishii, and Takashi Matsuo, "Development of Power Assisting Suit for Assisting Nurse Labor", JSME International Journal, Series C, Vol.45, No.3, pp.703~711, 2002.
5. Yoji Umetani, Yoji Yamada, Tetsuya Morizono, Tetsuji Yoshida, and Shigeru Aoki, "Skil Mate, Wearable Exoskelton Robot", 1999 IEEE International Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp.984-988, 1999.
6. H. Kazerooni and S. L. Mahoney "Dynamics and Control of Robotic Systems Worn by Humans", Proceedings of the 1991 IEEE International Conference on Robot and Automation, pp.2399-2405, 1991.