

인체 상지근력 지원을 위한 착용형로봇 개발 - Part II. 명령신호 생성

Development of Force Assistive Wearable Robot for Upper Limb

- Part II. Generation of Command Signal

*이희돈¹, 유승남¹, 이승훈¹, 한정수², #한창수³

*H. D. Lee¹, S. N. You¹, H. D. Lee¹, S. H. Lee¹, J. S. Han², #C. S. Han³ (cshan@hanyang.ac.kr)

¹ 한양대학교 기계공학과, ² 한성대학교 기계시스템공학과, ³ 한양대학교 기계정보경영공학부

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

1. 서론

최근 사람의 일상생활을 돕기 위한 로봇연구가 활발히 진행되고 있다. 사람은 움직이거나 일을 하기 위해 근력을 사용하며, 무거운 물체를 들거나 반복적인 동작에 의해 사람은 피로감을 느끼게 된다. 따라서 사람의 근력을 지원하기 위한 여러 가지 방법의 연구가 진행되고 있으며, 이러한 연구의 일환으로 착용형 로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 착용형로봇 개발에 있어 사람의 동작신호 측정 및 로봇의 동작을 위한 명령신호 생성기법은 중요한 부분이 되었다.

사람의 동작신호는 측정하는 센서의 종류와 부착 위치에 따라 신호의 형태가 다르며, 크게 힘 신호기반 시스템과 생체신호기반의 시스템으로 분류할 수 있다. 생체신호기반의 시스템은 츠쿠바대학교의 HAL[1]을 들 수 있으며, 힘 신호기반의 시스템은 버클리대학의 BLEEX[2]를 예를 들 수 있다. 측정하는 센서의 종류에 따라 사람과 로봇 사이의 신호처리 순서가 다르며 센서의 종류에 의해 최종작업 주체가 결정되어진다. 생체신호기반의 시스템은 최종작업의 주체가 사람이라는 장점이 있다. 하지만 센서의 부착위치와 사람에 따라 신호가 다르다는 단점을 가지기 때문에 신호처리가 힘들다는 단점을 가진다. 반면에 힘 신호기반의 시스템은 신호측정 및 처리가 용이하다는 장점이 있지만 작업주체가 로봇이라는 단점을 가진다[3]. 본 연구에서는 착용의 편의성이라는 관점에서 힘 센서 신호기반의 시스템을 구축하고, 측정된 힘 신호의 크기와 방향을 사용하여 착용형 로봇을 구동하는 명령신호 생성기법을 제안한다.

2. 명령신호 생성 개념설계

착용형로봇의 HRI(Human-Robot Interface)는 시스템의 특성상 사용자의 목적에 특화된 설계가 되어야 한다[4]. 따라서 로봇 명령신호 생성에 앞서 착용형 로봇의 동작을 정의하였다. Fig.1은 일상생활에서 사람이 물건을 들 때 많이 사용하는 동작을 나타낸 것이며 본 연구에서는 Elbow E/F과 Shoulder E/F 동작 시 근력지원을 목적으로 사람의 힘을 측정하여 로봇의 명령신호를 생성한다.



Fig.1 Task definition of upper limb motion for force assistance

Fig.2는 HRI에서 2축 힘 센서를 사용하여 사람 팔의 동작 시 로봇사이에서 발생하는 상대적인 힘을 측정하는 개념을 나타낸 것이다. 로봇을 착용한 사람이 팔을 동작하게 되면 사람과 로봇사이의 상대적인 힘이 발생하게 되고 손목 인터페이스에 장착된 힘 센서에서 이 신호를 측정할 수 있다. 사람이 움직이는 동안에는 힘의 방향과 크기는 다르지만 사람과 로봇사이의 힘은

연속적으로 발생하며, 이 신호를 사용하여 로봇이 움직여야 할 말단부(End-Effector, E.E.)의 위치 생성을 위해 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- ① 힘의 크기는 사람의 동작 의지의 강도이다.
- ② 힘의 방향은 사람이 움직이고자 하는 목표점의 방향이다.

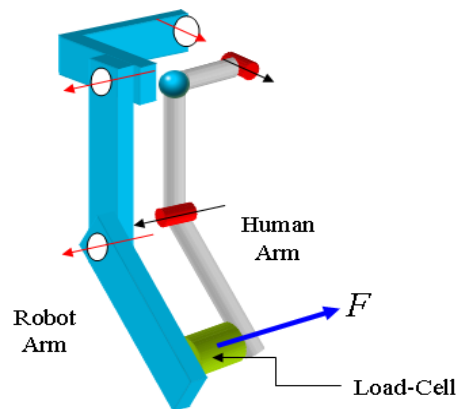


Fig.2 Measurement of input force using the 2-Axis load-cell

3. 힘 입력에 의한 명령신호 생성

로봇의 명령신호는 위치제어를 위한 각 관절의 각도 값으로 주어지며 현재 말단부의 위치 값은 로봇에 부착되어진 엔코더를 통해 측정된 관절의 각도 값을 기구학적인 방법을 통해 계산한다. Fig.3은 사람팔의 동작에 의해 로봇에 입력되는 힘을 사용하여 로봇의 말단부가 시작점 P에서 목표점 P'의 위치까지 이동하기 위해 계산되어야 하는 벡터의 개념을 도식화한 것이다.

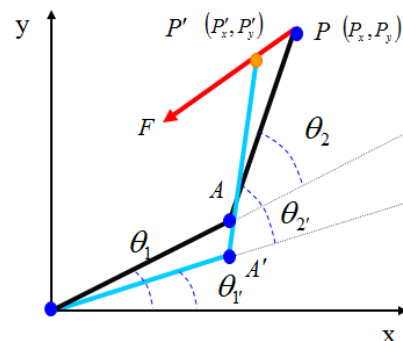


Fig.3 Concept of the end-effector position calculations must move from the current position

현재 로봇 말단부의 위치에서 힘 센서로 측정된 힘의 크기와 방향을 가진 벡터로 표현할 수 있다. 로봇의 P위치에서 입력된 힘 벡터 상의 로봇이 움직여야할 P'의 위치를 생성할 수 있다. 힘 센서에서 측정된 힘 F는 x, y 평면상의

힘 벡터로 표현되어지며, 이 벡터를 표현하기 위해 현재 로봇말단부의 위치 P에서의 로봇자세에 대한 정보가 필요하다. 이를 위해 엔코더를 사용하여 현재 로봇의 각 관절의 각도를 측정하고, 이 정보를 사용하여 현재 로봇의 말단부의 위치를 계산하였다. P의 위치는 아래와 같은 방법으로 계산되어진다.

$$P'_x = P_x \cdot k_x \cdot F_x \tag{1}$$

$$P'_y = P_y \cdot k_y \cdot F_y \tag{2}$$

위 식에서 k는 힘 벡터를 위치 값으로 변환하기 위한 계수이며, k는 $\Delta P (\Delta P = P' - P)$ 의 크기와 밀접한 관계를 가지며, 이는 실험에 의해 구해진다. k가 증가할수록 ΔP 가 커지게 되는데 이는 제어기가 한번 연산 시 로봇이 동작해야 할 거리가 커짐을 의미하며, 결과적으로 k는 샘플링 시간 (Sampling time)과 제어기의 연산속도에 의해 제한된다[5].

로봇의 Elbow E/F과 Shoulder E/F동작을 위한 명령신호 생성을 위해 아래와 같이 P'의 값을 역기구학 해석을 통한 관절각도로 변환하였다. 이 신호는 로봇의 위치제어기의 명령신호로 사용되며 로봇은 사람팔의 동작을 추종하며 작동하게 된다.

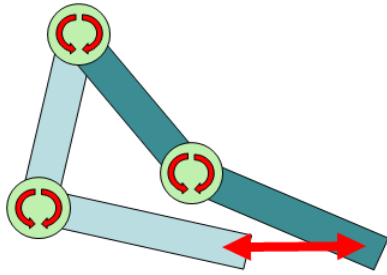
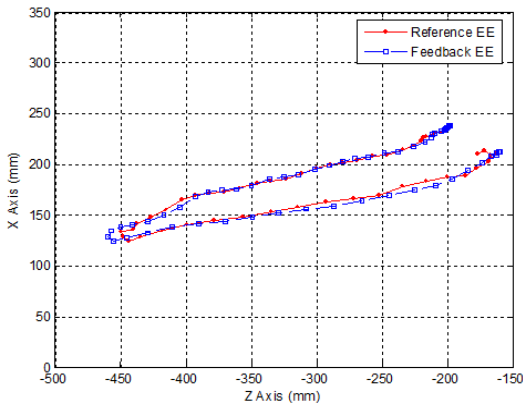
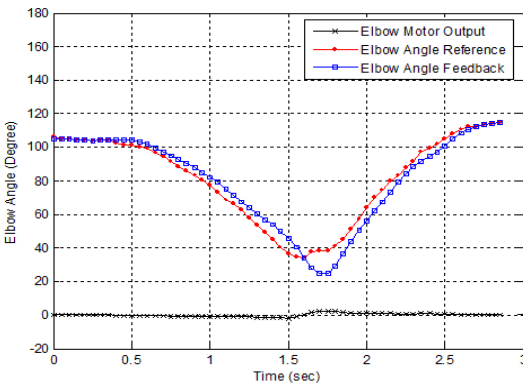


Fig.4 Human motion for the following capability experiment

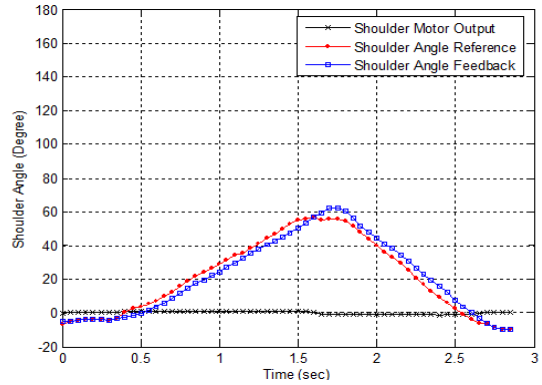
위와 같은 방법으로 생성된 명령신호를 검증하기 위한 방법으로 Fig.4와 같이 사람이 동작하였을 때 사람 팔에 대한 착용형로봇의 추종성능을 실험하였다.



(a) Trajectory of E.E.



(b) Joint Angle of the elbow E/F



(c) Joint angle of the shoulder E/F
Fig.5 Command signal generation

Fig.5의 (a)는 사람이 Fig.5의 동작 시 생성된 로봇말단부의 위치를 나타낸 것이고, (b)와 (c)는 로봇의 Elbow E/F와 Shoulder E/F 동작을 위한 각 관절의 명령신호를 생성한 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 착용형로봇 개발을 위한 명령신호 생성기법을 제안하였다. 명령신호 생성을 위하여 힘 신호기반의 HRI를 제작하였으며 사람 팔이 동작할 때 사람과 로봇 사이에서 발생하는 힘을 측정하여 로봇의 말단부가 움직여야 할 위치를 생성할 수 있었다. 또한 로봇 역기구학을 사용하여 관절의 회전 값으로 변환한 명령신호를 위치제어기의 입력으로 사용하였다. 또한 사람 팔이 직선 경로를 따라 동작할 때 생성되는 로봇 말단부의 경로와 각 관절의 각도 값을 비교함으로써 생성된 로봇 명령신호의 타당성을 검증하였다. 그 결과 생성된 명령신호를 사용하는 로봇은 사람 팔의 동작을 추종하며 동작함을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 한국 산업 기술재단(06-최-50) "근력지원용 모듈형 서비스 로봇 기술 개발" 과제 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Yoshiyuki Sankai, "Leading Edge of Cyernics: Robot Suit HAL", SICE-ICASE International Joint Conference 2006, pp.1-2, 2006.
2. H. Kazerooni, Ryan Steger and Lihua Huang, "Hybrid Control of the Berkely Lower Extremity Exoskeleton(BLEEX)", The International Journal of Robotics Research Vol. 25, No. 5-6, pp.561-573, May-June, 2006
3. 이희돈, 유승남, 한정수, 한창수, "상지 근력지원을 위한 웨어러블 로봇의 동작기법 개발," 한국정밀공학회지 춘계학술대회, pp.35-36, 2007
4. Julie A. Adams "Critical Considerations for Human-Robot Interface Development", 2002 AAI Fall Symposium: Human Robot Interaction Technical Report, pp.1-8, 2002
5. Hirokazu Seki and Susumu Tadakuma "Minimum Jerk Control of Power Assisting Robot Based on Human Arm Behavior Characteristic", 2004 IEEE International Conference on Systems: Man and Cybernetics, pp.722-727, Hague, Netherlands, October 10-13, 2004