

상지거동 지원을 위한 착용형 로봇의 동작의도 신호 생성기법 개발 Development of Intent Signal for Assistive Wearable Robot of the Upper Extremities

*홍성준¹, 이영수², 장혜연², 장재호², 한정수³, #한창수⁴

*S. J. Hong¹, Y.S.Lee², H.Y.Jang², J.H.Jang², J.S.Han³, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)⁴

¹ 한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 기계공학과, ³한성대학교 기계시스템공학과, ⁴한양대학교 기계정보경영공학부

Key words : Wearable Robot , Force sensor , Intent signal

1. 서론

착용형 로봇은 인간과 로봇의 협업 시스템으로서 외골격 형태의 로봇을 인간이 착용함으로써 인간의 행동을 보조하거나, 인간이 기존에 사용할 수 있는 근력을 증폭시켜주어 인간이 좀 더 많은 일을 수행할 수 있게 한다. 대표적인 연구로서 특정한 환경에서 인간의 기계적인 힘을 증폭시켜 주는 Kazerrooni의 BLEEX를 1990년부터 지속적으로 연구되어 지고 있다. 또한 약자들이 스스로 걷고 무거운 물건을 들 수 있도록 보조하는 일본의 HAL (Hybrid Assist Leg)이 개발되었다. 이러한 착용형 로봇은 여러 가지 센서로 사람의 의지를 입력받아 구동되어 진다. Kazerrooni의 BLEEX는 힘 센서(Force sensor)를 사용하였으며, 인간이 직접 센서에 외압을 작용하여, 그 압력으로부터 명령을 받아 액츄에이터가 큰 힘을 내게 하는 것이다. 힘 센서의 경우 움직임려는 자유도 방향 각각에 상응하는 센서가 존재해야 한다는 단점이 있다. HAL은 근전도(EMG Signsl) 센서를 사용하였다. 근전도 센서의 경우 로봇의 자유도와 구현해야 할 패턴이 많아질수록 더 많은 전극을 몸에 알맞은 부위에 부착하여야 하는 어려움이 있다. 본 연구에서는 동작의도 신호 생성 센서를 힘 센서로 하고 로봇의 설계적인 특징을 이용하여 센싱 시스템의 간소화와 더 많은 자유도를 구현하도록 하는데 그 목적이 있다.

2. Design of Robot System

2.1 Robot System of Elbow part

팔꿈치 관절의 구동은 1자유도만을 고려하였다. Extension / Flexion의 동작을 구현할 수 있도록 하였으며, 구동부를 보조기에 부착하여 원활한 움직임과 착용성을 향상시켰다. 팔꿈치의 ROM (Range of Motion)을 고려하여 관절의 움직일 수 있는 최대각인 145°보다 안전할수 있도록 로봇은 120°의 관절각을 가질 수 있도록 디자인 하였다.



Fig.1 Robot System of Elbow part

2.2 Robot System of Shoulder part

인간의 어깨관절은 볼&소켓 (ball & Socket) 조인트의 형태와 가장 유사하며, 3자유도의 회전 중심축이 일치함으로 하나의 동작을 위해 3자유도의 조인트가 독립적으로 각각 움직여야 자연스럽다. 3자유도의 외골격 회전중심축을 어깨 조인트 회전 중심축과 일치하도록 설계하였으며, 거동의 편의성을 위해 어깨를 감싸는 형태로 설계하였다.

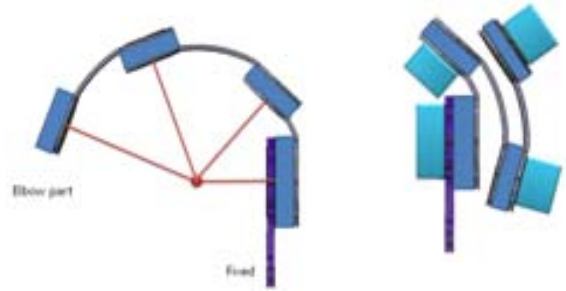


Fig.2 Robot System of Shoulder part

3. intent signal generation for the wearable robot

3.1 Force sensor for Elbow part

Extension/Flexion 동작을 구현하는 Elbow part 구동을 위한 센서로 1축 load-cell force sensor를 사용하였다. 팔꿈치의 pronation/supination은 다른 움직임에 영향을 주지 않으므로 보조기와 같은 움직임인 1자유도의 동기신호가 필요함으로 위로 올리려는 의도와 아래로 내리려는 의도의 입력이 가능한 1축 Load-cell만으로 Elbow의 거동을 지원받도록 하였다.

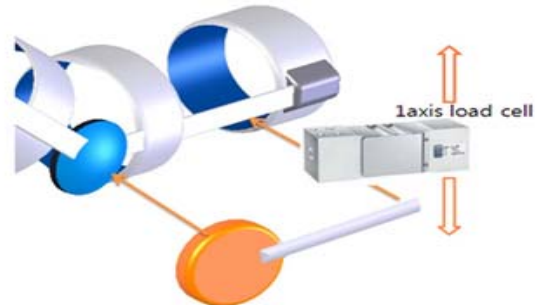


Fig.3 Force sensor for Elbow part

3.2 Force sensor for Shoulder part

3자유도의 어깨관절 움직임을 로봇이 구현하기 위해서는 각각의 자유도의 방향으로 사람의 의지를 입력 받을 수 있는 힘 센서가 필요하다. 그러나 이번 연구에 사용된 로봇의 특성을 이용하여 2축의 입력신호만으로 3자유도를 구현할 수 있도록 하였다.

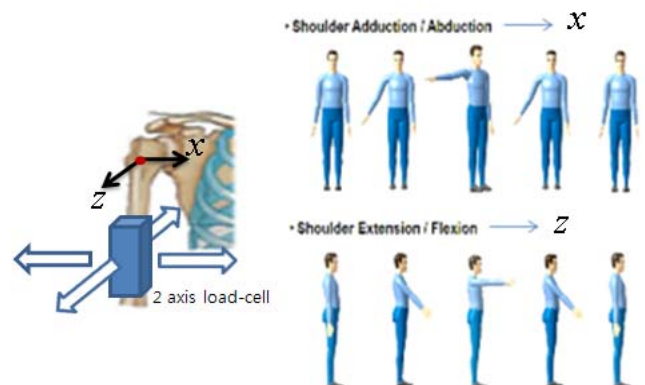
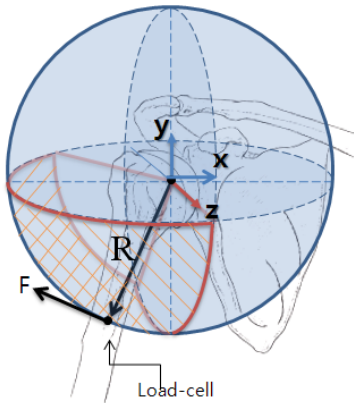


Fig.4 Force sensor for Shoulder part 175

어깨를 감싸고 있는 조인트들의 축이 한 점에서 일치하는 A포인트가 존재하며, force sensor가 위치하는 B포인트를 End-Effector로 놓는다면 결국 End-Effector는 A포인트와 B포인트의 거리 R을 반지름으로 하는 구의 표면에 항상 존재한다는 점을 이용하여 2축의 force sensor로 3자유도 모션을 구현할 수 있다.

4. Design of Controller

Elbow part의 의지 입력에 대한 제어 로직은 간단하다. 올리려는 힘의 의지를 입력하면 load-cell에서 출력 되는 값이 정방향 회전과 역방향 회전을 내리는 논리로 인하여 Elbow part의 거동을 지원하는 Controller를 설계할 수 있다. Shoulder part는 로봇의 상박부분과 보조기 사이에 위치하는 2축 load-cell이 사람의 동작의도를 입력받는다. 사람과 로봇 사이에 발생하는 힘을 측정하여 동작의도 신호를 생성할 수 있다. 어깨관절 기준에 설정해 놓은 좌표와 같이 어깨 관절이 Abduction/Adduction 운동시에 입력되는 힘 X와 어깨관절이 Extension/Flexion 운동시에 입력되는 힘 Z에 실험을 통해 얻는 K라는 계수를 곱하여 동작의도 신호 dx,dz 를 생성한다. dx,dz는 힘 신호의 크기와 방향성분의 분석으로 생성된 End-Effector가 가고자 하는 각축의 미소 변화량이다. End-Effector의 위치는 어깨관절 회전 점에서 항상 R만큼 떨어진 위치에 있기에 두 축의 미소 변화량과 아래 식을 통하여 dy 를 산출할 수 있다.



$$x_0 + dx = x$$

$$z_0 + dz = z$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$y = \sqrt{R^2 - (x^2 + z^2)}$$

$$y - y_0 = dy$$

Fig..5 dy generate function

dx.dy.dz는 로봇 구동 전 초기의 End-Effector 위치에 합산되어 End-Effector의 최종 Goal-position을 유도할 수 있으며, 이렇게 유도된 End-Effector의 Goal-position의 좌표 값은 inverse kinematic을 통하여 각 조인트가 움직여야 하는 각도 값을 산출한다. 각 조인트가 끝 포인트로 움직인 각도 값과 엔코더 값에서 읽어드린 현재의 각도 값의 오차 값을 추종해가는 position control을 하였다.

5. Experiment & Conclusions

힘 센서로 만들어지는 동작의도 신호로 로봇을 구동 하였을때 사람이 움직이고자 하는 방향과 크기에 맞게 로봇이 구동되는지를 실험을 통하여 증명해 보았다. 2축 Load-cell로 입력되는 Fx,Fy 2개의 값으로 생성한 dx,dy,dz 값과 로봇의 position값을 그래프로 비교하였다 일상생활에서 가장 많이 사용하는 물마시는 동작을 특정 동작으로 설정한 후 실험을 수행하였다. 아래 그래프가 그 결과 값들이다. 로봇의 position이 intent signal의 경향에 따라 움직이는 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 생성한 동작의도 신호로 인하여 조금의 힘으로 움직임을 의지만 입력하여 로봇에게 거동을 지원받을 수 있음을 확인하였다. 이와 같은 착용형 로봇 기술의 발전은 노인이 스스로 생활할 수 있게 함으로서 노약자들의 삶을 윤택하게 할뿐 아니라 많은 행동 제약으로부터 해방시켜 줄 것이다.

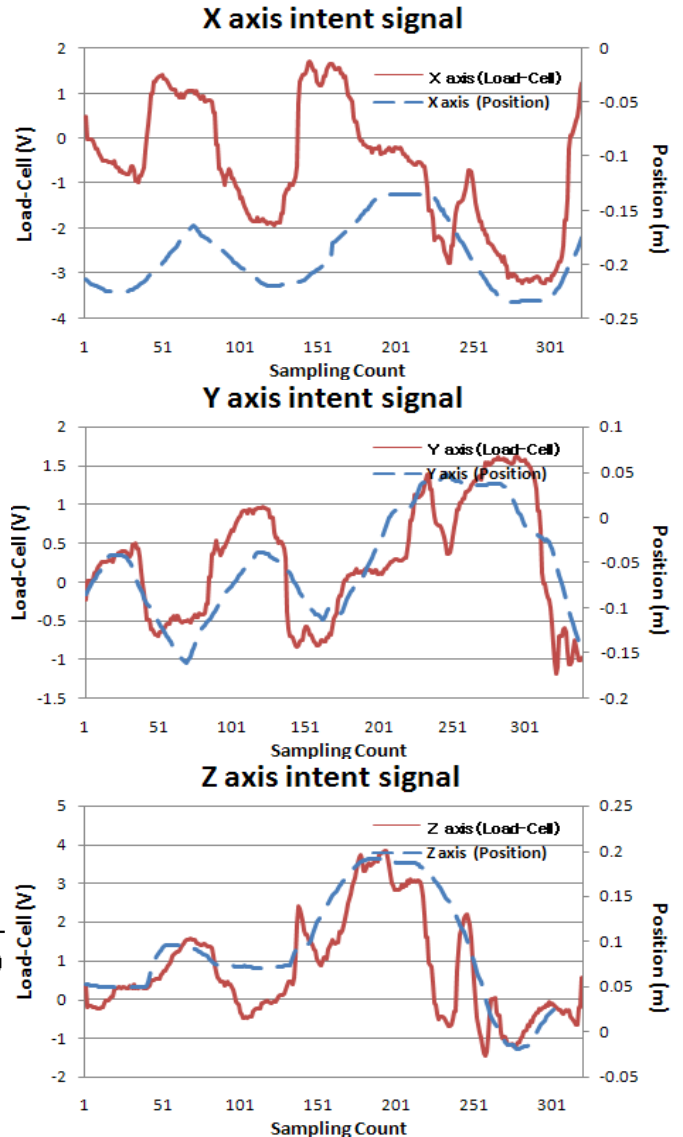


Fig..6 Each axis intent signal (Load-Cell Value) & Real position (Encoder Value)

후기

위 사업은 'SEOUL R&BD PROGRAM'의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. Kazuo Kiguchi, Mohammad Habibur Rahman and Takefumi Yamaguchi, "Adaptation Strategy for the 3DOF Exoskeleton for Upper-Limb Motion Assist", international Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005, pp. 2296-2301
2. Joel C. Perry, Jacob Rosen, "Design of a & Degree-of-Freedom Upper-Limb Powered Exoskeleton", International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, 2006
3. Craig Carignan Michael Liszka, Stephen Roderick, "Design of an Arm Exoskeleton with Scapula Motion for Shoulder Rehabilitation", International Conference of Advanced Robotics 12th, 2005, pp. 524-531
4. Wusheng Chou, Tianmiao Wang, Jing Xiao, "Haptic Interaction with Virtual Environment Using an Arm Type Exoskeleton Device", International Conference on Robotics, 2004