

뇌졸중 환자를 위한 도움시스템의 모터제어 Motor Control of Assistance System for Patients After Stroke

*정옥진^{1,2}, *김래현², 박완주², 정지희², 강하길², 권규현²

*W. J. Jeong¹, *L. H. Kim(laehyunk@kist.re.kr)², W. J. Park², J. H. Jung², H. G. Kang², G. H. Kwon²
¹한양대학교 기계공학부, ²한국과학기술연구원 바이오닉스연구단

Key words : Patients After Stroke, Shared Control

1. 서론

과거 뇌졸중 후 회복은 물리치료사가 전담하였으나, 비용이 많이 들고 치료사의 능력에 따라 재활의 효율이 크게 좌우되었다. 현재에는 이를 로봇으로 대체하기 위한 시도가 이루어지고 있으며 로봇을 이용한 재활이 전통적인 재활 방법에 비해 떨어지지 않고, 때에 따라서는 더 나은 결과를 보이는 논문들도 발표되고 있다[1]. 로봇을 이용한 재활치료는 기능성 게임과 연동시켜 환자가 관심 및 집중을 가질 수 있게 하며, 짧은 시간에도 큰 효과를 볼 수 있다[2].

현재 개발된 재활 로봇에는 Hocoma사의 Armeo 가 있으며[3], Manus[4], MIME[5]과 같은 로봇들도 개발되고 있다. 소개한 로봇들은 재활 효율을 높이기 위해 다양한 재활 모드가 있으며, 물리치료사의 재활훈련을 모사하여 능동모드(환자가 스스로의 힘으로 로봇을 움직일 때의 제어)와 수동모드(로봇이 환자를 움직이게 할 때의 제어)로 나뉘었다[6]. 본 논문에서는 재활 로봇에서 기존에 사용했던 모드 외에 새로운 패러다임인 협업제어를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 패러다임을 뇌졸중 환자 상지의 내전/외전 운동에 대한 재활 시스템에

적용하여 소개한다.

2. 시스템구성

본 시스템은 상지 재활 도움 시스템으로 제어장치와 모터, 손잡이로 나뉜다(Fig. 1 참고). TMS320F 2801 DSP 칩을 사용하였고, DAC0800 디지털 아날로그 변환기와 최대 1.02Nm의 토크를 낼 수 있는 RE30 DC 모터를 사용하였다.

PC에는 시스템과 연동하는 기능성 플래시 게임을 개발하였고, 제어장치와 USB통신을 하며, 비상시에 대비하여 비상스위치도 만들었다.

3. 협업제어(Shared Control)

협업제어는 능동제어와 수동제어를 결합한 제어방법으로, 환자의 운동의지를 검출하여 환자의 움직임에 도와주거나 마찰을 준다.

로봇은 인코더의 위치정보를 기반으로 환자의 운동의지를 검출한다. 플래시를 기반으로 한 기능성 게임을 이용하여 환자에게 이동해야할 방향을 표시해 주고 로봇은 해당 방향으로 이동하거나 힘을 가했을 때 환자의 운동의지가 있다고 판단한다.

운동의지를 파악하여 그 방향이 옳은 방향이었을 때, 로봇은 마찰력을 준다. 마찰력은 저항력과 같이 속도에 비례하게 하여 빠르게 움직일 수 있는 환자에게는 더 큰 힘을 내게 한다. Fig. 2를 보면 0.1s ~ 0.35s 구간에서 손잡이 위치(Position of Handle)가 빠르게 움직일 경우 반응토크(Interactive Torque)의 크기가 크고, 0.75s ~ 1.5s 구간에서 느리게 움직일 경우 반응토크의 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 이는 어느 정도 재활이 이루어진 이후에도 환자의 근육운동을 도울 수 있다. 마찰력은 식(1)과 같이 구현되었다.

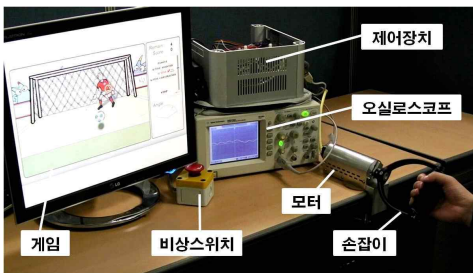


Fig. 1 1-DOF rehabilitation system and interacting the functional game

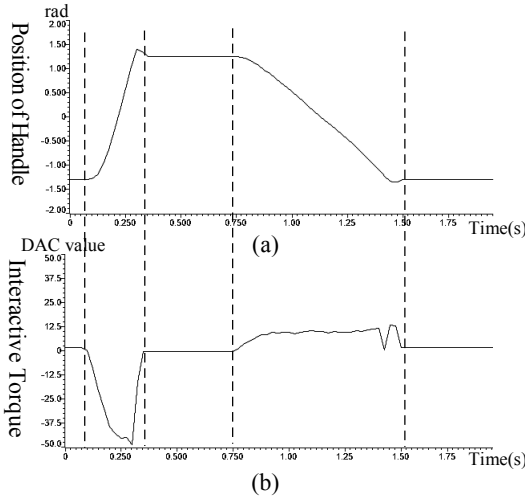


Fig 2. Interactive torque in active state

$$\begin{aligned}
 P_{curfrt}^{(n)} &= P_{pre}^{(n-1)} + (P_{now}^{(n)} - P_{pre}^{(n-1)})S_f \\
 T_R^{(n)} &= (P_{now}^{(n)} - P_{curfrt}^{(n)})L_f \\
 P_{pre}^{(n)} &= P_{curfrt}^{(n)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

P_{curfrt} 는 이전위치(P_{pre})와 현재위치(P_{now})의 차이를 보정계수(S_f)로 보정된 위치를 의미하고, P_{now} 와 P_{curfrt} 와의 차를 마찰계수(L_f)로 조절하여 반응 토크(T_R)를 계산한다.

반대로 일정시간 이상 움직이지 않거나, 목표 방향과 반대방향으로 움직일 경우에는 운동의지를 나타내지 못하는 것으로 판단하여 해당 방향으로 환자의 상지를 움직일 수 있도록 돕는다. 해당 모드에서 모터 제어하는 방법은 PID제어 방법을 적용하였다[7]. Fig. 3는 0.2s 동안 움직이지 않는 상태를 제어장치에서 인식하여 0.2s ~ 1.6s 까지 상지를 도와주기 위해 토크가 발생하고(PID제어) 그로 인해 손잡이의 위치가 목표 값에 도달하는 것을 보여준다. ROM(range of motion)이 작아 환자 자신의 힘으로 로봇을 움직일 수 없는 재활 초기의 환자들을 훈련시킬 수 있다.

4. 결론

소개한 협업 제어 모드는 재활 초기의 중증 장애 환자와 회복된 경증 환자를 모두 아울러 재활시킬 수 있는 모드이다. 기능성 플래시 게임으로 환자의 관심을 일으켜 더 집중할 수 있도록 하여 재활의 효과를 높였다. 차후에는 Multi-DOF의 시스템에서 적용할 수 있도록 개선할 계획이다.

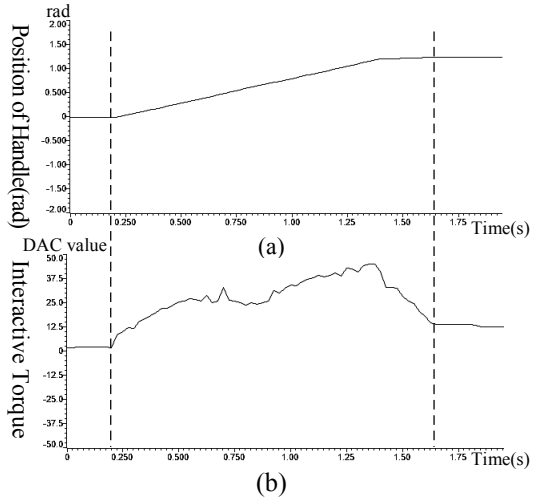


Fig 3. Interactive torque in passive state

참고문헌

- Olivier, L., Ludovic, D., et. al, "Effects of a robot-assisted training of grasp and pronation/supination in chronic stroke: a pilot study", *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **8**, 2011
- Bruce, V., Patricio, H., et. al, "Robotic Devices as Therapeutic and Diagnostic Tools for Stroke Recovery", *Arch Neurol*, **66**, 1086-1090, 2009
- Armeo, Hocoma
<http://www.hocoma.com/en/products/armeo/>
- Hermano, K., Mark, F., et. al, "Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus", *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **1**, 2004
- Peter, L., Charles, B., et. al, "MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study", *Journal of Rehabilitation Research & Development*, **43**, 631-642, 2006
- 이수한, 신규현, "상지 재활을 위한 3-D 로봇 시스템의 혼합 위치/힘 제어", *한국정밀공학회지*, **28**, 599-605, 2011
- Kexin, X., Jian, H., et. al, "Design of A Wearable Rehabilitation Robotic Hand Actuated by Pneumatic Artificial Muscles", *Proceedings of the 7th Asian Control Conference*, 740-744, 2009