

장애자를 위한 조이스틱 제어기법 향상에 관한 연구

°홍준표*, 이용혁***, 김병수**, 장원석***, 홍승홍*

* 인하대학교 전자공학과, ** 한국원자력연구소 로봇개발팀, *** 건양대학교 컴퓨터공학과

A Study on the Improvement of Joystick Control Method for the Disabled

°J. P. Hong*, E. H. Lee***, B. S. Kim**, W. S. Chang***, S. H. Hong*

* Dept. of Electronic Eng., Inha Univ.

** Robot Development Team, Korea Atomic Energy Research Institute

*** Dept. of Computer Eng., Konyang Univ.

E-mail : g9611110@inhavision.inha.ac.kr

ABSTRACT

In this paper, we proposed the design and algorithm of force reflection joystick which control mobile robot as a rehabilitation assistance system. The disabled persons are poor at joystick control because of hand vibration and clumsiness in operating it. These problems bring tasks which concerned with operator's safety. So there is required technique which prevent collision with wall or obstacles. One of these solution is force reflection joystick which disturb that robot is closed to the wall.

To confirm this way, we experimented and simulated with force reflection joystick which attached torque controller.

I. 서론

장애자들의 이동을 위한 재활 보조 시스템의 직접적인 구동은 일반적으로 매뉴얼 스위치, 조이스틱, 장애자의 잔존 생체 신호 등을 이용하여 직접 제어하는 방법 등이 고려되어 왔고, 이들의 보다 편리한 주행기능을 부여하기 위한 수단으로는 원래 자율주행 로봇의 주행기법인 초음파 센서, 영상 센서, 레이저 등의 주변환경 인식용 시각센서를 활용하여 장애물 회피와 충돌회피 등을 행하는 연구가 도입되어 연구가 활발히 진행되고 있다.[1][2]

사용자에 의한 직접 제어 방법은 대부분의 시스템에서 매뉴얼 스위치나 조이스틱의 조작에 의해 수행된다. 그러나 이 방법은 장애자의 장애 정도에 따라 사용자의 조작 정도가 떨어지고, 사용하는 장애자와 로봇이 동일 공간 내에서 공존하여 동작하기 때문에 안전성과 위험에의 대응이 큰 문제가 된다. 이를 해결하기 위한 시도로 Detriche, Grey 등은 조이스틱의 출력값을 그대로 이동 로봇의 제

어입력으로 사용하지 않고 장애자들의 장애정도를 고려한 저주파 필터나 신호평균 기법을 거쳐 로봇의 방향 및 속도의 제어입력으로 사용하는 방법을 고안하였다.[2] 또한 조이스틱의 유동성과 장애자의 조작 미흡 등을 고려하여 조이스틱의 불감대(dead-zone)를 중립위치에 설정하고, 이 범위 내에서의 진동을 장애자의 장애 정도에 따른 적응필터로 개발하여 이동 로봇을 제어하는 입력으로 사용하는 방법을 고안하였다.[2] 그러나 이러한 방법들은 각각의 장애자에 대해 별도로 조이스틱 데이터를 받아 뉴럴이나 퍼지 등의 복잡한 해석과정을 거쳐거나, 데이터 분석을 통한 적응 필터를 설계하는 등의 복잡한 전처리 과정을 거쳐야 하고, 또한 개인별로 개인 튜닝 과정을 거쳐야 한다는 문제점을 내포하고 있다.

이동 로봇이 재활 보조 시스템으로 사용되는 측면에서 보면, 노약자나 장애자들은 정상인과 달리 조이스틱 제어시 손의 떨림이나 순간적인 오조작 - 예를 들면, 조이스틱을 손에서 놓치는 경우 - 이 자주 발생한다. 이러한 오조작이 그대로 전달될 경우, 이에 따른 재활 보조 시스템의 진동이나 오동작을 초래하게 되고 이는 곧 장애자나 노약자의 안정성 문제로 대두된다. 따라서 조작자가 조종하는 조이스틱에 인위적인 힘을 가해 줌으로써 조작자의 조작 미숙이나 오류 판단에 의한 실수 등으로 인한 벽 내지 장애물과의 충돌을 막는 기술 개발이 요구된다.

이에 본 연구에서는 장애자가 이동형의 재활 보조 시스템을 조정할 경우 장애의 정도에 따라 오조작이 발생하게 되고, 또한 조작의 미숙으로 인해 장애물과의 충돌이 일어날 수 있으므로 이의 가능성을 줄이기 위해 초음파 센서의 거리 데이터와 조이스틱을 이용한 힘 반향 제어기법을 제안하였다.

II. 힘반향 조이스틱의 설계

본 논문에서 제안하는 힘반향 제어 조이스틱은

첫째, 조이스틱의 취급 자체가 부자유스러운, 즉 조이스틱의 급격한 운동 및 떨림 방지와 둘째, 재활 보조 시스템 주위의 장애물의 접근에 대한 정보의 제공 및 장애물 주위에서의 원활한 주행을 목적으로 하며, 이의 구현 원리는 초음파 센서로부터 측정되는 장애물간의 거리 정보를 장애물의 특성에 따라 힘의 정보로 변환한 다음 특정의 기구학을 갖는 조이스틱을 매개로 하여 조작자에게 전달해 주는 것이다.

● 힘반향 조이스틱 토크 제어기의 모델링

힘반향 조이스틱의 토크 제어기는 재활 보조 로봇과 장애물간의 거리 정보를 원격지의 조작자에게 힘으로 반향시키기 위하여 사용된다. 본 논문에서 대상으로 하는 액츄에이터는 직류 서보 모터이므로 힘반향 조이스틱 토크 제어기의 설계는 직류 서보 모터의 토크 제어기 설계 문제로 귀착되며 토크 제어기의 특성이 조작자의 힘 감도(force sensitivity)에 직접적인 영향을 미치게 된다. 직류 모터는 구조적으로 토크 리플을 가지고 있으며 회전축을 지지하는 베어링 마찰 등과 같은 외란이 존재하기 때문에 이들의 정확한 모델링은 매우 어렵다. 따라서 정확하고 엄밀한 토크 제어를 위해서는 모터의 출력 축에서 발생하는 토크 값의 측정이 필요하다.

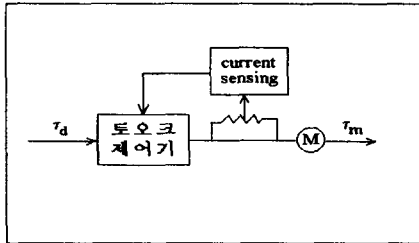


그림 1. 토크 제어기의 구성
Fig. 1. Block diagram of Torque controller

<그림 1>에는 조이스틱 부착형 직류 모터의 토크 제어기의 구성도를 나타내었다. 여기서 τ_d 는 장애물과의 거리정보에 따라 반향되는 토크 명령 값이고, τ_m 은 실제 직류모터에 걸리는 토크 값이다.

● 힘반향 조이스틱의 역학적 원리

기계적인 측면에서 분석해 보면 <그림 2>에 나타난 것과 같이 조이스틱의 원점과 조이스틱 사이에 탄성 계수 K_c 값을 가진 스프링과 점성

(viscosity)이 K_b 인 댐퍼가 부착된 메커니즘으로 설명할 수 있으며, 이는 다음 식과 같이 두개의 힘으로 구성된다. 즉, θ_j 는 재활보조 시스템의 속도 지령 값이 "0"인 조이스틱의 원점으로부터 조이스틱이 움직인 변위를 나타내고, $\dot{\theta}_j$ 는 조이스틱의 변화율을 나타낸다. 또한 K_c 와 K_b 는 각각 θ_j 와 $\dot{\theta}_j$ 에 대한 계수(coefficient)들로 음의 값이다. 또한 θ_j 와 K_c 가 크면, 즉 재활 보조 시스템의 주행 속도에 비례하여 큰 힘이 조작자에게 반향되며, $\dot{\theta}_j$ 와 K_b 는 재활 보조 시스템이 서서히 가속 또는 감속하도록 하는 역할을 하게 된다.

$$F_{rd} = K_c \theta_j + K_b \dot{\theta}_j$$

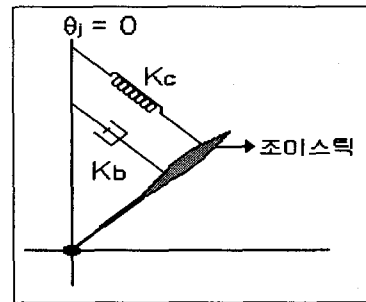


그림 2. F_{rd} 힘이 반향된 조이스틱의 등가 시스템
Fig. 2. Equivalent system of joystick reflected force F_{rd}

● 힘반향 조이스틱의 구조 및 제원

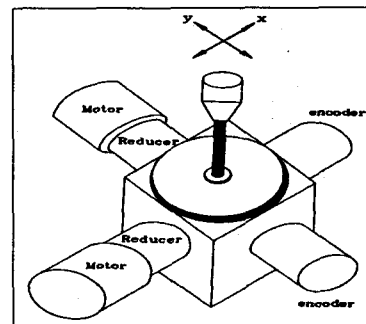


그림 3. 힘반향 조이스틱의 구조
Fig. 3. Architecture of Force Reflection Joystick

<그림 3>은 제작한 힘반향 조이스틱의 기하학적

장애자를 위한 조이스틱 제어기법 향상에 관한 연구

구조를 보여주고 있다. 조이스틱에 힘반향 효과를 구현하기 위하여 모터는 PMI사의 74W 급 직류 모터(6M4H)를 사용하였고, 감속기는 5:1로 하여 힘제어의 범위가 크고 역구동성이 우수하도록 설계하였다. 또한 힘반향 제어를 위해 조이스틱을 구동하기 위한 시스템 구성은 직류모터와 1 회전당 512펄스가 출력되는 광전 방식의 엔코더가 부착된 힘제어 조이스틱, 토크 제어용 서보 앰프(PMI사 KXA), 서보 앰프에 구동 명령을 주기 위한 D/A 변환기 등의 모듈을 사용하여 구성하였다.

III. 실험 및 고찰

힘반향 조이스틱에 대한 유용성을 검증하기 위하여 두 가지의 상황을 설정하고 수행하였다. 첫 번째는 시스템이 일정 속도로 주행 중에 조작자가 조이스틱을 놓칠 경우 반향되는 힘과 움직임을 분석하는 실험이고, 두 번째는 복도 등의 전형적인 2차원 주행 경로 상에 장애물이 감지될 경우, 이를 우회하여 주행할 수 있도록 힘을 반향시키는 실험이다. 실험에서는 가상의 재할 보조 시스템의 다이내믹스는 무시하여 제어 입력(속도)을 완벽히 추종한다는 가정 하에 구현하였다.

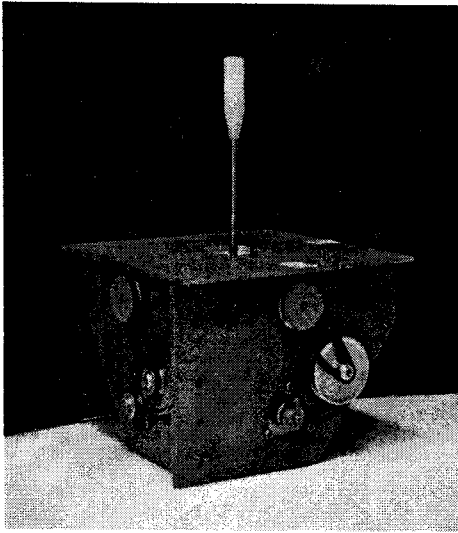


그림 4. 제작된 힘반향 조이스틱의 외관
Fig. 4. Shape of Force Reflection Joystick

<그림 4>는 실험에 사용된 힘반향 조이스틱의 외관을 보여주고 있다. 이 조이스틱은 서로 독립적인 2개의 축을 갖는 2자유도(2-DOF)를 갖고 있고, 이 조이스틱은 가상의 모의 환경 하에서 주행하는 재할 보조 시스템을 2차원 평면 공간에서 X축과 Y축으로 각각 모의 주행시키는데 사용된다.

● 실험 1 - 조작자가 조이스틱을 놓치는 경우

이 실험은 반향되는 힘 중에서 F_{rd} 에 의한 효과를 분석하기 위한 것으로 재할 보조 시스템이 일정 속도로 주행 중에 조작자가 조이스틱을 놓치는 경우이다.

<그림 5>를 보면, 조이스틱을 놓은 지점(A)부터 다소의 오실레이션이 있는 후에 속도 지령이 원점인 지점으로 수렴한다. 실험에서는 K_c 의 값을 '0'으로 하였으나 실제 조이스틱 기구부 자체가 K_b 값을 가지고 있는 관계로 원점으로 수렴하는 결과를 얻게 된다.

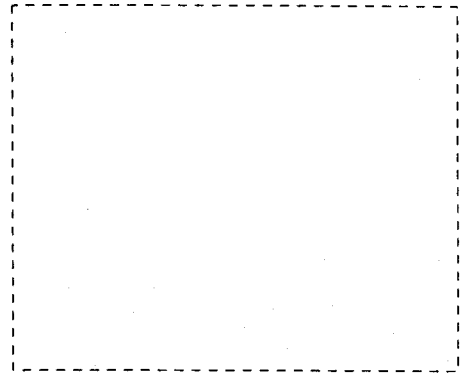


그림 5. 게인 $K_{C3}=200$ 일 경우의 F_{rd} 힘반향 실험 결과
Fig 5. Result of F_{rd} force reflection experiment in $K_{C3}=200$

● 실험 2 - 원형 장애물에 대한 회피

본 실험은 장애물이 없는 지역을 주행하다가 장애물이 돌출적으로 감지되었을 때 장애물을 회피하는 상황을 설정한 것이다.

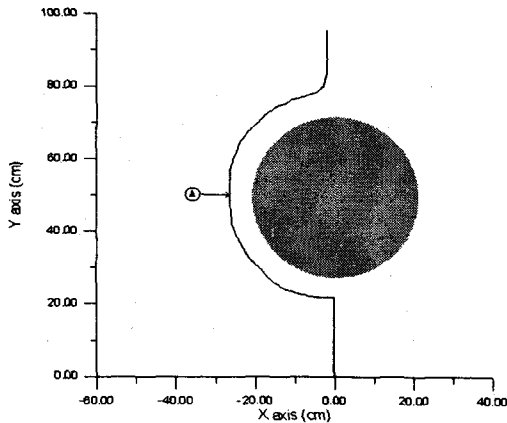


그림 4 원형 장애물에 대한 주행도
Fig. 4 Reflection force by circular obstacle.

<그림 4>는 장애물의 반경이 30cm인 경우의 힘 반향 조이스틱의 제어에 의한 가상의 재활 보조 시스템의 주행도이다. 이 경우 또한 실제 장애물 외부의 가상 장애물을 원활하게 추종하고 있음을 알 수 있다. 이때의 가상 장애물에 의해 조이스틱의 X축과 Y축에 전달된 힘을 각각 <그림 5>, <그림 6>에 나타내었다.

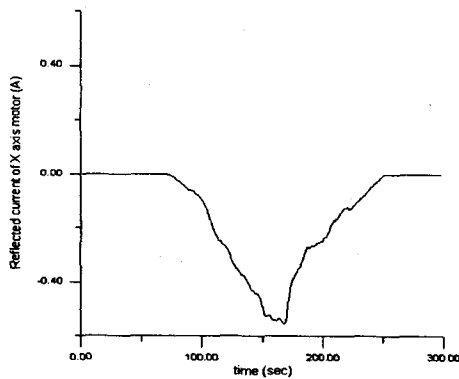


그림 5. X축에 대한 반향 값 (계속)
Fig. 5. Reaction value graph of axis-X (Continued)

이 실험의 경우 실제 장애물 외부의 가상 장애물을 원활하게 추종하고 있음을 알 수 있다.

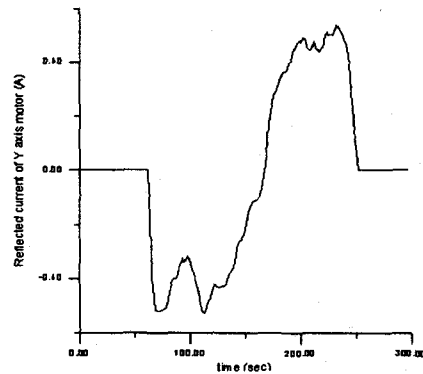


그림 6. Y축에 대한 반향 값 그래프
Fig. 6. Reaction value graph of axis-Y

VII. 결론 및 추후 연구 방향

장애자가 재활보조 시스템을 제어할 때 조이스틱 취급이 부자연스럽고, 또한 급격한 운동 및 떨림이 발생하게 된다. 따라서 이는 그대로 이동체로 반영되기 때문에 이를 조작하는 장애자나 노약자가 위험상황에 처하게 된다. 본 논문에서는 이러한 상황을 개선하기 위하여 모터 부착형 조이스틱에 토크를 걸어주는 조이스틱을 사용한 힘 반향 주행 방식을 제안하였다. 서로 다른 조작자들을 대상으로 실험을 한 결과 조작자의 대부분이 주위 환경에 대한 정보를 미리 습득하지 않고도 조이스틱에서 느껴지는 힘만으로 주행이 가능하였으며, 이는 실제 이동형 재활보조 시스템의 구동을 위한 시스템으로 사용될 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

1. H.R. Everett, "Sensors for mobile robots", A K Peters, Ltd., 1995
2. 홍승홍 외, "지체부자유자를 위한 다기능 전동 휠체어의 연구개발", 과기처, 1-2차년도 연구보고서, 1990
3. K. Kawamura, M. Iskarous, "Trends in Service Robots for the Disabled and Elderly", Proceedings of the IEEE/RSJ Intelligent Robots and Systems, pp1647-1654, 1994
4. Stan A. Napper and Roland L. Seaman, "Application of Robots in Rehabilitation", "Robotics and Autonomous System, Vol.5, pp.227
5. Yukio Saito et al., "Study of an Interaction Related Safety and Risk Connected with the Assisting Robot", ECART3 Proceedings, pp.179-181, 1995