

# 상지마비 재활훈련로봇용 데이터글로브의 개발

## Development of a Data Glove for Rehabilitation Robot for Upper Extremity Paralysis

박찬영\*, 문인혁

C. Y. Park and I. H. Moon

### 요 약

본 논문에서는 상지마비 환자의 재활훈련용 로봇의 인터페이스에 사용할 수 있는 데이터글로브를 제안한다. 데이터글로브는 7개의 유연한 각도 센서를 적용하여 손가락과 손목의 굽힘 각도를 측정할 수 있다. 개발된 데이터글로브의 성능은 3D 그래픽을 이용한 시각화로서 확인하였다. 실험결과로부터 개발한 데이터글로브는 손의 움직임을 측정하고, 인터페이스로 사용할 수 있음을 보인다.

### ABSTRACT

This paper proposes a data glove for a rehabilitation robot interface for the upper extremity paralysis. The designed data glove uses seven flexible sensors so as to measure the flexion angles of fingers and wrist. We verified the performance of the data glove using a 3D graphic interface developed. The experimental results show that the proposed data glove is feasible to sense hand motions and applicable to the robot interface.

**Keyword** : Data Glove, Rehabilitation, Upper Extremity, Paralysis

## 1. 서 론

뇌졸중(stroke)은 혈액 순환기계 질환의 하나이며, 그 후유증으로서 생존자의 약 85%에게서는 운동신경의 손상으로 인한 수의적, 선택적 근육수축활동이 어려운 기능적 장애(functional disability)를 겪게 된다. 이러한 후유증으로 인한 상지 편마비 환자는 일상생활에 있어서 많은 불편함이 있으며, 다른 보조수단이 필요하다[1]. 하지만 기능적 장애는 반복적인 훈련과 약물치료로 기능을 복귀시킬 수 있다. 이 중에서 안전하고 보편적으로 알려진 방법이 재활훈련(rehabilitation exercise)이다.

기존의 상지마비 환자들은 작업치료사나 물리치료사에 의한 재활훈련이 대부분이었으나, 최근에는

재활전용 기구를 이용한 재활훈련방법이 도입되고 있다. 대표적인 상지재활훈련기기로서 공급근육을 이용한 재활로봇인 RUPPERT[2]가 있다. 이것은 병원이나 가정에서 사용하기 쉽고, 또한 휴대성이 용이하도록 개발되었다. MIT에서 개발한 재활로봇인 MIT-MANUS[3]의 경우, 재활훈련의 능력을 올리기 위해 간단한 비디오 게임을 이용하여 재활훈련을 하도록 하였다. 이것은 포괄적인 재활훈련을 통해 뇌가소성을 높이는 효과가 있었다. 하지만 재활훈련기기의 자유도가 낮아 독립적으로 재활훈련을 수행하기에는 불가능하였다. Haptic Knob[4]는 다양한 동작의 훈련을 할 수 있는 기기의 하나이다. 그러나 이러한 재활로봇은 모두 환측에 직접 적용하여 환측의 재활훈련을 도와주는 로봇이다.

편마비 환자의 건측 손은 일상생활에서 환측이 하지 못하는 일의 대부분을 대신한다. 하지만 편마비환자들의 건측은 정상인보다 운동기능이 감소되어 있다. 따라서 편마비 환자의 환측의 재활훈련뿐만 아니라 건측의 기능도 향상시킬 수 있는, 건측과 환측의 동시 재활훈련이 필요하다.

본 연구에서는 상지 편마비 재활시 건측의 동작

접 수 일: 2009년 1월 16일

심사완료일: 2009년 2월 6일

\* 박찬영 : 동의대학교 지능형시스템공학과 석사과정  
cypark@arms.deu.ac.kr (주저자)

문인혁 : 동의대학교 메카트로닉스공학과 교수  
ihmoon@deu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-11285-0)지원으로 수행되었음.

을 입력받아 환측을 훈련할 수 있는 로봇의 인터페이스용 데이터글로브(data glove)를 제안한다. 본 연구에서 제안하는 재활로봇용 데이터글로브는 각도의 변화에 따라 저항값이 바뀌는 센서를 7개 사용하여, 손가락과 손목의 각도를 측정할 수 있도록 장갑형태로 제작하였다. 데이터글로브는 손의 크기에 상관없이 누구나 사용이 가능하도록 탄력성이 있는 천을 이용하였고, 사용시 사용자에게 적용시킬 수 있도록 실시간 교정작업(real-time calibration)을 하여 사용하도록 하였다. 실험에서는 다양한 손동작에 따른 데이터글로브의 출력각도를 1차원 그래프로, 손동작의 모습은 3차원 그래픽으로 실시간으로 표현하였다. 이러한 실험결과로부터 상지 재활로봇의 건축에 사용할 수 있는 인터페이스로서 적용 가능함을 보인다.

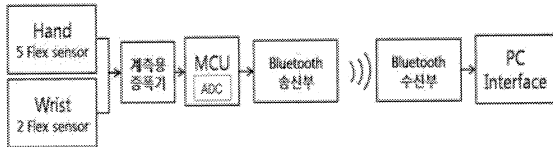


그림 68. 데이터글로브의 구성도

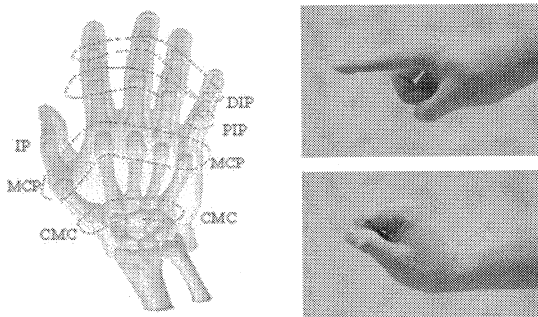


그림 69. 사람 손의 구조

## 2. 데이터글로브

본 논문에서 제안한 데이터글로브는 손가락의 움직임뿐만 아닌 손목의 움직임까지 측정이 가능하도록 설계하였다. 그림 1은 사람 손가락과 손목의 움직임과 각 관절과의 관계를 보여 준다. 손가락의 굽힘 동작은 DIP(distal interphalangeal), PIP(proximal interphalangeal), MCP(metacarpophalangeal) 관절의 움직임과 같으며, 손목의 굽힘과 펴는 동작은 CMC(carpometacarpal)관절의 움직임과 같다. 따라서 각각의 관절의 각도를 측정함으로써 손가락이나 손목의 각도를 알 수 있다. 그러나 본 연구에서는 각 관절의 각도를 각각 측정하지 않고, 각 관절의 각도 변화는 모두 같다고 가정하고 센서 출력값에 따라

각도를 일괄적으로 결정하도록 하였다.

데이터글로브의 신호전달체계는 그림 2와 같다. 센서로부터 측정된 데이터는 MCU를 통하여 디지털 신호로 바뀌게 된다. 이 신호는 무선통신을 통하여 PC로 보내지게 되고, PC에서는 이 데이터를 OpenGL을 이용하여 실시간으로 3차원 그래픽으로 표현하여 동작을 확인하도록 하였다. 이때 사용된 무선통신은 블루투스를 이용하여 휴대성과 이동성을 높였다.

### 2.1 각도 측정 센서

본 연구에서는 손가락이나 손목의 각도를 측정하

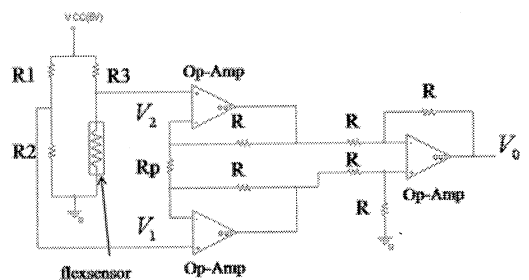


그림 3. 휘스톤 브릿지 및 계측용 증폭회로

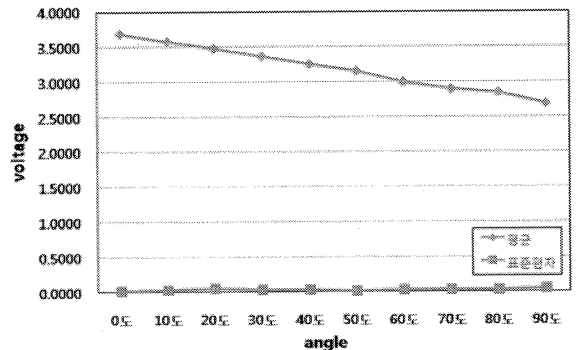


그림 4. 각도에 따른 센서 출력

기 위해 플렉스센서(flexsensor, Abrams Gentile Co.)를 사용하였다. 플렉스센서는 휘어짐 정도를 측정하는 센서로서, 다수의 격자가 일정한 간격을 갖도록 구성되어, 굴곡에 의해 격자와 격자간의 간격의 변화로 인해 발생하는 저항 값의 변화를 출력한다. 따라서 이 센서는 손가락의 구부러짐을 감지할 수 있는 것이다. 사용된 플렉스센서의 특성은, 굽힘이 없는 평편한 상태에서는 약 10K Ohm의 저항 값을 나타내며, 직각으로 휘어진 상태에서는 30K Ohm의 저항을 가지게 되어, 구부러지는 각도에 따라 저항이 커지는 특성을 가진다. 본 연구에서는 정밀한 측정을 위해 그림 3과 같이 휘스톤-브릿지와

계측용 증폭기를 이용하였다.  $R_1, R_2, R_3$ 에는 30K Ohm의 저항을 달았고 나머지는 플렉스 센서를 연결하였다. 5V의 전압이 인가되면 전압분배법칙에 의해  $v_1$ 은 2.5V,  $v_2$ 에는 센서의 저항변화에 따라 1.25V~2.5V의 전압이 각각 출력된다.  $v_1, v_2$ 는 계측용 증폭기에 입력되며, 두 입력의 차를 증폭함으로써 각도에 따른 출력전압 값을 측정할 수 있다. 여기서 출력전압  $v_o$ 는 다음과 같다.

$$v_o = (1 + \frac{2R}{R_p})(v_1 - v_2) \quad (1)$$

식 (1)에서  $v_o$ 는 5V를 넘어서지 않도록 계측용 증폭기의  $R$ 과 증폭계인  $R_p$ 에 10K Ohm을 동일하게 정하여 증폭률이 3배가 되도록 회로를 구성하였다.

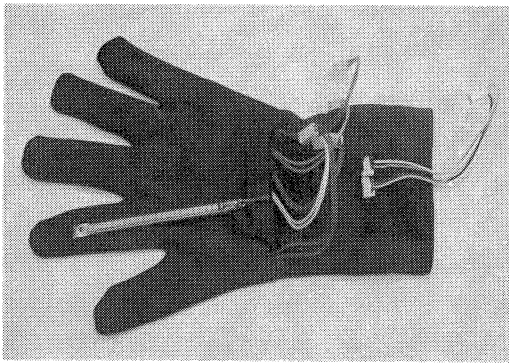


그림 72. 제작된 데이터글로브

그림 4는 각도변화에 따른 출력전압을 나타낸 그래프이다. X축은 센서의 굽힘 각도이고, Y축은 센서의 굽힘 각도에 따른 출력전압을 나타낸다. 플렉스 센서가 0°에서 90°로 구부러짐에 따라 전압 값이 3.7V에서 2.6V로 점차적으로 작아진다는 것을 알 수 있다. 표준편차는 0.05이하로 비교적 정확하다는 것을 보여 준다.

### 2.2 데이터글로브 디자인

본 연구에서 제안된 데이터글로브는 다른 글로브에 비하여 저렴한 비용으로 재활로봇용뿐만 아니라 다른 응용에도 적용하기 쉽도록 제작하였다.

글로브의 재질은 고무와 같이 신축성이 좋은 스판덱스(spandex)를 사용하였으며, 손의 크기에 상관없이 누구나 사용이 가능하다. 각각의 손가락에는 플렉스 센서를 삽입하여 손가락의 구부림 정도를 측정하며, 손목에는 두 개의 플렉스 센서가 위치하여 손목의 위쪽과 아래쪽 구부러짐을 측정하도록

하였다 (그림 5 참조).

플렉스 센서는 정전기로 인한 오작동을 줄이기 위해 각각을 고무튜브 안에 넣었으며, 장갑의 면과 면 사이에 위치하여 센서가 외부에 노출되지 않도록 하였다. 블루투스과 MCU는 일체형으로 제작하였고, 구성된 회로는 데이터의 노이즈를 줄이기 위해 센서의 가까운 곳에 위치하였다.

### 2.3 센서출력과 신호처리

데이터글로브를 착용한 사용자의 건축이 움직이기 시작하면 측정된 데이터는 실시간으로 A/D 변환기를 통해 아날로그 신호에서 디지털신호로 변환되

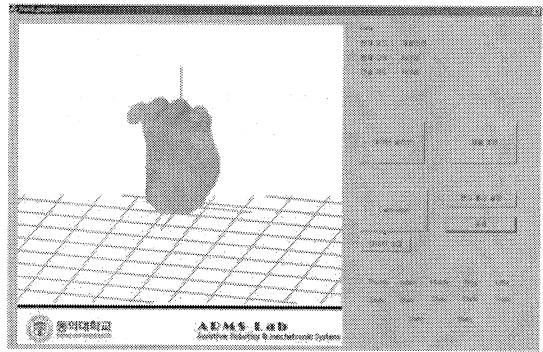


그림 73. GUI

며, 블루투스를 통하여 무선으로 PC로 전송하게 된다. PC에서는 각 손가락과 손목의 정보를 일반화하기 위해서 교정을 통하여 입력된 데이터를 일반화한다. 전송된 데이터는 OpenGL을 이용하여 그림 6과 같은 GUI를 통하여 3차원 그래픽으로 표현된다. 좌측에는 움직임을 보여주는 3차원 손 모델이 있으며, 우측에는 동작버튼이 위치하고 있다. 동작버튼에는 핸드 통신설정을 하기 위한 버튼과 데이터의 교정을 위한 Calibration 버튼, 좌측의 3차원 손 모델과 연결하기 위한 동작 버튼, 그리고 건축 재활훈련 로봇에 데이터를 넘겨주는 버튼이 있다.

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 데이터글로브의 성능을 조사하였다. 제안된 데이터글로브와 GUI환경은 그림 7과 같다. 먼저 수신되는 데이터는 교정단계를 통하여 엄지부터 차례대로 손가락과 손목 각도를 일반화 시킨다. 그리고 측정시에는 출력된 각도에 따라 3차원 손 모델을 표현하도록 하였다. 그림 8은 데이터글로브의 센서의 굽힘각도에 따른 데이터의 변화를 그래프로 나타낸 것으로, 7개의 그래프는 엄지,

검지, 중지, 약지, 소지, 그리고 손목데이터를 나타낸다. 각 손가락과 손목이 굽혀지면 데이터의 값이 커지고, 펴지면 작아진다. 우리는 이러한 실험을 통하여 각 손가락과 손목의 움직임은 데이터글로브로 잘 측정함을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 상지마비 재활로봇용 데이터글로브를 제안하였다. 지금까지의 재활로봇은 환측의 재활 훈련만을 위한 로봇이 주를 이루었다. 하지만 건측의 운동도 중요하다는 것에 착안하여 환측, 건측

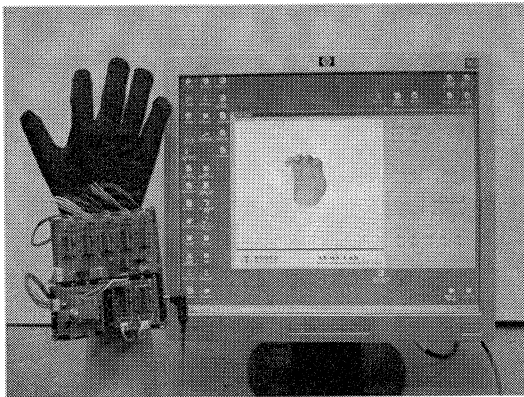


그림 7. 제작된 데이터글로브와 GUI

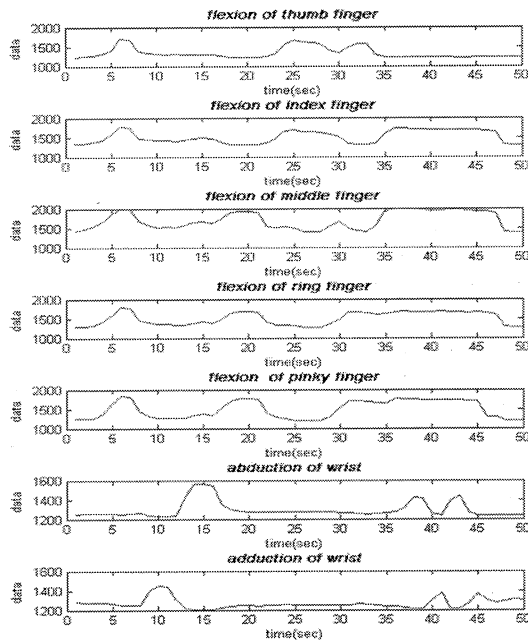


그림 8. 각 손가락, 손목의 굽곡의 변화에 따른 출력 데이터그래프

모두 운동을 통하여 환측의 재활훈련에 도움을 줄 수 있는 상지재활로봇의 인터페이스용 데이터글로브를 제안하였다. 또한 데이터글로브의 실시간 출력 데이터는 환측이 연동될 수 있도록 구성하였다. 데이터글로브에는 총 7개의 플렉스센서를 사용하였고, 측정데이터는 무선으로 인터페이스용 PC로 전송되도록 설계되었다. 실험결과는 PC에 3차원 그래픽으로 표현함으로써 그 측정결과를 확인할 수 있었다. 이로부터 건측의 움직임에 따른 손가락 및 손목의 움직임 각도는 비교적 정확하게 측정됨을 알 수 있었다.

향후의 과제로는 데이터글로브의 하드웨어를 소형화함으로써 착용이 간편하도록 하는 것이다. 또한 상지 재활훈련로봇과 연동 실험을 통해, 본 논문에서 제안한 데이터글로브가 재활훈련 인터페이스로써 적용할 수 있음을 보이는 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이택영, 오재근, 김혜영, 이규성, 김문희 “ 뇌졸중 환자의 환측 상지 기능이 건측 손의 기민성에 미치는 영향”, JKSOT, vol. 7, no. 1, 1999.
- [2] Sugar, T.G., et. al, "Design and Control of RUPERT: A Device for Robotic Upper Extremity Repetitive Therapy" IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 15, no. 3, 2007.
- [3] H. I. Krebs et. al, "Robot-Aided Neurorehabilitation" IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 15, no. 3, 2007.
- [4] O. Lamercy, L. Dovat, R. Gassert, E. Burdet, C. L. Teo, and T. Milner "A Haptic Knob for Rehabilitation of Hand Function," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 15, no. 3, 2007.



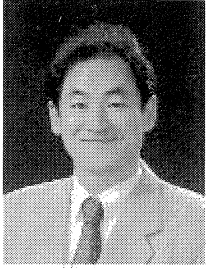
#### 박 찬 영

2009년 2월 동의대학교 메카트로닉스공학과 졸업 (공학사)

2009년 3월 - 현재 동의대학교 대학원 재학중

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활로봇

**문 인 혁**



1999년 오사카대학 대학원 전자  
제어기계공학과 졸업 (공  
학박사)

2002년 - 2005년 재활공학연구  
소 책임연구원

2005년 - 현재 동의대학교 교  
수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활복지로봇, 생체  
신호인터페이스