

## 장애인을 위한 사용자 의도 파악 시스템 개발에 관한 연구

이 영진, 추 길환, 김 재현, 정 명진  
한국과학기술원 전기 및 전자공학과 로봇 연구실

### Development of Intention Reading System for the Disabled

Young Jin Lee, Gil Whoan Chu, Jae Hean Kim, Myung Jin Chung  
Robotics Research Lab. Dept. of Electrical Engineering, KAIST

**Abstract** - 본 논문에서는 손과 발을 자기의 의지대로 움직일 수 없는 장애인들이 전동 휠체어나 로봇 팔과 같은 보조 장치를 손, 발의 사용 없이 조작 할 수 있는 시스템 개발을 위한 연구에 대해서 소개한다.

손과 발을 사용하지 않고 전동 휠체어나 로봇 팔을 조작하려면 장애인의 의도를 파악하고 이 정보에 의한 구동 방식이 필요하게 된다. 본 연구에서는 장애인의 눈동자의 움직임과 머리의 움직임 그리고 음성 신호를 이용하여 보조 장치들을 구동시키고자 한다. 이를 구현하기 위해서는 시선의 방향을 측정할 수 있는 기술과 머리의 위치와 방향을 측정하는 기술, 그리고 음성으로 표현되는 간단한 명령들을 인식할 수 있는 기술이 필요하며, 이러한 기술의 통합을 바탕으로 보조장치들을 구동시키기 위한 편리한 사용자 지향의 인터페이스 기술을 개발하고자 한다.

## 1. 서 론

최근 로봇 기술은 기존의 산업용 단순 반복 작업에서 벗어나 인간의 복지 향상을 위한 서비스 분야로의 적용에 초점이 맞추어지고 있다. 특히 손, 발이 자유롭지 못한 장애인을 위해서 안전하고 인간 친화적인 로봇 팔의 개발과 지능적인 제어 기법에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며 전동 휠체어에도 이동 로봇의 기술을 접목시키려는 시도가 나타나고 있다.

본 논문에서는 손과 발을 자기의 의지대로 움직일 수 없는 장애인들이 전동 휠체어나 로봇 팔과 같은 보조 장치를 손, 발의 사용 없이 조작 할 수 있는 시스템 개발을 위한 연구에 대해서 소개한다.

척추나 경추 손상자와 같이 손과 발을 마음대로 움직이지 못하는 장애인들이 보조용 전동 휠체어나 로봇 팔을 의도한대로 움직이도록 조종하기 위해서는 장애인 조작자의 의도를 손과 발이 아닌 다른 방법으로 조작기에 전달해야 한다. 장애의 정도에 따라서 장애인이 움직일 수 있는 신체 부위가 다르고 그 정도도 다르지만 눈과 머리를 의도한 대로 움직일 수 있는 경우는 상당히 많다. 또한 음성은 화자의 의사 전달의 가장 중요한 수단이고 음성 인식 기술은 이미 많은 연구가 되어 있어서 필요에 따라 효과적으로 이용될 수 있다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 손, 발의 움직임이 자유롭지 못한 장애인의 의도를 전달하기 위한 수단으로서 눈의 움직임과 머리의 움직임, 그리고 음성 신호를 이용하여 전동 휠체어나 로봇 팔을 구동시킬 수 있는 시스템을 제시한다. 또한 장애인 조작자가 피로를 느끼지 않고 사용하기 편리한 인터페이스 구성 방법과 작업 대상에 대한 위치 정보를 추출하여 작업 수행 능력을 향상시키기 위한 스테레오 카메라 시스템에 대해서 설명한다.

## 2. 본 론

### 2.1 전체 시스템의 구성

전체 시스템의 구성은 (그림 1)과 같다. 전동 휠체어에는 작업 환경을 모니터링할 수 있는 스테레오 카메라 시스템과 작업 환경을 관찰하고 작업 명령을 내릴 수 있는 스크린상의 인터페이스가 있다. 교시된 작업 명령은 원격 이동로봇에 전달되고 그 위에 부착된 로봇 팔을 이용하여 필요한 작업을 자율적으로 혹은 수동적으로 수행하게 된다.

2.2절과 2.3절에서는 전체 시스템 중 조작자의 의도를 인식하여 명령을 전달하는 인터페이스 부분에 대해서 설명하고 2.4절에서는 작업에 필요한 정보를 추출하기 위한 스테레오 카메라 시스템에 대해서 설명한다.

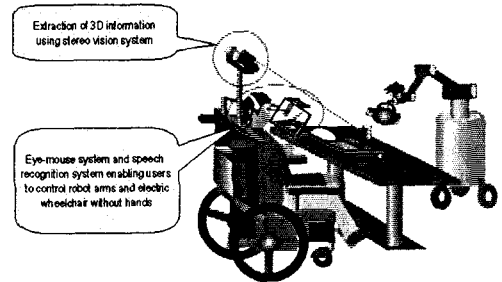
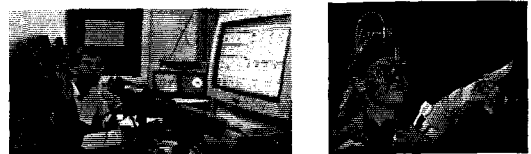


그림 1. 전체 시스템의 구성

### 2.2 머리 눈 추종 시스템

#### 2.2.1 연구 현황

본 연구는 손을 쓰지 못하는 환자가 손을 쓰지 않고도 시선 방향만을 이용하여 컴퓨터 및 주변 장치와 인터페이스할 수 있도록 하는 것이 목표이다. 그러므로 환자의 시선 방향을 기준 좌표계에 대하여 획득할 수 있는 장치의 개발이 필요하다. 이러한 사람의 시선의 방향을 획득하려고 하는 연구는 많이 이루어져 왔다.



(a) (b) 그림 2. 연구 사례

[그림 2-(a)]와 같이 사람의 머리를 고정시키고 사람과 떨어져있는 카메라를 통해 눈동자 위치를 추적하여 고정된 머리에 대한 시선의 방향을 추적하여 컴퓨터 화면상의 마우스 포인터를 움직이는 연구가 진행되고 있으며 [그림 2-(b)]와 같이 머리에 도구를 착용하여 머리

의 방향과 동시에 머리를 기준으로 하는 시선의 방향을 파악하는 시스템이 개발되어 지고 있다[1].

### 2.2.2 시스템의 구성

환자가 어느 방향으로 시선을 두고 있는지 확인하기 위해서는 두 가지 과정을 거쳐야 한다. 우선 기준 좌표계에 대한 머리의 위치 및 방향을 알아야 하며 그 다음에 머리의 위치 및 방향을 기준으로 하는 눈동자의 위치를 알아내어야 한다. 그렇게 함으로써 궁극적으로 기준 좌표계에 대한 시선의 방향을 알아낼 수 있으며 그것을 통해 컴퓨터 및 주변기기와의 인터페이스가 가능할 것이다. 이러한 과정에 대한 설명이 [그림 3]과 같다.

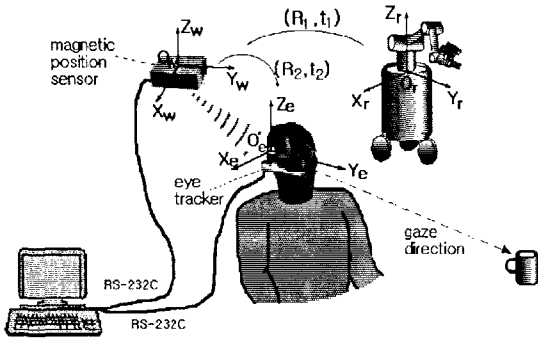


그림 3. 시스템 개념도

우선, 자기 위치 센서를 이용하여 기준 좌표계에 대한 머리의 위치 및 방향을 검출한다. 기준 좌표계는 자기센서의 발신부에 부착되어 있고 머리에 부착된 자기센서의 수신부에 머리에 대한 좌표계가 부착되어 있어서 두 좌표계의 상대적인 위치와 방향을 검출하게 된다. 그리고 머리에 착용한 눈동자 추적 시스템을 이용하여 이러한 머리에 부착된 좌표계에 대한 눈동자의 위치를 파악하면 앞의 결과와 같이 계산하여 기준 좌표계에 대한 눈동자의 위치를 파악하여 시선의 방향을 알 수 있게 된다. 현재 이러한 용도로 쓰일 수 있는, 시판되는 자기센서의 성능은 위치오차 0.07 in, 방향 오차 0.5° 정도이며[2] 머리에 착용하는 눈동자 추적 시스템의 경우는 오차가 약 0.02° 정도로서 환자의 시선을 이용하여 컴퓨터 등과의 인터페이스를 하는데 이용할 수 있는 충분한 성능을 보이고 있다. 그리고 눈동자 추적 시스템의 경우는 보통 [그림 4]와 같이 적외선을 눈에 비춘 후 반사되는 적외선을 통해 동공의 정밀한 위치를 파악하게 되는데 사람의 눈에 영향을 미치지 않을 정도의 적외선을 이용하여 안전한 것으로 검증되어 있다.

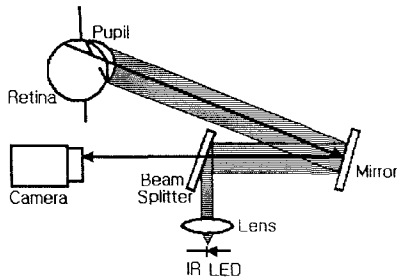


그림 4. 눈동자 추적 시스템 구조

### 2.2.3 인터페이스 화면

환자가 시선의 움직임만을 이용하여 컴퓨터 및 주변기기와 인터페이스하는 가장 편리한 방법 중 하나는 컴퓨터 모니터상의 마우스 포인터를 시선의 움직임으로 조정

하여 원하는 명령을 내리는 것이다. 기존의 연구 결과를 보면 화면에 자판이 나타나게 하거나 원하는 메뉴들을 팝업 형식으로 나타나게 하고 시선으로 마우스 포인터를 움직여 이러한 자판이나 메뉴들을 선택하도록 하고 있으며 본 연구에서도 이러한 방법을 이용한다. 그러나 이러한 방법에 대해 부가적으로 필요한 것이 마우스의 클릭 동작인데 이 동작의 구현은 여러 가지 시도가 있었다. 선택하고자 하는 부분을 일정기간 보고 있도록 하거나 윙크를 하면 마우스의 클릭 동작으로 간주하도록 하였는데 이러한 방법은 눈이 피로해 지는 바람직하지 못한 결과를 낳았다. 따라서 본 연구에서는 [그림 5]와 같이 최종적인 원하는 팝업 메뉴를 바라본 후 다른 메뉴를 더 이상 바라보지 않고 모니터 아래의 특정영역을 바라보면 클릭 동작이 일어나는 것으로 간주하려고 한다.

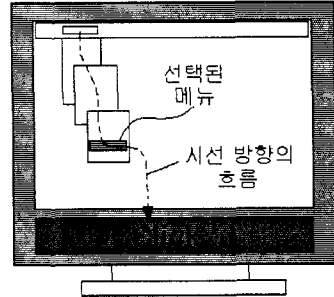


그림 5. 사용자 인터페이스

클릭의 동작은 메뉴를 선택하는 중에 자주 일어나므로 빠르고 편하게 수행되어야 하는데 이러한 방법을 씀으로써 환자는 모니터 아래의 넓은 영역을 신속히 바라보는 것만으로 편리하게 클릭을 수행할 수 있게 된다

## 2.3 음성 인식을 이용한 작업 명령 지시

### 2.3.1 연구 현황

컴퓨터의 발전과 더불어 조이스틱이나 키보드, 마우스와 같은 기존의 입력 장치에서 벗어나 터치 스크린, 음성 인식, 시각 인식과 같은 입력 매체의 발달은 인간과 기계의 상호 작용에 있어서 편리하고 직관적인 명령 지시와 정보 획득을 가능하게 하고 있다. 이와 같은 다양한 입력 매체 중에서 음성은 인간의 지적 활동과 상호 의사 교류의 가장 보편적 수단이며, 인간이 가지고 있는 능력 중 가장 효율적이고 자연스러운 정보 전달 방법이다. 또한, 음성에 의하여 표현되는 말은 논리적으로 사물을 생각하는 경우에도 중요한 역할을 한다. 입력 매체로서의 음성은 에너지 측면에서 경제적이고, 직관적이며 빠른 속도의 입력이 가능하고, 비접촉 입력이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

음성 인식에 관한 연구는 약 40여 년간의 역사를 가지고 있으며, 그 동안 많은 발전과 변화를 거듭함으로써 현재에 이르러서는 미국, 유럽, 일본 등에서 음성 인식을 이용한 상용 제품이 출현하고 있다. 초기의 1960년대에는 음성의 발성과 이해에 관한 기초적인 연구가 많이 수행되었으며, 현재에는 자기인식(voice verification) 기능, 음성인식(speech recognition) 기능, 자유대화(dictation) 기능 등의 분야로 연구가 진행되고 있다. 인식률의 증가와 성능의 향상에 따라 음성 인식을 사용하는 응용 분야도 자료의 수정 및 관리, 철도 및 항공편 안내 및 예약, 자동 통역 시스템, 여행 및 관광 안내 시스템 등과 같이 복잡, 다양화되고 있다.

### 2.3.2 연구 내용

본 연구에서는 기존의 음성 인식 기술을 바탕으로 하여 손이나 발을 자유 자재로 움직일 수 없는 장애인들이 전통 휠체어나 로봇 팔과 같은 보조 장치를 제어할 수

있도록 하기 위한 음성 인터페이스 장치를 개발하고자 한다. 음성 인식 기술은 일반 사용자를 대상으로 할 것인지 특정한 사람을 대상으로 할 것인지에 따라 화자 독립적인 방법과 화자 종속적인 방법으로 구분되며, 독립적인 단어를 인식할 것인가 연속적인 자연어를 인식할 것인가에 따라 고립 단어 인식과 연속 음성 인식으로 구분된다. 본 연구에서 개발하고자 하는 시스템은 손이나 발을 움직일 수 없는 장애인을 대상으로 하는 특정 사용자를 대상으로 하며, 전동 휠체어나 로봇 팔을 제어하기 위한 명령은 작업의 종류에 따라 사전에 결정되므로 화자 종속적인 고립 단어 인식 시스템을 개발하고자 한다. 또한, 음성을 통한 대화 형식의 인터페이스 기술을 개발함으로써 인간과 친숙한 방식의 정보 전송 시스템을 구축하고자 한다.

## 2.4 스테레오를 이용한 3차원 정보 추출

### 2.4.1 개요

전동 휠체어의 위쪽에 부착된 스테레오 카메라 시스템은 작업 환경에 대한 모니터링뿐만 아니라 작업을 위해 필요한 정보를 추출해 주기도 한다. 물을 마시기 위해 컵을 집는 작업 명령을 교시하고자 할 때 컵의 위치를 로봇에게 알려줌으로써 로봇의 작업 수행 능력을 향상시킬 수 있다.

앞에서 언급한 인터페이스를 이용하여 스테레오 카메라 시스템의 방향을 조종하고 원하는 물체에 대한 영상을 획득하면 물체에 대한 3차원 위치 정보를 추출할 수 있다. 3차원 위치 정보의 추출은 삼각법에 근거하여 얻어지며 이 과정에 앞서 카메라의 특성에 대한 정보를 얻기 위한 캘리브레이션 과정을 거쳐야 한다. 핀-홀 카메라 모델을 사용하여 perspective projection matrix P를 구하면 카메라에 의한 2D 좌표와 3D 좌표 사이의 변환 관계식을 얻을 수 있게 된다.[3]

### 2.4.2 캘리브레이션 및 3차원 위치 정보 추출

카메라의 캘리브레이션은 [그림6-(a)]와 같은 캘리브레이션 패턴을 이용하여 수행하였다. [그림6-(b)]는 캘리브레이션된 결과를 이용하여 패턴의 3차원 위치 정보를 추출하여 복원한 것을 보여준다.

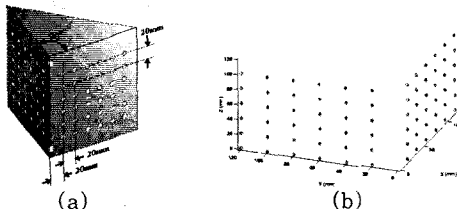


그림 6. 캘리브레이션 패턴과 위치 복원

표 1.

	평균 오차	최대 오차	표준 편차
1m	3.99mm	13.16mm	2.85mm
2M	12.95mm	49.19mm	10.52mm

[표 1]은 baseline이 62mm인 스테레오 카메라 시스템에서 8mm 렌즈를 이용하여 카메라로부터 1m 또는 2m 떨어져 있는 패턴의 좌표를 복원한 결과에 대한 것이다. 위와 같은 결과만 이용하여 로봇 팔이 작업을 수행하기에는 부족하지만 휠체어 위의 스테레오 카메라 시스템에서는 대략적인 위치 정보를 제공하고 로봇 팔에 부착되어 있는 카메라에서 작업에 필요한 보다 정확한 정보를 획득함으로써 원하는 작업을 수행할 수 있다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 손이나 팔의 도움 없이 전동 휠체어나

로봇 팔을 조작하기 위한 인터페이스와 전체 시스템의 구조를 제시하였다. 조작자의 작업 의도를 알아내기 위해서 머리의 움직임과 눈의 움직임, 그리고 음성 신호등을 이용하고 있으며 작업 대상에 대한 위치 정보를 추출하여 로봇 팔의 작업 수행을 도와주고 있다.

머리-눈 추종 시스템의 정밀도를 높임으로써 보다 다양한 기능을 제공하여 장애인이 실생활에서 필요한 많은 작업을 쉽게 할 수 있도록 해야할 것이다. 여기에는 측정의 정밀도 향상과 더불어 장애인이 사용하기 편리한 인터페이스 개발이 필요하다. 또한 근육의 움직임에서 나오는 EMG 신호를 측정하는 방법이나 뇌파를 이용하는 방법등 손을 이용하지 않고 조작자의 의도를 추출할 수 있는 다른 방법들에 대해서도 연구할 필요가 있다.

본 논문에서 제시하는 사용자 의도 파악 시스템은 손, 발이 불편한 장애인들이 일상적인 작업들을 다른 보조자의 도움 없이 수행할 수 있게 하는데 꼭 필요한 요소로서 장애인의 복지 향상에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 본다.

### [참 고 문 헌]

- [1] R. S. Allison, M. Eizenman, B. S. K. Cheung, "Combined Head and Eye Tracking System for Dynamic Testing of the Vestibular System", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, vol. 43, no. 11, November 1996
- [2] Flock of Birds: Installation and Operations Guide. Burlington, VT: Ascension Technology, 1991
- [3] O. Faugeras, Three-Dimensional Computer Vision, The MIT Press, London, 1996.
- [4] Christopher Schmandt, Voice Communication with Computers, Van Norstrand Reinhold, New York, 1994.
- [5] L. R. Rabiner, J. G. Wilpon, and F. K. Soong, "High Performance Connected Digit Recognition Using Hidden Markov Models", IEEE ICASSP, Apr. 1988.
- [6] Jeong Cheol Kim and Keun Sung Bae, "Implementation of the Speech Interface for Information Retrieving System", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, vol. 36-S, no. 5, May, 1999.