

# CAMSHIFT 를 활용한 실시간 인지 및 행동 장애 재활 시스템

천성민<sup>1</sup>, 황인택<sup>2</sup>, 김돈규<sup>3</sup>, 최광남<sup>4</sup>  
중앙대학교 컴퓨터공학부<sup>1,2,4</sup>, 중앙대 의료원 재활의학과<sup>3</sup>  
{bnsdc<sup>1</sup>, sitdown<sup>2</sup>}@vim.cau.ac.kr, donkim21@paran.com<sup>3</sup>, knchoi@cau.ac.kr<sup>4</sup>

## Cognitive and Conduct Disorder Rehabilitation Systems using CAMSHIFT Algorithm

Sung Min Chun<sup>1</sup>, In Teck Whoang<sup>2</sup>, Don Kyu Kim<sup>3</sup>, Kwang Nam Choi<sup>4</sup>  
School of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University<sup>1,2,4</sup>,  
Department of Physical Medicine & Rehabilitation, Chung-Ang University  
College of Medicine<sup>3</sup>

### 요 약

본 논문은 인지 및 행동 장애 재활 시스템을 구현하기 위하여 동영상인식 기반의 CAMSHIFT 알고리즘을 적용시켰다. 주의력과 반응 시간을 측정하는 인지 장애 재활 시스템이 개발되었고 환자의 주의 집중력과 손 움직임의 조절력을 측정하고 시·지각 운동 능력을 측정하는 행동 장애 재활 시스템이 개발되었다. 실험은 중앙대학교 의료원 재활 의학과에서 실시하여 측정되었다. 본 논문에서 개발한 시스템은 훈련 과정을 객관적인 측정량과 오랫동안 연습할 수 있는 동기를 제공해 줌으로써 전통적인 치료법에 비해 흥미롭고 유용한 도구가 될 수 있음을 환자를 치료하는 치료사를 대상으로 PSS CogRehab 시스템과 비교하는 설문 조사를 통하여 증명한다.

Keyword : HCI, Rehabilitation, UI, Computer Vision, CAMSHIFT

### 1. 서론

현대 사회가 발전함에 따라서 컴퓨터는 빠른 속도로 발전하고 있으며, 다양한 분야에서 여러 가지 형태로 활용되고 있다. 그 중 의료 분야에서는 각종 의료 데이터의 처리, 의료영상처리, 원격수술 그리고 재활의료 등 점차 컴퓨터를 활용하는 예가 늘어가고 있다. 그 중 FAcE MOUSE는 기존의 복강경 제어 방법을 탈피하여 외과의사가 손이나 발스위치 혹은 음성 입력 없이 적절한 얼굴 제스처로 복강경의 움직임을 조절할 수 있는 시스템을 개발하였다[7]. 이와 같이 그래픽 유저 인터페이스 하에서 윈도우와 오브젝트를 조절하기 위한 비전 기반의 제스처 캡처 시스템이 의료 시스템에서도 제안되고 있다. 또한, Graetzel은 손의 제스처를 이용하여 외과 의사가 마우스의 표준 기능인 포인터의 움직임과 버튼 클릭을 할 수 있도록 하는 컴퓨터 비전 시스템을 개발하였다.

기존의 인지 재활 프로그램으로는 Psychological Software Services 사의 CogRehab 프로그램은 주의 집중력을 훈련하는 Foundation, 기억력을 훈련하는 Memory, 시공간 지각력을 훈련하는 Visual Spatial 및 문제 해결 능력을 훈련시키는 Problem solving의 4 가지 항목과 45 개의 개별 프로그램으로 구성되어 있다[8]. 하지만 재활 환자들은 물리적 세계로부터 입력을 받아들이는 능력이 줄어들고, 물리적 세계로 출력 즉 음성이나 움직임을 나타내는 능력이 저하된 상태이다. 그래서 키보드의 특정 키나 마우스 조작에 따른 불편이 있고 장기간의 재활 치료에서 환자가 지루함을 느끼게 되어 지속적인 재활 치료를 유지하기 힘들다는 단점이 있다.

환자의 반응에 따른 상호작용이 가능한 재활 치료 방법으로 본 논문에서는 인지 장애뿐만 아니라 행동 장애에 대한 새로운 재활 치료 방법을 제안한다. 이 시스템은 카메라를 통해 획득한 영상 정

보를 이용해 사람의 동작을 인지 및 인식하고 그에 대응하는 반응을 컴퓨터나 TV 등의 모니터를 통하여 나타낸다. 또한, 재활 환자의 반복적이고 장기적 치료 활동에 상호작용할 수 있는 요소를 접목하여 환자의 흥미와 재미를 유발하여 능동적인 참여로 재활 치료에 대한 심리적, 물리적 동기 부여 효과를 거두어 환자의 운동 장애와 인지 장애, 지각 능력을 향상시키고자 한다.

## 2. 관련 연구

### 2-1 집중력 재활

지금까지 컴퓨터를 활용한 집중력 재활에 관한 연구로 Gray 는 단순한 과제를 사용하여 환자의 정보처리 속도 및 반응 속도가 향상되도록 훈련하기 위하여 컴퓨터 프로그램으로 개발하여 적용하였다 [5]. 이 시스템은 컴퓨터 화면에 숫자가 화면의 중앙, 오른쪽, 왼쪽에서 무작위로 나타날 때마다 특정한 키를 눌러 반응을 보이도록 하거나 컴퓨터 화면에 빨간색의 원이 나타날 때마다 최대한 빠르게 특정한 키를 누르도록 하는 훈련이 해당된다. Gansler 는 주의 집중 재활을 위해 환자로 하여금 시간의 흐름에 집중하여 환자 자신이 30 초 또는 1 분이 지났다고 생각되는 시점에 손을 들어 표시하도록 하는 훈련을 적용하였다[3].

### 2-2 기억력 재활

컴퓨터를 활용한 기억력 재활 프로그램에 대한 시도는 현재까지 전무한 실정이다. 일반적으로 기억력 재활 프로그램들은 크게 2 가지 유형으로 구분될 수 있다. 기억술(Mnemonic Technique)을 습득하여 저하된 기억력을 직접적으로 재훈련하는 방식이 있으며, 기억력 수첩이나 신경페이지와 같은 외부적 보상체계의 사용을 생활화하여 일상생활에서의 장애를 감소시키도록 훈련하는 방식이 있다. 기억술을 적용하는 훈련은 단순한 과제를 주고 반복적으로 외우도록 훈련하는 프로그램과 일상생활에서 중요한 기능이나 지식을 습득하도록 훈련하는 프로그램으로 나눌 수 있었다. 정보들을 서로 연관시켜 기억하도록 훈련한 예로는 알파벳 5 자

- 15 자로 구성된 단어의 목록을 주고 환자로 하여금 나열된 단어들의 의미가 어떻게 연관되는지를 생각하면서 외우도록 하는 훈련[6], 다양한 얼굴을 제시하고 얼굴 생김새나 직업과 연관시켜 얼굴의 이름을 외우게 하거나 자신이 알고 있는 사람과 연관시켜 이름을 외우도록 하는 훈련[4] 등이 있다.

## 2-3 기존 재활 시스템

기존의 재활 시스템은 상호작용을 위하여 Perceptual, Cognitive 그리고 Motor 의 세 부분으로 나뉘어 있다. 처음 두 부분은 정보를 처리하고 결정을 하기 위한 부분이고 세 번째 부분은 실제 물리적 세계와 상호작용하도록 처리하는 부분으로 구성되어 있다.

PSS CogReHab 프로그램에서는 Foundations 라는 여러 레벨의 단계를 두어 환자의 집중력과 활동 능력을 증진하려 하였다. [그림 1]에서 보는 바와 같이 Foundations I에서는 화면상에 빨간색과 파란색 사각형이 화면의 임의의 지점에 나타나면 환자는 키보드를 이용하여 빨간색 사각형이면 왼쪽 화살표를 파란색이면 오른쪽 화살표를 누른다.



[그림 1] PSS CoReHab - Foundations I의 초기 화면(상)과 실행 화면(하)

환자의 반응에 대하여 프로그램은 소리를 들려 줌으로 인해 환자의 주의력과 청각능력의 집중력을 향상하기 위하여 디자인되었다. 하지만 이 프로그램은 재활 치료에서 키보드나 마우스와 같은 기존의 입력 장치가 필요하며, 재활 환자와 같이 행동 혹은 인지 및 인식에 장애가 있는 사람에게 는 조작에 따른 불편을 가지고 있다. 그리고 재활 치료가 단기간에 끝나는 것이 아니기 때문에 환자가 재활 치료를 하는 과정에서 지루함을 느끼게 되고 지속적인 재활 치료를 위한 환자의 의욕을 감소시켜, 결과적으로 완치를 더디게 하는 단점이 있다.

## 2-4 CAMSHIFT Algorithm

물체를 추적하는 방법으로 센서 장치 같은 하드웨어를 이용한 방법과 영상 획득 장치를 이용한 컴퓨터 비전 기반의 방법이 있다. 컴퓨터 비전 분야에서는 크게 추적 대상의 형태 혹은 색을 기반으로 추적하게 된다. 이 중 Snake 를 이용하여 Contour 를 추적하거나 Active Shape Model 을 이용하여 물체를 추적한다. 이러한 방법들은 윤곽선이 명확하지 않은 이미지의 경우 물체의 정확한 형태를 찾기가 어렵다는 단점이 있으며 크거나 위치가 계속 변하는 동영상에서 물체 추적을 위한 계산에 오랜 시간이 걸려서 초당 30 프레임의 영상을 처리해야 하는 실시간 처리 분야에서는 사용하기가 상당히 어렵다. 또한, 입력 받은 영상으로부터 잡음을 제거하거나 Contour 를 계산하는 전처리가 복잡하고, 초기화와 학습이 필요한 Template 은 추적하는 물체의 움직임에 제한이 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 칼라 확률 분포를 이용하는 MeanShift 알고리즘을 발전 시킨 CAMSHIFT(Continuously Adaptive Mean Shift) 알고리즘을 사용하였다[2]. 계산과정은 다음과 같다.

1. 초기 탐색 윈도우의 크기와 위치를 선택한다.
2. Mean Shift 알고리즘을 적용한다.
3. 모우먼트(Moment)를 계산한다.
4. 탐색윈도우의 위치와 크기를 계산한다.

5. 수렴할 때까지 2 단계와 3 단계를 반복한다.

본 시스템에서는 이를 통해 빠른 처리와 불규칙한 물체의 움직임을 실시간으로 추적한다. 모우먼트(Moment)를 사용하여 추적 대상의 크기와 회전 각도를 알아낸다.

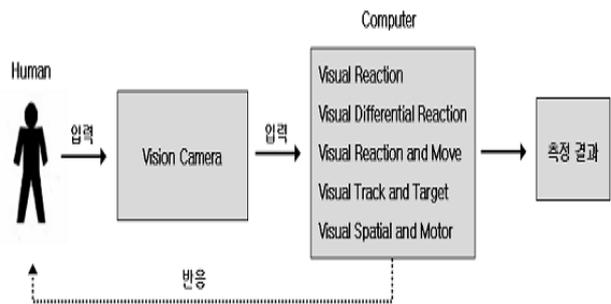
## 3. 설계 및 구현

### 3-1 인지 및 행동 장애 재활 시스템의 설계

중양대 의료원 재활의학과와 함께 비전 기반의 인지 및 행동 장애 재활 훈련 시스템을 구축하였으며, 재활의학과 의 컴퓨터 비전 기반 재활 시스템에 대한 요구사항은 다음과 같다.

1. 환자의 행동을 추적하는 기능
2. 재활 데이터 관리 기능
3. 환자 정보 관리 기능
4. 환자의 행동에 따른 시스템의 반응

위의 요구 사항을 만족 하기 위하여 환자의 행동을 화상카메라를 통하여 입력 받아 CAMSHIFT 알고리즘을 이용해 시스템을 개발하였다. 이 재활 시스템은 환자의 행동에 따라서 시스템의 반응을 모니터나 TV 화면으로 나타내준다. 그리고, 환자의 정보를 개별로 관리하고 환자가 각 과제를 수행하는 시간을 측정하고, 재활 데이터를 유지하여 재활 정도를 판단할 수 있도록 도와준다(그림 2).



[그림 2] 시스템 설계

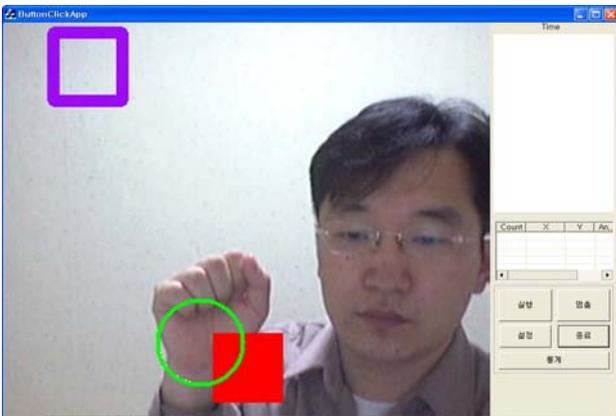
시스템은 크게 두 개로 인지 장애와 행동 장애 재활 프로그램으로 나눌 수 있다. 인지 장애 프로그램으로는 화면에 나타나는 사각형 영역을 선택하는 것과 사각형 영역과 같은 색깔의 것을

선택하게 하여 환자의 주의 집중력과 반응 속도, 그리고 정확도를 측정하는 시각 구별 기능을 훈련하는 Visual Reaction 과 Visual Differential Reaction, Visual Reaction and Move 로 구성되어 있다. 행동 장애 환자를 위하여 환자의 주의력과 손의 움직임을 측정하는 Visual Track and Target 및 Visual Spatial and Motor 시스템을 설계하였다. 각 프로그램은 환자의 기본 정보와 환자의 재활 데이터를 유지하고 있으며 재활 데이터를 출력하기 위한 기능과 재활 정도를 나타내는 측정된 시간을 그래프의 형태로 제공해 주고 있다.

### 3-2 Visual Reaction

Visual Reaction 시스템은 가장 낮은 단계의 집중력으로서 환자가 컴퓨터 화면에서 랜덤 한 시간 안에 나타나는 다양한 색깔의 사각형 지점을 선택하도록 하는 훈련을 위한 시스템이다.

[그림 3]에서 생기는 안이 빈 사각형 영역은 화면 하단의 사각형 영역을 선택 한 후 랜덤한 시간이 흐른 후에 생기는 영역으로 환자가 화면에 계속 집중을 하게 한다. 환자가 언제 나올지 모르는 사각형 영역을 선택하기까지의 반응 시간을 측정함으로써 주의력과 집중력을 향상시킬 수 있다. 환자의 운동 능력도 향상시키기 위하여 환자는 입력 카메라로부터 3 미터 정도 떨어진 거리에서 훈련을 하도록 하고 화면 하단의 영역을 선택한 후 생기는 사각형 영역은 화면 상단의 3분의 1 이 되는 지점에서부터 위로 랜덤하게 생기도록 하였다.



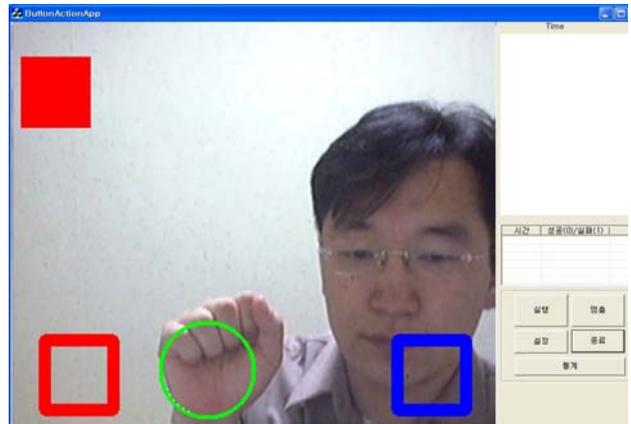
[그림 3] 사각형 버튼 선택 후

### 3-3 Visual Differential Reaction

Visual Differential Reaction 시스템은 화면에 색깔이 채워진 사각형이 나타날 때마다 이 사각형의 색깔이 화면 하단 부의 어느 사각형과 같은지를 선택하게 하여 환자의 주의 집중력과 반응 속도, 그리고 정확도를 측정하기 위한 시스템이다.

[그림 4]에서 보는 것처럼 화면에 우측 사각형과 좌측 사각형 두 가지 중 한 가지가 프로그램이 시작되면 랜덤한 시간에 나타나면, 환자는 화면의 중앙에서 대기하고 있다가 화면 하단에 나타나는 같은 색깔의 사각형을 선택한다.

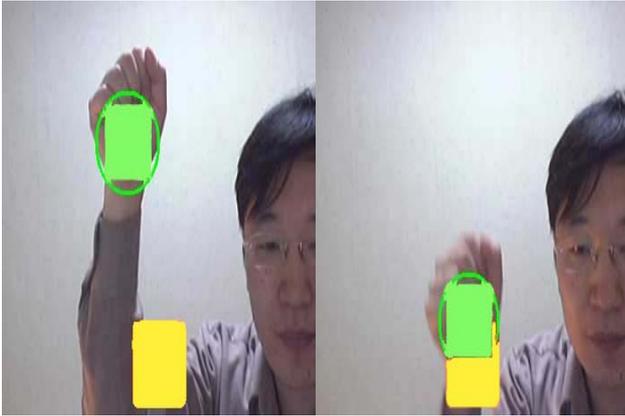
같은 색깔로 채워진 사각형이 나타난 후 좌, 우 사각형을 선택하기까지 걸린 반응 시간을 측정한다. 매번 훈련을 하면서 반응 시간을 측정하는 것과 더불어 환자가 화면에 보이는 사각형의 색깔과 같은 색의 사각형을 선택하는 것을 측정하여 같은 색의 사각형을 선택하면 성공, 그렇지 않으면 실패로 간주하여 성공/실패를 측정할 수 있다. 환자에게 성공과 실패를 일깨워 주기 위하여 성공과 실패에 따른 소리를 들려주어 환자의 주의를 집중시킨다.



[그림 4] Visual Differential Reaction 실행 후

### 3-4 Visual Reaction and Move

Visual Reaction and Move 시스템은 화면의 임의의 위치에 사각형이 나타날 때 환자는 화면에 나타난 사각형을 선택하고 시스템은 환자의 반응 시간을 측정한다. 환자는 자신이 선택한 사각형을 처음 시작 위치의 사각형으로 이동시키면 시스템은 다시 환자의 재활을 측정할 준비가 된다[그림 5].

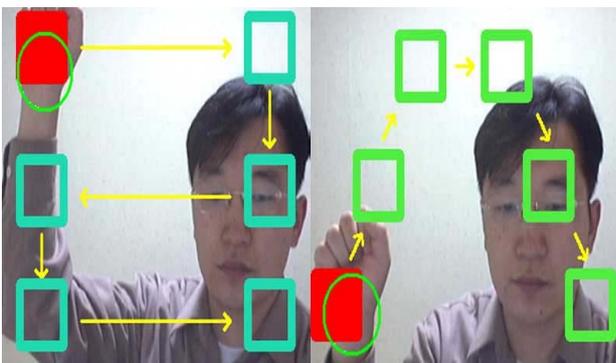


[그림 5] Visual Reaction and Move 실행 후

만약 환자가 처음 시작 위치로 선택된 사각형을 가져다 놓지 않는다면 시스템은 추적하던 물체인 환자의 손 위치에 선택된 사각형을 계속 그려 주게 된다. 이 시스템은 환자의 주의집중력과 반응 시간을 증진시키기 위한 시스템이다.

### 3-5 Visual Track and Target

Visual Track and Target 시스템은 환자의 주의력과 손의 움직임을 측정하고자 하는 프로그램으로 시작을 하면 환자는 화면에 하나의 사각형이 나오는데 그곳에 트래킹 도구를 가져가면 환자가 따라갈 경로가 보이고 그 경로를 따라서 나타나는 사각형을 차례로 클릭을 하여 마지막 사각형까지 도달을 하면 프로그램은 환자가 얼마나 빨리 경로를 따라갔는지에 대한 측정 시간을 기록하게 된다.



[그림 6] Visual Track and Target 시스템의 경로

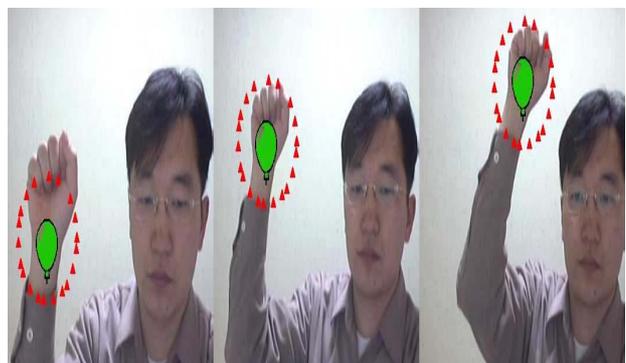
Visual Track and Target 시스템은 환자에게 여섯 개의 경로를 테스트 할 수 있도록 하였다. [그림 6]에서 사용자의 편의를 위하여 쉽게 경로를 구분하기 위하여 우측 편에 화면상에 나오는 경로와

사각형의 배치와 같은 이미지 버튼을 두어 각 경로를 선택 할 수 있게 하였다. 또한 환자의 기억력에 따라서 프로그램에 반응하는 시간이 얼마나 빨리 진행되는지를 알기 위하여 전체 경로 보기와 부분 경로 보기를 메뉴로 두어 측정이 가능하도록 하였다.

이러한 훈련한 예로는 100 미터의 거리를 걷도록 한 다음 걸어 다닌 장소를 지도로 그리고 걸어 다니면서 보았던 물건이나 사람, 사건을 기억하여 그 대상들을 목격한 장소를 지도에 표시하도록 하는 훈련 등이 있다[6]. Visual Track and Target 시스템은 경로에 있는 사각형을 하나씩 따라감으로 인해서 경로를 기억할 수 있게 하는데 이러한 기능은 환자들이 일상생활 중에서 가장 어려움을 겪는 문제가 바로 기억력 장애로 인해 새로운 지식을 습득할 수 없다는 사항에 도움이 될 수 있다고 판단된다.

### 3-6 Visual Spatial and Motor

Visual Spatial and Motor 시스템은 환자의 주의력과 손의 움직임을 측정하고자 하는 프로그램으로 환자가 가시덤불 안에 있는 풍선을 가시덤불이 이동함에 따라서 터지지 않고 얼마나 오랫동안 이동할 수 있는지를 측정한다. 본 Visual Spatial and Motor 는 한 가지 과제에 집중하기 어려운 환자들이 많기 때문에 일정 기간 동안 과제에 몰두하도록 하기 위해서 환자들의 호기심을 자극하고 흥미를 유발할 수 있도록 놀이의 형태로 훈련을 구성하였다.



[그림 7] 풍선과 가시덤불

프로그램을 시작하면 환자는 [그림 7]에서 보는

것처럼 환자가 사용하는 인터페이스 도구의 중심에 풍선이 생기고 풍선 주위로 가시로 간주되는 삼각형이 생기게 된다.

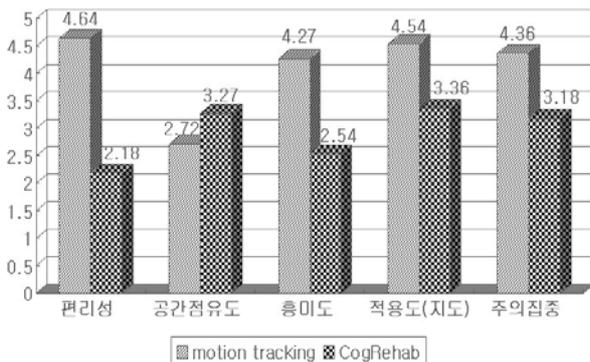
Visual Spatial and Motor 시스템은 중앙대 의료원 재활의학과 의 요구사항으로 프로그램 시작 시 환자가 시스템에 적응할 시간이 필요하기 때문에 환자는 자신이 어떠한 것을 하고 있는지 파악할 수 있게 하기 위하여 약 3 초 동안 풍선과 가시덤불이 같이 다니는 것을 볼 수 있다. 또한 환자의 재활 정도에 따라서 의사나 간호사는 풍선 주위의 가시덤불의 폭과 속도를 조절할 수 있다.

Visual Spatial and Motor 프로그램은 환자가 풍선을 터트리지 않고 유지한 시간을 측정함으로써 환자의 재활 상태를 측정하여 환자의 데이터를 유지한다.

#### 4. 재활 시스템의 설문 조사

본 논문에서 개발한 시스템에 대하여 중앙대 의료원 재활 의학과에서 기존의 PSS CogRehab 시스템을 사용한 경험이 있는 11 명의 환자에게 적용한 후 4 명의 의사와 치료사를 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사는 PSS CogRehab 시스템과 본 논문에서 구현한 시스템을 환자의 일일 치료 시간인 20 분내지 30 분을 끝내고 편리성, 흥미도, 주의 집중 등 5 개 부분에 대한 만족도를 5 단계로 매우 좋다(5 점), 좋다(4 점), 보통이다(3 점), 나쁘다(2 점), 매우 나쁘다(1 점)로 구분하였다.

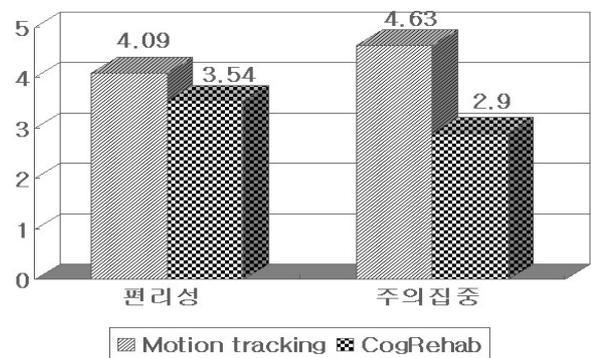
치료사 자신의 경험에 비추어 환자에게 직접 이 프로그램을 가지고 재활 훈련을 실시하기 전에 이 전 프로그램과 본 프로그램을 비교한 결과는 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 치료사 자신의 경험으로 평가

본 프로그램은 환자가 화상 카메라 앞에서 재활 훈련을 실시함으로써 인해서 기존의 키보드만을 이용하는 PSS CogReHab 프로그램과 달리 공간을 차지하는 점에서 치료사들이 공간을 마련해주어야 한다는 점에서 나쁜 평가를 받았다. 하지만 치료사들에게 본 프로그램을 실행하면서 기존 프로그램과는 달리 편리성, 흥미도, 적용도, 주의 집중에서 높은 평가를 받았다.

환자에게 본 프로그램을 적용한 후 편리성과 주의 집중 항목에 대하여 치료사가 평가한 결과는 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 환자에게 적용 후 치료사의 의견

환자가 기존의 키보드를 이용한 프로그램보다 주의 집중에서 더 좋은 평가를 받았다. 이것은 기존의 키보드를 이용한 프로그램이 지루하였지만 본 프로그램을 이용함으로써 인해서 환자들이 주의 집중을 더 잘 하였음을 볼 수 있다.

#### 5. 결론

재활 치료 분야에서 키보드나 마우스 조작에 따른 불편을 해소하고 지루하지 않은 인지 및 행동 장애 재활 시스템을 구현하기 위하여 본 논문에서는 화상 카메라로 영상을 받아들이는 컴퓨터 비전 기반의 재활 훈련 시스템을 개발하였다.

본 논문에서 개발된 인지 및 행동 장애 재활 시스템은 환자의 손이나 환자가 사용하는 도구를 실시간으로 인식하기 위하여 CAMSHIFT 알고리즘을 사용하였다.

본 논문에서는 인지 장애나 행동장애가 있는 환자들을 위하여 신체적이나 심리적 성취감을 증진시키기 위하여 주의력, 반응시간, 손의 조절능력,

시·지각 능력의 개발을 위하여 5 가지 시스템을 개발하였다.

인지 및 행동 재활 시스템은 중앙대학교 의료원 재활의학과와 의 도움으로 기존의 PSS CogRehab 시스템과의 비교 설문조사를 실시한 결과 기존의 시스템에 비해 본 시스템에 대한 흥미가 높고 환자들이 주의 집중을 더 잘하였다는 것을 알 수 있었다. 또한 환자들이 시스템을 사용하는데 있어서 특정 키를 기억하지 않고도 사용할 수 있다는 편리함을 설문 조사를 통하여 확인하였다. 설문 조사의 결과를 바탕으로 CAMSHIFT 를 이용한 인지 및 행동 장애 재활 시스템이 재활 치료에 유용한 도구가 될 수 있음을 증명하였다.

※ 실험을 할 수 있도록 적극적으로 도와주신 이 은숙, 박해청 치료사께 감사 드립니다.

※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(A050802).

## 6. 참고문헌

- [1] 김돈규, 서경목, “아마추어 골퍼에서의 골프 관련 통증의 발생 빈도 및 분포” 대한스포츠의학회, Vol. 21, No. 1, pp.27-34, 2003.
- [2] Bradski, G. R., “Computer video face tracking for use in a perceptual user interface” Intel Technology Journal, QW2, 1998.
- [3] Gansler, D. A., McCaffrey, R. J., “Remediation of chronic attention deficits in traumatic brain-injured patients” Arch Clin. Neuropsychol, Vol. 6, pp.335-353, 1991.
- [4] Goldstein, G., Longmore, S., Berg, I., “Efficacy of memory training: A technological extension and replication, The Clin Neuropsychol” The Clin. Neuropsychol, Vol. 10, No. 1, pp.66-72, 1996.
- [5] Gray, J. M., Robertson, I., Pentland, B., Anderson, S., “Microcomputer-based attentional retraining after brain damage: a randomized group controlled trial” Neuropsychol Rehabil., Vol. 2, pp.97-115, 1992.
- [6] Lawson, M. J., Rice, D. N., “Effects of training in use

of executive strategies on a verbal memory problem resulting from closed head injury” J. Clin. Exper Neuropsychol, Vol. 11, No. 6, pp.842-854, 1989.

[7] Nishikawa, A., Hosoi, T., Koara, K., Negoro, D., Hikita, A., Asano, S., “FAce MOUSE: A Novel Human-Machine Interface for Controlling the Position of a Laparoscope” IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 19, No. 5, pp.825-841, 2003.

[8] [www.neuroscience.cnter.com](http://www.neuroscience.cnter.com)