

응시위치의 시각적 표시를 통한 편마비 장애인의 재활치료 프로그램

이정준*, 박강령*, 김민영**, 김재희*

* 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 Intelligent Vision 연구실

** 연세대학교 재활의학과

Rehabilitation program for hemiplegic patient by visual displaying of the current gaze position

Jeong Jun Lee, Kang Ryoung Park, Min Young Kim, Jaihie Kim

Intelligent Vision Lab. Dept. of Electrical & Computer Engineering, Yonsei Univ.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Yonsei Univ.

요 약

응시위치 추적이란 현재 모니터 상에 사용자가 응시하고 있는 지점을 카메라로부터 얻은 영상정보로부터 파악해 내는 것을 말한다. 응시위치 추적을 이용하여 현재 사용자가 모니터 상에 바라보고 있는 응시위치점을 시각적으로 표시해 줌으로써 한쪽 면을 잘 인지하지 못하는 장애인들에 대한 진단 및 재활치료를 도울 수 있는 시스템을 개발하였다. 이와 같은 이와같은 시스템은 사용자가 관심있어할 만한 상황을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 가상적으로 만들고 그 안에 있는 물체들을 사용자가 고개움직임을 이용하여 움직일 수 있게 함으로써 사용자로 하여금 강한 동기력을 유발할 수 있으며 또한 편측 시각 무시에 대한 보다 정량적인 진단을 가능하게 하며 기존의 작업치료사의 도움을 받아야 했던 것에서 탈피할 수 있으므로 인력 소모를 줄일 수 있는 등의 잇점이 있다.

1. 서론

뇌졸중이나 교통사고 등 여러 가지 요인으로 인하여 뇌의 외상성 손상이 발생할 경우 가장 많이 수반하는 증세가 뇌의 편마비 장애이다. 뇌의 편마비 장

애로 인한 대표적인 지각 기능의 장애는 편측 시각 무시(unilateral visual neglect) 현상이다. 이것은 한쪽 면(주로 좌측)을 볼 수 있으면서도 제대로 지각하지 못하는 현상이다. 이에 따라서 편측 시각 무시 장애인들은 무시하고 있는 측면에 아무런 주의를 집

중하지 않는다. 주로 우측 뇌의 병변에 의한 좌측 시각무시 현상이 많이 나타나는데 이러한 경우 몸체보다 좌측에 있는 세계에 집중할 수 없는 현상이 발생한다. 이러한 경우 좌측의 장애물을 깨닫지 못하고 자주 부딪힌다든지, 식탁의 좌측에 차려진 음식들을 파악하지 못하여 언제나 그쪽 음식에는 손대지 않는 등의 증상이 나타난다.

지금까지의 편측 시각 무시의 정도에 대한 객관적 측정방법은 행동적 부주의 검사(behavioral inattention test; BIT), 교대 동시 자극법(alternating simultaneous stimuli), 선의 중심 찾아 긋기 방법(line bisection test) 등이 있다[1]. 그러나 이러한 방법들은 거의 손의 운동을 통하여 나타나는 결과를 측정하므로 손의 '운동 변수'가 포함될 수밖에 없다는 한계를 내포한다[2]. 진단의 의미를 갖는 또 하나의 특징은 무시측에 대한 '시각적 반응의 지연'이다. 무시하는 측면에 대한 시각적 반응의 지연을 측정함으로써 보다 정확하고 정량화된 측정을 해보고자 하는 시도들이 있어 왔다[3][4]. 편측 시각 무시에 대한 치료를 위해서는 좌측 시야에 여러 가지 자극을 줌으로써 장애자의 지각 능력을 회복시켜 주는 방법이 많이 사용되고 있다. 현재로서는 좌측에 번쩍이는 빛을 비추는 것과 같은 역동적 자극(dynamic stimuli)이나 정적인 시각 자극을 주는 방법, 주의를 기울이지 않는 쪽에 소리나 감각 등을 통한 자극을 주는 방법 등이 일반적으로 사용되고 있다[5]. 지금까지의 방법은 치료실 속에서는 작업치료사가 도와주는 가운데 늘 하던 도구를 사용함으로써 장애인의 흥미를 유발시킬 수 없었다. 또한 작업치료사라고 하는 인력의 소모를 필요로 하고 있다.

본 연구에서는 얼굴 움직임에 의한 응시 위치 추적 시스템을 이용하여 편측 시각 무시 장애인들에 대한 증상의 진단 및 재활 치료 시스템을 개발하였다. 이를 이용함으로써 팔의 운동 근육이 포함되지 않은 보다 정확한 편측시각 무시의 정도를 정량적으로 측정할 수 있다. 또한 환자가 무시측에 집중을 하게 되면 곧장 흥미를 유발하는 소리와 화면등의 변화가 나타나게 할 수 있기 때문에 환자의 흥미를 끌고 동기를 유발할 수 있는 장점이 있다. 또한 무시현상이 지속되면 듣기 좋지 않은 소리로 각성하게 하는 등의 기능이 가능하다. 환자의 움직임을 화면 안에서의 어떤 존재의 움직임으로 표현함으로써 강

력한 동기력을 유발할 수 있다. 뿐만아니라 오락기능이 더하여진 방식이기 때문에 흥미 유발을 돕고 장애인에게 치료가 부담스럽지 않도록 하기 때문에 치료효과를 증대시킬 수 있다. 뿐만아니라 치료사의 인력소모도 감소할 수 있는 효과를 가져온다.

2. 응시 위치의 추적

2.1 얼굴 영역 및 얼굴 특징점의 추출

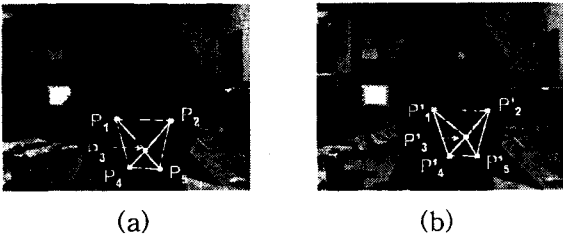
사용자의 응시위치를 파악하기 위해서 본 연구에서는 얼굴의 특징점들의 위치를 이용하였다. 응시위치 추적을 위한 얼굴의 특징점으로는 눈동자와 코와 입의 양 끝점을 선택하였다. 얼굴의 특징점들을 찾아내기 위해서 먼저 얼굴영역을 검출한 후 추출된 얼굴영역 내에서 양 눈과 코와 입의 양 끝점을 추출하였다. 얼굴영역을 추출하기 위해서는 시간적으로 연속된 두 영상의 차 영상정보를 이용하였다[6]. 차 영상정보로 대략적인 얼굴의 외곽선 부분을 추출할 수 있으며 이를 통하여 직사각형 모양의 얼굴 경계 위치를 정한다. 얼굴의 특징점을 찾기 위해서 이진화 영상을 통한 히스토그램 분석법을 이용하였다. 먼저 얼굴 영역의 위치를 알 때 눈의 대략적인 위치를 알 수 있으므로 이를 탐색영역으로 설정하고 탐색영역 내에서 흑화소의 중심을 찾음으로써 눈 특징점의 위치를 추출하였다. 눈이 검출되면 눈의 위치로부터 대략적인 입의 위치를 결정할 수 있고 이를 입의 탐색영역으로 설정한다. 입의 탐색영역에 대하여 이진화 및 수직방향 히스토그램 정보를 이용하여 입의 양 끝점을 결정할 수 있다. 콧구멍 역시 눈동자와 입과 같은 방법으로 탐색영역 설정한 후 흑화소의 분포 피크치를 이용하여 추출하였다[7]. 특징점의 움직임 추적은 매번 얼굴영상을 다시 찾고 눈, 코, 입의 특징점을 추적하는 것이 아니라 이미 찾아진 눈, 코, 입의 위치부근을 탐색영역으로 정하고 탐색영역 내에서 특징점을 추적하는 것으로 하였다[8]. 그림 1은 찾아진 얼굴 영역의 경계, 얼굴 특징점 및 특징점의 탐색영역을 나타내고 있다.



그림 1. 추출된 얼굴 특징점 및 탐색 영역

2.2 신경망에 의한 응시 위치 추출

본 연구에서는 컴퓨터 모니터 스크린 앞에 앉은 사용자의 응시위치를 파악하기 위해 신경망을 사용하였다. 사용자가 모니터 스크린상의 한 점을 바라볼 때 사용자의 응시 위치는 얼굴 특징점의 모양의 분포 및 변화를 이용하여 구할 수 있다. 그림 2는 사용자가 모니터 상의 정중앙을 바라볼 때(a)와 모니터상의 임의의 한 지점을 바라볼 때(b)의 얼굴 특징점들의 분포를 나타낸 것이다. 모니터의 정중앙을 바라볼 때의 양눈과 코와 입의 양끝점의 특징점의 위치는 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 이고 다른 임의의 지점을 바라볼때의 얼굴 특징점의 위치는 $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4, P'_5$ 이다.



(a) (b)

그림 2. 얼굴 특징점의 변화

(a) 모니터 정중앙을 바라볼 때

(b) 모니터의 임의의 점을 바라볼 때

화면 정중앙을 바라볼때의 얼굴 특징점의 좌표 :

P_1 (왼쪽 눈 : X_1, Y_1),

P_2 (오른쪽 눈 : X_2, Y_2),

P_3 (코 : X_3, Y_3),

P_4 (입의 왼쪽 끝점 : X_4, Y_4),

P_5 (입의 오른쪽 끝점 : X_4, Y_4)

화면의 임의의 점을 바라볼때의 얼굴 특징점의 좌표 :

P'_1 (왼쪽 눈 : X'_1, Y'_1),

P'_2 (오른쪽 눈 : X'_2, Y'_2),

P'_3 (코 : X'_3, Y'_3),

P'_4 (입의 왼쪽 끝점 : X'_4, Y'_4),

P'_5 (입의 오른쪽 끝점 : X'_5, Y'_5)

응시위치 지점을 파악하기 위한 신경망의 입력으로는 양 눈과 코와 입의 양끝점이 이루는 거리들의 분포 및 삼각형의 면적의 차이 등이 사용되었다. 다음과 같은 20개의 특징값이 신경망의 입력으로 사용되었다.

특징값 1~5 : $X'_i - X_i$ ($i = 1, 2, \dots, 5$),

특징값 6~10 : $Y'_i - Y_i$ ($i = 1, 2, \dots, 5$)

특징값 11 : $S(\Delta P'_1 P'_2 P'_3) - S(\Delta P_1 P_2 P_3)$,

특징값 12 : $S(\Delta P'_1 P'_3 P'_4) - S(\Delta P_1 P_3 P_4)$

특징값 13 : $S(\Delta P'_2 P'_3 P'_5) - S(\Delta P_2 P_3 P_5)$,

특징값 14 : $S(\Delta P'_3 P'_4 P'_5) - S(\Delta P_3 P_4 P_5)$

특징값 15 : $S(\Delta P'_1 P'_3 P'_4) / S(\Delta P'_2 P'_3 P'_5) - S(\Delta P_1 P_3 P_4) / S(\Delta P_2 P_3 P_5)$

특징값 16 : $S(\Delta P'_3 P'_4 P'_5) / S(\Delta P'_1 P'_2 P'_3) - S(\Delta P_3 P_4 P_5) / S(\Delta P_1 P_2 P_3)$

특징값 17 : $\{(X'_1 + X'_4) / 2 - X'_3\}$

$- \{(X_1 + X_4) / 2 - X_3\}$

특징값 18 : $\{X'_3 - (X'_2 + X'_5) / 2\}$

$- \{X_3 - (X_2 + X_5) / 2\}$

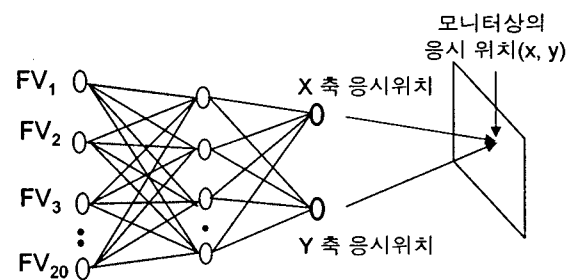
특징값 19 : $\{(Y'_4 + Y'_5) / 2 - Y'_3\}$

$- \{(Y_4 + Y_5) / 2 - Y_3\}$

특징값 20 : $\{Y'_3 - (Y'_1 + Y'_2) / 2\}$

$- \{Y_3 - (Y_1 + Y_2) / 2\}$

신경망의 입력으로 사용된 특징값 1-10은 얼굴 특징점의 2차원 평면상에서의 위치의 변화량을 나타낸다. 특징값 11-14는 양눈과 코에 의해서 만들어지는 삼각형의 면적의 변화를 나타내며 특징값 15,16은 삼각형들의 면적의 비의 변화도를 나타낸다. 특징값 17-20은 얼굴 특징점들 사이의 거리의 변화를 나타내 준다. 그림 3은 사용된 신경망의 구조를 나타내고 있다. 입력은 20개의 특징값이고 출력은 모니터상의 좌표이다.



입력노드: 20 은닉 노드: 12 출력 노드: 2

그림 3. 응시위치 추적을 위한 신경망 구조

3. 응시위치 추적 기술을 이용한 재활 치료 시스템

본 연구에서는 응시위치 추적 기술을 이용하여 장애인용 재활 치료 프로그램을 개발하였다. 이것은 Windows98에서 동작하는 application 응용프로그램이다. 이 시스템은 응시위치 추적 기술을 이용하여

현재 사용자가 바라보고 있는 지점을 모니터상에 시각적으로 표시하여 줌으로써 뇌의 편마비 장애인들로 하여금 한 쪽 면에 대한 인지 능력을 향상시킬 수 있는 시스템이다(그림 4).



그림 4. 응시위치 추적 기술을 이용한 재활치료 시스템

이제까지의 진단 및 치료법은 종이 위의 글씨나 그림을 손으로 따라가거나 작업치료사의 명령을 따르는 수동적인 방법이었다. 이러한 치료법의 단점은 다른 사람의 도움이 필요하다는 것이다. 또한 이러한 방법은 정확한 편측시각 무시의 정도를 정량적으로 측정할 수 없다는 것이다. 본 연구에서 개발한 시스템은 모니터 상에 장애자가 바라보는 지점을 시각적으로 표시해 줌으로써 장애자로 하여금 자신이 현재 바라보고 있는 지점을 보여주고 이를 통해서 장애인 스스로 자신의 편측 시각 무시의 정도를 스스로 깨닫게 해 줄 수 있다. 따라서 스스로 치료 훈련을 할 수 있기 때문에 작업치료사의 인력 및 시간의 소모를 덜어줄 수 있다. 또한 장애의 정도에 대한 객관적, 정량적 평가를 가능하게 한다. 뿐만 아니라 다양한 화면과 상황을 설정하여 장애인으로 하여금 강한 동기력을 부여할 수 있고 오락기능까지 제공하여 줄 수 있으므로 치료효과를 더욱 높일 수 있다. 다음은 본 연구에서 개발한 치료 프로그램들의 예이다.

3.1 화면의 중심점 응시 연습

아래 그림 5는 장애자가 가운데라고 생각하고 바라본 위치를 모니터 상에 표시해 주는 프로그램이다. 이때 사용자가 가운데라고 생각하는 위치와 모니터의 실제 중심점을 보여 주고 실제 중심점과의 거리차를 표시해 줌으로써 장애인이 어느 정도 잘못

인지하고 있는지를 정량적으로 측정하게 하여 준다. 또 이때 걸린 시간을 표시해 줌으로써 시간적으로 얼마나 빨리 중심점을 찾는지도 알 수 있게 해 준다. 시스템은 이것을 통해 장애인에게 어느 정도 더 시각의 중심을 이동해야 하는지를 알게 하여 준다. (그림 5에서 진한 색의 십자가가 화면의 정중앙이고 흐린 색의 십자가가 사용자가 중심점이라고 생각하고 바라본 위치이다.)



그림 5. 중심점 찾기

다음은 화면의 왼쪽에 돌고 있는 바람개비와 같은 역동적 자극을 준 경우이다. 이와 같은 경우 장애인의 우측 뇌를 자극하게 되고 장애인의 좌측 무시 현상에 대한 재활 치료를 더욱 높일 수 있다.

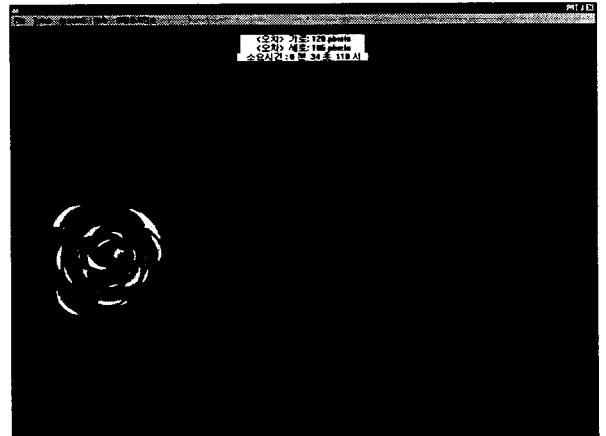


그림 6. 화면 좌측에 자극을 둔 경우의 중심점 찾기

이때에도 역시 사용자가 정중앙이라고 판단하는 위치가 중심점으로부터 얼마나 떨어져 있는가를 정량적으로 보여주며 또한 이때까지 걸린 시간을 표시해 줌으로써 얼마나 빨리 화면의 정중앙을 찾았는지를 알게 하여 준다.

3.2 좌측부분 인지 연습

뇌의 편 마비 장애인들은 대부분의 경우 좌측 시각 무시 현상을 보이며 이에 대한 치료법으로는 좌측에 관심을 끄는 물체 또는 목표물을 둠으로써 좌측을 인지하도록 유도하는 방법이 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 응시위치 추적 시스템을 이용하여 현재 장애인이 바라보고 있는 지점을 표시해 주면서 장애인으로 하여금 좌측을 보도록 유도하였다.

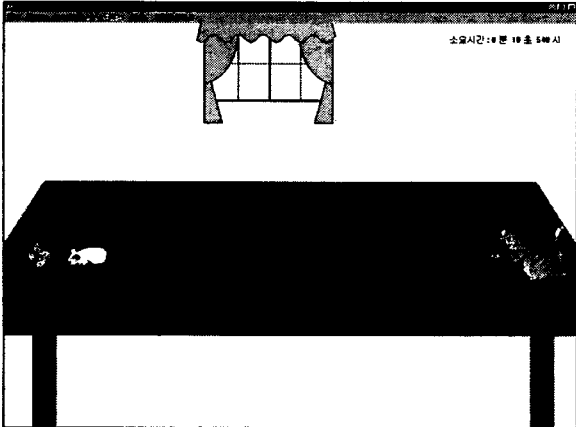


그림 7. 왼쪽부분 응시 연습 프로그램1

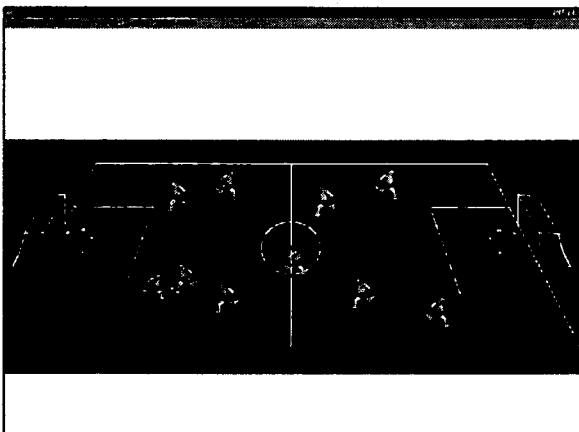


그림 8. 왼쪽부분 응시 연습 프로그램2

그림 7은 사용자로 하여금 화면상에 나타난 컴퓨터 시뮬레이션 상의 쥐를 움직여 치즈를 찾아가게 하는 프로그램이며 그림 8은 사용자로 하여금 축구 선수를 움직여 좌측의 골문으로 공을 몰고가게 하는 가상 축구 게임이다. 이때 상대방의 선수에 부딪치면 붉은 테두리와 함께 소리가 나게 함으로써 사용자에게 feedback을 받게 하였다. 이와 같은 가상 게임은 장애인들로 하여금 더욱 더 바라보고 있는 곳에 대한 인지 능력 및 좌측에 대한 인지 능력을 향상시킬 수 있게 한다.

3.3 물체 찾기를 통한 인지 연습

그림 9는 1차원상에서의 물체 찾기를 나타낸 것이다. 청색과 적색 꽃이 교대로 나타나게 하였고 그중에 한 지점에 동일한 색의 꽃이 연속적으로 나타나게 하였으며 장애인으로 하여금 동일한 색의 꽃이 연속적으로 나타난 곳을 찾게 함으로써 인지 훈련을 하게 하는 프로그램이다.

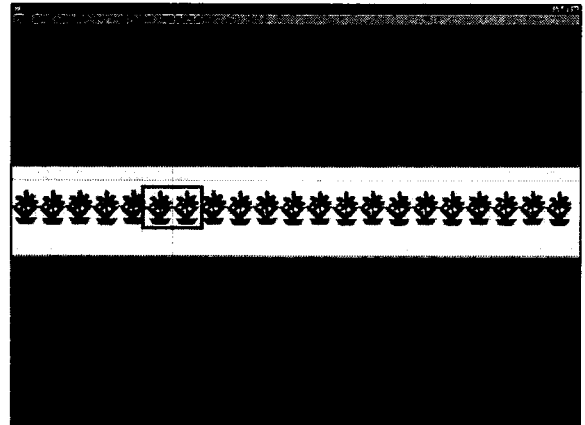


그림 9. 차원상에서의 물체 찾기

그림 10은 2차원상에서의 물체 찾기를 통한 인지 능력향상 훈련 프로그램이다. 장애인은 지시한 물체를 찾기 위해 2차원 평면을 scanning하는 가운데 인지능력을 향상할 수 있다.

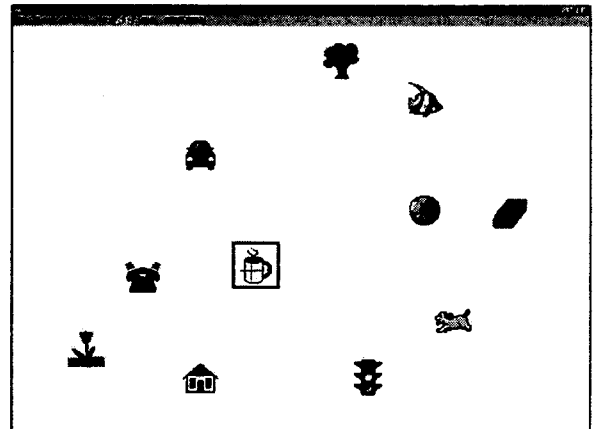


그림 10. 차원상에서의 물체 찾기

4. 결론

이 연구에서는 모니터 위에 설치된 카메라를 통해 입력된 사용자의 얼굴을 동영상 받아 이를 영상 처리(Image Processing) 및 컴퓨터 시각인식(Computer Vision)방법을 이용하여 모니터상에 환자가 쳐다보고 있는 위치를 추적 및 표시하였고 이를 이용하여 뇌의 편마비 장애인들에 대한 진단 및 재

활치료를 도울 수 있는 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 사용자가 현재 모니터상의 응시하고 있는 지점을 시각적으로 표시해 줌으로써 뇌의 편마비 장애인들로 하여금 자신의 기능장애(시각 인식의 중심, 화면의 시각적 자극을 통한 중심의 이동, 반응시간 (reaction time) 등)를 시각적으로 알게 하여 주며 또한 증상의 정량적 평가를 가능하게 하여 준다. 이와 같은 진단 및 치료법은 다양한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 가상 현실을 제공하여 줌으로써 사용자로 하여금 흥미를 유발시킬 수 있고 또한 작업 치료사의 도움 없이 스스로 진단 및 치료효과를 얻을 수 있게 한다. 현재 2차원의 단순한 가상 현실을 제공하여 주고 있는데 앞으로 좀더 현실감 있는 3차원 가상현실을 통하여 환자가 화면안의 원하는 곳을 찾아 다니는 느낌을 부여할 수 있다면 더욱 강한 흥미 및 동기력을 부여할 수 있고 또한 더욱 치료효과가 높을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

- [1] Hartman-Maeir A. Katz N., "Validity of the behavioral inattention test(BIT) : relationships with functional tasks," American Journal of Occupational Therapy 49, pp 507-516, 1995
- [2] Vuilleumier P., Valenza N., Mayer E., Reverdin A., Landis T., "Near and far visual space in unilateral neglect," Annal of Neurology 43, pp 406-410, 1998
- [3] Kaizer F., Korner-Bitensky N., Mayo N., Becker R., Coopersmith H., "Response time of stroke patients to a visual stimulus," the Stroke 19, pp 335-339, 1998
- [4] Buonocore M., Casale R., Arrigo A., "Psycho-motor skills in hemiplegic patients: reaction time differences related to hemispheric lesion side," Neurophysiology Clinic 20, pp 203-206, 1990
- [5] Zoltan B., "Vision, Perception and cognition: a manual for the evaluation and treatment of the neurologically impaired adult," 3rd ed.

New Jersey, SLACK Incorporated, 1996

- [6] 남시욱, 박강령, 정진영, 김재희, "얼굴의 칼라정보와 움직임 정보를 이용한 얼굴 영역 추출" 1997년 대한전자공학회 하계 종합학술대회 논문집 pp.905-908, 1997년 6월
- [7] 이정준, 박강령, 김재희, "응시 위치 추적 기술을 이용한 인터페이스 시스템 기발," 1999년 대한전자공학회 하계 종합학술대회 논문집 pp. 516-519, 1999년 6월
- [8] 남시욱, 박강령, 한승철, 김재희, "다중 모드 인터페이스 환경에서 등가속도 예측 알고리즘을 이용한 얼굴 특징점 추적" 1998년 제 10회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 209-214, 1998년 1월