

얼굴과 입 모양 인식을 이용한 지능형 휠체어 시스템

(Intelligent Wheelchair System using Face and Mouth Recognition)

주진선[†] 신윤희[†] 김은이^{**}
(Jin Sun Ju) (Yunhee Shin) (Eun Yi Kim)

요약 본 논문에서는 다양한 장애를 가진 사용자들을 위한 지능형 휠체어의 인터페이스를 제안한다. 제안된 시스템의 주된 목적은 전통휠체어의 조이스틱을 사용하기 힘든 장애인들에게 효율적인 인터페이스를 제공함으로써 그들의 안전한 이동성을 보장하여 독립적인 삶을 이끌어 나갈 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 제안된 시스템은 사용자의 얼굴 기울기를 인식하여 휠체어의 회전을 수행하고 입 모양을 인식하여 휠체어의 전진과 정지를 수행 한다. 이러한 얼굴 특징을 인식하기 위해 제안된 시스템은 얼굴 특징 검출기, 얼굴 특징 인식기, 전환기로 구성된다. 얼굴 특징 검출기는 Adaboost를 이용하여 얼굴 영역을 먼저 검출한 후 에지 정보를 이용하여 입 영역을 검출한다. 검출된 결과들은 얼굴 특징 인식기에서 statistical analysis와 K-means clustering을 이용하여 얼굴 각도와 입 모양을 인식한다. 전환기는 인식된 결과들을 휠체어의 모터를 제어하기 위한 명령어로 변환하여 사용자의 얼굴 및 입의 움직임으로 휠체어를 제어할 수 있도록 한다. 제안된 지능형 휠체어의 효율성을 증명하기 위하여 34명의 사용자를 대상으로 다양한 환경에서 실험한 결과 제안된 시스템은 전통 휠체어의 조이스틱을 사용할 수 없는 장애인들에게 편리한 이동성을 제공하며, 보다 편리하고 친숙한 인터페이스로 사용 될 수 있음을 보여 주었다.

키워드 : 지능형 휠체어, 지능형 인터페이스, 얼굴 특징 인식, 입 모양 인식, 얼굴 인식

Abstract In this paper, we develop an Intelligent Wheelchair(IW) control system for the people with various disabilities. The aim of the proposed system is to increase the mobility of severely handicapped people by providing an adaptable and effective interface for a power wheelchair. To facilitate a wide variety of user abilities, the proposed system involves the use of face-inclination and mouth-shape information, where the direction of an Intelligent Wheelchair(IW) is determined by the inclination of the user's face, while proceeding and stopping are determined by the shape of the user's mouth. To analyze these gestures, our system consists of facial feature detector, facial feature recognizer, and converter. In the stage of facial feature detector, the facial region of the intended user is first obtained using Adaboost, thereafter the mouth region detected based on edge information. The extracted features are sent to the facial feature recognizer, which recognize the face inclination and mouth shape using statistical analysis and K-means clustering, respectively. These recognition results are then delivered to a converter to control the wheelchair. When assessing the effectiveness of the proposed system with 34 users unable to utilize a standard joystick, the results showed that the proposed system provided a friendly and convenient interface.

· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '얼굴과 입 모양 인식을 이용한 지능형 휠체어 시스템'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다. Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

† 비회원 : 건국대학교 대학원 신기술융합학과
vocaljs@konkuk.ac.kr
ninharsa@konkuk.ac.kr

** 종신회원 : 건국대학교 대학원 신기술융합학과
eykim@konkuk.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 25일
심사완료 : 2008년 12월 15일

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제2호(2009.2)

Key words : Intelligent Wheelchair, Intelligent Interface, Facial Feature Recognition, Mouth shapes recognition, Face recognition

1. 서론

전 세계적으로 인구의 노령화와 후천적 장애 인구가 증가함으로써, 이들의 사회 참여가 중요한 사회 문제로 대두되고 있다. 따라서 이들의 삶의 질을 향상 시키는데 도움을 주는 복지 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서도 그들의 부족한 신체 기능을 보완하여 자유로운 이동성을 제공해 주는 지능형 휠체어는 다양한 형태로 발전하고 있다. 지능형 휠체어는 일반적인 전동 휠체어에서 센서 및 컴퓨터를 부가하여 지능적으로 동작하도록 만든 휠체어이다. 일반적으로 전동 휠체어를 제어하는 조이스틱이 가장 쉽고 편한 제어 방법이지만 감각능력(경추 5번 손상)이나 조작 능력의 손상으로 인해 조이스틱을 제어하기 어려운 장애인들의 신체적 능력이 맞추어 휠체어를 제어 할 수 있도록 도와주는 인터페이스의 기술 개발이 필요하다. 지금까지 노인 및 장애인들의 이동성을 돕기 위한 다양한 지능형 휠체어가 많이 개발 되어 왔으며, 표 1은 이러한 연구의 요약을 보여 준다.

인터페이스의 경우 장치 기반과 비장치 기반으로 분류할 수 있다. 장치 기반의 인터페이스는 센서가 부착된 헤드밴드나 모자 또는 EMG(Electro-Myogram)[1], EOG(electro-oculography)[2,3]등의 장치를 사용자의 신체에

직접적으로 부착하여 측정된 생체 신호를 기반으로 지능형 휠체어를 제어한다. 이러한 인터페이스들은 사용자의 의도를 즉각적으로 처리할 수 있는 반면에 몇 가지 문제점을 가진다. 1) 사용자의 의도를 인식하기 위하여 정의된 제스처를 정확하고 크게 수행해야 하므로 중증 장애인에게 적용되기 어렵다. 2) 중증장애인을 위한 인터페이스로서 많이 사용되는 EOG, EMG는 척추 장애인이 가지는 잦은 근육의 떨림, 눈의 깜빡임 등에도 미세하게 반응한다. 3) 사용자의 생체 신호를 측정하는 장치로 인해 사용자에게 불편감을 준다. 4) 최적의 생체 신호를 측정하기 위한 부착 위치를 매번 설정해야 한다는 단점이 있다. 따라서 이러한 장치기반 인터페이스의 단점을 극복하기 위해 비 장치 기반의 인터페이스들이 개발 되었다. 비 장치 기반의 인터페이스는 음성 기반의 방법과 비전 기반의 방법으로 나눌 수 있다. 음성기반의 방법은 사용자가 가고자 하는 방향을 음성으로 표현하면 음성인식을 통해 휠체어를 제어 한다[4-6]. 이것은 가장 자연스럽고 친근한 방법이지만 주변의 소음에 민감하다는 단점이 있다. 이러한 이유 때문에 많은 연구원들은 카메라를 통해 얻어진 이미지나 비디오투를 처리하여 사용자의 제스처를 인식하는 비전 기반의 인터페이스를 많이 개발 해 왔다[2,7,8]. 이러한 방법은 사용자의 장애 종류와 등급에 관계없이 모든 사용자가 이용할 수

표 1 지능형 휠체어 연구의 요약

		Intelligent Wheelchair	Feature	Device	Supporting Commands
장치 기반의 인터페이스		Y.L.Chen,et,al [1]	Head orientation	Tilt sensors, microprocessor	Go, Back, Left, Right
		SIAMO project [2]	Eye gaze	Electrode	Go, Back, Left, Right
		Wheelesley [3]	Eye gaze	Infra-red sensors, ultrasonic range sensors, electrodes(EOG)	Go, Stop, Left, Right
비 장치 기반의 인터페이스	음성	SIAMO project [2]	Voice	Ultrasonic/infra-red sensors, camera & laser diode	Go, Back, Left, Right
		ROB Chair [4]	Voice	Infra-red sensors, ultrasonic sensors, head microphone	Go, Stop, Speed up, Speed down, rotate
		NAV Chair [5]	Voice	Computer, ultrasonic/sonar sensors,	Go, Stop, Back, Left, Right
		TAO project [6]	Voice	Sensors, 2 processor boxes	Go, Stop, Back, Left, Right, Speed Down
	카메라	Yoshida, et al [8]	Face	Ultrasonic sensors, 2 video camera	Go, Stop, Left, Right
		HGI [7]	Head & nose	Webcam, ultrasonic sensors, data acquisition board	Go, Left, Right, Speed up, Speed Down
		SIAMO [2]	Head	CCD color-micro camera	Go, Left, Right, Speed up, Speed Down
		Proposed IW	Face & Mouth	Web camera, data acquisition board	Go, Stop, Left, Right

이고, 장치 기반에 비해 저렴하다는 장점이 있다. 현재까지 개발된 비전 기반의 인터페이스들은 사용자의 머리 움직임을 명령어로 이용해 왔다[2,7]. 그 이유는 장애를 가진 사용자의 의도를 가장 쉽고 편리하게 나타낼 수 있는 신체 부위가 머리 움직임이기 때문이다. 하지만 큰 움직임이 어려운 장애인들이 머리의 움직임으로 휠체어를 제어하기 위해서는 척추의 움직임이 불가피하므로 척추 장애를 가진 사용자에게 적용되기 어렵고, 사용자에게 피곤함을 야기시킬 수 있다. 또한 현재까지 개발된 비전 기반의 인터페이스들은 시간에 따라 변화하는 조명에 민감하고, 휠체어를 제어할 수 있는 명령어가 머리의 움직임으로 한정되어 있으며, 항상 정면을 향해야 한다는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 다양한 장애를 가진 사용자에게도 적용이 가능하며, 보다 직관적이고 정확하게 사용자의 의도를 인식하는 적응적 인터페이스와 그들의 안전성을 위한 내비게이션을 갖춘 지능형 휠체어 시스템을 제안 한다. 제안된 시스템은 카메라에서 실시간으로 얻어진 비디오로부터 사용자의 얼굴 기술기와 입 모양을 인식하여 휠체어의 좌/우, 전진/정지를 수행한다. 비전 인터페이스를 사용하여 사용자의 의도대로 휠체어를 제어하는 중 갑작스러운 장애물이 나타나면 센서 기반의 내비게이션이 사용자가 안전하게 주행할 수 있도록 도와준다. 제안된 시스템의 전체적인 구조는 그림 1에서 보여진다.

제안된 시스템은 크게 비전 기반의 인터페이스와 센서 기반의 내비게이션으로 구성된다. 비전 기반의 인터페이스는 얼굴 특징 검출기, 얼굴 특징 인식기 전환기로 구성된다. 사용자는 휠체어에 앉아 그 앞에 있는 카메라를 통해 영상이 들어오면 먼저 얼굴 특징 검출기에서 Adaboost 알고리즘을 이용하여 얼굴영역을 획득한다. 그 후에 예지 정보를 기반으로 하여 입을 검출하게 된다. 검출된 얼굴 특징 들은 얼굴 특징 인식기로 보내져 statistical analysis와 K-means clustering을 이용하여 얼굴의 기술기와 입 모양을 인식한다. 이러한 인식 결과는 전환기로 보내져 휠체어의 모터를 작동시킴으로써 휠체어를 제어 한다. 센서 기반의 내비게이션은 사용자가 인터페이스를 이용하여 사용자의 의도대로 휠체어를 제어하는 중 갑작스러운 장애물이 나타나면 각 센서값들을 기반으로 휠체어 주변 상황을 인지하여 사용자가 안전하게 장애물을 회피하거나 정지 할 수 있게 도와준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴영역을 검출하고 검출된 얼굴 특징을 인식하는 비전 기반의 인터페이스에 대해 설명하였으며, 3장에서는 센서 기반의 내비게이션에 대해 설명하였다. 전환기는 4장에서 설명하며, 지능형 휠체어를 이용한 실험결과는 5장에서 보이며, 6장은 결론으로 끝을 맺는다.

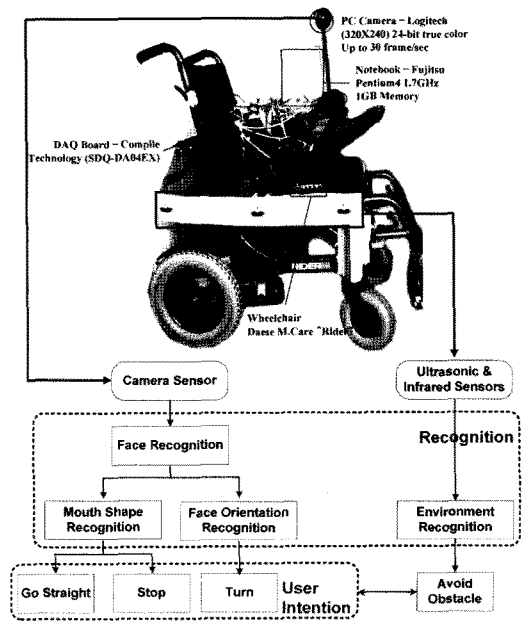


그림 1 제안된 시스템의 구성도

2. 비전 기반의 인터페이스

비전 기반의 인터페이스는 휠체어를 제어하기 위한 명령어로 사용자의 최소의 얼굴 기술기와 입 모양을 이용한다. 사용자의 얼굴 기술기 인식을 통해 휠체어의 좌,우 방향이 제어되며 입 모양의 “Uhm”와 “Go”에 의해 휠체어의 정지, 전진이 수행된다. 이를 위해 인터페이스는 얼굴특징 검출기, 얼굴 특징 인식기로 구성된다. 얼굴 특징 검출기에서는 Adaboost를 이용하여 얼굴 영역을 먼저 검출한 후 예지 정보를 이용하여 입 영역을 검출한다. 검출된 결과들은 얼굴 특징 인식기에서 statistical analysis와 K-means clustering을 이용하여 얼굴 각도와 입 모양을 인식한다. 그림 2는 제안된 인터페이스의 구조도를 나타낸다.

2.1 얼굴 특징 검출기

비전 기반의 지능형 휠체어 제어 인터페이스가 다양한 조명 및 환경에서 작동하기 위해서는 환경에 영향을 받지 않는 강건한 얼굴 검출이 이루어 져야 한다. 따라서, 기계학습에서 많이 사용되는 Adaboost알고리즘을 이용하여 얼굴을 검출한다[9,10]. Adaboost알고리즘은 데이터들로부터 도출해 내기 쉬운 선택 기준들을 일반적으로 랜덤한 선택보다 더 좋은 성능의 선택 기준을 합쳐 줌으로써 정확도가 높은 알고리즘을 만들어 주는 가장 보편적인 알고리즘이다. 그림 3은 Adaboost를 이용한 얼굴 검출의 개요를 보여 준다.

입 영역의 검출은 얼굴 검출 결과를 기반으로 검출된

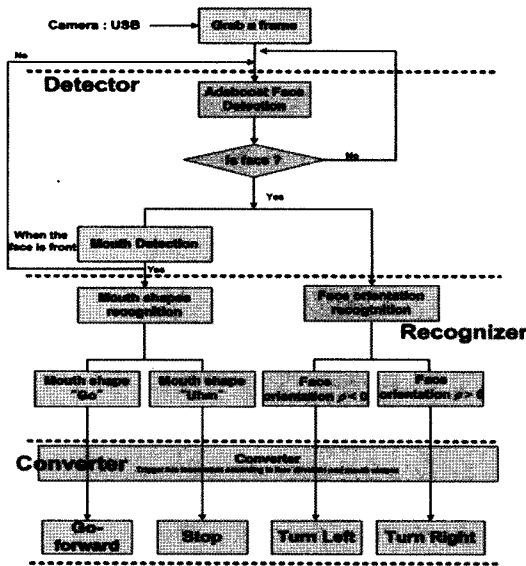


그림 2 제안된 인터페이스의 구조도

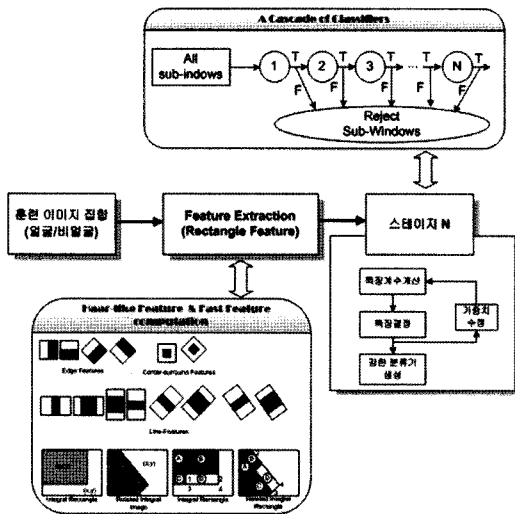


그림 3 Adaboost를 이용한 얼굴 검출기

다[11,12]. 입 영역은 매 프레임마다 에지 검출기를 이용하여 입을 검출하며, 입의 위치는 다음과 같은 위치정보에 기반 하여 검출된다. 1) 입은 얼굴 아랫부분이며 중앙에 위치한다. 2) 입은 주변과 비교 하였을 때 고주파 성분을 갖는다. 정해진 범위에서 에지 검출기를 이용하여 나타난 결과는 연결 성분 분석을 통해 작은 영역들은 제거되고 최종적으로 입 영역이 검출된다. 그림 4는 검출된 입 영역을 보여준다. 그림 4(a)-(c)는 에지 검출기에 의해 검출된 입 영역이며 그림 4(b)-(d)는 후처리 결과로 검출된 입 영역이다.



그림 4 입 영역 검출 결과

2.2 얼굴 특징 인식기

얼굴 특징 인식기에서는 검출된 결과를 기반으로 얼굴의 기울기와 입 모양이 인식된다. 얼굴을 좌, 우로 기울이면 전환기를 통해 휠체어가 좌, 우로 움직이며, 사용자의 “Uhm”과 “Go”를 수행하는 입 모양을 인식하면 전환기를 통해 휠체어의 전진과 정지가 수행된다. 얼굴의 기울기는 statistical analysis를 이용한다. 얼굴의 방향을 구하기 위한 ρ 는 식 (2)에 의해 얻어진다.

$$\begin{aligned}
 \text{inertia} &= \frac{1}{A} \sum d^2 \quad (1) \\
 &= \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (\bar{v} \cdot (\cos \beta, \sin \beta))^2 \\
 &= \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} ((r-\bar{r})\cos \beta + (c-\bar{c})\sin \beta)^2
 \end{aligned}$$

2번식의 ρ 는 1번식의 inertia식을 최소로 하는 β 를 찾음으로써 얻어진다. 따라서 얼굴의 각도는 2번 식에 의해 얻어진다.

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{2\sum(r-\bar{r})(c-\bar{c})}{\sum(r-\bar{r})(r-\bar{r}) - \sum(c-\bar{c})(c-\bar{c})} \quad (2) \\
 &= \frac{\frac{1}{A} 2\sum(r-\bar{r})(c-\bar{c})}{\frac{1}{A} \sum(r-\bar{r})(r-\bar{r}) - \frac{1}{A} \sum(c-\bar{c})(c-\bar{c})} \\
 &= \frac{2\mu_{rc}}{\mu_{rr} - \mu_{cc}}
 \end{aligned}$$

여기서, $\mu_{rr} = \frac{1}{A} \sum (r-\bar{r})^2$, $\mu_{cc} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (c-\bar{c})^2$

그리고 $\mu_{rc} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (r-\bar{r})(c-\bar{c})$ 이다. 만약 ρ 값이 0보다 작다면, 사용자의 얼굴 기울기는 왼쪽으로 인식된 것이며, 그와 반대로 ρ 값이 0보다 크면 사용자의 얼굴 기울기는 오른쪽을 향하고 있는 것이다. 그림 5는 얼굴 기울기 인식 결과를 보여준다.

입 모양의 인식은 검출된 얼굴 영역 내에서 위치 정보를 기반으로 검출된 입 영역에서 입 모양에 대한 표준 템플릿과 비교하는 template matching을 통해 입모양을 인식한다. 입 모양에 대한 표준 템플릿은 K-means clustering에 의해 생성된다. 제안된 시스템은 114개의 입 이미지를 입력 받아 6 가지의 입 모양에 대한 표

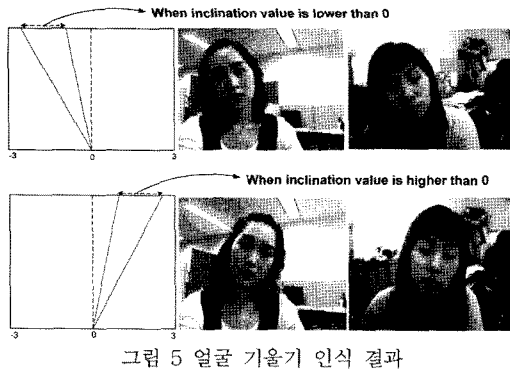


그림 5 얼굴 기울기 인식 결과



그림 6 입 모양의 기본 템플릿 (a) 입 모양 “Uhm”의 기본 템플릿 (b) 입 모양 “Go”의 기본 템플릿

준 템플릿을 생성하며, 그림 6은 K-means clustering에 의해 생성된 6가지의 표준 입 모양 템플릿을 나타낸다.

K-means clustering을 이용하여 생성된 6개의 기본 입 모양 템플릿은 이전 프레임에서 검출된 입의 위치를 중심으로 하는 탐색 윈도우 창에서 템플릿과 입 영역을 비교하여 최종적으로 입 모양을 인식한다. 이 템플릿은 탐색 창에서 반복적으로 이동하며 중요한 서브 이미지와 비교한다. 템플릿과 서브 이미지의 비교 결과는 매칭 점수로 표현되며, 매칭 점수는 hamming distance를 이용하여 계산한다. 검출된 입 영역은 모든 템플릿과의 매칭 점수를 계산하여 최적의 매칭 점수를 가지는 템플릿을 선택한다.

3. 센서 기반의 내비게이션

노인 및 장애인은 인지 능력 또는 신체적인 능력의 저하로 인해 갑작스럽게 나타나는 장애물이나 위급상황에 대처하지 못해 위험에 빠질 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 사용자의 안전성을 위해 초음파 센서와 적외선 센서를 이용하여 주행 중 자동으로 장애물을 검출하고, 주변 상황을 인지하여 주행 경로를 선정하는 내비게이션을 개발한다[13-18].

자동으로 장애물 감지와 주행경로 선정하기 위해서 2개의 초음파 센서와 8개의 적외선 센서를 이용 하였다.

초음파 센서는 거리 측정이나 전방의 물체 유무를 확인하기 위해 이용한다. 휠체어가 사용자의 의도에 따라 주행하는 중, 사용자가 미처 피하지 못한 장애물이 있을 경우 초음파 센서는 3m 이내의 거리에서 일정한 시간 간격으로 초음파를 발사하여 다시 수신될 때까지의 시

간을 재며, 수신이 완료 되었을 때까지의 시간을 거리로 환산한다. 이때 휠체어에 가깝게 장애물이 감지되면, 장애물의 거리 정보를 전환기로 보내어 상황에 맞게 휠체어의 정지, 속도제어, 방향전환을 수행 할 수 있도록 한다. 휠체어의 방향 전환을 위해서는 휠체어의 양쪽에 장착된 적외선 센서를 이용하여 휠체어의 1m거리 내에서의 장애물 유무를 확인한 뒤, 안전한 길로 주행할 수 있도록 경로를 선택한다.

제안된 지능형 휠체어에 사용된 초음파 센서는 SRF04로 장애물 감지 거리는 최대 3m, 최소 3cm이며 휠체어의 발판에 장착 하였다. 적외선 센서는 Sharp사의 GP2D12로 장애물 감지 거리는 최대 1m, 최소 10cm이며, 휠체어의 양쪽 팔걸이 아래에 장착 되어있다.

4. 전환기

전환기는 사용자의 얼굴 기울기와 입 모양의 움직임을 휠체어의 움직임으로 전환하는 역할을 하며, 센서의 값에 따른 휠체어의 정지, 방향전환, 속도제어 등을 수행하는 역할을 한다. 일반적인 전통 휠체어는 조이스틱을 움직일 때 발생하는 전압 값의 차이를 이용하여 휠체어를 제어한다. 따라서, 사용자의 얼굴움직임이나 센서의 값에 따라 휠체어를 제어하기 위해서는 조이스틱과 컨트롤러를 연결해 주는 커넥터가 필요하다. 따라서 제안된 시스템은 ADC와 DAC를 지원하는 데이터 수집보드(SDQ-DA04EX)를 이용하였다. 데이터 수집보드는 비전 시스템과 휠체어의 조이스틱 사이에 시리얼 통신으로 연결되어, 얼굴의 방향과 입 모양 인식 결과에 따른 신호를 휠체어의 모터로 보내 휠체어를 제어하며, 센서 값에 따른 휠체어의 움직임을 수행한다. 그림 7은 제안된 시스템에서 사용한 전환기의 전체적인 구조를 나타낸다.

표 2는 지능형 휠체어를 제어하는데 필요한 동작 전압을 보여준다. 지능형 휠체어의 동작전압을 수정 및 조합하면 휠체어의 제어 속도, 움직임 각도, 방향 등을 조

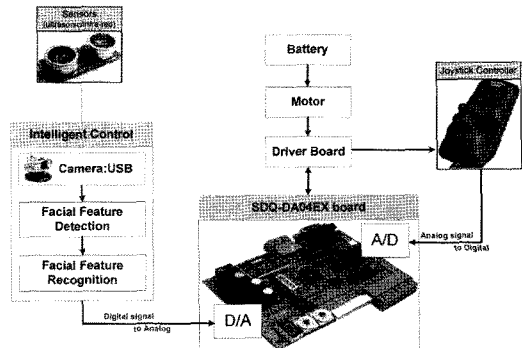


그림 7 전환기의 구조

표 2 지능형 휠체어의 작동에 따른 전압

	Output 1	Output2
Go	2.45V~3.7V	2.45V
Back	1.2V~2.45V	2.45V
Left	2.45V	1.2V~3.7V
Right	2.45V	2.45V~3.7V
Stop	2.45V	2.45V

표 3 실험 그룹

구분	명	전동 휠체어 사용 경험
비 장애인	17	0%
장애인	17	82%

정 할 수 있다.

5. 실험결과

지능형 휠체어 시스템은 일반적인 전동 휠체어, 데이터 수집보드(SDQ-DA04EX), 초음파 센서(SRF04), 적외선 센서(GP2D12), 윈도우 XP기반의 팬티엄 4.3GHz를 사용하였다. PC 카메라는 Logitech이며, USB포트로 컴퓨터에 연결되고 320×240 영상을 초당 30 프레임 공급한다.

제안된 지능형 휠체어 시스템은 카메라로부터 영상이 들어오면 먼저 사용자의 얼굴 영역을 검출한 후 예지 정보를 이용하여 입 영역을 검출한다. 검출된 영역들은 각각 statistical analysis와 template matching에 의해 얼굴의 기술기와 입 모양이 인식된다. 사용자의 안전성을 위해 2개의 초음파 센서와 8개의 적외선 센서가 사용자가 감지하지 못한 장애물로부터 안전하게 주행할 수 있도록 도와준다. 이러한 얼굴 특징 인식 결과와 센서 값들은 전환기에 의해 휠체어의 모드가 제어 된다. 그림 12는 얼굴 방향과 입 모양 인식을 통해 제어되는 지능형 휠체어의 인터페이스를 나타낸다. 비전 기반의 인터페이스 시스템은 사용자의 얼굴 각도를 인식하여 인터페이스의 좌, 우 버튼을 클릭하고 "Go"를 수행하는 입 모양을 인식하여 인터페이스의 전진 버튼을 클릭한다. 그리고 "Uhm"을 수행하는 입 모양을 인식하여 정지 버튼을 클릭하게 되며, 클릭된 결과들은 전환기로 들어가 휠체어의 모드를 제어함으로써, 각 명령에 맞는 휠체어의 움직임이 수행된다.

제안된 지능형 휠체어의 인터페이스는 다양한 사용자와 다양한 조명을 가진 환경에서도 잘 동작해야 한다. 따라서 제안된 인터페이스의 효율성을 증명하기 위하여 34명의 다양한 사용자와 다양한 조명 환경을 가진 실내외의 환경에서 실험을 실시하였다.

표 3은 제안된 지능형 휠체어 시스템을 실험한 사람들을 나타낸다. 이들은 장애인과 비 장애인으로 나뉘며, 17명의 비 장애인들은 모두 전동휠체어를 사용해본 경험이 없으며, 17명의 장애인들은 수족 장애와 상체를 자유롭게 움직이기 어려운 척추 장애를 지니고 있다. 이들은 신체의 장애로 인하여 대부분이 전동휠체어를 이용하고 있지만 전동휠체어의 조이스틱을 사용하는데 어려

표 4 각 모듈의 처리 시간(ms)

단계	실내	실외
얼굴검출	30	32
입 검출	15	18
얼굴 기술기 인식	2	2
입 모양 인식	1	2
총 시간	48	54

움을 갖는다. 실제 실험에서는 장애인 실험자들은 안전성을 위해 비전 기반의 인터페이스만 실험하였고, 비 장애인만 지능형 휠체어에 직접 앉아 인터페이스와 내비게이션을 실험하였다.

표 4는 제안된 인터페이스 시스템의 각 모듈에 걸리는 처리 시간을 나타낸다. 이 시스템에서 얼굴영역의 검출은 초기 프레임에서만 이루어지고 이후 프레임에서는 얼굴 특징만이 추적된다. 만약 사용자의 큰 움직임으로 인하여 검출된 특징을 놓치게 될 경우 검출 모듈이 동작한다.

그림 8은 다양한 환경에서 얼굴 영역과 입 영역을 검출한 결과를 보여 주며, 그림 9는 얼굴의 기술기를 인식한 결과를 보여 준다. 또한 그림 10은 사용자의 입 모양을 인식한 결과를 보여 준다.

그림 11은 센서를 이용하여 장애물을 회피하고 주행

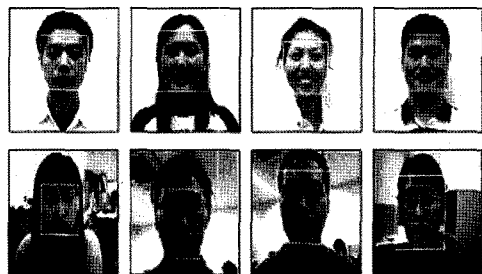


그림 8 얼굴 특징 검출 결과

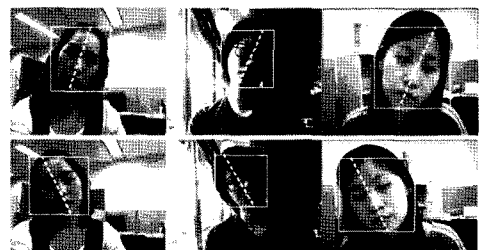


그림 9 얼굴 기술기 인식 결과

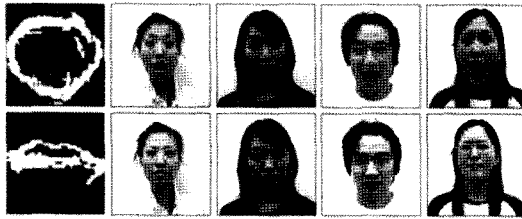


그림 10 입 모양 인식 결과

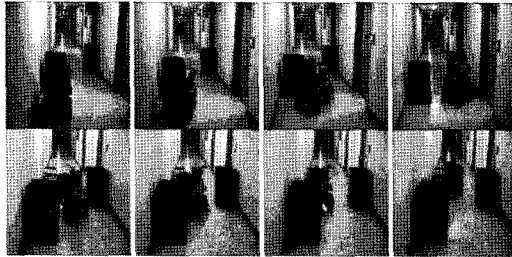


그림 11 센서를 이용한 장애물 회피 및 주행경로 선정 실험 결과



그림 12 지능형 휠체어 실험 결과

경로를 선정하는 내비게이션의 실험 결과를 보여준다. 휠체어의 발판에 장착된 2개의 초음파 센서는 휠체어가 앞으로 이동할 곳에 장애물이 존재하는지 판단하고, 장애물이 나타났을 경우 8개의 적외선 센서를 이용하여 휠체어 주변 1m거리내의 안전한 주행경로를 찾는다. 이러한 센서 값들에 따른 센서의 판단 결과는 전환기로 보내져 사용자를 안전하게 주행할 수 있도록 돕는다.

제안된 비전 기반의 인터페이스와 센서 기반의 내비게이션을 실제 환경에서 실험한 결과가 그림 12에서 보여진다.

6. 결론

본 논문에서는 얼굴의 기울기와 입 모양을 이용하여 휠체어를 제어하고, 센서를 이용하여 안전하게 휠체어가 주행할 수 있도록 돕는 새로운 지능형 휠체어 시스템을 개발 하였다. 제안된 지능형 휠체어 시스템의 효율성을 증명하기 위해 34명의 다양한 사용자를 대상으로 다양

한 조명과 복잡한 환경에서 시스템을 실험 하였다. 실험 결과 제안된 시스템은 다음과 같은 장점이 있다는 것이 증명 되었다. 1) 사용자의 최소의 얼굴 움직임만을 이용하기 때문에, 척추 장애 및 중증 장애인도 최소의 움직임만을 이용하여 편리하게 지능형 휠체어를 제어 할 수 있다. 2) 시간에 따라 변화하는 조명과 다양하고 복잡한 환경에서도 강건하게 작동한다. 3) 사용자의 의도적인 행동과 비 의도적인 행동을 구분함으로써, 휠체어를 제어하고자 하는 사용자의 정확한 행동만을 인식한다. 4) 센서를 이용한 자동 장애물 감지 및 주행경로 설정으로 휠체어 주행 중 발생할 수 있는 위험한 상황으로부터 사용자를 안전하게 지켜준다.

제안된 지능형 휠체어 시스템은 노인 및 다양한 장애를 가지고 있는 장애인에게 충분한 이동성을 제공할 수 있다는 것을 보여 주었다.

참고 문헌

- [1] Y.-L.CHEN, S.-C.CHEN, W.-L.CHEN and J.-F.LIN, "A head orientated wheelchair for people with disabilities," *DISABILITY AND REHABILITATION*, Vol.25, No.6, pp. 249-253. 2003.
- [2] Rafael Barea, Luciano boquete, Elenalopez, Manuel Mazo. "SIAMO Project(CICYT). Electronics Department. University of Alcalá.Madrid.Spain
- [3] H.A.Yanco, "Shared user-computer control of a robotic wheelchair system," Ph.D. dissertation, Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, 2008.
- [4] Gabriel Pires, Rui Araujo, Urbano Nunes, A.T.de Almeida, "ROBCHAIR A semi autonomous wheelchair for disabled people," 3rd IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles(IAV'98), Madrid, pp. 648-652. 1998.
- [5] Simon P. Levine, David A. Bell, Lincoln A. Jaros, Richard C. Simpson, Yoram Koren, "The Nav-Chair Assistive Wheelchair Navigation System," *IEEE Transaction on rehabilitation engineering*, Vol.7, No.4.1999.
- [6] Tao Lu, Kui Yuan, Haibing Zhu, Huosheng Hu, "An Embedded Control system for Intelligent Wheelchair," *IEEE engineering in Medicine & Biology Society. Proceedings of 27th* pp. 1-4, 2005.
- [7] Pei JIA and Huosheng HU, "Head gesture recognition for hands-free control of an Intelligent Wheelchair," *Industrial robot* Vol.34, No.1, pp.60-68, 2007.
- [8] Yoshinori Kuno, Nobutaka Shimada, And Yoshiaki Shirai, "A robotic wheelchair based on the integration of human and environmental observations," *IEEE robotic & Automation Magazine*, 2003.
- [9] Paul viola, Micheal Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *Con-*

ference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.

- [10] Paul Viola, Michael J.Jones, Robust real-time face detection, International Journal of Computer Vision, pp.137-154, 2004.
- [11] Jin Sun Ju, Yunhee Shin, Eun Yi Kim, "Intelligent Wheelchair using face and mouth shape recognition," International Conference on Consumer Electronics. 2008.
- [12] Eun Yi Kim, Sin Kuk Kang.: Eye Tracking using Neural Network and Mean-shift. LNCS, volume 3982, pp. 1200-1209 (2006).
- [13] R.Simpson, E.LoPresti S.Hayashi, I. Nourbakhsh and D.Miller, "The smart wheelchair component system," Journal of Rehabilitation Research and Development (JRRD), Vol.41, No.3B, pp.429-442, 2004.
- [14] H.Mori, T. Nakata and Y.kamiyama, "Next-Generation Intelligent wheelchair asdevelopmed by ROTA," Proc. of 36th Int. Symposium on Robotics (ISR2005), pp.39, 2005.
- [15] A. Lankenau and T. Rofer, "Smart Wheelchairs state o the art in an Emerging Market," Kunstliche Intelligenz, Vol.14, No.4, pp. 37-39, 2000.
- [16] Y.Morere and A.Pruski, "A multi-agent control structure for intelligent wheelchair and aided navigation for disabled people," First French-Spanish Workshop on Assistive Technology, pp. 35-46, 2003.
- [17] Sarangi P.Parikh, Valdir Grassi Jr, Jun Okamoto Jr, "Usability Study of a Control Framework for an Intelligent Wheelchair," International Conference on Robotics and Automation Barcelona, 2005.
- [18] J.M.Park, J.Song, Y.J. Cho and S.R. Oh, "A hybrid control architecture using a reactive sequencing startegy for mobile robot navigation," proc. IROS 99, Vol.3, pp. 1279-1284, 1999.



김 은 이

1999년 경북대학교 컴퓨터 공학과 졸업 (석사). 2001년 경북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(박사). 2002년~건국대학교 인터넷 미디어 공학부 교수. 관심분야는 컴퓨터 비전, 패턴인식, 사용자 인터페이스, 디지털 콘텐츠, 생체인증 시스템



주 진 선

2008년 건국대학교 신기술융합학과 졸업 (석사). 2008년~건국대학교 신기술융합학과 재학(박사). 관심분야는 지능형 휠체어, 컴퓨터 비전, 로봇 인터페이스



신 윤 회

2008년 건국대학교 신기술융합학과 졸업 (석사). 2008년~건국대학교 신기술융합학과 재학(박사). 관심분야는 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 비전, 사용자 인터페이스