

시선 인식을 이용한 자율 주행 휠체어 시스템[†]

(Autonomous Wheelchair System Using Gaze Recognition)

김 태 의*, 이 상 윤*, 권 경 수**, 박 세 현***

(Tae-Ui Kim, Sang-Yoon Lee, Kyung-Su Kwon, Se Hyun Park)

요약 본 논문에서는 시선 인식을 이용하여 사용자의 명령을 전달 받고, 거리 센서들에 의해 감지된 거리 정보를 통해 주행 중에 장애물을 회피할 수 있는 지능형 휠체어 시스템을 제안한다. 사용자의 명령은 적외선 필터가 장착된 카메라를 통해 검출된 눈의 동공 중심과 반사 점을 이용하여 시선에 의해 인식되고, 이는 사용자 인터페이스를 통해 휠체어를 조종한다. 이때 10개의 초음파센서를 이용하여 장애물을 감지하고, 목표지점까지 장애물과의 충돌을 피하도록 도와준다. 제안된 지능형 휠체어 시스템은 시선 인식기, 자율 주행 모듈, 센서 제어 보드, 모터 제어 보드로 구성된다. 시선 인식기는 사용자의 명령을 인식하고, 이를 모터 제어보드를 통해 휠체어를 조종한다. 그 후에 초음파 센서들에 의해 감지된 장애물 정보는 센서 제어 보드로 전달되고, 센서 제어 보드는 이 정보를 자율 주행 모듈로 전달한다. 자율 주행 모듈은 장애물을 감지하고 이를 피하기 위해 모터 제어 보드로 명령을 전달한다. 모터제어보드는 자율 주행 모듈에서 받은 명령어를 지능형 휠체어에 전달하고 지능형 휠체어는 이 명령에 따라 움직인다. 실험에서 제안된 시스템은 사용자의 편의와 안전을 위해 효과적으로 시선을 인식하고 장애물 회피할 수 있음을 보인다.

핵심주제어 : 지능형 휠체어, 시선 인식, 자율 주행

Abstract In this paper, we propose autonomous intelligent wheelchair system which recognize the commands using the gaze recognition and avoid the detected obstacles by sensing the distance through range sensors on the way to driving. The user's commands are recognized by the gaze recognizer which use a centroid of eye pupil and two reflection points extracted using a camera with infrared filter and two infrared LEDs. These are used to control the wheelchair through the user interface. Then wheelchair system detects the obstacles using 10 ultrasonic sensors and assists that it avoid collision with obstacles. The proposed intelligent wheelchair system consists of gaze recognizer, autonomous driving module, sensor control board and motor control board. The gaze recognizer cognize user's commands through user interface, then the wheelchair is controled by the motor control board using recognized commands. Thereafter obstacle information detected by ultrasonic sensors is transferred to the sensor control board, and this transferred to the autonomous driving module. In the autonomous driving module, the obstacles are detected. For generating commands to avoid these obstacles, there are transferred to the motor control board. The experimental results confirmed that the proposed system can improve the efficiency of obstacle avoidance and provide the convenient user interface to user.

Key Words : Intelligent Wheelchair, Gaze recognition, Autonomous

[†] 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신
인력양성사업으로 수행된 연구결과임
^{*} 대구대학교 정보통신공학과 석사과정
^{**} 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
^{***} 대구대학교 정보통신공학부 교수

1. 서론

최근 국내 전체 인구 중 65세 이상의 노인 인구의 비율은 통계청에서 2006년에 조사된 자료에 따르면 2010년 11%에서 2040년에는 32.5%의 높은 비율을 차지 할 것이라고 예상하고 있다.[1] 고령화가 급속히 진행되면서 사회의 보호를 필요로 하는 노인 인구 비율이 갈수록 늘어나고 있다. 이들의 증가와 함께 삶의 질적 향상에 대한 사회적 요구가 증가하면서 노약자와 장애인의 퇴화된 신체 기능과 장애를 보완해주는 노약자 및 장애인용 의료 기기에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 보건 복지 가족부에서 제시한 등록 장애인 수를 보면 노약자 및 장애인 중에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 장애 영역이 지체 장애 부분이다. 즉, 많은 노약자 및 장애인들이 자립 보행에 어려움을 느끼고 있다는 것이다.[2]

자립 보행이 불가능한 경우 일반적으로 수동 휠체어를 사용하여 생활을 하고 있다. 하지만 노약자와 중증 장애인의 경우 보행 기능의 퇴화와 더불어서 팔 기능 역시 퇴화하게 된다. 이러한 경우의 해결 방안으로 전동 휠체어를 사용한다. 그러나 상당수의 전동 휠체어 사용자들이 전동 휠체어의 조작에 있어 많은 어려움을 느낀다. 따라서 장애 유형에 따른 휠체어 인터페이스 및 자율 주행 등의 기술을 활용한 지능형 휠체어(Intelligent Wheelchair)의 연구가 미국 및 유럽을 비롯하여 여러 선진국에서 연구가 활발히 이루어지고 있고, 국내에서도 이러한 연구 개발이 이루어지고 있다.

인터페이스의 경우 사용자의 음성을 이용한 인터페이스[3]와 사용자의 신체를 이용한 인터페이스[4][5], 생체 신호를 이용한 인터페이스[6][7][8]로 나누어지는데 사용자 음성을 이용한 방식의 경우 주변 환경에서 설정된 음성 명령어가 존재하지 않고 시끄러운 소리가 없어야 한다는 제한이 있고, 사용자의 신체를 이용한 인터페이스의 경우 압력 센서 등을 이용한 상체의 위치에 따른 방식과 얼굴의 방향을 이용한 방식의 경우 목이나 척추를 사용자 마음대로 움직일 수 있어야 한다는 제한이 있다. 그리고 생체 신호를 이용한 인터페이스의 경우는 근육의 운동

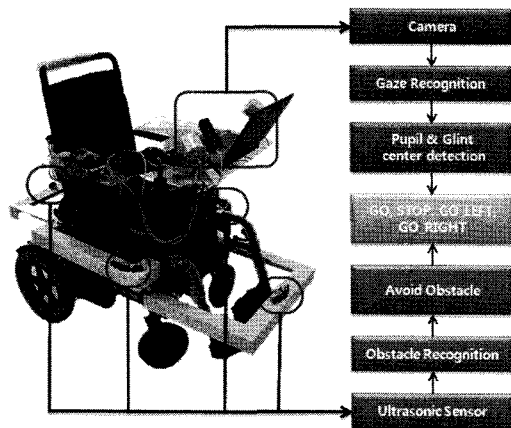
에서 생기는 근전신호(EMG), 안구 근육의 운동에 관계되는 안전신호(EOG), 뇌파(EEG)가 있는데 현실적으로 생체신호의 이용은 안정도나 검출력에 문제점이 많아서 실시간적으로 명령을 내려야 하는 인터페이스의 오작동 발생 가능성이 높기 때문에 사용에 있어 안전성에 문제가 생길 가능성이 높다. 앞에서 설명한 바와 같이 기존의 인터페이스의 경우 휠체어를 사용하는 사람이라 하더라도 중증 장애인이 아닌 비교적 인터페이스를 사용하기 쉬운 사람들이 사용할 수 있도록 제작되어 왔다. 하지만 실제로 이러한 인터페이스가 적용된 휠체어를 타는 사용자의 경우 중증 장애인인 경우가 많은데 그 사용자들이 사용하기에는 기존의 인터페이스처럼 제한이 있는 방식은 사용하기에 적합하지 않다.

본 논문에서는 중증 장애인을 위해 시선 인식을 이용한 인터페이스로 휠체어를 제어하고 자율 주행 모듈을 이용하여 주행 중 발생할 수 있는 위험한 상황으로부터 안전성을 확보하는 지능형 휠체어 시스템을 제안한다.

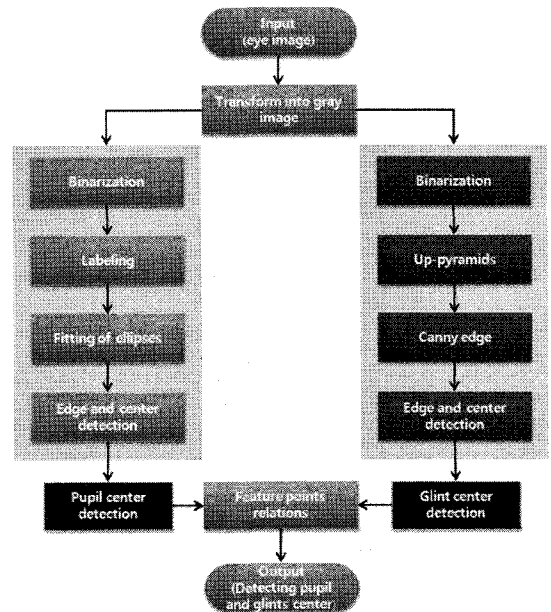
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 개요에 대해 설명하고, 3장과 4장에서는 제안된 시스템의 구현 내용을 설명한다. 그리고 5장에서는 제안된 시스템을 실험을 통해 증명하고, 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 시스템 개요

본 논문에서는 중증 장애인을 위해 눈의 움직임만으로 휠체어를 움직일 수 있도록 하고, 그들의 안전을 보장하기 위해 초음파 센서를 이용하여 장애물을 감지하고 회피 하는 시스템을 제안 한다. 제안된 시스템은 카메라로부터 눈 이미지를 획득하여 시선을 인식하여 명령을 전달 하는 시선 인식 인터페이스, 주변의 장애물을 감지하는 초음파 센서 모듈, 전동휠체어의 모터를 제어하기 위한 모터 제어 모듈과 장애물 감지 시 장애물을 회피하여 움직일 수 있게 도와주는 자율 주행 모듈로 구성된다. 그림1은 제안된 시스템의 전체 구성을 보인 것이다.



<그림 1> 시스템 구성도



<그림 2> 시선 인식 과정

3. 소프트웨어 구성

소프트웨어는 크게 시선을 인식하여 휠체어를 움직일 수 있도록 명령어를 내리는 시선 인식 인터페이스와 장애물이 발생했을 때 장애물을 감지하고 회피할 수 있도록 명령어를 내리는 자율 주행 모듈 두 부분으로 나눈다.

3.1 시선 인식 인터페이스

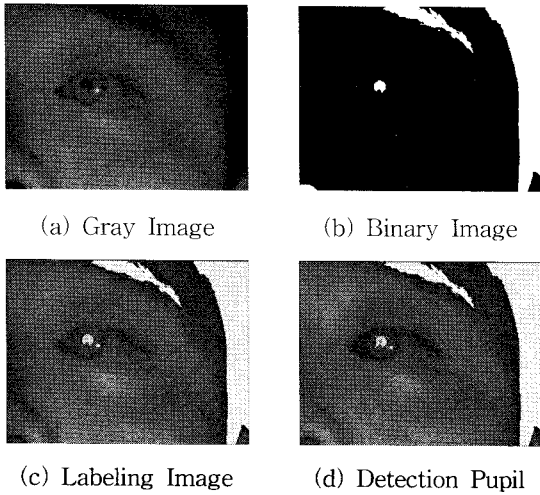
휠체어를 제어하기 위해 제안된 시선 인식을 이용한 인터페이스는 한 대의 적외선 필터가 장착된 카메라와 2개의 광원(IR LED 집합)을 이용하여 먼저 동공을 검출하여 중심점을 구하고, 그 중심점을 이용하여 반사점이 있을만한 영역을 지정 한 후 반사점들의 중심점을 검출한다. 구해진 중심점들의 관계로 현재 시선이 향하는 방향을 인식하고 그 방향에 해당하는 명령어를 모터 제어 모듈로 전달하여 휠체어를 제어하게 된다. 그림2는 시선 인식을 하는 과정을 나타낸 것이다.

3.1.1 동공 검출

카메라로 부터 현재 프레임 이미지를 얻는다. 이 영상에서 필요한 정보는 동공과 두 반사점이다. 따라서 전처리 과정으로 먼저 입력 이미지를 그림3(a)처럼 그레이 이미지로 변환한 후 모폴로지 알고리즘을 이용하여 잡음 제거한다. 전

처리 과정을 거친 이미지를 실험을 통해 얻어진 동공에 해당하는 임계값으로 이진화하여 그림 3(b)와 같은 이진화 이미지를 얻는다. 이진화 이미지에서 각각의 객체를 구분하기 위해 라벨링 알고리즘을 이용하여 그림3(c)와 같이 객체들을 나타낸다. 그렇게 찾은 객체는 동공 후보 영역으로 분류 된다. 동공 후보 영역이라는 것은 라벨을 매긴 객체들을 말하는데 이 객체들은 머리카락과 동공, 콧구멍, 기타 잡음이다. 우리는 이 중에서 동공 영역이 필요하기 때문에 각 영역들 중에서 최종 동공 영역을 찾아야 한다. 이때 Fitting of Ellipses 알고리즘과 사이즈 필터링 알고리즘이 사용된다. 우선 Fitting of Ellipses 알고리즘을 이용하여 동그란 모양의 후보 영역을 찾고 그 외의 후보 영역은 제거 한다. 그리고 난 후 사이즈 필터링 알고리즘을 이용하여 남은 동공 후보 영역 중 머리카락의 경우 동공에 비해서 매우 큰 영역을 차지하기 때문에 사이즈 필터링으로 동공 후보 영역 중 큰 후보 영역을 제거 함으로써 머리카락 부분을 제거 할 수 있고, 기타 잡음의 경우는 머리카락 부분과는 반대로 동공에 비해 작은 부분을 차지하므로 동공의 크기에 비해 작은 후보 영역을 제거 하게 되면 기타 잡음을 제거 할 수 있다. 이제 남은 후보 영역들은 동공과 콧구멍 부분인데, 콧구멍의 경우 동공의 위치 보다 낮은 위치에 존

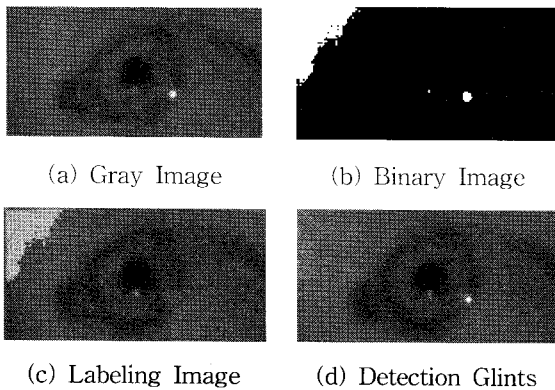
재하므로 남은 후보 영역들의 중심 값의 y값 중에서 가장 위에 위치한 후보 영역을 최종적으로 동공영역이라고 결정한다. 이렇게 찾은 동공 영역을 그림3(d)와 같이 외곽 영역과 중심점을 검출한다.



<그림 3> 동공 검출 과정

3.1.2 반사점 검출

3.1.1의 전처리 과정을 거친 이미지를 검출된 동공의 중심점을 기준으로 그림4(a)와 같이 반사점이 있을 만한 영역을 설정한다. 그 영역을 그림4(b)와 같이 다시 실험을 통해 얻어진 임계 값으로 이진화 시킨다. 얻어진 이진화 이미지의 경우 반사점이 너무 작아서 구분이 되기 힘들기 때문에 가우시안 피라미드 분해를 통해 업-샘플

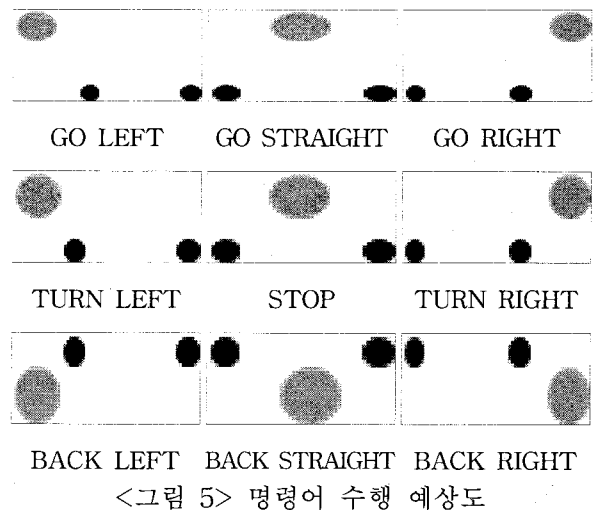


<그림 4> 반사점 검출 과정

을 사용한다. 여기에 Canny Edge를 이용해서 경계점을 검출하고, 그림4(c)와 같이 라벨링을 해서 각 영역들을 구분하게 된다. 이때 역시 사이즈필터링을 사용하여 반사점 크기가 될 수 없는 크기의 영역은 제거하게 된다. 이렇게 해서 찾은 반사점 후보 영역들 중에서 동공 중심점과의 거리가 가장 가까운 두 개의 영역을 그림 4(d)와 같이 반사점으로 최종 선택하고 두 반사점의 중심점을 검출 한다.

3.1.3 중심점들의 관계

두 반사점들의 중심점은 항상 고정된 눈의 위치에서 검출이 되기 때문에 앞에서 검출한 두 반사점들의 중심점은 고정되어 있고 동공을 움직임으로써 현재 시선 방향을 결정하게 된다. 이 방법은 항상 고정된 두 반사점이 있기 때문에 머리 움직임에 상관없이 현재 시선이 향하는 방향을 검출할 수 있다. 그림5는 반사점과 동공의 위치에 따른 명령어 수행 예상도이다.



<그림 5> 명령어 수행 예상도

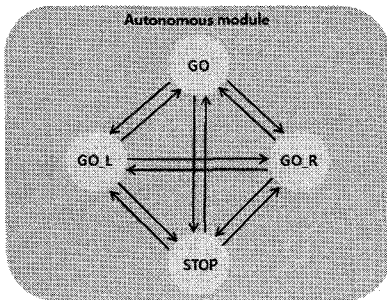
표1은 시스템에서 구현한 전동휠체어의 사용 가능한 9개의 명령어들을 보여준다.

<표 1> 명령어의 정의

명령어	내용
STOP	멈춰라
GO STRAIGHT	전진하라
BACK STRAIGHT	후진하라
TURN LEFT	제자리에서 왼쪽 돌아라
TURN RIGHT	제자리에서 오른쪽으로 돌아라
GO LEFT	전진하면서 왼쪽으로 돌아라
GO RIGHT	전진하면서 오른쪽으로 돌아라
BACK LEFT	후진하면서 왼쪽으로 돌아라
BACK RIGHT	후진하면서 오른쪽으로 돌아라

3.2 자율 주행 모듈

노약자 및 장애인은 신체적 능력의 저하로 인해 갑작스런 상황이나 장애물이 있는 경우 대처를 하지 못해 위험한 경우가 생긴다. 그리고 조작 미숙으로 인한 사고 역시 많이 발생하고 있다. 제안된 시스템에서는 위급 상황이나 조작 미숙으로 인한 사고를 방지하기 위해 센서들을 이용하여 충돌 및 사고 방지를 위해 자율 주행이 가능한 전동휠체어 시스템을 개발하였다. 시선 인식 인터페이스로 명령어를 전달하면 자율 주행 모듈이 동작하게 된다. 자율 주행 모듈은 그림 6과 같이 4가지의 상태를 가진다. 초기상태는 항상 STOP 상태를 유지한다. 시선 인식 인터페이스에서 동공과 두 반사점을 찾아 시선이 GO_STRAIGHT라는 명령어를 가리키면 상태는 GO상태로 바뀌면서 전동휠체어가 앞으로 이동하게 된다. GO상태일 때 장애물을 감지하게 되면 장애물의 위치에 따라 자동으로 GO_L, GO_R, STOP 상태로 바뀌게 된다.



<그림 6> 자율 주행 모듈 상태 전이도

이때 초음파 센서 FC의 거리 값이 50cm 이하이면 먼저 FL 과 FR을 비교하고 LC, LL, LR

의 평균값과 RC, RL, RR의 평균값을 비교하여 GO_L상태로 갈 것인지 GO_R상태로 갈 것인지 결정하게 된다. FC의 거리 값이 30cm 이하이면 STOP 상태로 바뀌어 전동 휠체어는 멈추게 된다. 전동 휠체어가 멈추면 다시 초기 상태가 되면서 명령어를 기다린다. GO_L상태 일 때는 FC의 거리 값이 50cm 이상이 되면 GO 상태로 바뀌어 앞으로 간다. LR의 거리 값이 50cm 이하이면 GO_R 상태로 바뀌어 전진하면서 오른쪽으로 돈다. 그리고 LR의 거리 값이 30cm 이하이면 STOP 상태로 바뀌어 전동 휠체어는 멈추게 된다. GO_R상태 일 때는 FC의 거리 값이 50cm 이상이 되면 GO상태로 바뀌어 앞으로 간다. RL의 거리 값이 50cm 이하이면 GO_L상태로 바뀌어 전진하면서 왼쪽으로 돌게 된다. 그리고 RL의 거리 값이 30cm 이하이면 상태는 STOP로 바뀌어 멈추게 된다.

4. 하드웨어 구성

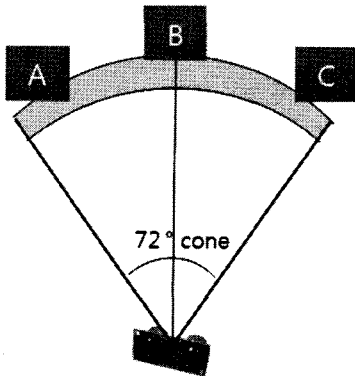
4.1 카메라 및 광원

카메라는 하이비전 HVR-2300CA 카메라를 사용 하였다. 카메라에 적외선 필터를 사용하여 적외선 영역만 통과시켜 눈의 동공영역을 빛의 영향을 받지 않고 찾을 수 있게 하였다. 그리고 2개의 광원(IR LED집합)을 사용하여 눈에 두 개의 반사점을 생성하여 눈의 동공영역과 두 개의 반사점을 포함한 이미지를 획득한다.

4.2 초음파센서

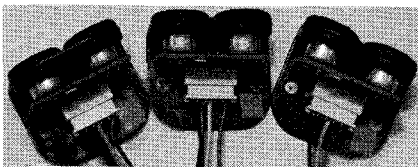
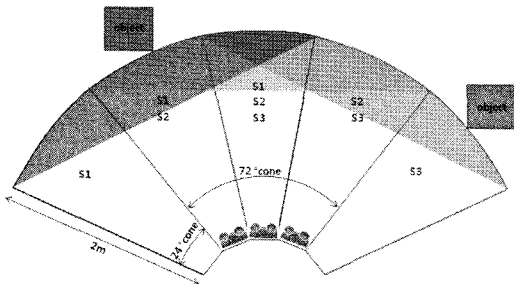
초음파센서는 Devantech사의 SRF10을 사용하였다. 측정범위는 6cm~600cm 까지 거리 측정이 가능하다. SRF10은 I2C bus방식으로 통신을 하고, 각 센서에 사용자가 (E0, E2, E4, E6, E8, EA, EC, EE, F0, F2, F4, F8, FA, FC, FE)16개의 address 중에서 선택하여 바꿀 수 있다. 제안된 시스템에서는 E0~F2까지 10개의 초음파 센서를 사용하였다. 실험에 사용한 초음파센서의 빔 각도는 72도이다. 한 센서에서 얻어진 초음파 정보만을 이용할 경우 초음파 센서의 넓은 각도

정보로 인해 측정된 장애물의 위치가 초음파 빔의 어느 지점인지 정확히 알 수 없게 된다. 그림 7은 초음파 센서의 빔의 범위를 나타낸 것이다. 초음파 센서가 단순히 거리의 값만을 나타내기 때문에 그림 7에서 보면 장애물이 A, B, C 중 정확히 어디에 있는지를 알 수가 없다.



<그림 7> 초음파 센서의 빔 범위

그래서 초음파 센서를 그림 8에서처럼 초음파 센서 3개를 48°씩 중첩되게 겹쳐서 설치하여 24°씩의 5섹터로 나누어 측정하여 장애물의 위치를 보다 정확하게 찾을 수 있게 된다. 좌, 우측면도 같은 방법으로 하여 앞쪽 5섹터와 겹쳐 총 18섹터로 만들어 보다 정확하게 장애물의 위치를 파악 할 수 있게 하였다.



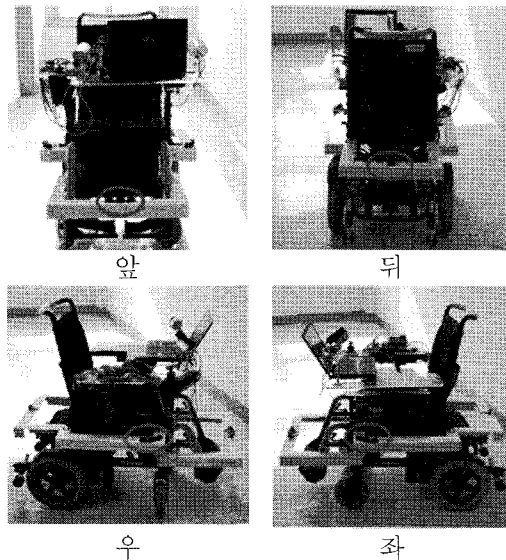
<그림 8> 초음파 센서의 배열

초음파 센서는 5ms 마다 측정하여 10개의 초음파 센서를 1번 측정할 때 걸리는 시간은 50ms

이다(1초에 20번 측정). 그림 9는 지능형휠체어의 초음파 센서들의 부착 위치를 나타낸 것이다. 정면을 향해 3개, 좌, 우측 3개씩, 뒤쪽 1개 총 10개의 초음파 센서를 사용한다. 표 2는 각 센서들의 부착 위치에 따른 센서들의 이름을 정의 한 것이다.

<표 2> 센서 이름 및 위치

센서이름	위치
FC	Front-Center
FL	Front-Left
FR	Front-Right
LC	Left-Center
LL	Left-Left
LR	Left-Right
RC	Right-Center
RL	Right-Left
RR	Right-Right
BC	Back-Center



<그림 9> 초음파 센서의 부착 위치

4.3 센서 제어 보드

센서 제어 보드의 마이크로 컨트롤러는 ATMEL사의 ATmega128모듈을 사용하였다. ATmega128 마이크로 컨트롤러는 저가이면서 고속인 유사 RISC 칩으로써, CMOS 형태로 이루어진 8bit 마이크로 컨트롤러이다. 센서 제어 보드는 10개

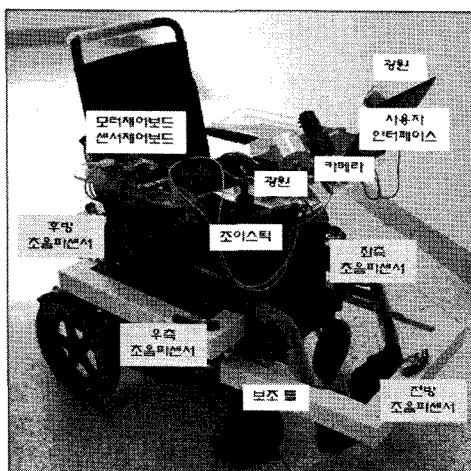
의 초음파 센서의 거리 측정값을 받아 자율 주행 모듈로 전송한다.

4.4 모터 제어 보드

모터 제어 보드로는 SDQ-DA04EX 보드를 사용하였다. SDQ-DA04EX 보드는 디지털신호를 아날로그신호로 바꾸어주는 역할을 한다. 사용자는 시선으로 정의된 명령어 중 하나를 선택하면 그 명령어에 해당하는 디지털신호를 모터를 움직이기 위한 아날로그신호(전압 값)로 변환시켜 전동휠체어로 전달되고 전동휠체어를 움직이게 된다. 그리고 자율 주행 모듈이 센서 제어 보드로부터 거리 측정값을 받아 명령어를 전달하면 명령어에 해당하는 전압 값으로 변환하여 전동휠체어를 움직이게 한다.

5. 실험

제안된 시스템은 일반적인 전동 휠체어에 시선 인식을 위해 적외선 필터가 장착된 HyVision HVR-2300CA 카메라 1대와 2개의 광원(IR LED집합)을 장착하고, 자율 주행을 위해 모터제어 보드(SDQ-DA04EX), 초음파 센서 10개(SRF10), 센서 제어 보드를 사용하였다. 개발 환경으로는 윈도우 XP 기반의 펜티엄 듀얼



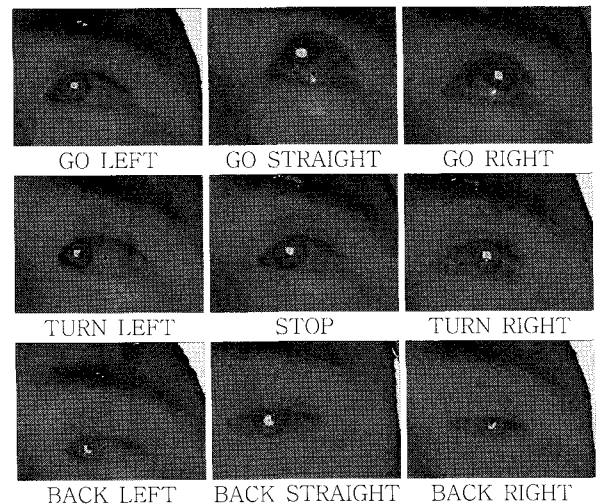
<그림 10> 지능형휠체어

코어 2.16GHz 노트북과 Microsoft Visual C++

6.0, HVR-2300CA SDK, OpenCV3.1b 라이브러리를 사용하여 개발하였다. 그림10은 실험에 사용한 지능형 휠체어이다.

제안된 시스템은 적외선 필터가 장착된 카메라로부터 이미지가 들어오면 그레이 이미지로 변환 후 이진화와 모폴로지, 라벨링 알고리즘을 사용하여 동공 후보 영역을 찾고 후보 영역의 크기와 위치에 따라서 최종 동공 영역을 검출한다. 검출된 동공 영역의 중심을 찾고 그 점을 중심으로 반사점이 있을 만한 영역을 설정한다. 다시 앞의 그레이 이미지에서 위에서 찾은 반사점 영역을 떼어 낸다. 그리고 다시 이진화, 라벨링 알고리즘을 사용하여 반사점 후보 영역을 찾고 후보 영역의 크기와 동공의 중심점과의 거리에 따라서 최종 반사점 2개를 검출한다. 이렇게 해서 찾아진 동공과 반사점 2개의 위치 관계에 따라서 9가지의 명령어로 휠체어를 제어 한다.

그림11은 9가지 명령어에 대해서 인식한 결과를 나타낸다.

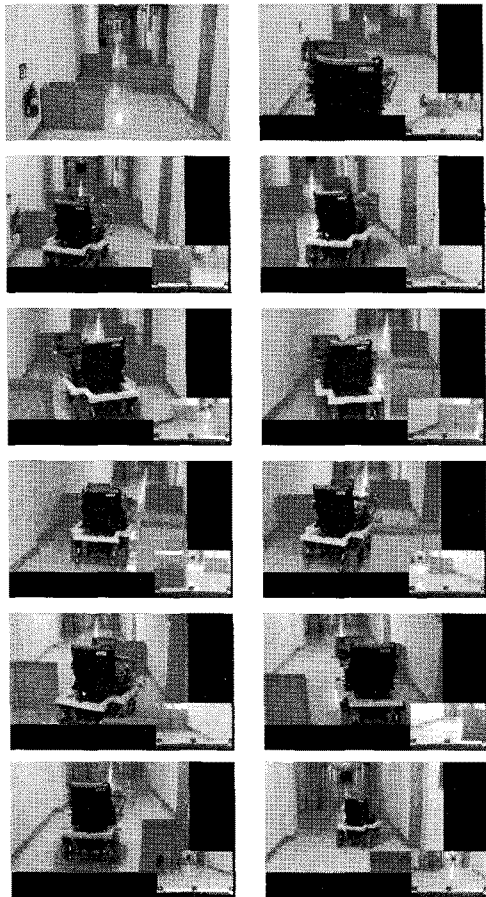


<그림 11> 시선 인식 실험 결과

시선인식 인터페이스를 통해 휠체어에 명령어를 전달하면 명령어에 따라 휠체어가 움직이게 된다. 이때 자율주행은 10개의 초음파센서를 이용하여 장애물을 감지하고 회피하여 목표지점까지 부딪힘 없이 도착하도록 도와준다. 그림12는 자율주행 실험결과이다.

제안된 시스템은 다양한 사용자와 다양한 환경에서도 잘 동작되어야 한다. 따라서 시선인식

인터페이스와 자율주행의 효율성을 증명하기 위하여 10명의 사용자와 8가지의 상황을 정의하여 실험을 실시하였다. 실험은 3가지로 구분하여 실시하였다. 우선 시선인식 인터페이스는 10명의 사용자가 9가지의 명령어를 각각 10번씩 명령어를 실행하도록 한 실험 결과 명령어의 인식률은 91%를 보였다. 표3은 시선 인식 인터페이스의 명령어를 사용자 별로 10번 명령어를 내렸을 때 몇 번 성공하였는지에 대한 결과를 나타낸 것이다. 실험 결과 명령어 중 각 대각선 부분인 GO LEFT와 GO RIGHT, BACK LEFT, BACK RIGHT의 인식률이 다른 명령어의 인식률 보다 떨어지는 것을 알 수 있다. 명령어 GO LEFT와 GO RIGHT는 눈을 이동 시키면서 휠자위에 반사점이 퍼져서 반사점의 측정이 불투명하게 되는 경우가 발생하였고, BACK LEFT와 BACK RIGHT의 경우는 눈동자가 아래로



<그림 12> 자율주행 실험 결과

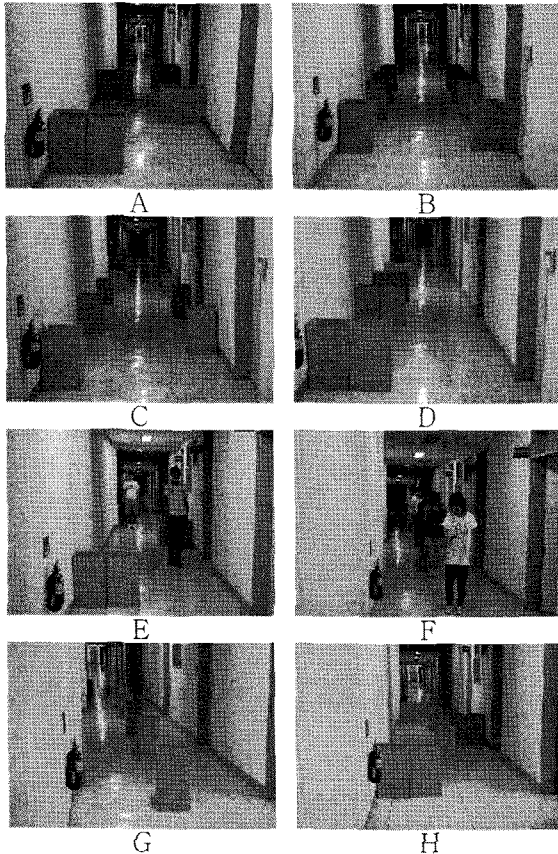
향하면서 눈꺼풀이 내려와서 반사점을 가리는 경우가 발생하였다.

<표 3> 시선 인식 실험결과

	GO STRAIGHT	BACK STRAIGHT	TURN LEFT	TURN RIGHT	STOP	GO LEFT	GO RIGHT	BACK LEFT	BACK RIGHT
GO STRAIGHT	100	0	0	0	0	0	0	0	0
BACK STRAIGHT	0	100	0	0	0	0	0	0	0
TURN LEFT	0	0	100	0	0	0	0	0	0
TURN RIGHT	0	0	0	100	0	0	0	0	0
STOP	0	0	0	0	100	0	0	0	0
GO LEFT	4	0	9	0	2	85	0	0	0
GO RIGHT	6	0	0	6	3	0	85	0	0
BACK LEFT	0	0	16	0	10	0	0	74	0
BACK RIGHT	0	0	0	19	6	0	0	0	75

다음으로 자율주행은 그림13과 같이 8가지의 다른 상황을 정의 하여 휠체어가 각 상황에 맞게 장애물을 피해 갈 수 있는지 각각 20회씩 실험을 실시하였다. 각각의 상황들은 일반복도(넓이 : 2m, 길이 : 11m)에서 장애물(박스: 가로 40cm, 세로 32cm, 높이 62cm)을 설치하여 만들었다. 장애물이 아무것도 없을 때 측정한 시간은 39.56초이다. 표4는 각 상황별 실험 결과를 보여준다. 실험결과 상황G와 상황H의 성공률이 다른 상황보다 떨어지는 것을 알 수 있다. 상황G와 상황H는 복도의 가운데 장애물이 있는데 휠체어가 회전하는 각의 반경이 커서 장애물을 피한 뒤 벽과 부딪히는 현상이 발생 하였다.

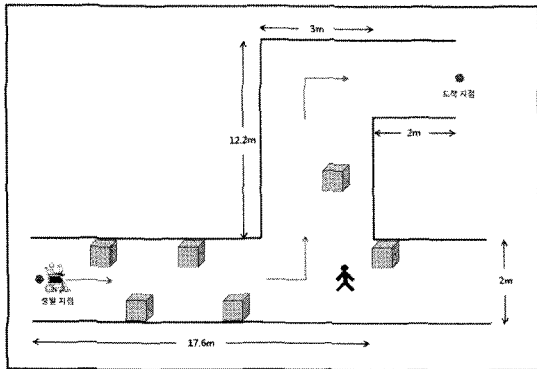
마지막으로 사용자가 시선인식 인터페이스를 통해서 명령어를 내리고 자율주행을 통해 장애물을 회피하여 목표지점까지 도착하는 실험을 실시하였다. 실험 환경은 그림14와 같이 구성되어 10명을 대상으로 10번씩 실행하게 하였다. 장애물 없이 조이스틱으로 측정한 평균시간은 98.45초이다. 표5는 통합 실험 결과를 보여준다.



<그림 13> 상황별 실험환경

<표 4> 상황별 자율주행 실험결과

상황	횟수	평균시간(sec)	성공	실패	성공률
A	20	43.95	20	0	100%
B	20	41.79	20	0	100%
C	20	42.30	20	0	100%
D	20	41.85	20	0	100%
E	20	42.44	20	0	100%
F	20	41.23	20	0	100%
G	20	44.37	18	2	90%
H	20	45.87	16	4	80%



<그림 14> 통합 실험 환경

<표 5> 통합 실험결과

PERSON	횟수	평균시간 (sec)	성공	실패	성공률
A	10	102.35	10	0	100%
B	10	120.68	9	1	90%
C	10	112.72	10	0	100%
D	10	140.56	8	2	80%
E	10	121.56	10	0	100%
F	10	145.65	9	1	90%
G	10	110.89	10	0	100%
H	10	125.62	10	0	100%
I	10	103.65	10	0	100%
J	10	150.65	7	3	70%

표5에서 보면 사용자의 조작 숙달정도에 따라 평균시간과 성공여부의 차이가 나는 것을 알 수가 있다.

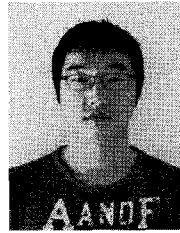
6. 결 론

본 논문에서는 시선 인식을 이용한 인터페이스로 휠체어를 제어하고, 자율 주행 모듈을 이용하여 주행 중 발생할 수 있는 위험한 상황으로부터 안전성을 확보하는 지능형휠체어 시스템을 개발 하였다. 제안된 시스템의 효율성을 증명하기 위해 10명의 다양한 사용자를 대상으로 인터페이스를 실험하였고, 8가지의 복잡한 장애물 실험 환경을 구축하고 자율 주행으로 이를 피해가는 실험을 각 상황별로 20번씩 실험하였다. 또한 인터페이스와 자율 주행 모듈을 이용해 사용자가 원하는 지점으로 가는 통합적인 실험도 10명을 대상으로 각각 10회씩 실험하였다. 실험 결과 적외선필터를 사용하여 조명이나 빛의 영향을 받지 않고 시선인식이 강건하게 작동한다는 것을 보여 주었다. 초음파센서를 이용한 자율주행은 주행 중 발생할 수 있는 위험사항으로부터 사용자를 안전하게 보호 해준다.

제안된 시스템은 눈동자의 움직임만으로도 휠체어를 제어할 수 있기 때문에, 척추뿐만 아니라 목이나 입 등을 자유롭게 움직이기 힘든 중증 장애인에게 새로운 생활환경을 제공 할 수 있다는 것을 보여 주었다.

참 고 문 헌

- [1] 통계청 [장래인구추계] 2006.
- [2] 보건복지가족부 [시.도 장애인등록 현황자료].
- [3] G. Pires and U. Nunes. A wheelchair steered through voice commands and assisted by a reactive fuzzylogic controller. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 34(3):301-314, 2002.
- [4] L.M. Bergasa, M. Mazo, A. Gardel, R. Barea, and L. Boquete. Commands generation by face movements applied to the guidance of a wheelchair for handicapped people. In *ICPR*, volume 4, pages 4660-4663, 2000.
- [5] K. Choi, M. Sato, and Y. Koike. Consideration of the embodiment of a new, human-centered interface. *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, E89-D(6):1826-1833, 2006.
- [6] K. H. Kim, H. K. Kim, J. S. Kim, W. Son, and S. Y. Lee. A biosignal-based human interface controlling a power-wheelchair for people with motor disabilities. *ETRI Journal*, 28(1):111-114, 2006.
- [7] R. Barea, L. Boquete, M. Mazo, and E. Lopez. Wheelchair guidance strategies using eog. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 34(3):279-299, 2002.
- [8] B. Rebsamen, C. L. Teo, Q. Zeng, M. H. Ang Jr., E. Burdet, C. Guan, H. Zhang, and C. Laugier. Controlling a wheelchair indoors using thought. *IEEE Intelligent Systems*, 22(2):18-24, 2007.
- [9] 박진우, 권용무, 손광훈, “동공과 클린트의 특징점 관계를 이용한 시선 추적 시스템”, *방송공학회 논문지*, 제 11권, 제 1호, pp. 80-90, 2006.



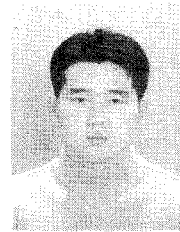
김 태 의 (Tae-Ui Kim)

- 2008년 2월 : 대구대학교 정보통신공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학과 (석사과정)
- 관심분야 : 패턴 인식, 컴퓨터 비전, 로봇제어



이 상 윤 (Sang-Yoon Lee)

- 2009년 2월 : 대구대학교 컴퓨터IT공학부 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학과 (석사과정)
- 관심분야 : 패턴 인식, 컴퓨터 비전, 시선 인식



권 경 수 (Kyung-Su Kwon)

- 2004년 2월 : 금오공대 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리, HCI



박 세 현 (Se-Hyun Park)

- 1997년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 2001년 2월 : 대구산업정보대학 전임강사
- 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 조교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 부교수
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전

논문접수일 : 2009년 10월 10일

논문수정일 : 2009년 11월 5일

게재확정일 : 2009년 11월 20일