

시선인식을 이용한 지능형 휠체어 시스템

김태의* 이상윤* 권경수** 박세현***

(Tae-Ui Kim*, Sang-Yoon Lee*, Kyung-Su Kwon**, Sehyun Park***)

요약 본 논문에서는 시선인식을 이용한 지능형 휠체어 시스템에 대해 설명한다. 지능형 휠체어는 초음파센서를 이용하여 전동휠체어가 장애물을 감지하여 회피할 수 있게 하고, 조이스틱을 움직이기 힘든 중증 장애인을 위해 시선인식 및 추적을 이용하여 전동휠체어를 움직일 수 있게 하는 인터페이스를 제안 한다. 지능형 휠체어는 시선인식 및 추적 모듈, 사용자 인터페이스, 장애물 회피 모듈, 모터 제어 모듈, 초음파 센서 모듈로 구성된다. 시선인식 및 추적 모듈은 적외선 카메라와 두 개의 광원으로 사용자 눈의 각막 표면에 두 개의 반사점을 생성하고, 중심점을 구한 뒤, 동공의 중심점과 두 반사점의 중심을 이용하여 시선 추적을 한다. 시선이 응시하는 곳의 명령어를 사용자 인터페이스를 통해서 하달 받고, 모터 제어 모듈은 하달된 명령과 센서들에 의해 반환된 장애물과의 거리 정보로 모터제어보드에 연결되어 있는 두 개의 좌우 모터들을 조종한다. 센서 모듈은 전동휠체어가 움직이는 동안에 주기적으로 센서들로부터 거리 값을 반환 받아 벽 또는 장애물을 감지하여 장애물 회피 모듈에 의해 장애물을 우회 하도록 움직인다. 제안된 방법의 인터페이스는 실험을 통해 시선을 이용하여 지능형 휠체어에 명령을 하달하고 지능형 휠체어가 임의로 설치된 장애물을 효과적으로 감지하고 보다 정확하게 장애물을 회피 할 수 있음을 보였다.

핵심주제어 : 시선인식 및 추적, 지능형 휠체어, 초음파센서

Key Words : Gaze recognition & tracking, Intelligent wheelchair, Ultrasonic sensor

1. 서론

최근 실버세대의 증가와 함께 삶의 질에 대한 사회적 요구가 증대되면서 장애인과 고령자를 위한 복지시스템에 많은 관심이 집중되고 있다. 복지시스템은 장애인과 노인에게 장애의 보완 및 퇴화된 신체기능 향상을 도모하고 독립적인 일상생활 활동권을 확보케 함으로써 삶의 질과 자립을 향상시킬 수 있는 기술이다. 그중에서 전동휠체어는 스스로의 힘으로 이동하기 어려운 노인이나 장애인을 위해 개발된 보조 장치로써 주요 이동수단이 되고 있다. 일반적으로 전동휠체어는 사용자의 세밀하고 정확한 수준의 제어를 계속적으로 필요로 한다. 하지만 노인과 장애인의 경우 장애물 회피를

위해 전동휠체어를 정확하게 조작하기 어렵다. 그래서 장애인이 보다 조작하기 쉬운 인터페이스에 관한 연구가 활발히 진행 되고 있다. Takeshi Saitoh는 입을 열고 닫음으로써 전동휠체어를 움직일 수 있게 하는 인터페이스를 제안하였다.[1] L.M.Bergasa는 얼굴을 방향에 따라 전동휠체어의 속도(위/아래)를 조절하고 방향(좌/우)을 결정하는 인터페이스를 제안하였다.[2]

본 논문에서는 초음파센서를 이용하여 전동휠체어가 장애물을 감지하여 회피할 수 있게 하고, 조이스틱을 움직이기 힘든 중증 장애인을 위해 시선인식 및 추적을 이용하여 전동휠체어를 움직일 수 있게 하는 인터페이스를 제안 한다. 구현된 지능형 휠체어는 시선인식 및 추적 모듈, 사용자 인터페이스, 장애물 회피 모듈, 초음파 센서모듈, 모터 제어 모듈로 시스템을 구성한다. 제안된 시스템의 전체적인 구조는 그림 1과 같다.

♣ 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2008-000-20167-0)

* 대구대학교 정보통신공학과 석사과정
** 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
*** 대구대학교 정보통신공학부 교수

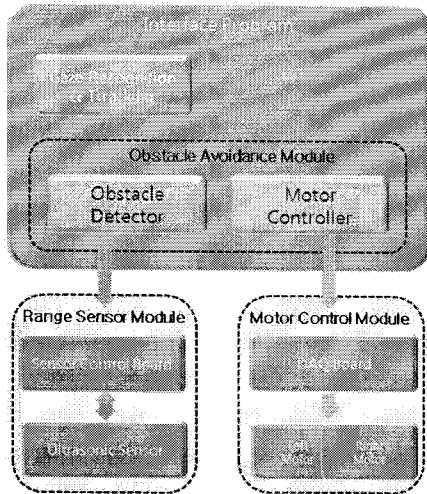


그림 1. 시스템의 구조

II. 시스템 개요

지능형 휠체어는 시선을 인식하고 추적하는 시선인식 및 추적 모듈, 명령을 하달받기 위한 사용자 인터페이스, 장애물 감지 시 장애물 회피를 위한 장애물 회피 모듈, 주변의 장애물을 감지하는 초음파 센서 모듈, 전동휠체어의 모터를 제어하기 위한 모터 제어 모듈로 구성된다.

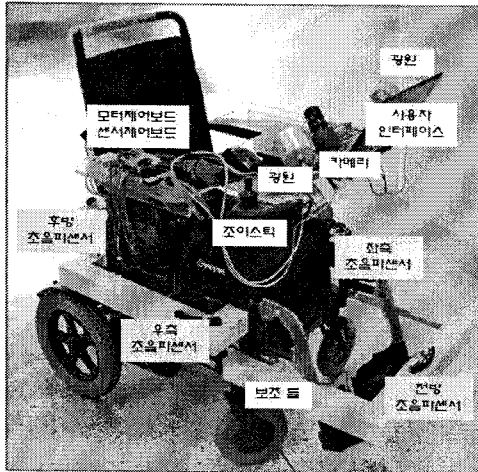


그림 2. 지능형 휠체어

먼저 적외선 카메라로 눈을 인식하고 추적하여 사용자 인터페이스를 통하여 정해진 9가지 명령어 중 하나를 선택한다. 모터 제어 모듈은 모터 컨트롤 보드에 연결되어 있는 두 개의 좌우 모터들을 명령어에 따라 정해진 방향으로 이동하도록 작동된다. 이때 센서 컨트롤 보드는 전동휠체어 주변에 부착된 센서들을 통해 주기적으로 벽 또는 장애물과의 거리를 측정하게 되고, 장애물 회피 모듈을 동작시켜 장애물을 회피하게 된다. 그림 2는 구현된 전체 모듈 구성을 보인 지능형휠체어이다.

III. 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 사용자와 전동 휠체어 간에 상호작용을 주관한다. 본 논문에서 구현한 사용자 인터페이스 화면은 그림 3과 같다.

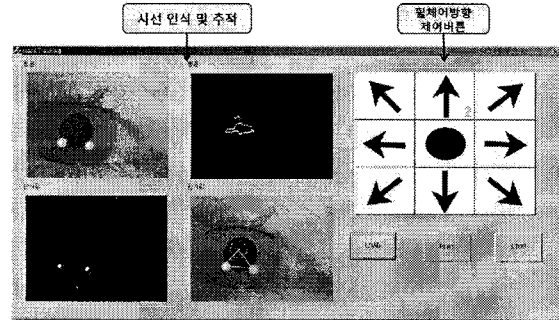


그림 3. 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스에서 이용되는 시선 인식 및 추적은 적외선 필터가 장착된 하이비전 사의 HVR-2300CA 카메라 한 대와 두 대의 광원 IR LED 집합을 사용한다. 두 대의 광원으로 사용자의 각막 표면에 두 개의 반사점을 생성하고, 중심점을 구한뒤, 동공의 중심점과 두 반사점의 중심을 이용하여 시선 추적을 한다. 이렇게 만들어진 시선 인식 및 추적 모듈을 그림 3의 시선 인식 및 추적 부분에서 지금 현재 시선 인식 및 추적의 상태를 보여준다. 그리고 휠체어 방향 제어 버튼 부분에 존재하는 버튼의 경우 직접 마우스로 클릭하여도 되고 그림 4에서처럼 시선 인식 및 추적으로 찾은 시선을 화면에 매칭 시켜 현재 시선이 어떠한 버튼에 머무르는지에 따라서 해당 버튼이 0.5초 마다 숫자가 1씩 증가하면서 1.5초가 되면 파란색으로 변경되고 클릭과 같은 효과가 나타나게 된다.

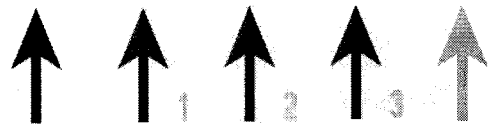


그림 4. 화살표 모양

표1은 본 논문에서 구현된 전동휠체어의 사용 가능한 9개의 명령어들을 보여준다.

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

표 1. 명령어 정의



그림 5. 시선 추적 단계

시선 추적은 위 그림 5와 같이 총 4 단계로 나눌 수 있다. 먼저 카메라로부터 눈 영상을 얻는다. 다음으로 첫 단계에서 얻어진 눈 영상에서 임계값 이진화, 열림 연산, 닫힘 연산, 미디언 필터링, 라벨링, 무게 중심 등의 영상 이미지 처리 기법을 이용해 동공의 중심과 반사점의 중심을 구한다. 이렇게 구한 동공의 중심과 두 반사점의 중심의 거리 관계를 이용하여 사용자가 현재 스크린 상의 어디를 보고 있는지 찾게 된다.[3] 전체적인 진행 방향은 그림 6에 나타나 있다.

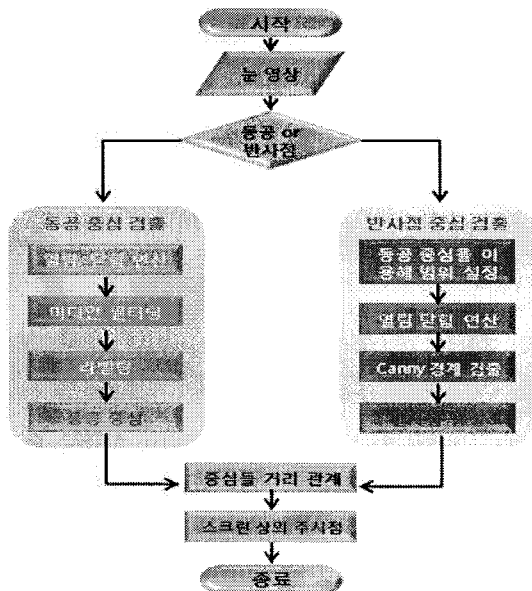


그림 6. 시선 추적 순서도

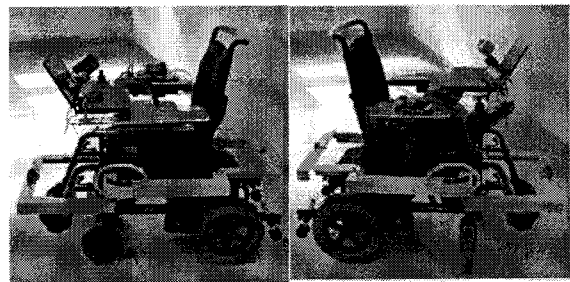
IV. 초음파 센서의 배열

초음파 센서는 Devantech사의 SRF10을 사용하였다. 측정범위는 6cm ~ 600cm 까지 거리 측정이 가능하다. SRF10은 I2C bus 방식으로 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. 그러므로 16개의 센서를 한꺼번에 사용 할 수가 있다. 본 논문에서는 E0 ~ F2까지 10개의 초음파 센서를 사용하였다.



(1) 앞, 뒤쪽 센서의 위치



(2) 좌, 우측 센서의 위치

그림 7. 센서부착위치

그림 7은 초음파 센서의 부착 위치이다. 정면을 향하여 3개, 좌, 우측을 향하여 각각 3개, 뒤를 향하여 1개를 부착하였다.

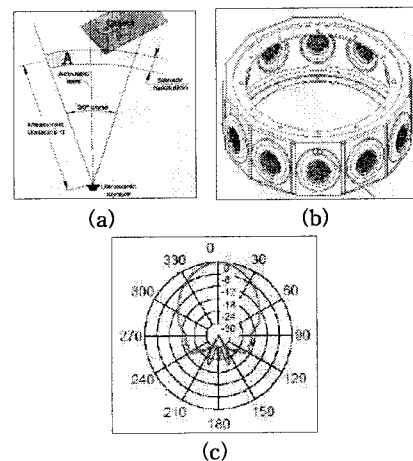


그림 8. 초음파 센서의 빔(beam) 각도

그림 8(a)는 빔(beam)의 각도가 30도인 초음파 센서 24개를 사용하여 장애물을 감지하고, 히스토그램을 그려 장애물을 회피한다.[4] 그림 8(b)의 초음파 센서는 폴라로이드사의 6500시리즈를 사용하였고 이 초음파 센서는 송신과 수신은 하나의 트

랜스듀서에서 가능하다. 그리고 구동 주파수는 50kHz이며, 15도의 지향 특성을 가지고 있다. 따라서 그림 8 (b)와 같이 초음파 센서 12개를 사용해서 전 방위로 측정할 수 있게 배치하여 주변 360도에 대한 거리 정보, 주변의 물체의 위치 등의 주변 환경 정보를 획득하였다.[5]

본 논문에서 사용한 초음파 센서는 그림 8(c)에서 보는 것과 같이 빔의 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. 작은 범위의 빔을 가진 초음파 센서를 사용하면 좀 더 정확한 위치를 찾을 수 있게 된다. 그래서 그림 9에서와 같이 72도의 빔을 가진 초음파 센서 3개를 48도씩 중첩되게 겹쳐 24도씩의 5섹터로 나누어서 측정을 하여 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. 이렇게 하여 초음파 센서의 개수를 줄이면서 전동휠체어의 모든 방향의 장애물을 감지하고, 장애물을 회피하여 전동휠체어를 사용자가 원하는 방향으로 이동 할 수 있게 된다.

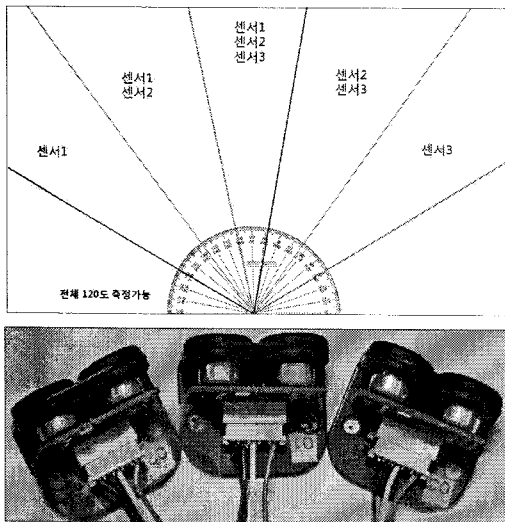


그림 9. 센서 3개로 나눈 섹터

V. 기타하드웨어

1) 센서 컨트롤 보드

센서 컨트롤 보드의 마이크로 컨트롤러는 ATMEL사의 ATmega128 모듈을 사용하였다. ATmega128 마이크로 컨트롤러는 저가이면서 고속인 유사 RISC 칩으로써, CMOS 형태로 이루어진 8bit 마이크로 컨트롤러이다. 센서 컨트롤 보드

는 초음파 센서 10개의 스캔된 데이터를 사용자 인터페이스로 전송한다.

2) 모터 컨트롤 보드

모터 컨트롤 보드로는 SDQ-DA04EX 보드를 사용하였다. SDQ-DA04EX 보드는 디지털신호를 아날로그신호로 바꾸어주는 역할을 한다. 사용자 인터페이스에서 정의된 명령어 중 하나를 선택하면 그 명령어에 해당하는 디지털신호를 모터를 움직이기 위한 아날로그신호(전압 값)로 변환시켜 전동휠체어로 전달되고 전동휠체어를 움직이게 된다.

VI. 실험 및 결론

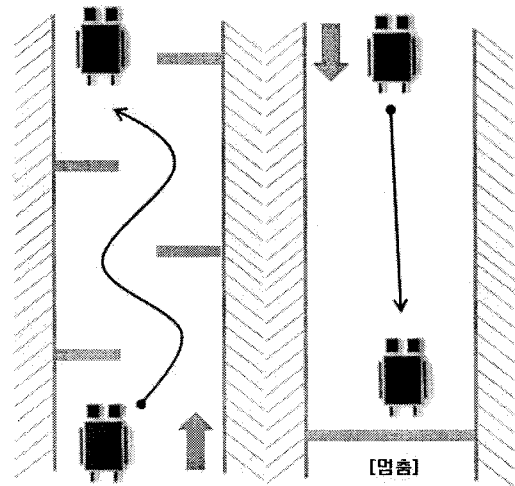
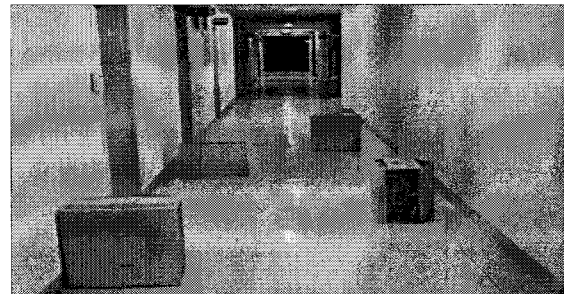


그림 10. 실험환경

제안된 시스템은 사용자의 시선을 인식하여 인터페이스의 상하좌우 대각 정지등을 클릭하게 된다. 클릭을 하게 될 경우 휠체어의 모터 모듈과 연결이 되어 모터를 제어함으로써, 각 명령에 맞게 휠체어를 컨트롤 할 수 있게 된다.

본 논문에서는 시선을 이용하여 휠체어를 제어하는 새로운 시스템을 개발 하였다. 제안된 시스템의 경우 스스로 휠체어를 컨트롤 할 수 없는 중증장애인의 경우 등 다양한 환경에서도 휠체어를 컨트롤 할 수 있게 된다. 시선 인식 및 추적 성능을 증명하기 위하여 5명의 사용자에게 인터페이스 시

시스템을 실험 하였고, 그 결과 사용자의 장애 등급과 다양한 환경에 관계없이 실시간 지능형 휠체어의 인터페이스로서 사용될 수 있음을 보여 주었다.

하지만 단순히 휠체어만을 컨트롤 했을 경우 주변 환경에 따라서 위험에 노출 될 가능성이 높기 때문에 지능형 휠체어의 장애물 감지를 위한 초음파 센서의 배열 방법으로 초음파 센서 3개를 48도씩 중첩되게 겹쳐 24도씩의 5섹터로 나누어 장애물의 위치를 정확히 알아내는 방법을 제안 하였다. 이러한 센서 배열로 구현된 지능형 휠체어는 사용자 인터페이스, 장애물 회피 모듈, 초음파 센서모듈, 모터 제어 모듈로 시스템을 구성하고, 실험을 통하여 장애물을 회피하는 것을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Takeshi Saitoh, Noriyuki Takahashi, Ryosuke Konishi, "Development of an Intelligent Wheelchair with Visual Oral Motion", *IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication*, 2007, pp. 145-150
- [2] L.M. Bergasa, M. Mazo, A. Gardel, R. Barea, L. Boquete, "Commands Generation by Face Movements Applied to the Guidance of a Wheelchair for Handicapped People", *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference*, Vol 4, 2000, pp. 660-663
- [3] 박진우, 권용무, 손광훈, "동공과 글린트의 특징점 관계를 이용한 시선 추적 시스템", 방송공학회 논문지, 제 11권, 제 1호, 2006, pp. 80-90
- [4] Borenstein, J., and Koren, Y., "The Vector Field Histogram - Fast Obstacle Avoidance for Mobile Robots", *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. 7, No. 3, June 1991, pp. 278-288,
- [5] 김호덕, 서상욱, 장인훈, 심귀보, "전자 나침반과 초음파 센서를 이용한 이동 로봇의 Simultaneous Localization and Mapping", 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol.17, No. 4, 2007, pp.506-510