

# 사회적 약자 케어를 위한 스마트 센서 기반 전동휠체어 기능 개선 연구

최근창(\*), 조영빈(\*\*), 이동수(\*\*\*) , Akm Ashiquzzaman(\*\*\*\*), 김진술(\*\*\*\*\*)

(\* ) 전남대학교 전자컴퓨터공학, t\_o\_p1412@naver.com

(\*\* ) 전남대학교 전자컴퓨터공학, whdudqls33333@naver.com

(\*\*\*) 전남대학교 전자컴퓨터공학, ready1819@gmail.com

(\*\*\*\*) 전남대학교 전자컴퓨터공학, zamanashiq3@gmail.com

(\*\*\*\*\*) 전남대학교 전자컴퓨터공학, jsworld@jnu.ac.kr

## Smart Sensor Based Electric Wheelchair Function Improvement for Social Care

Choi Geun-Chang(\*), Cho Young-Bin(\*\*), Lee Dong-Su(\*\*\*) , Akm Ashiquzzaman(\*\*\*\*), Kim Jin-Sul(\*\*\*\*\*)

(\* \*\* \*\*\* \*\*\*\* \*\*\*\*\*)School of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

### 요 약

본 논문에서는 1인용 스마트 전동휠체어의 보다 안전한 주행을 위한 지능형 통합 제어보드의 기능 개선 솔루션을 제안한다. 기존 국내·외의 전동휠체어 제품의 경우 안전 관련 기능 또는 장치가 포함되지 않은 경우가 많기 때문에 노약자 및 장애인이 지속적으로 증가하는 추세를 보이는 현 상황에서 전동휠체어가 관련된 사고의 발생 빈도 또한 지속적인 증가추이를 보이고 있다. 하지만 현재 상용되는 제품들에는 중고가형 이상의 전동휠체어에만 기본적인 완충작용 장치가 설치되어 있는 한계로 저가형의 제품에도 안전관련 기능이 필요한 실정이다. 따라서, 스마트 제어 플랫폼의 개발을 통해 전동휠체어 이동 중 사용자가 감지하지 못하는 장애물 또는 지형변화를 자동으로 감지 및 전동휠체어의 모터를 자동으로 제어함으로써 사용자가 안정적인 주행을 할 수 있도록 다양한 전동휠체어에 적용 가능한 스마트 전동휠체어 통합제어보드를 제시한다.

### 1. 서론

2015년 국민건강보험공단에서 조사한 통계에 따르면 전국에 보급되어 있는 전동보장구(전동휠체어·전동스쿠터)의 보급량은 매년 증가하는 추세를 보이고 있다. 전동보장구는 현행 「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」 (제2조)상 보행자로 분류되어 인도를 통해 이동해야 한다. 전동보장구는 시속 15km 까지 주행이 가능하기 때문에 인도에서 주행할 경우 보행자에게는 위협이 될 수 있으며, 노면이 고르지 못하거나 장애물로 인해 차도로 주행 시 이용

자 또한 사고 위험에 노출되기 쉽다. 2013년 한국교통장애인협회의 조사결과, 응답자의 36.7%가 전동보장구 이용 중 1회 이상 사고 경험이 있다고 답했다. [1] 전동휠체어의 사고 유형에는 장애물과의 충돌이나 지형변화에 따른 전동휠체어의 전복 사고가 큰 비중을 차지하고 있으며, 이를 방지하기 위한 해결방안이 필요하다. 일반인들이 주로 사용하는 저가형 전동휠체어는 안전성 관련 기술이 적용되어 있지 않아 이용 시 이동에 따른 위험에 노출되어 있고, 편의성도 떨어진다. 본 연구에서는 휠체어의 주변 환

세  
선  
F  
2

경을 탐지하는 센서와 그에 따라 전동휠체어의 모터를 제어할 수 있는 장치가 부착된다. 하지만 이러한 추가적 장치 부착은 휠체어의 소비 전력을 높이게 되는데, 이 부분에 대하여 우리는 저전력을 사용하는 센서를 사용함으로써 이 문제를 해결하고자 한다. [2 -

## 2. 본론

### 2.1 통합 제어 플랫폼 보드 개발

전동휠체어의 메인보드는 MCU 3개 기반의 분리 처리 시스템을 통해 센서를 통해 실시간으로 들어오는 정보에 반응한다. ATmega와 같은 하드웨어는 Thread 기능이 없고 순차적으로 내부 코드를 수행하는 Polling 방식을 사용하기 때문에 처리할 정보가 많아지면 속도 저하의 우려가 있다. 따라서 빠른 반응속도를 요구하는 모터 부분은 별도의 ATmega를 통해 제어하며, 나머지 센서 감지 및 통신 데이터는 Main ATmega에서 처리하도록 역할을 분담한다.

(그림 1) 통합 제어 플랫폼 보드



(Figure 1) Integrated Control Platform Board

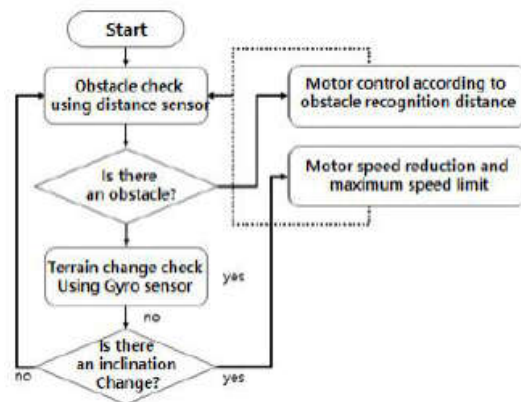
Main Control MCU 기능에는 전동휠체어의 전후좌우를 포함한 각 대각선 방향으로 총 8개의 초음파 센서를 통해 장애물을 감지, 전동휠체어의 기울기 및 지형 변화 감지를 위한 칼만필터가 적용된 각도 센서를 이용하여 지형 변화를 감지한다. 또한 적외선 거리센서를 감지하기 위한 ZigBee [5, 6]무선 통신 제어, 모터제어를 위한 Serial 유선 통신 제어를 한다. Motor Control MCU의 기능으로는 모터 드라이브를 통해 전동휠체어의 DC모터를 제어, Main Control의 명령어를 처리하기 위한 Serial 유선 통신과 2개의 모터를 오차 없이 동시에 작동시키기 위해 Motor Control MCU 2개를 사용해 각각 좌우 모터를 제

어한다.

### 2.2 센서 센싱에 따른 모터 제어

전동휠체어에는 총 8개의 유선 적외선 거리센서를 무선 기반의 초음파 센서를 이용해 360° 방향으로 장애물을 실시간으로 확인한다. 이전 값을 기준으로 자이로 센서의 기울기 값이 이전 값과 크게 변경이 되면 지형변화로 인식하여 전동휠체어의 DC모터를 제어하여 모터의 정지나 최대 속도를 조절하게 되는데, 하드웨어는 폴링방식을 사용하기 때문에 아래 순서도와 같이 센서를 확인한다. 그림 2의 모터 제어순서도를 보면 제어플랫폼은 장애물 충돌을 최우선으로 확인하고, 이상이 없을 시 지형변화를 확인한다. 장애물 충돌 위험이 발생한 경우에는 거리에 따라 속도조절을 하거나 모터를 정지시키고, 지형변화에 따른 모터제어는 모터의 속도를 제어하는 기능만 하게 된다. 여기에 기존의 단점을 개선하기 위하여 ZigBee 무선 통신 방식을 이용한 장애물 감지 방식으로 변경함으로써 별도 모듈을 통한 Main MCU의 처리 속도를 증가시킬 뿐만 아니라 이전보다 빠르고 정확한 장애물 감지가 가능하게 하였다. 또한 ZigBee 통신을 이용한 무선 방식의 장애물 감지 센서는 실시간으로 장애물 감지여부 정보를 수신 받음에 따라 동시에 발생하는 장애물 감지가 가능하며, 실시간으로 장애물 감지를 위해 센서를 체크할 필요가 없기 때문에 Main MCU의 과부하가 발생하지 않는다.

(그림 2) 장애물 인식 및 지형변화에 따른 모터 제어 순서도



(Figure 2) Motor Control Flowchart according to Obstacle Recognition and Terrain Change

### 2.3 장애물 충돌방지를 위한 사용자 보호 시스템

ZigBee는 메인보드와 전동휠체어에 부착된 8개의 장애물 감지 센서와 연동되며, 장애물 감지에 따른 출력 값 ZigBee 무선통신을 통해 통합 제어플랫폼으로 데이터를 전송한다. Bluetooth처럼 별도의 페어링 과정이 필요없기 때문에 여러 개의 ZigBee 모듈의 데이터를 전송받을 수 있으며 Bluetooth보다 긴 전송 거리를 가진다. 무선기반의 센서구동을 위하여 리튬배터리를 사용 및 충전방식을 택했다. 부가적으로 사용자가 전동휠체어를 이용하여 이동하는 과정에서 장애물 감지 및 충돌 감지에 따른 모터 정지로 인해 부상의 우려가 있으므로 센서 기반의 장애물 거리 인식에 따른 속도 조절 기술 알고리즘 개발을 통해 보다 안전한 사용을 할 수 있도록 한다.

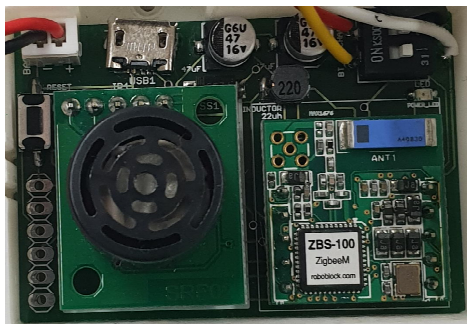
<표 1> 장애물 거리 인식에 따른 속도 조절 알고리즘

```

 $IR_R = (IR_{max} - IR_{min}) / 3;$ 
 $S_{step}$  //Down Speed:
IF  $((IR_R \times 2) > IR_{set} \geq (IR_{min} + IR_R))$ 
 $S_{step} = 1$  Setup Down Speed(); //Speed 3
END IF
IF  $((IR_R \times 3) > IR_{set} \geq (IR_{min} + (IR_R \times 2)))$ 
 $S_{step} = 2$  Setup Down Speed(); //Speed 2
END IF
IF  $(IR_{min} > IR_{set} \geq (IR_{min} + (IR_R \times 3)))$ 
 $S_{step} = 3$  Setup Down Speed(); //Speed 1
END IF
zigbee.Send( $S_{step}$ );
    
```

<Table 1> Speed Control Algorithm Based on Obstacle Distance Recognition

(그림 3) 장애물 감지 센서



(Figure 3) Obstacle Detection Sensor

### 2.4 지형변화에 따른 안전주행 시스템

전동휠체어의 주행 중 도로 노면이나 경사에 따른 지형 변화를 감지하기 위해 자이로 센서를 이용하고 자이로 센서를 이용한 지형변화를 정확히 검출하기 위해 관성 법칙에 따른오작동 방지를 위해 가속도를 이용하여 지형변화를 체크한다. 자이로 센서의 기울기 값 변화에 따른 다양한 지형을 체크하기 위해 가속도 값을 이용하여 기울기를 계산한다. 자이로 센서는 일반적으로 각도 값으로 출력이 되지 않기 때문에 아래와 같은 식을 이용하여 각도를 구한다. 강강강강는 각속도, 강값는 시간의 순간 변화량, 강deg는 각도를 뜻하며, ∫ : 적분 상수를 뜻한다.

$$\int d_{ax} \times dt = d_{deg} + I \quad (1)$$

가속도 값은 일반적으로 중력가속도 값인 X, Y, Z 축의 가속도 값을 나타내지만 회전각을 구하기 위해서는 삼각공식 식 2, 3을 이용한다.

$$\phi = \text{atan}\left(\frac{z}{x}\right) \quad (2)$$

$$\phi = \text{atan}\left(\frac{z}{y}\right) \quad (3)$$

$$\phi = -\text{atan}\left(-\frac{z}{x}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

$$\phi = -\text{atan}\left(-\frac{y}{x}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

### 3. 결론

본 연구의 목적은 노약자, 장애인 등 교통약자를 위한 전동휠체어를 통합 제어 플랫폼과 연동하여 사용자의 이동 안전성과 편의성을 확보한 사회적 약자 케어 시스템 개발을 목표로 하였다. 국내·외적으로 노약자 및 장애인이 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 이와 더불어 전동휠체어의 수요도 증가하고 있다. 따라서 전동휠체어를 수입만 하는 것이 아닌 차별화된 국내 전동휠체어 기술이 요구된다. 장애물 감지에 따른 사용자 보호 시스템으로 센서 기반의 실시간 장애물 감지 및 감지에 따른 사고대응 시스템 동작을 통한 전동휠체어 사용 중에 발생할 수 있는 위험을 사전에 방지할 수 있다. 그에 따라 8개의 센서를 이용한 장애물 감지, 인식 거리에 따른 모터 속도 제어, 장애물 감지 및 인식률을 높이기 위한 알고리즘 개발을

진행하였다. 또한 지형변화에 따른 안전주행 시스템으로 지형 변화에 따른 안전주행 시스템 동작 및 위험 노출에 따른 주행 안전성 확대를 목표로 센서 기반의 모터 속도 제어 기술을 통한 안전 주행, 모터 속도 제어를 통한 전복 방지 및 충격 감소, 지형 변화 감지에 따른 안전주행 알고리즘을 개발하였다.

Embedded Networked Sensor Systems, Zurich, Switzerland 3-5, pp. 309-322, November, 2010

### 감사의 글

본 논문은 중소기업청 산학연 연구사업(Grants No. C0540574)의 지원 연구결과로 수행되었으며, 또한 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었으며 (IITP-2018-2016-0-00314), 그리고 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 정보통신연구기반구축사업의 일환으로 수행하였음. [12221-14-1001, 차세대 네트워크 컴퓨팅 플랫폼연구 기반구축]

### 참고 문헌

- [1] H. S. Jung, Survey on the use of motorized wheelchair(electric wheelchair, electric scooter), KCA Report, pp. 1-3, November, 2015
- [2] Cheong, P, Ka-Fai Chang, Ying-Hoi Lai, Sut-Kam Ho, Iam-Keong Sou, Kam-Weng Tam, A ZigBee-based wireless sensor network node for ultraviolet detection of flame. Industrial Electronics, IEEE 2011, 58, 5271-5277, 2011
- [3] Torfs, Tom, et al. Low power wireless sensor network for building monitoring, Sensors Journal, IEEE 2103, 13, 909-915, 2013
- [4] Gorlatova, Maria, Aya Wallwater, Gil Zussman, Networking low-power energy harvesting devices: Measurements and algorithms, Mobile Computing, IEEE 2013, 12, 1853-1865, 2013
- [5] Farahani, Shahin, ZigBee wireless networks and transceivers, Newnes, 2011
- [6] Liang, Chieh-Jan Mike, et al, Surviving wi-fi interference in low power zigbee networks, Proceedings of the 8th ACM Conference on