

시각장애인 보행안전장치 개발에 관한 연구

김효관*, 최영규**

Study on the Development of Working Safety Device for Visually Impaired Person

Hyo-Gwan Kim*, Young-Gyu Choi**

요약 본 논문은 시각 장애인이 보행 중 장애물의 위치와 거리를 판단할 수 있는 보행안전장치 개발을 위해 소프트웨어와 하드웨어, 기구설계를 진행하였다. 첫 번째 소프트웨어 구현은 초음파센서 측정 거리 대 전압의 비에 대한 그래프를 알고리즘으로 구현 방법을 제시하였다. 그리고 정확한 거리측정을 할 수 있도록 시뮬레이션을 통해 정확한 거리 측정 파라메타 값을 추출하여 하였다. 두 번째 하드웨어 구현은 시각장애인의 보행보조를 위한 비교적 단순한 센서 기반으로 장애물을 감지할 수 있도록 회로를 설계하였다. 또한 배터리 충전의 편리성을 위해 고성능의 스위칭 레귤레이터 IC를 사용하여 리튬-이온(Li-ion) 배터리 3.7V를 5V로 승압하여 사용할 수 있도록 설계하였다. 세 번째 기구설계는 지팡이 지면 각도와 센서 각도를 분석하여 기구설계를 하였다.

Abstract This paper advances the software, hardware and mechanical design that the visually impaired can recognize the position and distance of the obstacle while walking. The first software implementation is proposed a method to implement the algorithm graph for the ratio of the distance measuring ultrasonic sensors for voltage. And it was extracted by the precise distance measuring parameter values from simulation to measure the precise distance. Second hardware implementation was designed to be able to detect obstacles in a relatively simple sensor-based walking aid for the visually impaired. In addition, using the switching regulator IC of high performance it was designed to be used to boost the Li-ion battery 3.7V to 5V. The third mechanism was developed by analyzing the sensor angle and the cane angle.

Key Words : Visually impaired, Switching regulator, Sensors, Cane, Boost

1. 서론

현재디지털 산업은 21세기로 넘어가면서 IT는 기술의 성숙단계에 접어들어 가고 있고, 앞으로 소비자는 복잡하고 다양한 기능보다 사용하기 편리한 시스템에 대한 목소리가 점점 높아지고 있다. 이런 관점에서 시각장애인을 위한 보행의 안전성과 편리함을 제공하여 왔는가? 라는 우문에서 인간과 컴퓨터의 상호 작용(Human Computer

Interaction, HCI)을 고려한 단순한 기능과 편리하고 안전한 시각 장애인을 위한 보행안전장치를 필요로 하고 있다[1].

그동안 시각 장애인이 장애물을 감지하기 위해 가장 많이 사용된 장애물 감지기는 120cm와 150cm의 두 가지 종류의 지팡이를 이용하여 지상에 장애물 감지하는 데 사용되고 있다. 지팡이는 매우 저렴하고, 그것을 집어서 가방에 쉽게 넣을 수 있고 가볍고 작게 만들어져 가장 많이 사용되

This was supported by Korea National University of Transportation in 2016.

*Department of Computer Engineering, Korea National University of Transportation

**Corresponding Author : Department of Computer Engineering, Korea National University of Transportation (ygchoi@ut.ac.kr)

Received August 17, 2016

Revised August 22, 2016

Accepted August 23, 2016

고 있다. 그러나 시각장애인이 보행시 지팡이를 이용하다 보면 크고 작은 장애물들이 인도에 산재해 있어 감지를 못해 넘어지는 사고가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 시각장애인을 위한 [그림 1,2]와 같이 첨단 제품들이 나오고 있지만 부피가 크고, 무겁고, 조작하기가 어렵기 때문에 널리 사용되지 않고 있다.[2]



그림 1. "Tom Pouce"의 첫 번째 사업용 제품
Fig. 1. First generation of the commercial "Tom Pouce"



그림 2. 보행 가능 경로 안내 시스템
Fig. 2. Foot path guidance system

HCI는 새로운 기술과 기능의 부여만이 최고의 가치로 두지는 않는다. HCI 관점에서 보행 안전장치 개발은 시각 장애인이 보행 중 장애물을 발견하고 인식하여 안전하게 보행할 수 있도록 하는데 있다.

두 번째는 적당한 거리에서 장애물을 감지한 것을 주변 사람에게 피해를 주지 않고 시각 장애인이 감지하고 피해갈 수 있도록 하는 방법이 이루어져야하고 세 번째는 조작 및 건전지 충전의 편리성, 휴대의 간편성이 고려된 시스템 개발이 이루어

어져야 한다.

본 연구에서는 [그림 1,2]에서 처럼 크고 전원공급선이 있어 시각장애인이 다루기 어려운 문제점이 있기 때문에 손쉽게 다룰 수 있고, 탈·부착 및 충전이 쉽고 간편하게 다룰 수 있어야 하고, 시각장애인 관점에서 HCI를 적용한 기구 설계 및 회로를 개발하여 보행 안전장치를 개발하였다.

2. 본론

2.1 보행안전장치 설계

본 장에서는 시각장애인을 위한 보행안전장치 개발을 위해 MCU(Micro Controller Unit)를 기반으로 장애물 충돌 방지 회로 설계 및 프로그램 구현 방법과 지팡이에 탈·부착과 건전지 충전이 편리한 보행안전장치 설계 내용을 기술한다.

2.1.1 장애물 충돌 방지 회로 설계

시각장애인 보행안전장치 개발을 위해 MCU(Micro Controller Unit)는 8bit S3F84UA 삼성 CMOS 마이크로 컨트롤러를 사용하여 다음 [그림 3]과 같이 회로를 설계하였다[3].

보행안전장치 개발을 위한 MCU의 컨트롤 레지스터를 [표 1]과 같이 각각의 레지스터를 설정하여 프로그램을 개발하였다[4].

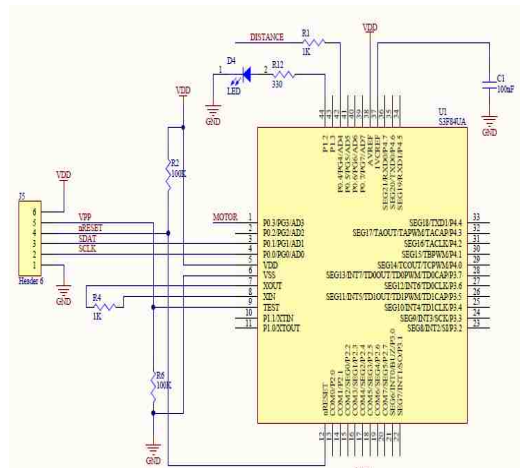


그림 3. MCU 회로도
Fig. 3. MCU Circuit Schematic

표 1. MCU의 컨트롤 레지스터 설정
Table 1. Set in the MCU Control Register

```

BTCN = 0xAA; //BT input clk: fxx/128;
CLKCON = 0x18; // system clock: fxx/1
OSCCON = 0x04; //main osc RUN,
P0CONL = 0xFF; //Output mode
P0CONH = 0xCE; //7: Output, 6: Input, 5: Output,
4: AD4
P1CON = 0x0A; //XTIN, XTOUT
P3INTH = 0x10; //P3.6 - Enable interrupt by fallin
g edge
P3PND = 0x40;
P4CONL = 0xC0;
P4CONH = 0x5F;
IMR = BIT1; //Interrupt Level 1 (IRQ1) Enable
TBDATAL = _MAIN_OSC_TBL; // Thigh = Tlow
= 101/(fxx/2)=101/(32.768kHz/2)=24.6ms
TBDATAH = _MAIN_OSC_TBH;
TBCON = 0xE6; //Timer B Control Register
TBCON |= BIT3; //Interrupt Enable(Start)
ADCON = 0x44; //A/D Converter Control Register
    
```

2.1.2 거리 측정센서 및 프로그램

시각장애인이 보행 중 30~100cm 이내의 장애물을 발견하기 위한 방법으로 샤프 GP2Y0A02YK 거리 측정 센서를 활용하여 개발을 진행하였다. 센서의 출력값을 디지털로 변환하기 위해 ADC 값을 읽을 수 있도록 [표 2]와 같이 프로그램을 하였다.

표 2. ADC 값 프로그램
Table 2. ADC Value program

```

if(!Mbit.F_ADC_start){
    ADCON &= ~BIT3;
    ADCON |= BIT0;
    Mbit.F_ADC_start = 1;
}
else{
    if(ADCON & BIT3){
        uiADC = (ADDATAH << 2) + ADDATAL;
        Mbit.F_ADC_start = 0;
    }
}
    
```

거리측정센서는 [그림 4, 5]와 같이 공급전압은

5V이고 장애물이 150cm에서 발견이 되었을 때 출력 단자전압은 $\approx 0.4V$ 이고 거리가 가까워지면 전압이 로그함수와 같이 변환되어 30cm에서 2V까지 전압이 증가한다[5].

0~30cm 이내의 거리에서는 신호가 불안정하기 때문에 사용을 하지 않도록 프로그램을 하였다.

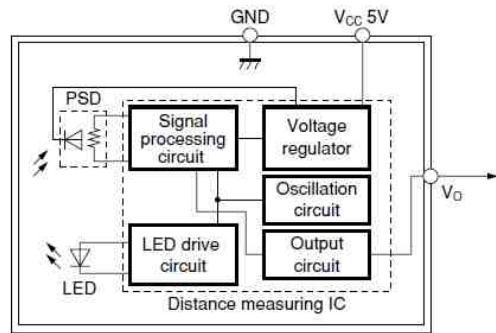


그림 4. GP2Y0A02YK 내부 블록도
Fig. 4. GP2Y0A02YK Internal Block Diagram

센서의 전압출력 특성곡선[그림 5]의 형태가 나올 수 있도록 C로 구현을 해야 하므로 거리 변화에 따른 출력 전압 변화를 커프 피팅(Curve Fitting)의 수학적 모델 $POWER^POWER$ 그래프 (1), (2) 식을 적용하여 특성곡선과 반사 개체까지의 거리 값 Y와 아날로그 센서 출력 전압값 X와의 관계를

$$Y=AX^{(BX^C)} \quad (1)$$

$$Y=X^{(-X)} \quad (2)$$

GraphicsExplorer 툴[그림 6]을 활용하여 커프 피팅의 $POWER^POWER$ (1) 식을 적용하여 시뮬레이션을 통해 초음파 센서 출력전압 그래프와 유사한 로그함수의 A, C 파라메타 값을 (3) 식과 같이 유도하였다.

$$Y= A*(X^{(-C)}) \quad (3)$$

(A=57.8, C=-1.10)

시뮬레이션으로 유도한 3식을 이용하여 [표 3]과 같이 초음파센서 출력신호를 입력받아 30~100cm 범위내에서 장애물 거리 측정을 할 수 있도록 C 언어로 구현하여 정확한 거리 측정값을 얻을 수 있었다.

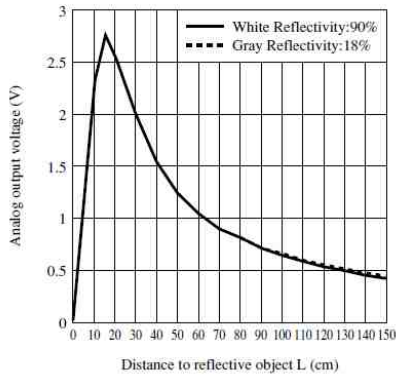


그림 5. 반사개체까지의 거리 대 아날로그 출력 전압
Fig. 5. Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object.

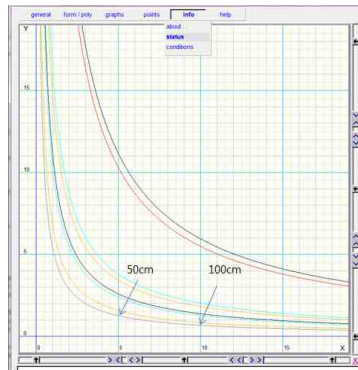


그림 6. 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulation results

표 3. 시뮬레이션 프로그램
Table 3. Simulation Program

```

while(1)
{
    ...
    AVR( );
    ADCchange = pow((double)ADCavrdata,
                    (double)(-1.10));
    ADCresult =(int)(ADCchange * 57.8);
    ...
}
    
```

또한 시각장애인이 장애물 인식을 위한 보행시의 [그림 7]과 같이 일반적인 지팡이의 사용 각도 55°와 보행안전장치를 지팡이 끝에서 33~40cm 위치에 부착하면 센서 각도가 25°가된 상태에서 모든 장애물을 찾아냄을 검증하였다.

측정된 ADC값의 정확성을 위해 [표 2]와 [그림 8]과 같이 1초에 30개의 데이터를 수집해서 평균값으로 거리 측정하여 [그림 7]과 같이 시각 장애인의 위치에서 100cm 이내의 장애물을 발견함과 동시에 진동 모터에 신호를 보내 진동신호가 지팡이로 전달하게 함으로써 시각장애인이 장애물을 감지할 수 있도록 구현하였다.

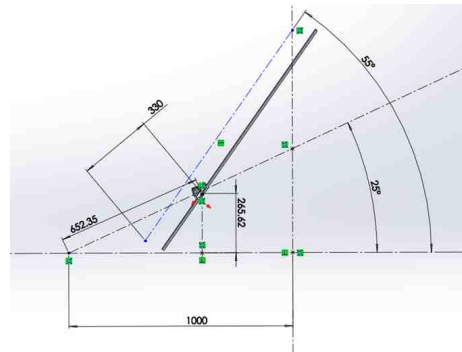


그림 7. 장애물 인식을 위한 각도 및 거리측정 방법
Fig. 7. Angle and distance measurement methods for obstacle recognition



그림 8. 프로그램 흐름도
Fig. 8. Program flow chart

2.1.3 전원공급 장치

시각 장애인이 장시간 휴대하고 사용하기 위해 가격절감과 공간절약의 관점에서 직류-직류(DC-DC) 모듈로는 사용하기 어렵기 때문에 고효율, 고성능의 스위칭 레귤레이터(Switching Regulator) IC인 MCx063A를 사용하여 리튬-이온(Li-ion) 배터리 3.7V를 5V로 승압할 수 있도록 R8과 R11의 저항 값과 조절하여 원하는 5V 승압 값을 출력할 수 있도록 회로를 [그림 9]와 같이 회로를 구현하였다[6][7].

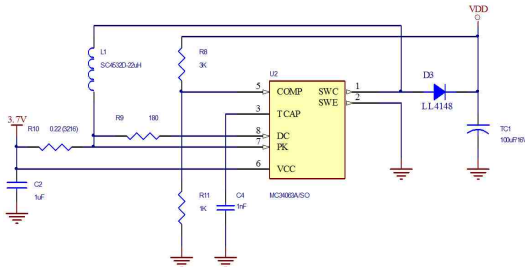


그림 9. 전원 승압 회로
Fig. 9. Power boost circuit

2.2 보행안전장치 기구설계

기존의 시각 장애인이 사용하는 방식을 HCI를 적용하여 사용자의 안전성과 편의성을 고려한 제품 설계를 위해 SolidWorks로 기구설계를 하였다. 보행안전장치 회로는 Altium Designer 툴을 이용하여 회로 및 PCB(Printed Circuit Board)를 설계 하였다.

시제품의 완성도를 높이기 위해 2D로 설계된 PCB를 3D로 설계하여 iges 파일로 변환 후 SolidWorks에서 설계한 기구설계도에 어셈블리(Assembly)하여 PCB와 기구설계도 간에 간섭등 제품 생산에 조립성에 관한 문제점을 수정 보완하여 [그림 10, 11]과 같이 최종적으로 사용자의 편의성에 입각한 시각장애인 보행안전장치 설계를 하였다.

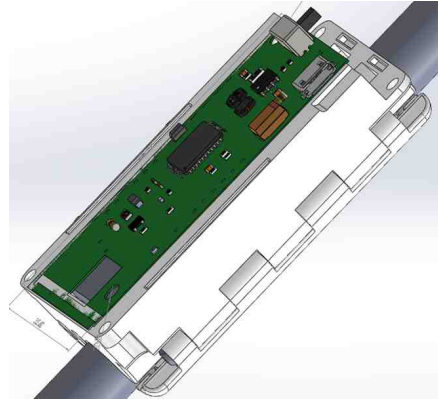


그림 10. 기구설계와 PCB 조립
Fig.10. Device design and PCB assembly

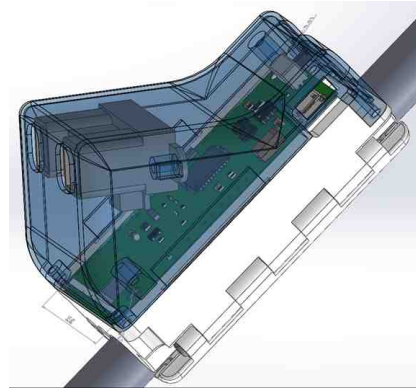


그림 11. 완성된 기구 설계
Fig. 11. Completed device design



그림 12. 3D 프린터로 완성한 보행안전장치
Fig. 12. Walking Safety Device complete with a 3D printer

3. 실험 및 검증

본 연구에서 개발된 시각 장애인 보행안전장치는 [그림 12]와 같이 3D 프린터로 기구를 출력하

여 제작하여 검증을 하였다. 보행안전장치는 HCI를 고려한 편의성 및 안전성, 휴대성 검증을 수행하였다. 첫 번째 편의성 검증에선 한번 속지로 시각장애인이 가지고 있는 지팡이에 쉽게 탈·부착을 할 수 있었고, 배터리 충전은 USB Micro 커넥터를 이용하기 때문에 핸드폰 충전기를 이용하여 쉽게 충전이 가능함을 검증하였다. 두 번째 보행 안전성 검증을 위해 보행 경로 주변에 있는 물체나 사람과의 충돌 가능성 실험을 [그림 13]와 같이 실험을 진행한 결과 100cm 이내의 사람과 장애물 인지하여 지팡이에 진동으로 신호를 보내 정확히 인지함을 확인하였다.



그림 12. 검증 실험
Fig. 12. Experimental verification

4. 결론

본 연구에서 HCI를 고려한 사용자의 편의성 및 안전성을 고려해 개발된 시각 장애인 보행 안전장치는 시각장애인이 기존에 사용하는 지팡이에 쉽게 탈·부착을 쉽게 할 수 있도록 함으로써 과도한 비용 지출을 줄일 수 있고, 리튬이온 건전지 충전 또한 핸드폰 충전기를 활용할 수 있게 하여 활용성 및 편의성을 높일 수 있도록 개발하였다.

특히 장애물 감지능력을 향상시키기 위해서는 지팡이의 끝에서 1/3(33~40cm) 위치에 보행안전장치를 부착하는 방법이 30~100cm 내의 사람과 돌출물에 대한 감지 능력을 향상시킬 수 있었다.

본 연구에서 개발된 제품이 시각장애인의 안전한 보행을 위해 유용하게 사용될 수 있음을 검증할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Moore G. A. "Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Goods to Mainstream Customers", New York: HarperBusiness, 1991
- [2] René Farcy, Roger Leroux, Alain Jucha, Roland Damaschini, Colette Grégoire, Aziz Zogaghi "Electronic Travel Aids And Electronic Orientation Aids For Blind People", Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments Technology for Inclusion, CVHI 2006
- [3] Samsung Electronics "USER'S MANUAL S3F84UA/F84U8", "<http://www.samsungsemi.com>"
- [4] Young-Gyu, "Development of voice-enabled Gas timer using the S3F8S19 processor", The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol.8 No.6, pp.551 - 555, 2015
- [5] Texas Instrument, "MC3x063A Datasheet," "<http://www.ti.com>"
- [6] Wikipedia, "Curve Fitting", https://en.wikipedia.org/wiki/Curve_fitting
- [7] Nathan Andrews, "The global market for power supply and power management integrated circuits", Power Electronics Conference and Exposition, pp.126 - 131, March, 2002.

저자약력

김효관 (Hyo-Gwan Kim) [학생회원]



- 2007년 2월 : 성균관대학교 정보통신공학부 학사
- 2013년 7월 : 한국교통대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2014년 3월 : 한국교통대학교 컴퓨터공학과 박사 과정중
- 2011년 3월 ~ 현재 : 삼성 SDS ICTO 사업부 BI 그룹

<관심분야> Software Architecture, Big Data

최영규 (Young-Gyu Choi)* [종신회원]



- 1983년 2월 : 청주대학교 전자공학 학사
- 1986년 7월 : 중앙대학교 전자공학과 석사
- 1995년 8월 : 청주대학교 전자공학과 박사
- 1991년 5월 ~ 현재 : 한국교통대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> IT Convergence System Design