

시각장애인을 위한 사물 감지 기술 연구

정 연 규[†] · 김 병 규^{**} · 이 정 배^{***}

요 약

본 논문에서는 초음파센서와 버튼들로 구성된 초음파 단말기와 카메라 센서를 융합한 시각 장애인들을 위한 사물 감지 기술을 소개한다. 초음파 단말기의 초음파센서로 4m 이내의 사물을 감지하면 웹캠으로 사물을 촬영하고 얼굴검출과정을 통해 그 사물이 장애물인지 사람인지 구별한다. 검출결과를 음성으로 사용자에게 이어폰을 통하여 알려준다. 본 논문에서 개발된 기술을 통하여 시각장애인이 흰 지팡이와 같이 보조적으로 사용이 가능하며, 좀 더 보완한다면 흰 지팡이의 대체품으로 사용이 가능할 것이다. 검출 범위는 사용자가 착용 시 3m내에서 사람이나 사물인식 실험 결과 약 88%이상의 인식률을 나타내었다.

키워드 : 시각장애인, 사물감지기술, 초음파센서, 얼굴검출

A Research on Object Detection Technology for the Visually Impaired

Yeon-Kyu Jeong[†] · Byung-Gyu Kim^{**} · Jeong-Bae Lee^{***}

ABSTRACT

In this paper, a blind person using a white cane as an adjunct of the things available sensing technology has been implemented. Sensing technology to implement things ultrasonic sensors and a webcam was used to process the data from the server computer. Ultrasonic sensors detect objects within 4meter people distinguish between those things that if the results based on the results will sound off. In this study, ultrasonic sensors, object recognition and human perception with the introduction of techniques and technologies developed for detecting objects in the lives of the visually impaired is expected to be greater usability.

Keywords : Blind Person, Object Detection Technology, Ultrasonic Sensors, Face Detection

1. 서 론

우리나라 시각장애인은 약 23만 여명 정도로 전체 장애인의 10%를 차지하며, 매년 1만 3천 명씩 증가하고 있다[1]. 우리나라 인구 약 200명당 1명꼴로 시각장애를 가지고 있다고 보고되고 있다. 이처럼 많은 시각장애인들은 대부분 흰 지팡이 하나만 의지해서 보행해야하므로 흰 지팡이로 감지하기 어려운 장애물의 경우 위험요소로 작용할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 연구가 되었거나 여러 제품들이 개발되었다[2]-[9].

아이소닉은 초음파센서를 사용하여 전방의 장애물을 자동으로 인지, 진동으로 정보를 알려주는 장애물 탐지 전자지팡이이다[2]. 이 제품은 사물의 색상이나 주변의 밝기 정도

를 음성으로 알려준다. 또, Mygo는 시각 장애인 전용지팡이로 강하고 가벼운 재질로 길이가 자유자재로 조정되며 스마트 센서와 카메라를 탑재해 지면의 상태를 정확히 파악해 헤드셋으로 시각장애인에게 정보를 전달해 주는 제품이다[3]. 아이소닉처럼 초음파센서를 사용한 Sonar For The Blind도 있다[4]. Son-ar For The Blind는 초음파센서를 이용한 햅틱 장갑이다. 장갑처럼 손에 착용하기만 하면 되며, 장갑에는 4개의 센서가 있어서 전방 2cm에서 3.5m의 사물을 감지해서 손등에 진동으로 물체의 위치를 알려준다.

Lee et al.은 시각장애인이 실내에서 특정 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 하는 시스템을 제안하였다[5]. 이 시스템은 카메라로 찍은 영상을 분석하여 마커의 ID를 구한 후 이로부터 보행자의 절대위치를 파악하고, Inertial Measurement Unit (IMU)의 가속도 센서와 자이로 센서를 통해 들어온 이동거리와 각도를 이용하여 보행자의 이전위치에 대한 상대위치를 파악하여 다음 진행 방향을 결정한다. 적외선 카메라와 적외선 반사체를 이용한 인공표식을 사용하여 실내에서 보행을 위한 경로정보를 제공하는 시스템이 Lee et al.에 의해서 제안되었다[6]. 인공표식은 방향과

† 준 회원 : 선문대학교 컴퓨터공학과 석사과정
** 정 회원 : 선문대학교 컴퓨터공학과 조교수
*** 종신회원 : 선문대학교 컴퓨터공학과 교수
논문접수 : 2012년 3월 22일
수정일 : 1차 2012년 5월 29일
심사완료 : 2012년 5월 29일
* Corresponding Author : Byung-Gyu Kim(bg.kim@ieee.org)

경로안내를 위한 가이드표식과 현 위치 지역정보 제공을 위한 위치표식으로 이루어지며, 실내 천장에 부착되어 사용자에게 지속적으로 정확한 정보를 제공한다.

Kim et al.은 시각장애인들의 실외 보행 시 위험한 장애물을 탐지하여 진동으로 경고해주고 필요에 따라 물체의 색상과 주변의 밝기를 음성으로 알려주는 SmartWand을 개발하였다[7]. 이 기기는 시각장애인들이 널리 사용하는 흰 지팡이로 감지할 수 없는 시각장애인의 장애물을 초음파로 탐지하여 경고해준다. 시각장애인을 위한 장애물을 감지하고 회피할 수 있는 착용형 시스템을 Ahn et al.이 제안하였다[8].

반구 형태로 배열되어 있는 초음파센서들은 Time-of-fly (TOF) 방식으로 사용자와 장애물간의 거리를 측정하여 장애물을 감지하며, 거리 데이터를 이용하여 공간적 구조를 몇 개의 패턴으로 간략화하고 진행방향을 선택한다. 복수개의 초음파센서를 이용하여 동시에 초음파를 조사하는 방법을 이용하여 이동시에도 오차가 거의 없는 장애물 검색방법을 Kim et al.이 제안하였다[9]. 이 기법에서는 초음파의 전파속도가 모두 일정하다고 가정하고, 같은 주파수, 같은 크기의 초음파를 조사한 후, 가장 먼저 반사되는 초음파를 획득한 후 이를 가장 가까운 장애물로 인식하는 방법으로, 이 방법을 이용하면 초음파 센서의 위치를 조정하여 장애물의 3차원적인 위치까지 추정할 수도 있다.

Kim et al.은 실시간 입력되는 영상에서 피부 색상과 Haar-like feature를 이용한 얼굴 검출 및 추적 알고리즘을 제안하였다[10]. 이 기법에서는 컬러 색 공간에서 피부색상과 특징점을 가지고 얼굴 검출 및 추적하였으며, 실시간 영상에 대해 조명 변화 및 가림 현상에서 강건한 추적 결과를 실험을 통해 보였다. Lee et. al.은 웹 카메라와 같은 저해상도의 동영상으로부터 실시간 다중 얼굴 인식 시스템을 제안하였다[11]. 이 기법에서는 검출된 얼굴 후보 영역에 대해선 AdaBoost를 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출하였고, 얼굴 분류 단계에는 주성분 분석과 멀티 Support Vector Machine (SVM)을 이용하여 각 얼굴들을 분류하였다.

이렇듯 다양한 IT 기술이 접목되어 시각장애인이 좀 더 쉽게 사물을 감지할 수 있도록 돕는 기술들이 연구·개발되고 있으며, 본 연구에서도 초음파 센서와 카메라 센서를 융합함으로써 사물을 감지하는 기술을 제안한다. 사람인식과 장애물인식에 대한 부분도 개발하며 실험을 통하여 그 인식률을 검증한다.

2. 시스템 구성

2.1 시스템 동작 시나리오

그림 1은 시스템 구성도를 그림으로 나타낸 것이며, 사물 감지 기술 구현을 위해 본 논문에서는 초음파 센서와 카메라 센서를 사용하였다. 초음파 센서는 별도로 제작된 단말기에 장착되어 있고, 카메라 센서는 단말기에 초음파센서의 방향과 같은 방향으로 장착된다. 초음파센서가 음파를 방출하면 전방 4m이내의 사물이 있는지 감지하게 된다. 초음파

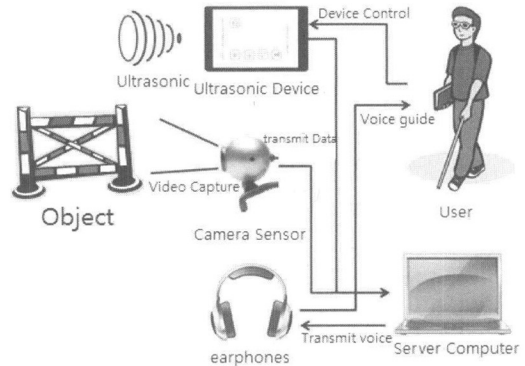
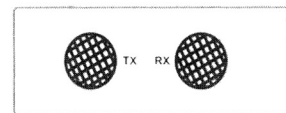


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System structure

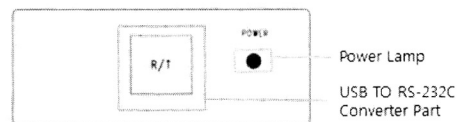
는 직진성을 가지고 있으며, 초음파의 송파기에서 초음파를 발생시키면 전방의 사물에 반사되어 수신기에 수신이 된다.

수신된 초음파 데이터는 서버 컴퓨터로 보내진다. 서버 컴퓨터는 단말기로부터 받은 데이터를 처리하는데, 이때 사물이 감지되면 카메라 센서로 촬영을 하고 감지된 사물에 대해 얼굴검출을 하게 된다. 이렇게 초음파 센서와 카메라 센서를 사용하여 사물 감지를 하는 것이 본 연구의 핵심이다.

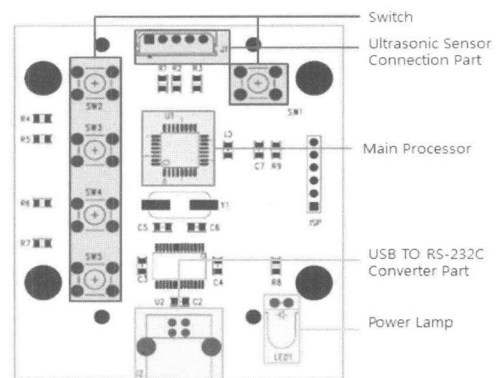
2.2 하드웨어 구성



(a) 단말기 전면
(a) The front of device



(b) 단말기 후면
(b) The back side of device



(c) 초음파 단말기 내부보드
(c) The circuit board of the ultrasonic device

그림 2. 하드웨어 구성도
Fig. 2. Hardware structure

그림 2는 하드웨어 구성이며 메인 프로세서, 초음파 센서 연결부분, USB TO RS-232C 컨버터 부분, 스위치, 전원램프 등으로 구성되어 있다.

2.3 소프트웨어 구성

본 논문에서 구현한 사물 감지 기술의 소프트웨어 구성은 다음과 같다. 초음파 센서로부터 받은 데이터를 구분하여 각 함수를 실행하는 과정과 초음파 센서로부터 받은 데이터 중 거리 데이터를 구분하여 실제 거리를 도출하는 과정(3절), 사람인식을 위한 얼굴검출 과정 (4절)으로 구성된다.

전체 소프트웨어 구성은 그림 3과 같으며, 개발환경은 Table 1과 같다.

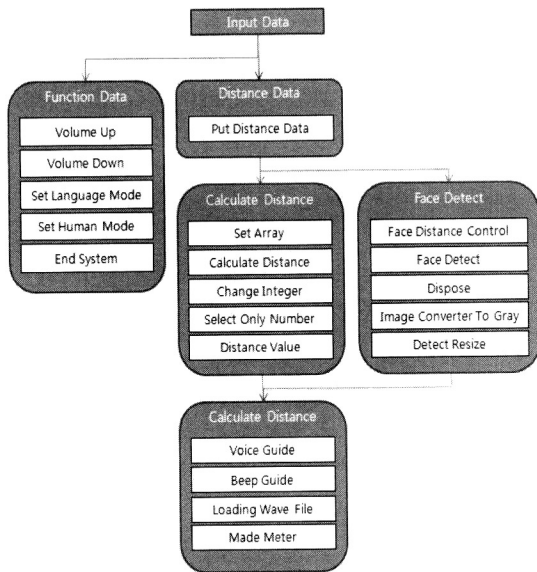


그림 3. 소프트웨어 구성도
Fig. 3. Software Structure

표 1. 개발 환경

Table 1. Development Environment

OS	Windows 7
Using Tools	Visual Studio .net 2010
Dependency	OpenCv Library 2.3.1

3. 초음파 센서 데이터처리 기법

3.1 초음파 센서 신호처리

초음파 센서로부터 받은 데이터를 처리하는 부분에서 쟁점은 시리얼 통신을 통해 받아들이는 데이터를 어떻게 구분하여 처리할 것인가이다. 이를 위해 시리얼 통신을 통해 받아들이는 데이터들이 어떤 것이 있는지, 어떻게 처리해야 하는지 정해야 할 필요성이 있다. 본 연구는 시리얼 통신을 통해 받아들이는 데이터에 따라 클래스로 처리하였다.

초음파 센서의 수신기에 수신된 데이터들이 시리얼 통신을 통해 받은 데이터들을 서버 컴퓨터로 전송하게 된다. 그

림 서버 컴퓨터의 프로그램에서는 각 데이터에 해당하는 클래스의 함수를 호출하게 된다.

3.2 데이터에 따른 함수호출

시리얼 통신을 통해 단말기로부터 받는 데이터들은 표 2와 같다.

표 2. 시리얼 통신을 통한 데이터
Table 2. Data using serial communication

Data	Explain
P1X	Power On
P0X	Power Off
\rS1X	Sound Up
\rS0X	Sound Down
\rM1X	Beep guide
\rM0X	Voice guide
\rT1X	Face detection mode On
\rT0X	Face detection mode Off
D0000X - D9999X	Distance value

서버프로그램에서는 데이터에 따라서 함수가 호출된다. PIX, POX는 전원관련 데이터이며, \rS1X, \rS0X는 소리 높임, 소리 낮춤 버튼을 눌렀을 시 받는 데이터이며 Volume 클래스의 함수를 호출하게 된다. 또 \rM1X, \rM0X는 언어 모드 버튼을 눌렀을 시 받는 데이터로 Language_Mode 클래스의 함수를 호출하게 되며, \rT1X, \rT0X는 사람인식 모드 버튼을 눌렀을 시 받는 데이터로 Human_Mode 클래스의 함수를 호출하게 된다. 그리고 D0000X - D9999X는 거리에 해당하는 데이터들이며, 이 데이터를 사용하여 Calculate_Distance 클래스의 Array_Set 함수를 호출하여 거리를 계산하게 된다.

3.3 장애물 판단 및 실제거리 산출

시리얼통신을 통해 받은 거리 데이터는 문자열이다. 그러므로 정수형 데이터 검출작업과 문자열을 정수형으로 변환해주는 작업을 거쳐야 거리 계산을 할 수 있다. 먼저 D0000X의 문자열 중에서 D와 X 사이에 있는 숫자들만 따로 검출한다. 그리고 검출된 정수형 데이터를 정수형 배열에 저장한다.

장애물 유무 판단을 위해서 정수형 배열의 데이터를 사용한다. 정수형 배열의 데이터들을 인덱스 0에서부터 끝까지 값을 비교해서 일정량의 값의 차이가 발생하면 장애물이 있다고 판단한다. 장애물이 있다고 판단이 되면 장애물과 단말기 사이의 실제거리를 산출해야 한다. 실제거리는 정수형 배열의 데이터를 사용하며, 수식 (1)을 사용하여 실제거리를 계산해낸다.

$$Distance(x) = (((x - i) / l) + \min) * sl \quad (1)$$

x 는 정수형 배열의 데이터이며 i 는 단말기와 5cm 떨어진 사물의 거리 값이다. 그리고 l 은 5cm 마다 증가하는 값이며 \min 을 더해 주는 이유는 최소거리를 설정하기 위해서이며, 본 연구에서는 5cm로 설정하였다. 여기까지의 연산의 결과에 기준거리 s/l 를 곱해주면 실제거리가 산출된다.

4. 사람 인식을 위한 얼굴검출

얼굴검출을 위해 영상 처리기법을 사용하였다. 카메라 센서로 캡처를 한 후 화면 전체 영역에 대해서 얼굴검출을 하는 방법은 불필요한 부분에서 검출하는 경우가 발생하므로 인식률을 떨어뜨린다. 그리하여 본 연구에서는 초음파센서의 감지된 거리에 따라 얼굴검출 크기의 제한을 둬으로써 인식률을 높였다. 얼굴 검출 방법에는 여러 가지가 있지만, 본 연구에서는 Haar Cascaded classifier를 사용하였다[12].

Haar Cascaded classifier는 얼굴 검출에 대한 기계학습 데이터를 활용하여 얼굴을 검출 시 비교하여 인식하는 방법이다. 이미지를 흑백으로 바꿔주는 그레이화와 이미지 사이즈를 줄여줌으로써 얼굴검출을 더 용의 하도록 만들어 준다. 그리고 그레이 이미지를 특출나게 어둡거나 밝은 부분을 적당히 퍼줘서 부드러운 변화 양상을 갖도록 해주는 히스토그램 평활화 작업을 하였다. 여기에 거리에 따라 얼굴검출 크기를 다르게 하여 좀 더 인식률을 높였다.

거리에 따른 얼굴 검출 크기는 표 3과 같다.

표 3. 거리에 따른 얼굴 검출 크기
Table 3. The size of the detected face as the distance

Distance(m)	Detection size(pixel)
1	140 over
2	50 over
3	25 over
4	5 over

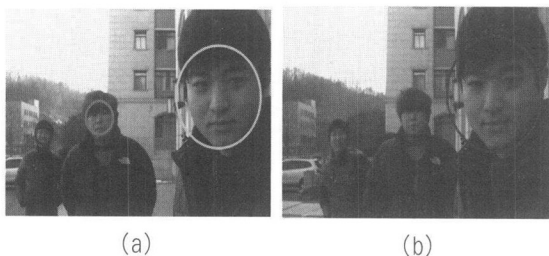


그림 4. 거리에 따른 얼굴 검출 크기 적용 전·후
Fig. 4. Results of face detection based on the size as distance

그림 4의 (a)는 거리에 따른 얼굴 검출 크기를 적용하기 전의 이미지로 거리에 상관없이 얼굴검출이 되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 (b)를 보면 거리에 따른 얼굴 검출 크기를 적용함으로써 해당되는 거리 외의 얼굴은 검출되지 않는 것을 확인할 수 있다.

5. 실험결과 및 고찰

5.1 초음파 단말기

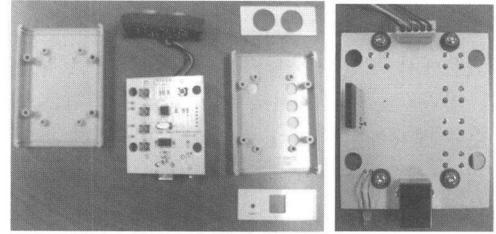


그림 5. 초음파 단말기
Fig. 5. Ultrasonic device

그림 5는 본 연구에서 직접 설계된 초음파 단말기로 외형 케이스와 보드, 초음파센서로 구성되어 있다.

5.2 카메라 센서

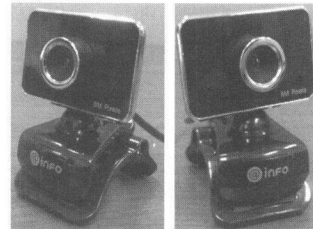


그림 6. 카메라 센서 : 웹캠
Fig. 6. Camera sensor: Webcam

그림 6은 본 연구에서 사용된 카메라 센서로 영상을 촬영해서 얼굴검출을 하기위해 사용된다. 사용된 카메라 센서는 800만 화소에 CMOS 이미지센서를 사용한다. 그리고 최대 해상도는 4608×3456이며, 본 연구에서는 얼굴검출과정에서 소요되는 시간을 줄이고, 실시간 처리를 위하여 800×600 해상도를 사용하였다. 최대 30Frame Per Second (FPS)을 지원한다.

5.3 실험 환경 및 셋팅

일반적인 실내·외에서 실험하였으며, 서버컴퓨터로는 Intel(R) Core(TM) i5 CPU, 3.23GB 메모리, Window 7 O/S 사양의 노트북을 사용하였다. 그림 7과 같이 초음파 단말기와 카메라 센서는 노트북에 usb로 연결하여 사용 하였다.

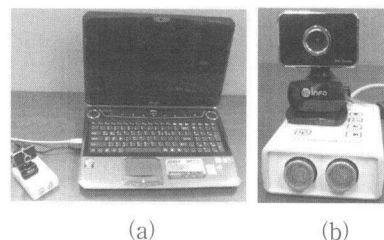


그림 7. 전체 시스템:(a)서버컴퓨터와 초음파 단말기,
(b) 초음파 단말기와 카메라 센서를 융합한 모습
Fig. 7. The overall system: (a)Ultrasonic device and a server computer, (b) ultrasonic device and camera sensor

5.4 동작성 실험 및 고찰

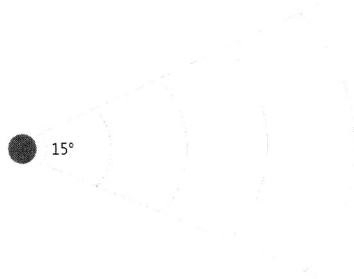


그림 8. 초음파단말기 동작성
Fig. 8. Measurement range of ultrasonic device

초음파센서가 직진성을 가지고 있지만, 그림 8과 같이 초음파가 퍼지는 각도가 존재한다. 초음파가 퍼지는 각도는 센서마다 다르지만 본 연구에서 사용한 초음파센서의 경우 장애물 감지를 좀 더 용이하도록 15°로 설정하였다. 각도 내에 사물에 대해 감지를 하며, 영상처리기법을 사용하여 얼굴검출을 하는 것은 그림 8에서 검은 원처럼 거리에 따라 검출크기의 제한을 뒤서 인식률을 높였다.

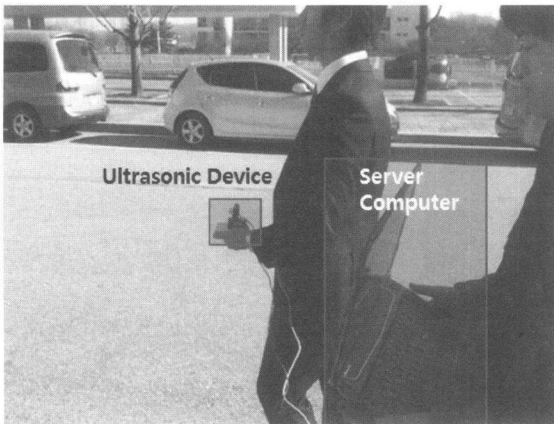


그림 9. 실외 실험 중인 현장 사진
Fig. 9. A scene for an outdoor experiment

그림 9는 실외에서 실험하고 있는 모습이며, 실험 결과 주차되어 있는 자동차를 감지하고 피해갈 수 있었으며, 사람인식을 통해 주변에 사람이 있는지 알 수 있었다.

5.5 인식률 실험

표 4. 인식률 결과
Table 4. Recognition results

Distance(m)	1	2	3	4
Human	99%	95%	88%	20%
Object	99%	99%	95%	50%

표 4는 정지된 사물이나 사람인 경우의 인식률이다. 3m 이내에서는 인식률이 높은 것을 확인할 수 있다. 그러나 4m

부터는 인식률이 급격히 낮아진다. 그 이유는 초음파 단말기에서 사용하는 초음파센서가 SRF04인데 이 초음파센서의 인식범위가 4미터 이내이기 때문이다.

표 5. 오인식률 결과
Table 5. Error results of recognition

Distance(m)	1	2	3	4
Human	1%	5%	12%	80%
Object	1%	1%	5%	50%

사람의 경우 조금의 움직임이나 환경의 영향을 받고, 장애물의 경우 장애물 표면의 굴곡에 따라 표 5와 같이 오인식률이 나타난다. 표 5에서 거리가 4m일 때 사람 오인식률이 80%가 나오는 이유는 본 연구에서 사용한 초음파센서의 인식범위가 최대 4m이내이지만, 적정 인식범위는 3m이내이므로 3m를 벗어나게 되면 인식률이 현저히 떨어지기 때문이다. 또한, 움직이는 사물이나 사람의 경우에는 표 4와 같이 측정된 인식률과 비교하여 5~10%만큼 인식률이 감소되었으며, 매우 빠르게 움직이는 사물이나 사람의 경우 인식하기 어려운 점이 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 시각 장애인을 위한 초음파센서와 카메라 센서를 융합하여 새로운 사물 감지 기술을 개발하였다. 개발된 기술은 초음파 센서와 카메라 센서를 융합하여 사용하므로 사물을 좀 더 정확하게 감지할 수 있다는 것이 장점이다. 이러한 장점을 바탕으로 시각장애인이 거리를 확보할 때 위험 요소를 미리 파악하고 피할 수 있으며, 감지된 물체가 사람인지 사물인지 구별할 수 있다. 그리고 탐지 로봇이나 안전장비에 응용될 수 있을 것으로 보인다. 개발된 기술은 4m 이내의 거리에서 초당 10프레임의 처리속도로 지연시간 없이 안정적으로 동작하였으며, 상황에 대응하기 위해 충분한 속도로 고려된다.

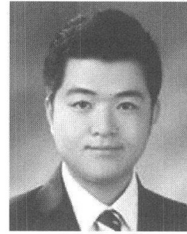
개발된 기술에서 초음파 단말기와 카메라 센서를 한 단말기로 만들고 유선을 무선으로 바꿔서 사용하면 활용성을 높일 수 있을 것이다. 그리고 노면의 주차방지 말뚝과 같은 장애물을 감지하는 부분에서 인식률이 낮은 점을 영상처리 기술을 사용하여 학습 자료를 만들거나 알고리즘을 보완하면 활용성을 더욱 높일 수 있을 것이다. 그러나 초음파 센서와 영상의 처리속도 개선을 위한 빠르게 움직이는 물체에 대응하도록 하는 기술이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] Survey of Health and Human Services report impaired, http://www.mw.go.kr/front/jb/sjb030301vw.jsp?PAR_MENU_ID=03&MENU_ID=030501&page=2&CONT_SEQ=21233, 2008.

- [2] ISONIC, <http://www.primpo.com/kr/products/isonic.html>
- [3] Mygo, <http://gizmodo.com/mygo/>
- [4] Sonar For The Blind, <http://grathio.com/2011/08/meet-the-tacit-project-its-sonar-for-the-blind/>
- [5] Jin-Hee Lee, Byeong-Seok Shin, "Indoor Navigation System for Visually Impaired Persons Using Camera and Range Sensors" Journal of Korea MultiMedia Society Vol.14, No.4, pp.481-594, 2011.
- [6] Hyun-Gyu Lee, Min-Kook Choi, Sang-Chul Lee, "Indoor path guidance system for visually impaired persons using infrared vision" Journal of Korean Institute of Next Generation Computing Vol.6, No.6, pp.24-34, 2010.
- [7] Laehyun Kim, Sehyung Park, Sooyong Lee, Hyunchul Cho, Sungdo Ha, "Improvement of An Electronic Aid for the Blind using Ultrasonic and Acceleration Sensors" Journal of KIISE : Computer Systems and Theory Vol.36, No.4, pp.253-347, 2009.
- [8] Honam Ahn, Byeong-Seok Shin "Walk-through Assistant Technique for Visually Handicapped Person using Multiple Ultrasonic Sensor Array" Journal of Korean Institute of Next Generation Computing Vol.3, No.1, pp.19-25, 2007.
- [9] Chang-Geol Kim, Byung-Seop Song "Object Search Using Synchronous Ultrasonic Wave Emission for the Blind Guide system" Journal of The Korean Society of Medical & Biological Engineering Vol.29, No.5, pp.384-391, 2008.
- [10] Donghyeon Kim, Jaehyun Im, Daehee Kim, Taekyung Kim, Joonki Paik "Face Detection and Tracking using Skin Color Information and Haar-Like Features in Real-Time Video" Journal of The HCI2009 Society of Korea Vol.20, No.1, pp.146-149, 2009.
- [11] Ho-Geun Lee, Sung-Tae Jung "A Real-time Face Recognition System using Fast Face Detection" Journal of KIISE : Computer Systems and Theory Vol.32, No.12, pp.1157-1292, 2005.
- [12] Paul Viola, Michael J. Jones "Robust Real-Time Face Detection" International Journal of Computer Vision 57(2), 137-154, 2004..

정 연 규



e-mail : JeongYK@mpcl.sunmoon.ac.kr
 2012년 2월 선문대학교 컴퓨터공학과
 (이학사)
 2012년~현 재 선문대학교 컴퓨터공학과
 석사과정
 관심분야: 영상신호처리, 비디오압축

김 병 규



e-mail : bg.kim@mpcl.sunmoon.ac.kr,
 bg.kim@ieee.org
 1995년 2월 부산대학교 전기공학과
 (공학사)
 1998년 2월 한국과학기술원 전기및전자
 공학(석사)
 2004년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학(박사)
 2004년~2008년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2009년~현 재 선문대학교 컴퓨터공학과 조교수
 관심분야: 신호처리, 영상/비디오 압축, 멀티미디어 센서 기술

이 정 배



e-mail : jblee@sunmoon.ac.kr
 1981년 경북대학교 전자공학과 전산전공
 (공학사)
 1983년 경북대학교 전자공학과 전자계산
 전공(공학석사)
 1995년 한양대학교 전자공학과 정보통신
 (공학박사)
 1982년~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원
 1996년~1997년 U.C.Irvine 객원교수
 1991년~2002년 부산외국어대학교 컴퓨터·전자공학부 부교수
 2002년~현 재 선문대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 증강현실