청각을 이용한 시각 재현 시스템의 개발

김정훈¹ · 김덕규¹ · 원철호³ · 이종민⁴ · 이희중⁴ · 이나희⁴ · 윤수영²

¹경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부, ²경북대학교 대학원 의용생체공학과,
³경일대학교 제어계측공학과, ⁴경북대학교 의학전문대학원 영상의학교실, ⁵경북대학교 대학원 수학과

Development of Processing System for Audio-vision System Based on Auditory Input

Jung-Hun Kim¹, Deok-Kyu Kim¹, Chul-Ho Won³, Jong-Min Lee⁴,
Hee-Jung Lee⁴, Na-Hee Lee⁴ and Su-Young Yoon²

¹School of Electrical Engineering and Computer Sciences, Kyungpook National University

²Department of Biomedical Engineering, Kyungpook National University

³Department of Control Instrumentation Engineering, Kyungil University

⁴Department of Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University

⁵Department of Mathematics, Kyungpook National University

(Received December 5, 2011. Accepted February 29, 2012)

Abstract: The audio vision system was developed for visually impaired people and usability was verified. In this study ten normal volunteers were included in the subject group and their mean age was 28.8 years old. Male and female ratio was 7:3. The usability of audio vision system was verified by as follows. First, volunteers learned distance of obstacles and up-down discrimination. After learning of audio vision system, indoor and outdoor walking examination was performed. The test was scored by ability of up-down and lateral discrimination, distance recognition and walking without collision. Each parameter was scored by 1 to 5. The results were 93.5 $\pm$ SD(ranges, 86 to 100) of 100. In this study, we could convert visual information to auditory information by audio-vision system and verified possibility of applying to daily life for visually impaired people.

Key words: Visual Disturbance, Visual Reconstruction, Auditory Signal, Vision System

I. 서 론

컴퓨터 비전(Computer Vision)의 궁극적 목표는 인간시각 시스템의 기능을 컴퓨터로 구현하는데 있으며 이를 구현하기 위해서는 입력된 영상 정보로부터 3차원 물체를 찾아내거나 인식하는 것이 가장 기본적인 과제라 할 수 있다. 컴퓨터 비전 연구 분야에서, 영상내의 물체를 효과적으로 인식하

여 추적하는 방법에 관한 연구는 매우 중요하고, 영상처리를 이용한 감시 시스템, 이동 로봇의 자세와 위치 보정 등의 다양한 응용 분야에 적용 될 수 있다. 스테레오 비전 시스템의 이미지 정합 방법은 대표적으로 영역기반 정합, 특징기반 정합으로 나눌 수 있다. 영역기반 정합 방법은 윈도우라는 일정 영역에 대하여 스테레오 이미지 쌍에서의 정합 점을 찾아내는 방법으로 SAD(Sum of Absolute Difference), SSD(Sum of Squared Difference), MAD(Mean of Absolute Differences) 등의 방법이 있다. 본 논문에서는 스테레오 카메라를 사용하여 영역기반 정합 방법 중 하나인 SAD 알고리즘을 사용하여 공간정보를 얻었고, 비전 시스템을 이용하여 시각정보를 청각정보로 변환하는 시스템을 만들고자한다. 현재 시각 장애인의 활동에 필요한 충분한 기능을 수행할 수

Corresponding Author : 이종민

(700-721) 대구광역시 중구 삼덕2가 50번지 경북대학교병원 영상의학과

TEL: +82-53-420-5472 / FAX: +82-53-422-2677

E-mail: jonglee@knu.ac.kr

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0804-0004).

있는 전기 전자 기술을 이용한 전기보행보조기(Electronic Travelling Aided : ETA)와 ETA에 로봇을 접목시킨 시스템인 로봇 보행 보조기(Robotic Travelling Aided : RTA) 연구가 진행되고 있다. ETA는 각종 전자센서를 이용하여 시각 정보를 대체하는 정보를 획득하여 시각장애인에게 전달하는 보조 시스템이다. 국내 ETA 기술로는 1980년대중반 인하대학교에서 최초로 “시각장애인을 위한 초음파 안경”을 설계한 것을 시작으로 안경과 가방을 착용하는 형태에 카메라를 이용하여 사람 얼굴, 문자열, 장애물을 인식 할 수 있는 Openeyes[1]가 개발되었다. 그리고 RTA 시스템인 RTAS는 2000년부터 한국 과학기술원에서 개발에 착수하였으며, 기구 부는 개발하지 않고 미국의 Pioneer사에서 개발한 이동 로봇 플랫폼을 사용한 맹인 안내로봇이다[2].

본 연구에서는, 시각 장애인들의 안전보행을 위한 단순한 충돌 정보 장치가 아니라 전방의 시각 정보를 청각 정보로 변환하여 시각장애인의 시각을 재현할 수 있도록 스테레오 카메라를 이용하여 공간 정보를 청각 정보로 변환하여 전달하는 시스템을 개발하였고 그 효용성을 검증하였다.

II. 대상 및 방법

1. 기본 개념

(1) 스테레오 비전 시스템

스테레오 비전 시스템은 3차원 공간에 설치된 두 대의 카메라로부터 얻은 좌·우 영상의 이미지에서 상호간의 정합을 이루는 대응점 간의 변이값을 구하여 3차원거리 정보를 추출하는 시스템을 지칭한다[3,4]. 정합 방법은 영역기반 정합, 특징기반 정합, 에너지기반 정합으로 크게 3가지로 나눌 수 있으며, 본 논문에서는 대표적인 영역기반 정합 방법인 SAD 알고리즘을 사용하여 3차원 공간정보를 얻는다.

(2) SAD 정합 알고리즘

SAD 정합 알고리즘은 기준 이미지의 윈도우에 대하여 대응 이미지의 윈도우를 변화시키면서 두 이미지의 각 픽셀간의 차에 대한 총합(SAD값)이 최소가 되는 점을 정합 점으로 결정한다. 식(1)은 SAD값을 구하는 함수이다[5,6,7].

$$C(x,y,\delta) = \sum_{y=0}^{wh-1} \sum_{x=0}^{ww-1} |I_L(x,y) - I_R(x+\delta,y)| \quad (1)$$

wh : 윈도우 높이

ww : 윈도우 넓이

δ : 시차값

$I_R(x, y)$: 왼쪽영상의 좌표에 대응하는 화소값

$I_L(x, y)$: 오른쪽 영상의 좌표에 대응하는 화소값

SAD 정합 알고리즘은 변이값(disparity) δ 가 0일 때부터 최대 변이값 Δ 일 때까지 모든 점에서 $C(x, y, \delta)$ 값을 계산한다. Δ 는 계산량 및 인식할 장면의 특성을 고려하여 적절히 줄여주되, 지나치게 작아져서 오류가 생기지 않도록 하여야 한다. SAD 정합 알고리즘은 규칙적인 구조와 풍부한 병렬성을 포함하는 간단한 데이터 흐름을 가지며 덧셈기와 비교기만으로 구현할 수 있어 하드웨어 설계가 용이하다[7,8].

(3) Audio-vision System

Audio-vision System의 원리는 다음과 같다. Matrix 형태의 거리센서들로 전방 3차원 공간의 일정부분에 대한 거리 정보를 동시에 획득하여 획득된 다수의 거리 정보를 소리 정보로 변환함과 동시에 출력 한다. 거리 센서 유닛을 상하 좌우로 움직이며 소리 정보의 변화를 인지하여 전방의 공간 정보를 재현할 수 있다.

Audio-vision System은 정보의 검출부, 연산부, 출력부로 구성되며 검출 부는 Stereo Vision과 초음파를 이용하여 제작 하였다. 본 연구에서는 검출부에서는 Bumblebee2를 사용하여 검출하였고, 연산부에서는 SAD 알고리즘을 이용하여 3D 공간 정보를 얻고, 소리정보로 변환을 하였다. 또한 출력부에서는 골 전도 이어폰을 사용하여 5.1 채널을 구현 하였다.

본 연구에서는 3차원 공간에서의 정보를 Matrix 형태로 정보를 가져와 소리 정보로 변환한다. 5.1 채널 구현 방법은 FL(Front Left), FR(Front Right), RL(Rear Left), RR(Rear Right)로 나누어 재생하고 골 전도 이어폰을 사용하여 진동을 사용하였다.

2. 시각 정보의 청각 정보로의 변환 방법 제안

본 논문에서는 시각 정보를 청각 정보로 변환하는 기법을 제안하였다. 이 방법은 공간에서 물체의 기본적인 위치 즉 상하, 좌우 및 거리를 소리의 크기, 소리의 높이, 상/하 스테레오, 좌/우 스테레오를 이용하여 오디오 신호로 변환하는 방법이다. Bumblebee2로부터 출력되어 나오는 좌/우 영상을 식 (1) SAD 알고리즘을 이용하여 평면상의 x, y 위치 및 각 위치에 존재하는 거리의 원근을 신호의 강도로 나타낼 수 있다. 좌/우, 상/하, 거리 정보를 오디오 신호로 변환하기 위하여 본 연구에서는 소리의 세 가지 성질을 이용하였다. 먼저, 물체의 좌/우 구분을 구분하기 위하여 좌우 스테레오 사운드를 사용하였고 상/하를 구분하기 위하여 상/하 스테레오를 구현하였다. 물체가 좌측 위에 있으면 좌측 위에 소리 출력을 크게, 좌측 아래에 있으면 좌측 아래에 소리 출력을 크게, 우측 위에 있으면 우측 위에 소리 출력을 크게, 우측 아래에 있으면 우측 아래 소리 출력을 크게 출력하며, 중앙에 있으면 좌우상하측 출력을 동일하게 출력하였다. 이때 좌/우, 상/하 소리는 물체의 평면상 x, y의 위치에 따라, 연속적으

그림 1. 청각 정보의 변환 방법

Fig. 1. Transformation of auditory information

로 변화하게 되고, 미세한 변화를 알기 위해 피아노 소리 도, 레, 미, 파, 솔, 라, 시의 음을 사용하였다. 물체가 상단에 위치하면 시 소리가 나고, 하단에 위치하면 도 소리를 발생시켜 물체의 상/하 위치를 인지하게 된다. 마지막으로 물체의 거리 정보는 소리의 크기로 변환되었는데 물체와의 거리가 가까우면 큰 소리, 멀면 작은 소리를 발생시켜 최종적으로 물체의 상하좌우 및 거리를 인지할 수 있게 하였다.

(1) 다중 스테레오 구현 기법

본 논문에서는 상/하 구별을 하기 위하여 좌/우 스테레오, 상/하 스테레오로 판별하여 어떤 위치에 있는지 자세히 구별할 수 있게 하였다. 그림 1과 같이 2차원 평면상에서 FL (Front Left), FR (Front Right), RL (Rear Left), RR (Rear Right)로 나누어 판별할 수 있도록 하였고, FL (Front Left), FR (Front Right) 가운데 위치하였을 때 동시에 소리가 나고, RL, RR 가운데 위치하였을 때 동시에 소리가 난다. 또한 FL (Front Left), FR (Front Right), RL (Rear Left), RR (Rear Right)의 중앙에 위치하였을 때는 동시에 소리가 난다.

$$S_{FL}(t) = \sum_{y=1}^{N/2} \sum_{x=1}^{N/2} A(x,y) \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot W_L(x)$$

$$S_{FR}(t) = \sum_{y=1}^{N/2} \sum_{x=N/2}^N A(x,y) \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot W_R(x)$$

$$S_{RL}(t) = \sum_{y=N/2}^N \sum_{x=1}^{N/2} A(x,y) \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot W_L(x)$$

$$S_{RR}(t) = \sum_{y=N/2}^N \sum_{x=N/2}^N A(x,y) \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot W_L(x) \quad (2)$$

i) $W_L = \{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$

$W_R = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1\}$

1, 1, 1}

식 (2)는 FL (Front Left), FR (Front Right), RL (Rear Left), RR (Rear Right) 상/하, 좌/우 스테레오 표현식이다. 2차원 평면에서 해당 구역에 3차원 정보가 있을 때 소리를 들려준다. i)는 스테레오를 위하여 좌측과 우측 값을 확실하게 구분하여 소리를 생성시키는 형태이다.

(2) 좌표 부여 기법

다중 스테레오를 구현하기 위하여 객체의 좌표를 가지고 구현하였다. 그림 2는 좌표를 획득하는 방법을 나타낸 것이다. 왼쪽 오른쪽 이미지를 SAD Algorithm을 이용하여 3D 정보를 얻어낸다. 3D 정보를 가지고 세분화하여 Labeling Processing을 하여 여러 객체를 만들고, 객체의 모서리 좌표를 획득한다. 획득한 x, y 좌표의 동일위치의 값을 SAD Algorithm으로 획득된 이미지에서 가져온다. 획득된 좌표

27

그림 2. 좌표 획득 방법

Fig. 2. Method of coordinates acquisition

와 실제 값을 가지고 FL(Front Left), FR(Front Right), RL(Rear Left), RR(Rear Right)을 선택하여 소리를 생성시킨다.

(3) 거리와 위치 소리 변환 기법

Audio-vision System은 거리와 위치의 판별이 가장 중요하다고 볼 수 있다. 2차원 평면의 x, y 의 좌표를 획득하여, 해당 좌표의 Image Intensity $A(x,y)$ 를 가지고 사운드를 생성시킨다. 좌우를 구분함에 있어서는 i 와 같은 가중치를 사용하고 식 (3)과 같이 좌우 각각의 가중치를 A_L 과 A_R 을 계산하여 좌우 소리를 생성시킨다. 발생하는 좌우 소리는 3차원 공간정보의 면적과 강도에 비례하지 않고 식 (3)의 y 에 따라 생성시키기 때문에 물체의 거리가 연속적으로 변하는 경우 소리 변화에 따른 공간 정보의 인지가 유리하다.

$$\begin{aligned} A_L &= \max\{A(x,y) \bullet W_L(x)\}, \quad x=1,N \\ A_R &= \max\{A(x,y) \bullet W_R(x)\}, \quad x=1,N \end{aligned} \quad (3)$$

그림 3(a)와 같이 수직방향 FR(Front Right), RR(Rear Right)일 때 FR(Front Right)에 객체가 있을 때는 FR(Front Right)의 사운드를 생성시키며 FR(Front Right), RR(Rear Right)이 중첩되었을 때는 FR(Front Right), RR(Rear Right)을 생성시킨다. 그림 3(b)와 같이 수평방향일 때 RL(Rear Left), RR(Rear Right)일 때 RL(Rear Left)에 객체가 있을 때는 RL(Rear Left)의 사운드를 생성시키며 RL(Rear Left), RR(Rear Right)이 중첩되었을 때는 RL

(Rear Left), RR(Rear Right)의 사운드를 생성시킨다. 세밀한 변화를 알기 위해서 그림 1과 같이 소리에 변화를 낳은 곳은 도를 생성시키고, 높은곳은 시를 생성시켜 구별하도록 하였다.

3. 시스템 구현 및 실험 평가 방법

(1) Audio Vision System 구현

본 연구에서 개발한 Audio Vision System은 Bumblebee2의 400*300 크기의 왼쪽과 오른쪽 영상을 SAD 알고리즘을 사용하여 Depth Image를 만들고 Depth Image 값을 3차원 공간정보로 사용한다. 변환한 공간정보를 가지고 소리 정보로 변환하여 골 전도 이어폰으로 재생하여 시각재현을 하고자 시스템을 만들었다.

개발된 Audio Vision System의 구동 프로그램은 C 언어로 구현하였다. 전처리 과정을 거쳐 오류를 제거하고 3차원 공간의 정보를 가져왔다. 왼쪽 오른쪽 카메라로 들어오는 영상의 크기는 400*300 크기로 하드웨어 성능을 고려하여 최적으로 실행될 수 있는 크기를 설정하였다. 컴퓨터 하드웨어는 Inter M dual core 1.6 Ghz, Memory 1024 Mbyte이었다.

3차원 공간정보의 각 pixel에서 검출된 영상의 밝기, 즉 강도는 소리의 크기로, x 축 방향의 pixel 간에는 좌우편향(stereo)의 차이로, y 축 방향의 pixel간에는 주파수(frequency)의 차이와 y 축 방향의 위 아래로 나누어 출력신호를 결정하였다. 출력은 440 Hz, 494 Hz, 523 Hz, 587 Hz, 659 Hz, 698 Hz, 784 Hz 좌우 구분 가능한 스테레오 골 전도 이어폰 두 개를 가지고 양측 귀에 전달되었다.

그림 4 Audio Vision System 동작 방법은 다음과 같다. 노트북과 배터리가 장착이된 가방을 메고 이어폰은 귀의 위쪽과 아래쪽에 착용하고, 안대를 이용하여 눈을 가린다. 그다음 스테레오 카메라가 달려있는 마스크를 착용하고 시험을 하면 된다. 실험자가 걸어가다가 장애물이 나오면 소리로 판별하여 얼마나 가까이 있는지 왼쪽위에 있는지 아래 있는지 오른쪽 위에 있는지 아래 있는지를 대상을 인지하며 길

그림 3. 좌우 변화와 상하 변화 구분

Fig. 3. lateral discrimination and un-down discrimination

그림 4. 개발된 Audio Vision System

Fig. 4. Development of Audio Vision System

을 찾아가거나 사물을 인지한다.

(2) 실험 방법

i) 거리 측정 실험

그림 5와 같이 본 연구의 최종 목적인 시각 정보를 청각 정보로 변환하기 위해서는 위치 판별과 거리 측정을 하였다. 그림 5에 보이는 1번 2번 3번의 위치를 다르게 하고, 거리를 다르게 하여 측정하였다. 거리의 차이는 1m 내외로 하였다. 거리에 차이가 1m 이상으로 되어있으면 3차원 공간정보의 값 차이가 커지므로, 소리 차이가 커진다 하지만 주변 환경을 머릿속으로 그려 내기 위해서는 30cm 까지 구별이 가능하도록 구현을 하였다. 실험자는 의자에서 안대로 눈을 가린 뒤에 머리위에 손을 올리고 왼쪽 오른쪽 의자를 돌려 가며 주변 환경을 인지한다. 제일 가까운 순서대로 1번, 3번, 2번 손으로 가리키며 실험을 하였다.

ii) 실내 실험

그림 6은 거리 측정 실험을 한 실험자들이 그림 6(a) 하단 장애물 그림 6(b) 상단 장애물 통과 실험을 진행하였다. 골전도 이어폰을 한쪽에 두 개씩 착용하여 상단 하단 판단이 용이 하도록 제작하였으며 상단하단 테스트 목적과 주변 환경을 인지하여 장애물 사이를 통과 하는 실험이었다. 실험자는 안대로 눈을 가리고, 장비를 착용한 뒤에 실험을 시작

하였다.

iii) 실외 실험

그림 5 거리 측정 실험과 그림 6 실내 하단 상단 장애물 실험을 한 실험자들을 대상으로 실외 실험을 실시하였고, 안전한 장소에서 실시하였다. 그림 7(a)와 같이 움직이지 않는 사물은 실험자가 잘 인지를 하였고, 그림 7(b)와 같이 약 1m의 좁은 공간도 거리와 위치를 파악하여 충돌 없이 통과하는 모습을 보여주었다. 그림 7(c)와 같이 움직이는 보행자 또한 인식을 하였고, 충돌하지 않고 기다렸다가 가는 모습을 보여주었다.

(3) 평가 방법

그림 5-7을 보고 상하판별, 좌우판별, 거리인지정도, 성공여부의 항목을 평가하였다. 실험 대상은 남성 대 여성비가 7대 3이었고, 평균나이 28.8세의 소리를 듣고 판단하는데 이상이 없는 정상인 10명 이었다. 또한 눈을 가리고 하는데 이상이 없는 사람을 대상으로 하였다. 실험은 좌우측 소리와 진동이 가능한 골 전도 스테레오 이어폰을 착용한 후 시행되었다. 실험은 첫 번째 거리측정에 관한 실험을 실시하고, 거리측정정도에 이상이 없는 실험자를 대상으로 실내 실험을 실시하였다. 거리측정실험에서는 실험자 12명중 10명이 통과를 하였으며 2명은 조금만 소리의 차이를 잘 느끼지 못하

그림 5. 거리 측정 실험

Fig. 5. Distance measurement test

(a)하단 장애물

(b)상단 장애물

그림 6. 실내 인공 장애물 판별 실험

Fig. 6. In room experiment of Top-Bottom object

(a) 움직이지 않는 사물 인식 (b) 좁은 거리 통과 (c) 움직이는 보행자 인식

그림 7. 실외 실험

Fig. 7. Out-door experiment

여 실험에서 가장 중요한 소리 인지정도가 떨어져 제외하였다. 실내 실험은 하단 장애물 상단 장애물의 판별 정도를 측정하였고, 실내 하단 장애물 상단 장애물의 실험은 10명 실험을 진행하였고 제외하는 실험자는 없었다. 거리측정 실내 인공 장애물 판별 실험을 통과한 실험자를 대상으로 실외 실험을 실시하였다. 상하 판별 정도, 좌우 판별 정도, 거리 측정 정도, 성공 여부를 최저 1점부터 5점까지 1단위로 점수를 매겨 평가하였으며 100점 만점으로 환산 하였다.

III. 결 과

그림 5-7과 같이 결과 영상을 보고 상하 판별, 좌우 판별, 거리 정도, 성공 여부 항목을 평가하였다. 상하 판별은 최저 점수 80, 최고 100 으로 높은 인식률을 보였으며, 거리 정도는 인지가 가장 낮은 점수를 보였다(표 2). 거리에 따라 1m 이내의 거리에서 차등을 두어 실험을 하였다. 가까운 거리와 먼 거리의 차가 60cm 정도 되었으므로 큰 거리에 차이를 두고 실험을 했으면, 더 좋은 점수를 생각해볼 수 있다. 하지만 주변 환경을 그려 내기 위해서는 거리 정도를 구별할 수 있는 거리가 1m 이내로 실험을 하였다. 총점으로 분석한 결과 최대 100%, 최소 80% 이었으며, 평균 점수가 93.5%이었다. 즉 주변 환경을 인지하고 거리정보를 알아 주변 환경을 93.5% 정도 특징을 인지할 수 있었다(표 1).

IV. 결 론

Audio Vision System을 구현함으로써 3차원 공간 정보를 변환 하는 기술과 변환 정보를 청각 정보로 변환하는 기

표 1. 피검자 점수표

Table 1. An experimenter score table

피검자 인원	평균연령	최소 백분율	최대 백분율	평균 백분율
10 명	28.8 세	80/100%	100/100%	93.5/100%

표 2. 평가기준에 따른 점수 합계

Table 2. The sum total of score table

	상하 판별	좌우 판별	거리 정도	성공여부	합계
실험자 1	5	5	5	5	20
실험자 2	4	5	3	4	16
실험자 3	5	5	4	5	19
실험자 4	5	5	4	5	19
실험자 5	5	5	5	5	20
실험자 6	5	5	4	5	19
실험자 7	4	5	5	5	19
실험자 8	5	5	4	4	18
실험자 9	4	5	5	5	19
실험자 10	4	5	4	5	18
총합계	46/50	50/50	43/50	48/50	187/200
백분율 환산점수	92%	100%	86%	96%	93.5%

반 기술을 확보하였으며, 거리 센서로서 Bumblebee2 성능 일 입증시킬 수 있었다. 또한 Audio Vision System을 검증할 수 있었다. 일반인을 대상으로 한 실험 결과를 기반으로 훈련을 충분히 하거나, 청각이 일반인에 비해 더 민감한 시각장애인일 경우 더 높은 평가 점수가 기대 된다. 본 시스템은 시각적 인지 대상인 전방의 3차원 공간을 청각 정보를 바탕으로 재현하는 것이 목표이므로, 본 시스템의 사용 숙련도가 높아질수록 스테레오 비전에서 검출된 정보의 분할 Matrix 수를 증가시켜서 공간 해상도를 증가시키는 것이 가능하다. 또한 골 전도 이어폰을 사용하여 Background noise형태의 청각 신호를 인지함으로써 일상생활 속에서 무의식적인 시각 재현이 가능 하게 되고, 시각 장애인의 시각 보조뿐만 아니라, 시야 사각지대의 시각적 정보 획득, 군 작전 등의 무 발광 이동 시 시각보조 등의 경우에도 활용이 가능하다. 또한 GPS 시스템을 이용한다면 자기 위치 추정 및 목적지 경로에 의한 유도 기술을 통해 전 역적 항법을 실현할 수 있다[6]. 특히 GPS 수신율이 취약한 지하, 고층,

빌딩사이, 좁은 도로 등에서 Audio-vision System과 병행하여 사용한다면 좀 더 시각장애인이 편리하게 사용할 수 있는 최적의 솔루션이 될 것이다.

참고문헌

- [1] 강성훈, 이성환, “시각 장애인을 위한 착용형 컴퓨터 시각 기술”, 한국뇌학회지, vol. 1, no. 1, pp. 127-137, 2001
- [2] 허세진, 방성식, 서지혜, 최현우, 김태호, 이나희, 이유진, 박지원, 이희중, 원철호, 이종민, “청각을 이용한 시각 재현장치의 분석프로그램 개발”, 멀티미디어학회논문지, vol. 13, no. 1, pp. 58-65 2010
- [3] C. Sun, “A fast stereo matching method”, Digital Image Computing : Techniques and Applications, pp. 95-100, Massey University Auckland, New Zealand, December 1997
- [4] C. Sun, “Multi-resolution stereo matching using maximum-surface techniques”, Digital Image Computing : Techniques and Applications, pp. 195-200, Perth, Australia, December, 1999.
- [5] SungHwan Lee, Jongsu Yi, and JunSeong Kim, “Real-time Stereo Vision on a Reconfigurable System”, SAMOS2005, pp. 299-307, Samos, Greece, July 2005.
- [6] N. Sebe and M. S. Lew “Maximum Likelihood Stereo Matching,” International Conference on Pattern Recognition, Vol. 1, pp. 900-903, September 2000.
- [7] peter J. Ashenden, “Recursive and repetitive hardware models in VHDL”, Tech.Rep.TR160/12/93/ECE, Electrical and Computer Engineering, University of Cincinnati, Ohio 45221-0030, 1993.
- [8] K. Minra, M. Hariyama and M. Kameyama, “Stereo vision VLSI processor based on a recursive computation algorithm”, SCIE Annual Conference, Fukui University, Japan, Aug. 4-6 2003.