

멀티모달 정보변환을 통한 시각장애우 보행 보조 시스템

Walking Assistance System for Sight Impaired People Based on a Multimodal Information Transformation Technique

유 재 형, 한 영 준, 한 현 수*
(Jaehyoung Yu, Youngjoon Han, and Hernsoo Hahn)

Abstract: This paper proposes a multimodal information transformation system that converts the image information to the voice information to provide the sight impaired people with walking area and obstacles, which are extracted by an acquired image from a single CCD camera. Using a chain-code line detection algorithm, the walking area is found from the vanishing point and boundary of a sidewalk on the edge image. And obstacles are detected by Gabor filter of extracting vertical lines on the walking area. The proposed system expresses the voice information of pre-defined sentences, consisting of template words which mean walking area and obstacles. The multi-modal information transformation system serves the useful voice information to the sight impaired that intend to reach their destination. The experiments of the proposed algorithm has been implemented on the indoor and outdoor environments, and verified its superiority to exactly provide walking parameters sentences.

Keywords: multimodal information transformation system, walking parameters, Gabor-filter, image formation, voice information

I. 서론

멀티모달 정보변환은 컴퓨터와 사람간의 의사소통에 사용되는 미디어, 즉 시각, 음성 및 문자 정보가 각각 독립적인 형태로 주어졌을 때 다른 미디어의 형태로 정보를 변환하는 기술을 말한다. 논문에서는 청각기능은 있으나 시각기능에 장애가 있는 사람의 보행을 돕기 위해 카메라를 이용해 보행자 전면의 영상을 획득하여 안전한 보행영역을 결정하고 이를 음성으로 변환하여 시각장애우에게 전달하는 시스템을 다룬다.

사람이 안전한 보행을 하기 위해서는 외부 환경에 대한 광역정보를 제공하여 장애물에 적절히 대응할 수 있도록 만들어주는 시각시스템의 도움이 매우 중요하다. 또한 이러한 시스템은 주변의 사물들이 가지고 있는 모양과 색, 움직임에 대한 정보를 얻고 이들에 대해 합당한 반응을 보일 수 있게 해준다. 하지만 시각장애우들은 이와 같은 시각 정보를 획득할 수 없기 때문에 실생활에서 거동하기가 매우 힘들다. 특히 원하는 장소로 보행을 하거나 접근하는 물체에 대한 위기 대처 능력이 현저하게 부족하여 안전에 큰 위협을 느낀다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 시각기능을 보조할 수 있는 기구들에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다[1]. 이러한 보조 기구들은 주변에 존재하는 물체를 인식하여 보행에 도움을 주는 것들로 다양한 센서들에 의해 얻은 정보를 음성, 촉각 등의 신호로 변환하여 시각장애우에게 알려주도록 구성되어 있다. 이를 위해 사용되는 센서는 초음파

센서, 레이저 센서와 같은 거리 감지 센서들과 카메라와 같은 이미지 센서 등이 있다. 이중 초음파 센서와 레이저 센서를 이용하여 주변의 장애물에 대한 정보를 획득하고 음성정보로 변환하여 보행자에게 알려주는 시스템에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다[2-5]. 특히 NavBelt[6] 시스템은 벨트의 형태로 구성된 초음파 센서들을 착용하고 가방의 형태로 착용된 컴퓨터를 통해 각 방향에 대한 정보들을 분석하여 시각장애우에게 알려주는 것이다. 이러한 초음파 센서를 이용한 시스템은 그 구현이 비교적 간단하며 계산량이 많지 않다는 장점이 있지만 주변의 장애물에 대한 유무만을 판단할 수 있으며 물체가 가지는 질감, 색상에 대한 정보를 얻을 수 없을 뿐 아니라 물체의 이동정보를 얻기에 제한이 많다는 단점을 가지고 있다.

이를 보완하기 위해 카메라를 이용하여 영상 이미지 내에 존재하는 물체, 보행정보를 분석하는 시스템들이 연구되고 있다[7]. 이러한 시스템은 자연 구조물이 가지는 특징을 분석하여 시각장애우가 필요로 하는 정보를 제공하는 것으로, 한 예로 장애우를 위해 설치 되어있는 점자 블록을 영상으로 받아들여 점자 블록의 형태를 분석하고 진행 방향에 대한 정보를 보행자에게 알려주는 연구가 진행된 바 있다[8]. 이 시스템의 경우 주성분 분석을 통해 점자 블록의 형태를 인식하고 그 결과를 미리 정의된 형태와 비교하는 기법을 사용하고 있으며 손에 장착된 진동 장치를 통해 시각장애우에게 블록의 형태를 알려주도록 되어 있다. 이러한 시스템을 적용하기 위해서는 점자블록이 존재하는 장소가 반드시 있어야 한다는 점에서 보행영역에 제한을 두어야 하는 단점이 있다.

또한 카메라를 통해 주변 정보를 얻고 영상 이미지를 분석하여 전방의 장애물, 사람 등을 검출하는 시스템도 연구되어지고 있다[9]. 이러한 시스템은 영상획득을 위해 헤드 마운트 장치에 고배율의 카메라를 장착하여 휴대용 컴퓨터

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 1. 30., 채택확정: 2009. 2. 25.

유재형, 한영준, 한현수: 숭실대학교 정보통신전자공학부
(caution0@ssu.ac.kr/young@ssu.ac.kr/hahn@ssu.ac.kr)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌으며 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(ITA-2008-C1090-0803-0006).

를 통해 이미지 처리 및 음성 변환을 하도록 구성되어 있다. 하지만 휴대용 컴퓨터의 부피와 무게가 큰 부담으로 작용하며 조명의 영향이 적고 배경의 복잡도가 적은 실내 환경에서만 적용했다는 점에서 한계점이 있다.

본 논문은 실내외에서 카메라를 통해 얻은 영상을 분석하여 보행에 필요한 정보를 획득하고 보행영역에 존재하는 장애물의 존재여부를 시각장애우에게 음성정보로 제공하는 시스템을 제안한다. 특히 실외의 자연환경에서 얻은 복잡한 형태의 배경을 가지는 영상 이미지에서 소실점 및 길의 외곽선 정보를 추출하여 보행영역을 얻고 길의 방향과 보행자의 위치를 분석하도록 한다. 또한 보행영역 내에 존재하는 장애물을 검출하고 그 위치와 방향에 대한 정보를 분석한다. 소실점 및 외곽선 정보를 추출하기 위해 체인코드를 이용한 특정 방향의 직선 검출 기법을 사용하였으며, 보행영역에 존재하는 물체 검출을 위해 가버필터를 적용하였다. 이러한 보도영역 정보 및 장애물 위치 정보를 미리 구성된 템플릿 구조에 적용함으로써 문장을 구성하고 음성정보로 변환하여 보행자에게 전달한다. 본 논문의 멀티모달 정보변환 시스템을 임베디스 시스템에 구현되어 실생활 활동에 매우 제약을 받는 장애우가 휴대하기 간편하도록 하였다.

II 장에서는 멀티모달 정보변환 시스템에 대한 개념을 소개하고 III 장에서는 보행영역 및 물체영역 분리에 대한 기법을 소개한다. IV 장에서는 문장 구성 및 음성변환 시스템의 구조에 대해 소개하고 V 장에서는 실험 결과를 보여 주며 VI 장에서는 결론을 제시하고 있다.

II. 멀티모달 정보변환 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 멀티모달 정보변환 시스템의 전체적인 흐름도를 보여준다. 실내의 환경에서 보행자의 눈높이에서 획득한 영상을 입력 받아 강인한 에지 특징을 추출하기 위해 입력 영상의 전처리과정을 거친다. 에지 영상을 통해 실내, 실외 영상 각각에 대해 체인코드 직선 검출 기법을 이용하여 복도 영역 및 보도블럭 영역에 대한 외곽선 성분을 추출하고 그 소실점을 획득한다. 이와 같은

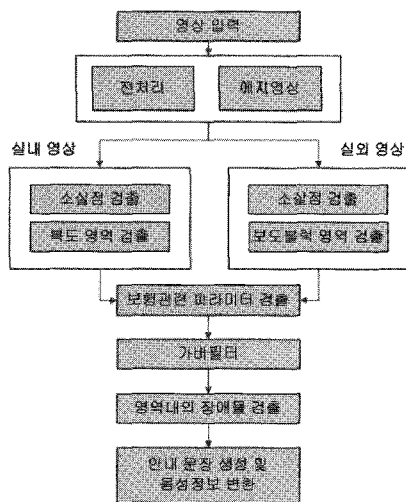


그림 1. 제안하는 시스템의 흐름도.
Fig. 1. System flow chart.

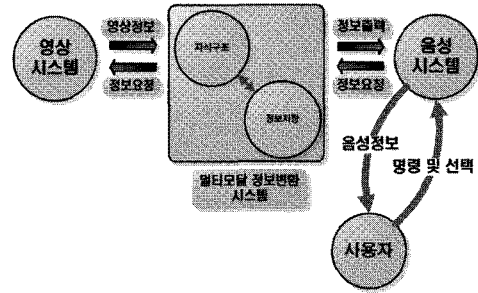


그림 2. 멀티모달 정보변환 시스템의 개념도.
Fig. 2. Multimodal information transformation system.

보행관련 파라미터 검출을 통해 보행영역을 지정하고 가버필터를 통해 물체의 위치를 검출하도록 한다. 최종적으로 얻어진 정보를 이용하여 안내 문장을 생성하고 음성정보로 변환하도록 한다.

영상시스템에서 얻어지는 영상정보를 템플릿기반의 지식 구조와 보행 정보, 물체 정보의 결합을 통해 관련된 문장을 생성하고 이를 음성으로 변환하여 사용자에게 제공하는 구조를 제시한다. 즉, 문장 생성은 미리 정의되어 있는 문장의 구조에 보행정보와 장애물에 대한 템플릿을 알맞은 위치에 대입함으로써 완성되며 음성으로의 변환은 TTS (Text To Speech) 시스템을 통하여 이루어진다.

III. 보도영역 및 물체영역 분리

1. 체인코드를 이용한 보도 영역분리

보행영역의 외곽선 직선 성분을 추출하기 위해 그림 3과 같은 8방향 체인코드를 사용한다.

입력된 보행자의 전면영상을 왼쪽과 오른쪽 부분으로 양분하여 각 영역에서 체인코드의 1과 3의 방향성을 가지는 직선중에서 특정 임계치 이상의 길이를 가지는 성분을 추출한다.

그림 5와 그림 6은 체인코드를 이용해 실내와 실외 각각

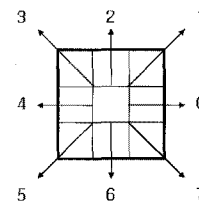


그림 3. 8방향 체인코드.
Fig. 3. Chain-code.



그림 4. 양쪽 영역에서 체인코드를 이용한 직선 성분의 검출.
Fig. 4. Line extraction in both side using chain-code.

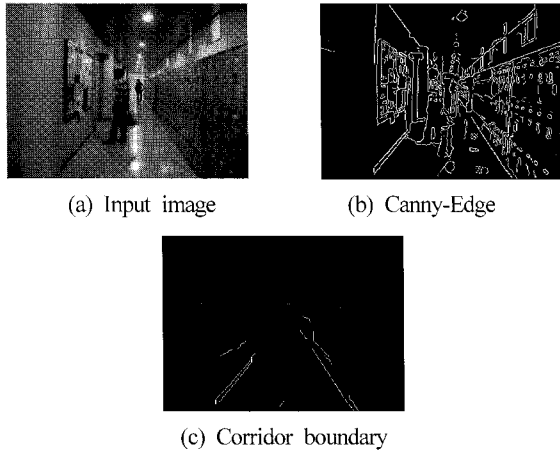


그림 5. 복도 영역 파라미터 검출.
Fig. 5. Corridor-area parameter extraction.

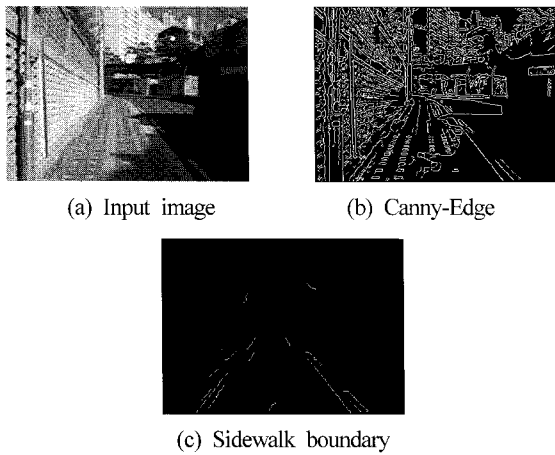


그림 6. 보도 영역 파라미터 검출.
Fig. 6. Sidewalk-area parameter extraction.

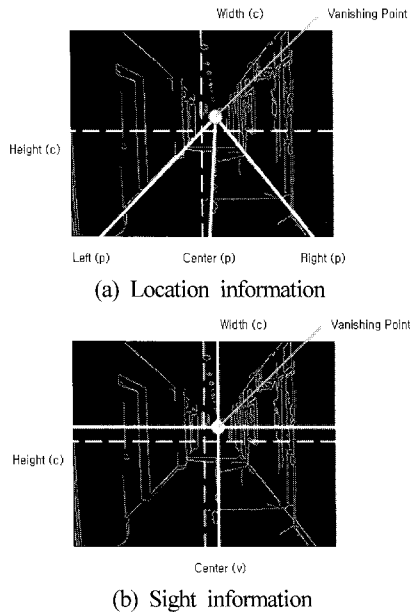


그림 7. 보행 영역에서의 보행자의 위치와 시선.
Fig. 7. Location and sight information in walking-area.

의 경우에 대해서 보행영역에 대한 외곽선 정보를 추출한 이미지를 보여준다. 보행자의 전면영상이 입력으로 주어지면 먼저 캐니 에지 연산자를 이용하여 에지 영상을 구하고 이로부터 복도영역의 경계선을 검출한다.

보행 영역에서 두 가지 주된 성분 값을 결정해야 한다. 첫 번째는 보행자가 바라보고 진행하는 방향에 관한 정보이고, 두 번째는 보행자의 위치가 보행영역의 중심으로부터 얼마나 떨어져 있는지에 관한 정보이다.

그림 7(a)는 실내 복도를 보행하는 사람의 위치에 대해 보여준다. 점선은 Width(c), Height(c)로 각각 영상의 가로, 세로 중심을 나타내고, 굵은 실선은 복도의 바닥면에 대한 외곽 경계선과 중심선을 나타내며 각각 Left(p), Right(p), Center(p)로 표현하였다. Center(p)는 영상에 투영된 복도의 중심라인이기 때문에 영상의 가로방향 중심인 Width(c)와의 비교를 통해 보행자가 복도의 중심에서 얼마만큼 치우쳐져 있는지 알 수 있다.

그림 7(b)는 보행자가 바라보는 시선에 대해 보여준다. 그림 4에서의 Left(p)와 Right(p)가 만나는 점이 소실점 (Vanishing Point)이 되며, 소실점과 영상의 중심과의 관계를 통하여 보행자의 시선의 방향을 알 수 있다. 즉, 중심 라인 Width(c)와 소실점이 이루는 각을 통해 보행자가 현재 바라보고 있는 방향의 상대적인 각도를 계산할 수 있다.

2. 가버필터를 이용한 물체 검출

보행영역에 존재하는 물체를 검출하기 위해 방향성을 갖는 가버필터를 이용한다. 자연 영상에서 나타나는 물체들은 매우 다양한 형태를 가지기 때문에 일정한 특징 정보를 추출하기가 어렵다. 하지만 보도영역에 존재하는 물체들 중에서 보행을 방해하는 요소들의 일반적인 공통점 중 하나는 수직 성분을 가진다는 것이다. 특히 나무, 기둥, 사람과 같은 장애물들은 그림 8에서 볼 수 있듯이 지면과 수직의 형태를 가지는 대표적인 물체임을 알 수 있다.

본 논문에서는 지면과 수직인 특징을 가지는 성분들에 대한 검출을 통해 보행 영역에 있는 장애물을 검출하도록 한다. 이를 위해 수직 성분 방향을 가지는 가버필터를 적용하고 그 결과에서 가장 뚜렷하게 나타나는 성분들에 대해서 물체 영역으로 판단한다.

가버필터는 일반적으로 객체를 검출하는 방법에도 많이 사용되는 것으로 일정한 방향성을 가지는 성분을 검출하는 특징을 가지고 있다. 본 논문에서 사용한 가버필터는 다음

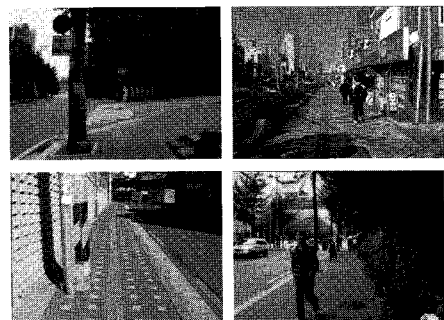


그림 8. 외부 환경에서의 대표적인 물체.
Fig. 8. Typical obstacle in a field.

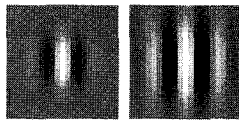
식 (1)과 (2)로 표현되며 대칭과 비대칭의 형태를 가지고 있으며 각각 그림 9와 같다.

$$G(x, y) = \cos(k_x x + k_y y) \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

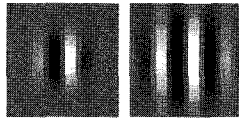
$$G(x, y) = \sin(k_x x + k_y y) \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)는 가버필터를 생성하는 수학적식으로서 k_x, k_y 는 공간적인 주파수의 주기를 나타내며 σ 는 필터의 스케일을 나타낸다. 그림 9는 σ 값을 3과 5로 정했을 경우에 대한 각각의 필터 이미지를 보여준다. 필터의 커널 이미지에서 볼 수 있듯이 식 (1)은 좌우 대칭의 형태를 가지며 식 (2)는 비대칭의 형태를 가지고 있음을 알 수 있으며 σ 값에 따라 스케일의 변화가 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 보행영역에 존재하는 장애물 중에서 기둥, 사람과 같이 수직성분이 강한 요소들만을 선택하였다. 이를 위해 가버필터를 이용하여 수직 성분이 강한 영역을



(a) 식(1)의 $\sigma=3$ (b) 식(1)의 $\sigma=5$
In a formula (1), (a) $\sigma=3$ (b) $\sigma=5$.



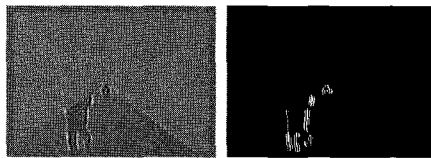
(c) 식(2)의 $\sigma=3$ (d) 식(2)의 $\sigma=5$
In a formula (2), (c) $\sigma=3$ (d) $\sigma=5$.

그림 9. 가버필터 커널.

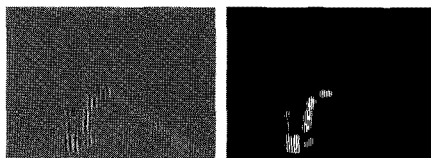
Fig. 9. Gabor-Filter kernel.



(a) Input image and walking-area.



(b) In case, $k_x=1, k_y=0, \sigma=3$.



(c) In case, $k_x=1, k_y=0, \sigma=5$.

그림 10. 가버필터를 통해 얻은 물체 정보.

Fig. 10. Obstacle information using Gabor-Filter.

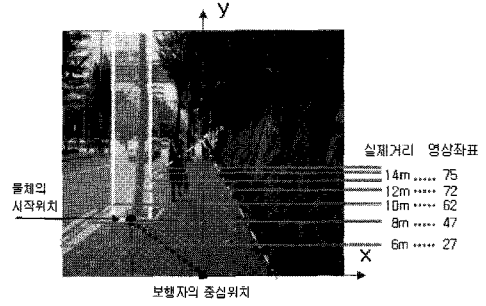


그림 11. 물체의 상대적 위치좌표.

Fig. 11. Relative location axis of obstacle.

검출하고 픽셀들 간의 거리가 일정 범위 안에 존재하는 것들에 대해 영역을 통합하도록 하며 통합된 각각의 영역들에 대해 라벨링을 수행하여 객체를 형성한다.

그림 10은 획득한 보행영역 정보에 대해 가버필터를 적용하여 얻어진 결과 이미지이다. 그림 10(a)는 입력 영상과 그에 따른 보행영역의 검출 결과 이미지를 보여주고 (b)와 (c)는 각각 $k_x=1, k_y=0, \sigma=3$ 혹은 $\sigma=5$ 를 적용했을 경우에 물체 위치 검출 결과를 보여준다.

3. 보행 장애물의 위치 측정

보행자에게 제공하는 정보에 있어서 중요한 것 중에 추가적인 하나는 보행 장애물의 위치 정보이다. 하지만 보행자의 시선의 높낮이, 방향에 따라서 동일한 위치에 있는 물체에 대한 영상의 투영위치가 달라지기 때문에 단일 영상을 통한 절대적인 장애물의 위치를 판단하는 것은 쉽지 않다. 따라서 소실점의 위치를 기준으로 하여 보행자의 시선에 대한 판단이 가능하며 이에 대한 상대적인 장애물의 위치를 판단한다.

그림 11에서는 보행자의 중심위치를 기준으로 분할된 영역의 시작 위치까지의 관계를 보여준다. 이는 영상에 대한 격자를 적용하여 실제 거리에 대한 단위 격자의 눈금에 해당하는 위치를 매칭 시켜 실제 물체가 검출된 위치를 판단한다. 장애물의 실제 거리의 계측은 소실점의 위치를 기반으로 카메라의 보정 정보를 이용하여 실제 거리와 투영되는 영상에서의 픽셀 값에 대한 관계식으로부터 계측된다. 이것은 실제로 영상에 투영된 좌표와 실제계 좌표와의 관계성을 이용하여 소실점의 높이에 따른 그림 11과 같은 변환 테이블이 생성된다.

IV. 음성변환 시스템

시각장애우의 보행보조시스템은 앞장에서 해석한 정보를 시각장애우에게 전달될 수 있는 정보변환의 과정을 포함한다. 본 논문에서는 영상정보를 음성정보로 변환하여 주는 멀티모달 정보변환 기법을 적용하였으며 음성변환 시스템의 구조는 다음의 그림 12와 같다.

보행정보와 물체정보를 음성정보로 변환하기 위해서 템플릿 기반의 문장을 구성하도록 한다. 본 논문에서는 문장 구성의 템플릿으로 표 1의 4가지를 선정하였다.

표 1과 같은 기본 프레임을 기준으로 문장을 구성하며 기본 프레임은 전방의 장애물에 관한 정보와 보행에 관련

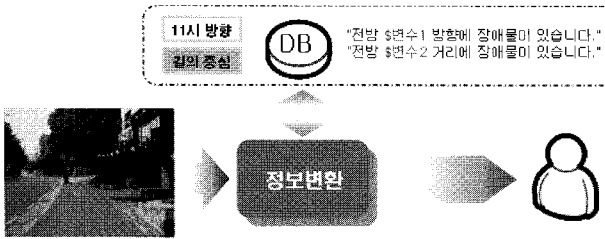


그림 12. 영상에서 음성으로의 정보변환.
Fig. 12. Translation from image to voice.

표 1. 문장구성 템플릿.

Table 1. Template to make sentence.

종류	생성 문장
장애물	전방 [\$변수] 방향에 장애물이 있습니다.
	전방 [\$변수] 거리에 장애물이 있습니다.
보행자	당신은 길의 [\$변수] 에서 진행하고 있습니다.
	당신은 길의 [\$변수] 방향을 바라보고 있습니다.

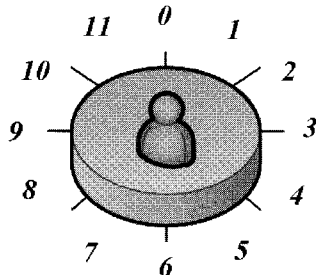


그림 13. 방향에 대한 좌표계 설정.
Fig. 13. Angular coordinates.

표 2. 정보에 대한 예시.

Table 2. Examples for information.

변수	정보	예시
1	방향 정보	“1시방향”
2	거리 정보	“10m 거리”
3	보행자의 위치 정보	“길의 중심”
4	보행자의 시선 정보	“길의 왼쪽”

된 변수 정보를 알려준다. 각 문장에서 변수에 해당하는 단어는 방향, 거리, 보행자의 위치, 보행자의 시선에 대한 것으로 그림 13과 같이 구성된다. 방향좌표는 직감적으로 알 수 있도록 시계방향으로 설정하였으며 0시는 12시와 동일하게 설정한다.

보행자의 방향에 대한 정보는 그림 13과 같이 시계방향과 동일하게 구성하여 직관적이도록 설정하며 거리는 1m 단위로 계산하도록 한다. 또한 보행자의 위치 정보와 시선에 대한 정보는 길의 중심, 왼쪽, 오른쪽에 대한 정보를 제공한다.

표 2로 정리되어 있는 정보에 대해 그림 14와 같이 미리 주어진 템플릿에 해당 키워드를 저장하는 형태로 문장을 구성한다.

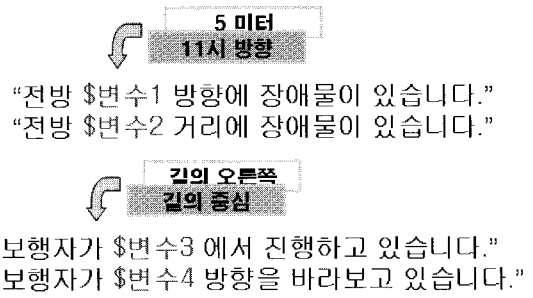


그림 14. 문장 구성의 예시.

Fig. 14. To make sentence examples.

V. 성능평가 및 분석

본 논문에서 제안하는 시스템은 297MHz ARM9 core와 594MHz DSP core가 함께 구성되어 있는 TI 사의 DAVINCI 칩셋을 갖는 임베디드 시스템 상에서 개발되었으며, 실외의 환경에서 실제 보행을 하면서 획득한 연속적인 500개의 영상을 통해 성능평가가 이뤄졌다. 개발된 멀티모달정보변환 시스템은 초당 최대 4 프레임의 영상을 처리할 수 있다.

임베디드 시스템은 256 M 의 DDR2 메모리를 장착하였고 단일 칼라 CCD 카메라로부터 NTSC 방식의 영상 신호를 입력받을 수 있다. 저장장치로는 120 GByte의 HDD가 장착되었으며, 7인치 LCD와 Ethernet 모듈을 장착되어 다양한 사용자 인터페이스를 제공한다. 몬타비스타 임베디드 OS를 탑재하였고 제안하는 알고리즘은 QT-embedded를 기반으로 개발되었다. 그림 15는 멀티모달정보변환을 위해 개발한 임베디드 시스템의 외형을 보여준다.

본 시스템은 보행하는 사람의 눈 높이에 장착된 카메라를 통해 얻어진 연속적인 영상데이터를 임베디드 시스템의 입력으로 받는다. 또한 소실점, 보행영역 검출 및 물체 검출에 있어서는 스틸영상의 연속적인 프레임들에 대해서 처리 하였다.

1. 보행영역 검출

그림 16은 실내의 일반적인 복도의 환경에서 사람의 눈 높이에 장착된 카메라를 통해 획득한 영상에서 소실점과 복도 영역을 검출한 결과 이미지를 보여준다. 사물함이나 사람과 같이 복잡한 형태의 배경을 가지는 이미지 상에서도 복도의 외곽선 부분이 잘 검출되는 것을 확인할 수 있다.

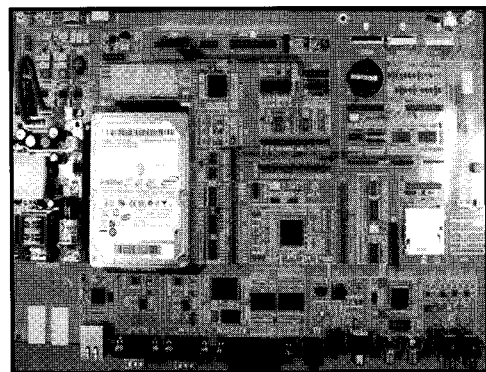


그림 15. 제작된 임베디드 시스템.

Fig. 15. Embedded system.

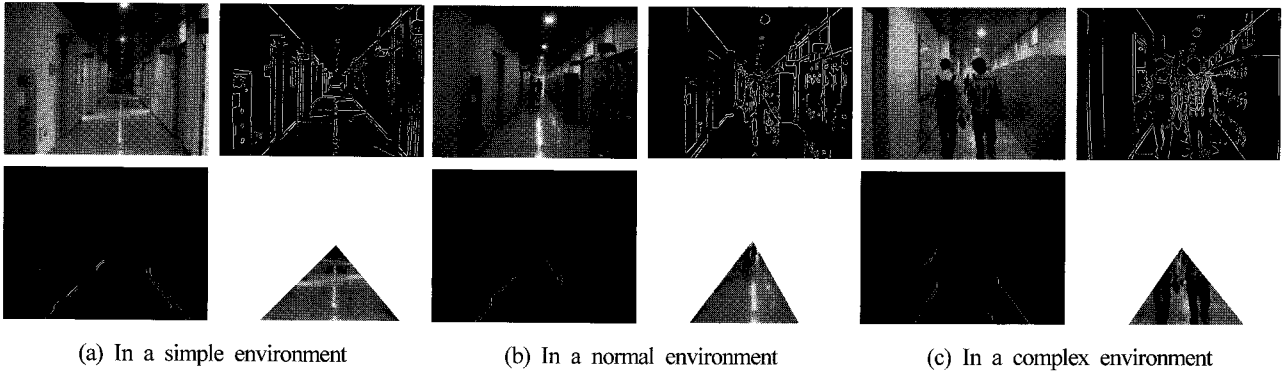


그림 16. 실내 환경에서의 보행 영역 검출.

Fig. 16. Walking-area extraction on a indoor environment.

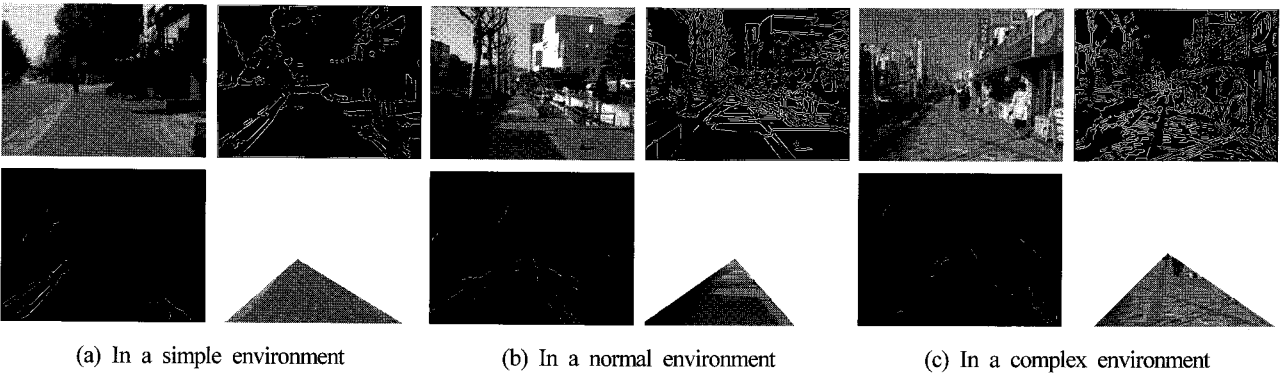


그림 17. 실외 환경에서의 보행 영역 검출.

Fig. 17. Walking-area extraction on a outdoor environment.

그림 17은 실외 환경에서 보행영역을 검출한 결과 이미지로서 단순한 배경에서의 복잡한 배경에서의 소실점과 보도 영역을 검출한 결과를 보여준다. 배경의 복잡한 정도가 실내의 복도환경에 비해 상당히 차이가 남을 알 수 있다.

2. 가버필터를 통한 장애물 위치 검출

본 논문에서 사용한 필터는 좌우 대칭에 대한 형태를 가지고 수직 방향에 대한 성분만을 사용하는 것으로 k_x 를 1, k_y 를 0으로 하고 σ 값은 3과 5로 지정하여 실험하였다.

그림 18은 실외 환경에서 획득한 보행영역에 가버필터를 적용한 결과를 보여준다. 결과 이미지에서 볼 수 있듯이 사람과 기둥에 대한 수직 정보가 가버필터에 의해 뚜렷하게 검출되는 것을 볼 수 있다. 또한 검출된 물체의 위치를 판단하기 위해 각 픽셀들 간의 유클리디언 거리 비교를 통해 가까운 요소들을 그룹으로 재구성한 결과를 보여주고, 그룹들을 검출한 후 각 그룹들에 대한 레이블링을 통해 검출된 물체에 대해 다른 색과 번호를 부여한 결과를 보여준다. 물체의 위치 정보를 획득하기 위해 각 번호에 해당하는 물체 영역의 최저 위치를 계산하고 영상의 중심 위치와의 상대적 거리를 비교하였다.

3. 소실점 및 보행영역 검출을

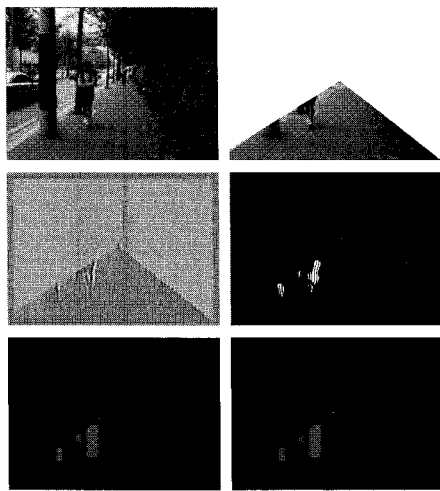
표 3에서는 실내/실외 환경에서 획득한 500개의 영상에 대한 소실점 및 보도영역의 검출율을 보여준다. 여기서 소실점은 길의 양쪽 연장선이 만나는 점을 말하며 보행영역

은 사람이 안전하게 보행할 수 있는 보편적인 길의 영역으로 정의한다. 이는 실내와 실외 각각의 경우에 대한 검출 결과를 나타내어 주고 있으며 검출률은 실제 위치와 비교하였을 경우에 대해서 10% 오차, 30% 오차, 그 외의 경우에 대해 각각 분리하였다.

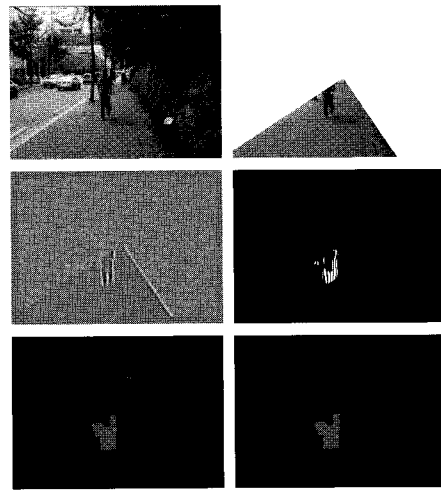
표 3의 결과에서 볼 수 있듯이 실내의 경우 30%이내의 오차를 가지는 소실점의 검출율은 95.8%를 보였으며 그중 10%의 오차를 가지는 소실점의 검출율은 88.6%를 보임을 알 수 있다. 보행영역의 검출도 역시 각각 93.6%와 87.4%의 검출율을 보였다. 실외의 경우 30% 이내의 오차를 가지는 소실점과 보행영역의 검출율은 각각 93.6%와 92.6%를 보였으며, 10% 이내의 오차율은 각각 83.0%와 80.4%를 보였다.

각각의 검출율의 산출은 실제 사람의 눈으로 인지할 수 있는 소실점의 위치에 대해서 허용 범위를 단계적으로 설정하고 각각에 대한 포함 여부를 기준으로 결과를 나타내었다. 실험에서 허용 범위는 소실점을 기준으로 상하좌우로 15 픽셀로 설정하였다.

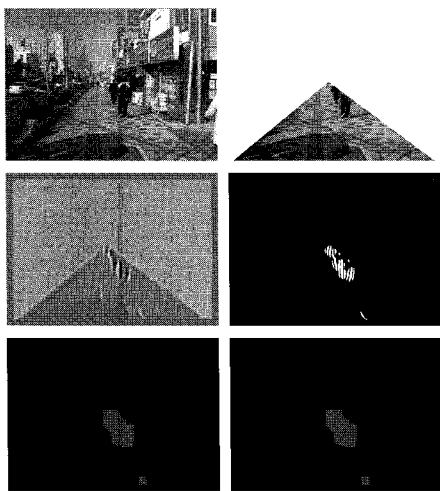
이러한 실험을 통해 표 3에서 보여주는 것과 같이 실내 영상에서는 복도의 외곽선이 비교적 뚜렷하게 나타나기 때문에 소실점과 보행영역이 검출율이 높음을 알 수 있다. 실외 환경에서는 보도의 외곽선 부분에 울퉁불퉁한 균일하지 않은 성분들로 인하여 정확한 외곽선 검출이 힘든 경우가



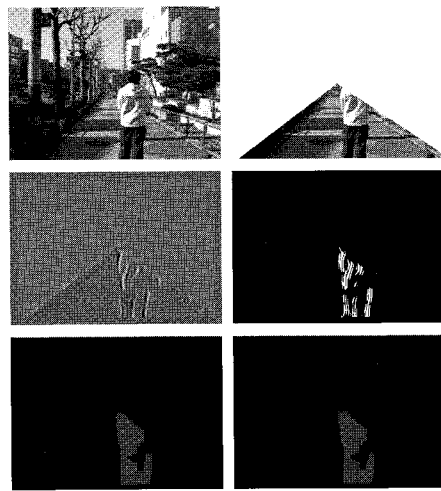
(a) Multi-obstacle extraction.



(b) An obstacle extraction.



(c) Obstacle extraction in the far distance.



(c) Obstacle extraction in a near distance.

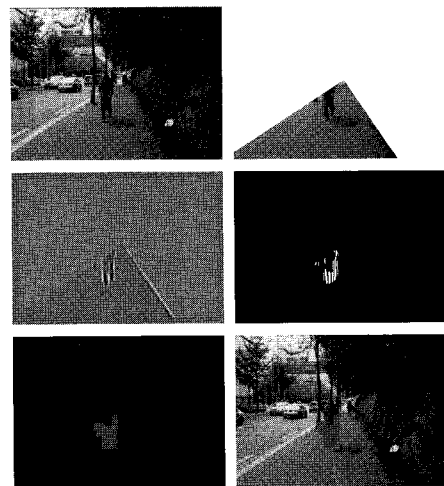
그림 18. 가버필터를 이용한 물체 영역 검출.

Fig. 18. Obstacle extraction using Gabor-Filter.

많아 검출율이 비교적 떨어지는 것을 알 수 있다.

그림 19는 보행영역에서의 보행자의 위치 정보와 장애물의 위치 정보에 대한 검출 결과와 이에 알맞은 문장 생성의 결과를 보여준다. (a)는 앞서 구해진 보행영역의 결과와 가버필터를 통해 얻은 물체의 위치 검출 결과를 보여주고 있으며 (b)는 본 논문에서 제시한 4가지의 템플릿 기반의 문장과 결과에 해당하는 단어를 넣은 결과를 보여준다. 각

각 장애물의 위치 정보에 해당하는 “12시 방향”, “9.828 m”와 보행자의 위치 정보에 해당하는 “오른쪽”, “중심 방향”의 단어가 변수의 위치에 지정되어 있음을 알 수 있다.

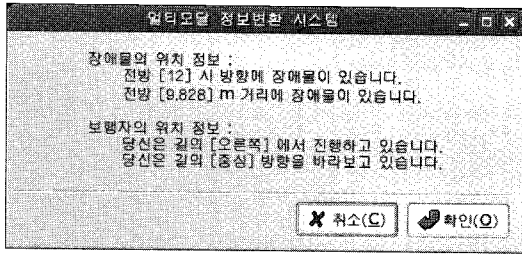


(a) Walking area and obstacle location extraction.

표 3. 소실점 검출 및 보행 영역 검출율.

Table 3. Detection rate for the vanishing point and a walking area.

		소실점 검출		보행영역 검출	
실내	10%오차	88.6%	95.8%	87.4%	93.6%
	30%오차	7.2%		6.2%	
	불량	4.2%		6.4%	
실외	10%오차	83.0%	93.6%	80.4%	92.8%
	30%오차	10.6%		12.4%	
	불량	6.4%		7.2%	



(b) The result of making a sentence.

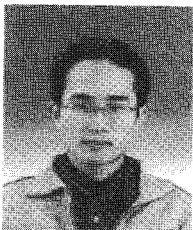
그림 19. 보행자 위치 정보 및 장애물의 위치 정보 검출 결과.
Fig. 19. The result of waling and obstacle location information extraction.

VI. 결론

본 논문은 실외의 복잡한 배경을 가지는 환경에서 단일 CCD 카메라를 통하여 획득한 영상에서 배경과 보도영역을 분리하고 보도영역 내에 존재하는 장애물을 검출하여 그 위치와 방향을 계산을 하였다. 보도영역을 획득하기 위해 체인코드를 이용한 소실점 방향의 직선 성분을 획득하였다. 획득한 보도영역에서 가버필터를 적용해 수직성분을 가지는 장애물의 위치를 검출하고 보행자와의 상대적인 방향 및 위치, 거리 정보를 얻을 수 있었다.

실외 환경에서는 다양한 보도의 형태와 물체의 종류가 존재하기 때문에 모든 환경에서 적용할 수 있는 알고리즘을 개발하는 것이 어렵다. 따라서 각 환경에 대한 형태를 분류하고 각 형태에 알맞은 알고리즘을 적용하도록 해야 하며 물체에 대한 위치 판단 뿐 아니라 물체의 종류가 무엇인지 판단하는 인식 알고리즘의 적용 또한 필요함을 알 수 있다. 특히 실외 환경에서 존재하는 물체의 경우에는 그 형태가 유동적이며 복잡한 형태와 질감을 가지고 있기 때문에 그 종류를 판단하기 위해서는 제약사항이 많다.

향후 연구로는 곡선의 형태를 가지거나 복잡한 정보를 많이 담고 있는 보도의 검출 및 분석을 위한 강인한 알고리즘의 개발과 실외환경에서 존재하는 기둥, 나무와 같은 단순한 형태의 물체 검출뿐만 아니라 사람과 같은 유동적인 형태를 가지는 물체에 대한 검출 및 인식에 대한 연구가 필요하다. 이렇게 검출된 물체가 사람, 기둥, 벽, 돌부리, 계단 인지를 판단할 수 있도록 하는 세부적인 인식 알고리즘에 대한 연구가 필요하며 연속적인 이미지상의 관계성을 고려할 수 있도록 트래킹 개념을 적용하여 동일 물체 여부를 판단할 수 있도록 하는 연구가 필요하다.



유재형

2007년 숭실대 정보통신전자공학부 졸업. 2009년 숭실대 대학원 전자공학과 석사졸업. 2009년~현재 동 대학원 전자공학과 박사과정. 관심분야는 영상 처리, 임베디드 시스템.

참고문헌

- [1] N. Bourbakis and D. Dakopoulos, "A comparative survey on wearable systems for blinds' Navigation," *1st International IEEE-BAIS Symposium on Research on Assistive Technologies*, Dayton, OH, pp. 3-12, April 2007.
- [2] B. S. Shin and C. S. Lim, "Obstacle detection and avoidance system for visually impaired people," *LNCS Springer Berlin/Heidelberg*, vol. 4813, pp. 78-85, 2007.
- [3] S. Cardin, D. Thalmann, and F. Vexo, "Wearable obstacle detection system for visually impaired people," *Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*, CH-1015 Lausanne, pp. 50-55, 2005.
- [4] 김동욱, "시각장애자의 보행을 유도하기 위한 초음파형 전자보행유도기의 개발에 관한 연구," *산학기술성 공학회논문지*, vol. 3, no. 4, pp. 227-232, 2002.
- [5] D. Aguerrevere, M. Choudhury, and A. Barreto, "Portable 3D sound/sonar navigation system for blind individuals," *LACCET*, pp. 2-4, June 2004.
- [6] S. Shoval and J. Borenstein, "The navbelt-A computerized travel aid for the blind based on mobile robotics technology," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 45, no. 11, pp. 1376-1386, Nov. 1998.
- [7] N. Bourbakis and D. Kavraki, "A 2D vibration array for sensing dynamic changes and 3D space for blinds' navigation," *IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering*, pp. 222-226, 2005.
- [8] 박상준, 신동원, "화상인식을 이용한 시각장애이용 보행보조장치," *제어 · 자동화 · 시스템학회 논문지 제12 권 제6호* pp. 568-572, 2006.
- [9] 강성훈, 이성환, "시각 장애인을 위한 착용형 컴퓨터 시각 기술," *한국뇌학회지* vol. 1, no. 1, pp. 127-137, June 2001.
- [10] D. Tao, X. Li, X. Wu, and S. J. Maybank, "General tensor discriminant analysis and Gabor features for gait recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 29, no. 10, pp. 1700-1715, Oct. 2007.

한영준

제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지 제9권 제12호 참조.

한현수

제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지 제1권 제2호 참조.