

# 시각 장애인을 위한 비디오 기반 보행거리 측정

## Video-based Walking Distance Measurement for the Visually Impaired

박수우, 송병섭, 도용태\*  
(Su-Woo Park, Byung-Seop Song, and Yongtae Do)

**Abstract :** When the visually impaired walks inside a building like corridor, a GPS cannot be useful for the walker in estimating his or her position unlike the case of outdoor space. This paper presents two novel methods to measure the walking distance using a low cost camera worn on the chest of the visually impaired. In the first method we analyze the periodic variation of image focusing values. Walking steps are counted by checking the period for the rough measure of the walking distance. The second method counts the step number by monitoring fixtures on the ceiling, which have a certain interval. Lamps on the ceiling appeared on the video are monitored in this paper. The T-S fuzzy theory is used to detect lamps, and the walking steps are estimated by the positional variation of the lamp due to the gait of the walker. The two methods are tested in real experiment, and the results are compared.

**Keywords :** fuzzy theory, image focusing, step counting, visually impaired, wearable camera

### 1. 서론

인간에게 시각은 생활 중 약 85%에 해당하는 정보를 획득할 수 있는 중요한 수단이다[1]. 그러나 시각 장애인의 경우 이러한 시각정보의 획득이 불가능하므로 어려운 생활 환경에 직면하게 된다. 이 문제를 극복하기 위해 첨단기술을 활용한 다양한 보조기구가 연구되고 있다[2].

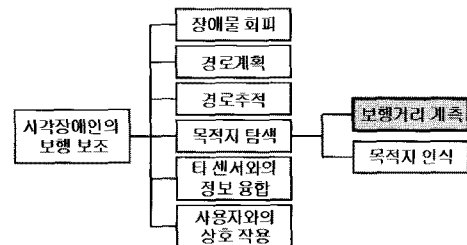
시각 장애인의 보행 보조기로는 흰 지팡이가 널리 사용되고 있으나, 너무 단순하여 획득할 수 있는 정보에는 한계가 있다. 흰 지팡이의 대응품으로 Ultrasonic guidance glasses[3], Auditory guidance system[4], Virtual white cane[5] 등의 기술이 연구되었다. 그러나 기능상 제약과 가격 등의 이유로 실용화에 어려움이 있었으며, 현재 Sound Foresight사의 "UltraCane" 정도가 상품화 되어 있다[6].

시각장애인을 위한 보행보조 수단으로 안내견을 대신하여 로봇을 이용한 보행보조기의 연구도 활발히 진행되고 있다[7-11]. 그러나 이동로봇은 자기위치추정, 경로추적 및 목적지 탐색과 같은 자율주행기술 등 극복해야할 과제들이 많고, 가격과 사용상 불편함의 문제로 아직 실용화되지 못하고 있다.

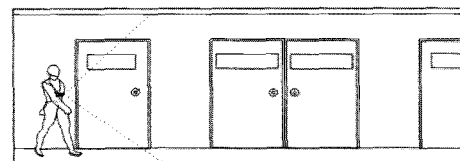
최근 GPS와 GIS를 이용한 위치 정보 서비스를 활용한 보행 보조기가 활발히 연구 개발되고 있다. 그러나 이러한 시스템의 사용은 실외 환경에 국한되고, 낮은 해상도로 인한 기술적 한계를 보이고 있다. 이를 극복하기 위한 사례로 RFID를 이용한 보행보조 로봇의 연구도 진행되고 있으나, 실내에 많은 수의 Tag를 부착해야 하는 문제가 있다[12].

본 논문의 연구는 시각 장애를 극복하기 위한 가장 확실

한 방법은 '눈을 대신할 수 있는 기술', 즉 시각 센서를 이용하는 것이라는 인식으로부터 시작하였다. 특히 이미 탐색한 적이 있는 장소에 다시 왔을 때, 이를 시각 센서로 인지하는 것이 본 연구의 최종 목표이다. 이러한 기술은 이동로봇의 시각 분야에서 근래 연구가 활발히 진행되고 있는 Appearance-based Localization[13] 기술과 연관이 있다. 그러나 본 논문에서는 바퀴형 이동로봇이 아닌 사람이 착용한 카메라를 이용하여 진행거리를 측정하는 방법을 다룬다. 이는 보행시 진동과 대체로 낮은 카메라 및 컴퓨터 사양 때문에 다른 접근법을 요구한다. 구체적으로 영상 초점의 정도 변화에 따른 보행수의 측정법과 실내 천장의 특징적인 구조물을 영상 내에서 퍼지기법으로 추출한 후 보행수를 측정하는 방법이 제안된다. 그림 1은 본 논문의 주제가 시각장애인의 목적지 탐색을 위한 연구들 중 차지하고 있는 위치와 활용 가능성을 보이고 있다.



(a) 시스템의 범위



(b) 시스템의 개요도

그림 1. 본 연구의 목표.  
Fig. 1. Goal of the research.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 7. 30., 채택확정 : 2008. 10. 27.

박수우, 도용태 : 대구대학교 전자공학과

(11xxsig@paran.com/ytdo@daegu.ac.kr)

송병섭 : 대구대학교 재활공학과(bssong@daegu.ac.kr)

※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호 : 02-PJ3-PG6-EV10-0001).

II 시각기반 보행거리 측정방법

1. 기존의 보행거리 측정방법과 문제점

보행은 신체의 여러 부분에 의한 매우 복잡한 메커니즘이다. 보행거리의 측정을 위한 주요한 기술 중 하나는 관성을 이용한 기계식 스텝 카운터(step counter)가 대표적이며, 최근 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술을 적용한 소형 가속도 센서의 활용이 시도되고 있다[14]. 그러나 고정된 착용위치, 불필요한 동작에 의한 센서의 오차, 제한된 정보 제공 등의 여러 기능상의 제약이 따른다. 또한 더 이상의 고급 활용에는 한계가 있고, 이는 시각 기반의 연구가 진행되는 이유가 된다.

시각기반의 실내 보행측정방법에 관한 연구는 드문 편이지만, SINVI(Smart Indoor Navigation for the Visually Impaired)[15]가 본 논문의 연구와 유사성을 가진다. SINVI에서는 일반적인 복도의 경우 천장에 조명이 존재하며, 천장 시설은 다른 시설에 비해 변화의 가능성이 적어 보행거리 측정의 활용에 가치가 있다고 가정하였다. 이를 바탕으로 그림 2와 같이 천장 조명의 가로 변(HCS : Horizontal Ceiling Structures)의 길이가 카메라를 소지한 사람의 진행에 따라 변화함을 이용하여 주행 거리를 측정하고자 하였다.

SINVI는 시각장애인과 이동로봇의 이동거리 측정을 동일하게 취급하였으나, 그림 3에서 보는 바와 같이 실제 이동로봇의 주행과 사람의 보행 시 획득되는 영상에는 상당한 차이를 보인다. 이는 이동로봇의 경우 이동 시 흔들림이 적게 일어나 SINVI의 방법이 쉽게 적용될 수 있으나, 사람의 경우 부착된 카메라의 흔들림이 크기 때문에 영상으로부터 HCS의 정확한 추출이 어렵다. 또 조명이 밝혀진 경우 CCD에서의 번짐(blurring)으로 인하여, 정확한 길이 측정도 어렵다.

본 논문에서는 그림 4에서 보는 바와 같이, 인간의 보행 메커니즘에 기반한 보행수 측정방법으로 두 가지 새로운 기술을 제안한다. 그 첫 번째는 영상의 초점화 계수 변화에 기반한 보행수의 측정이고, 두 번째는 천장 구조물의 영상 내 진동을 이용한 보행수 측정이다.

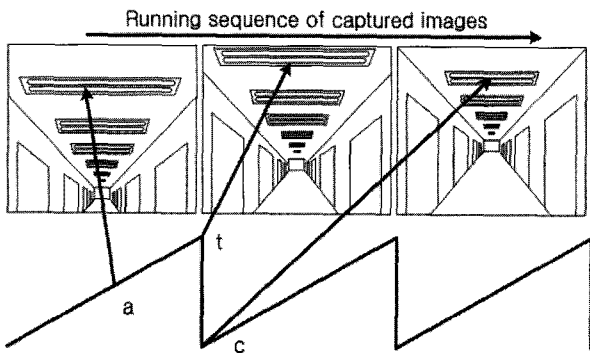
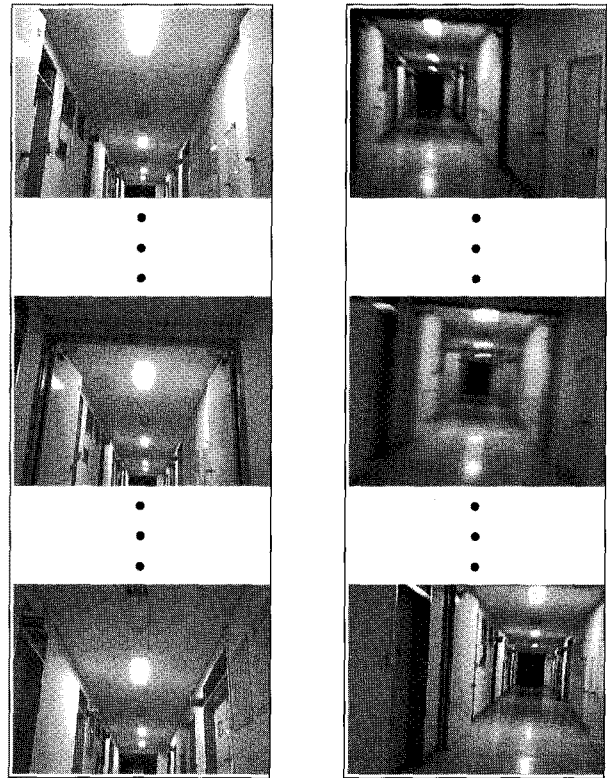


그림 2. SINVI의 천장 조명 길이 변화 측정에 의한 보행거리 측정[15].

Fig. 2. SINVI method for walking distance measurement by sensing the variation of ceiling lamp length[15].

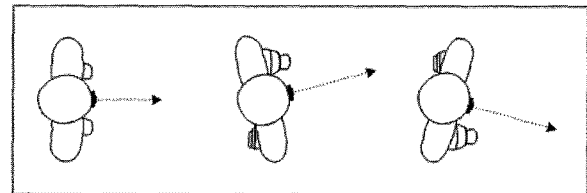


(a) 로봇에 장착된 카메라.

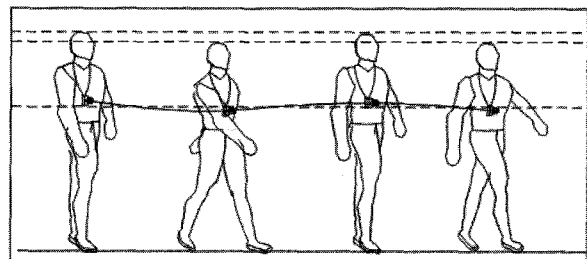
(b) 사람에 장착된 카메라.

그림 3. 이동 카메라에 의한 영상획득.

Fig. 3. Images acquired by a moving camera.



(a) 카메라의 시선변화.



(b) 카메라의 상하 위치 변화.

그림 4. 인간의 보행 메커니즘.

Fig. 4. Gait mechanism of a human.

2. 초점화 계수에 기반한 보행수 측정

사람이 카메라를 장착하고 걸어갈 때, 발을 내딛거나 팔을 흔드는 등의 동작으로 인한 흔들림이 발생한다. 이러한 흔들림은 주기적 특성을 가지며, 카메라 영상에서 초점의 변화를 유발한다. 그림 5는 사람이 보행할 때 연속적인 비디오 영상에서 일어나는 초점의 변화를 보이고 있다. 보행

시 유발되는 초점의 변화를 관측하여 정량적으로 나타낼 수 있다면 보행거리의 측정에 단서로서 사용될 수 있을 것이다.

초점이 맞는 영상은 그렇지 않은 영상보다 많은 고주파 성분을 포함하고 있으며, 이러한 특징을 이용하여 초점이 맞추어진 정도를 측정하는데 이를 초점값(focusing value)이라 한다. 초점값의 계산은 카메라의 자동초점을 위해서 널리 사용되고 있으며, 다양한 방법들이 연구되어 있다[16].

본 논문에서는 보행 중 연산이 가능하도록 단순하고 빠른 방법이 필요하며, 이를 위해 Tenengrad 기법을 이용하여 초점값을 계산한다. 일반적으로 Sobel 연산자로 알려져 있는 Tenengrad 기법은 초점이 맞는 정도에 따라 얻어지는 영상의 에지 크기가 차이를 보이는 것을 이용한 방법이다.

본 논문에서는 초점값은 전체 이미지에 적용하는 것이 아니라 임의의 관심영역을 대상으로 계산하여 처리속도를 향상시키고 보행자의 존재 등 가변 상황에 둔감하도록 하였다. 보행 중 천장영역을 주 관심영역으로 하여 영상의 절반만을 처리하도록 한다. 그림 6은 복도에서 보행중일 때 영상의 초점값의 변화 예를 보여준다.

그림 6에서 비디오 영상은 초당 15 프레임의 속도로 획득되었으며, 사람이 움직일 수 있는 거리는 어느 정도 한정되어 있다. 그러므로 관심영역의 현재 프레임과 3~4 프레임 전후의 영상에서 장면의 변화가 크지 않으며, 이는 그림 5

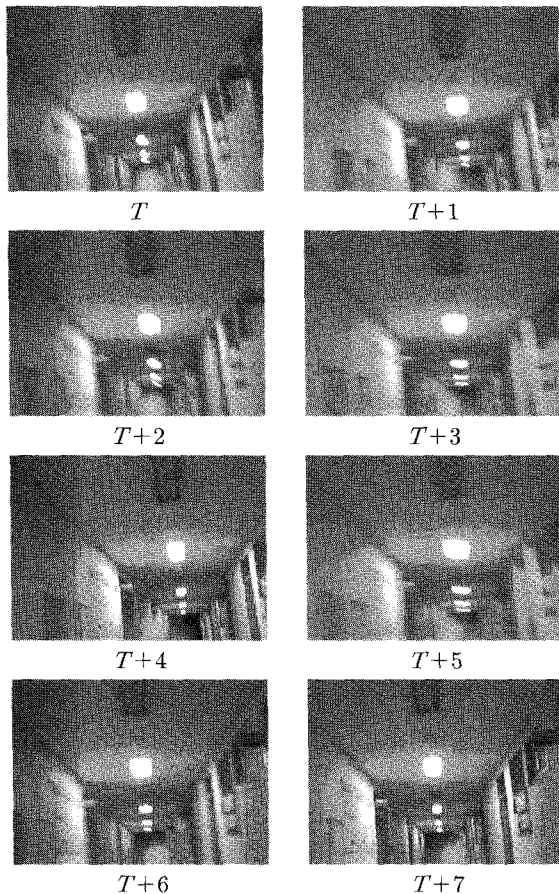


그림 5. 연속된 영상 프레임에서의 초점변화.  
Fig. 5. Variation of focusing in successive image frames.

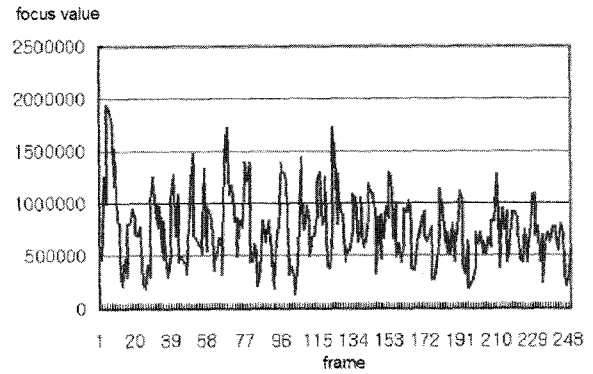


그림 6. 초점값의 변화.  
Fig. 6. Variation of focus values.

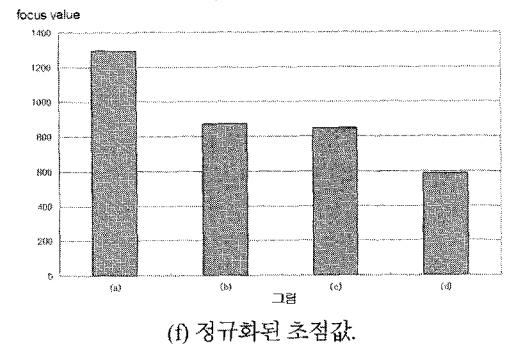
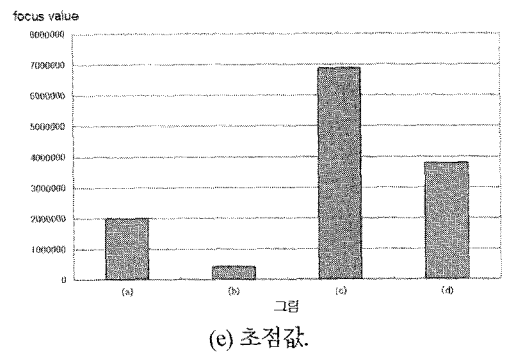
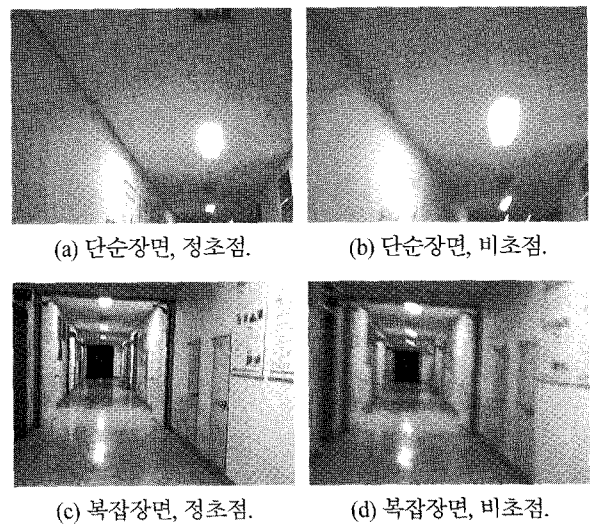


그림 7. 장면에 따라 다른 초점값.  
Fig. 7. Different focus values corresponding to scene.

에서도 확인할 수 있다. 이로부터 각 장면의 변화에 따른 에지값의 변화보다 움직임에 의한 에지값의 변화가 두드러진다고 할 수 있다. 이는 초점값을 이용하여 보행 거리를 측정할 수 있음을 의미한다.

초점값에 의한 걸음걸이 계수 방법은 장면이 복잡한 정도에 따라 다른 결과를 보일 수 있다. 그림 7은 그러한 예를 보여준다. 즉, 장면이 복잡한 경우 큰 초점값을 보이고 단순한 경우 작은 초점값을 나타낸다. 그러므로 초점값을 정규화하여 사용하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 식 (1)과 같은 방법으로 정규화하였다. 이 식을 사용하면 하나의 에지 화소당 초점값을 추정할 수 있어, 계측이 장면의 복잡도에 둔감해 질 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Normalized Focus Value} \\ = \frac{\text{Total Focus Value}}{\text{Number of Edge Pixels}} \end{aligned} \quad (1)$$

그림 6에서 보인 바와 같이 보행 시 초점값은 주기적 특성을 가지며, 이 시점을 한 걸음(one step)이 진행된 것으로 판단할 수 있다. 그러나 다른 요인에 의해 국부최대인 지점이 순간적으로 나타나는 문제점이 있다. 이는 사용자가 카메라를 장착하고 행동함으로써 비규칙적인 동작들이 포함될 경우에 발생한다. 이로 인한 잡음이 초점값으로 계산될 수 있어, 이에 대한 제거가 요구된다. 본 논문에서는 평균 필터(mean filter)와 중간값 필터(median filter)를 3, 5 프레임의 윈도우로 설정하고 이에 대한 실험을 진행하였다. 그 결과 중간값 필터를 5 프레임 너비로 적용했을 때 가장 좋은 결과를 보였다.

필터링 이후 걸음의 판정은 그림 8과 같이 이루어진다. 그림에서 ○표시가 된 지점을 국부최소, X표시가 된 지점은 국부최대라고 했을 경우, 식 (2)와 같이 국부최대와 국부최소의 비가 임계치 이상 변화하는 지점을 보행이 실제 이루어진 것으로 판정한다.

$$\gamma = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \begin{cases} \text{Step} & \text{if } \gamma > \text{Threshold} \\ \text{No step} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

단,  $f$ 는 초점값을 의미한다. 필터링 후 국부최대와 최소의 비에 의해 한 보의 측정을 하게 된 경우에도 여전히 제거되지 않은 잡음으로 인해 실제 보행수 이상으로 측정이 이

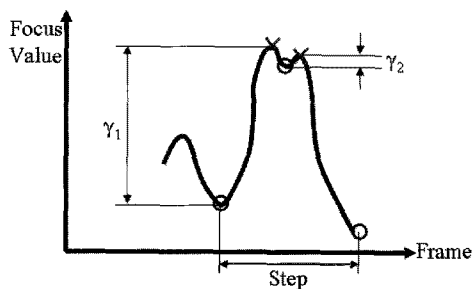


그림 8. 초점값의 국부최대 및 최소 비에 기반한 보행 계수.  
Fig. 8. Step counting based on the ratio between local maxima and minima of focus values.

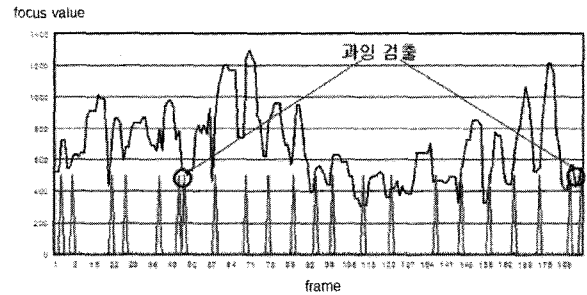


그림 9. 과잉 보행 계수의 예.  
Fig. 9. Example of excessive step counting.

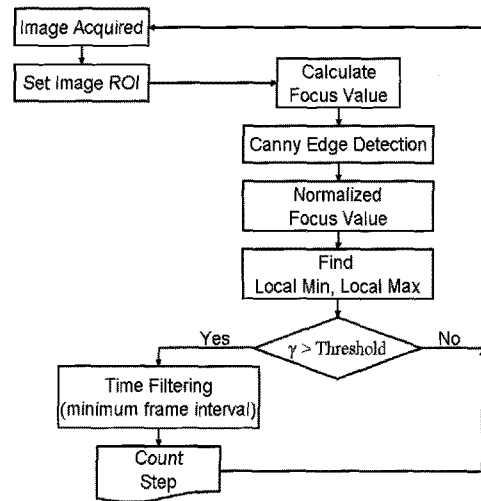


그림 10. 초점값에 의한 보행수 측정 방법 흐름도.  
Fig. 10. Flowchart of step counting method using focus values.

루어지는 경우가 종종 관측되었다. 그림 9는 과잉 검출의 예를 보이고 있다.

이를 제거하기 위해 사람의 한 보 이동 시 소요되는 최소 프레임 수로 시간필터를 부가하였다. 그림 10은 초점값을 이용한 걸음걸이 계수 방법의 전체 흐름도이다.

### 3. 천장 구조물을 이용한 보행 측정

II 장 1절의 그림 4(a)에서 보인 바와 같이 인간의 보행 메커니즘에 의해 가슴에 부착된 카메라는 좌우로 움직인다. 이를 기반으로 본 논문에서는 실내에서 흔히 관측되는 기준 물체를 이용하여 보행수를 계수하는 방법을 제안한다. 일반적인 복도 내 천장에는 형광등과 같은 주기적으로 배치되어 있는 물체가 존재한다. 그림 11에서 보는 바와 같이 천장의 형광등은 주변에 비해 밝게 나타나므로 이진화를 통해서 후보 영역을 찾을 수 있으나, 복도의 벽면과 바닥에 형광등이 반사되어 검출되거나 다른 밝은 물체로 인해 추출이 용이하지 못한 문제가 있다. 또한 보행자의 이동으로 인한 형광등의 위치변화도 문제가 된다.

천장 목적물의 검출은 정확한 천장영역을 구분하면 보다 간편해 질 것이다. 이에 본 논문에서는 천장영역의 명확한 기준을 얻고자 벽면과 천장의 경계 부분을 검출하였다. Canny 연산자로 에지를 찾고, Hough 변환을 통해서 벽면과 천장 사이의 경계를 검출하였다.

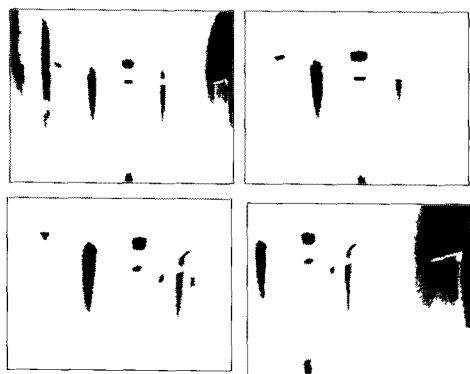


그림 11. 밝기 기반 천장 램프 검출의 난점.  
 Fig. 11. Difficulty in detecting lamps on ceiling based on brightness.

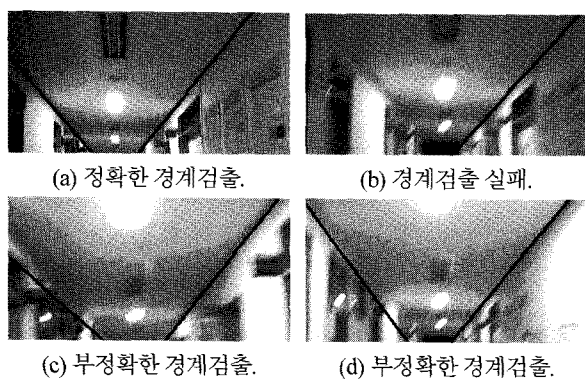


그림 12. 천장 경계 검출.  
 Fig. 12. Ceiling boundary detection.

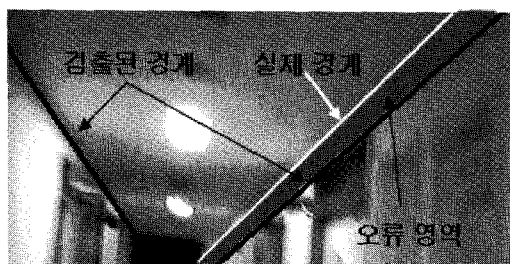


그림 13. 천장 경계 검출 오류 영역.  
 Fig. 13. Error area in ceiling boundary detection.

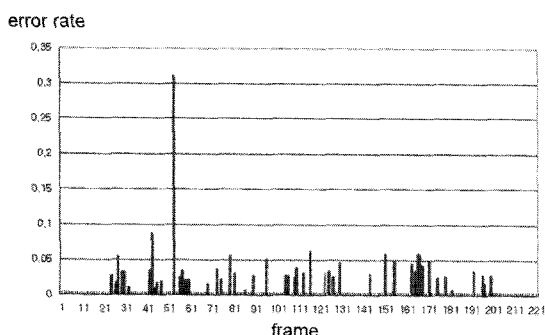


그림 14. 천장 경계검출 오류 영역 점유율.  
 Fig. 14. Error region occupation ratio of ceiling boundary edge detection.

그러나 그림 12(b),(c),(d)와 같이 경계부분 검출이 실패하는 경우가 전체 비디오에서 자주 발생하였다. 이를 정량적으로 표현하기 위해 다음 그림 13과 같은 방식으로 오류영역을 정의하였다.

영상 내에서의 오류 영역의 점유 정도를 오류 영역 점유율이라 하여 이를 계산하여 보았다. 그림 14에서 보인 바와 같이 221프레임 중 25회에 걸쳐 정확한 천장 경계 검색에 실패하였으며, 오류 영역 점유율은 0.31까지 다양하게 보였다.

본 논문에서 천장 경계 검출의 목적은 이 경계를 바탕으로 명확한 천장 영역에서만 특정 목적물을 검색하기 위한 것이다. 그러나 20걸음을 걷는 비디오 영상 221장에서 라인 검색 오류가 25회 이상일 경우 신뢰성 있는 방법이라 할 수 없다.

이에 본 논문에서는 T-S (Takagi-Sugeno) 퍼지 이론[17]을 사용하였다. 우선 선택하고자 하는 목적물의 특징에 대한 정의가 필요하다. 본 논문에서는 천장의 형광등을 목적물로 간주하고, 이의 선택기준을 모델링하였다. 형광등의 경우 주변 환경에 비해 밝은 값을 가지며, 순차적으로 배열되어 있다. 이를 위해 영상에서 천장이 존재할 것으로 여겨지는 상단면에서 일단 Otsu의 이진화 방법[18]을 이용하여 후보 목적물을 자동 분할하도록 한다. 여기서 퍼지 소속 함수를 정의하기 위한 3가지 가정을 하였다. 첫째, 형광등에 해당하는 검출영역의 형태는 번짐으로 인하여 원에 가깝다. 둘째, 형광등은 대체로 영상내 좌우 중앙 상단에 위치하고 있다. 마지막으로 형광등 영역은 전체 영상에서 차지하는 비중이 너무 작지도 크지도 않다. 위에서 언급한 3가지 가정을 통해서 목적물 선택을 위한 4개의 가중치를 정의하였다.

- 영역의 형태(s)
- 영역의 영상 내 높이(h)
- 영역 중심의 수평 위치(x)
- 영역의 면적(a)

위에서 정의한 4가지 가중치를 이용하여 T-S 퍼지시스템의 소속함수를 그림 15와 같이 정의하였다.

후보 목적물의 복잡도 s는 그림 15의 좌측상단의 그래프와 같으며, 원형에 가까울 수록 가중치를 크게 준다. 그리고 영역하단의 높이 h는 영상 내에서 상단에 위치할 가능성이 높기 때문에 y좌표 h의 값이 작을수록 큰 가중치를

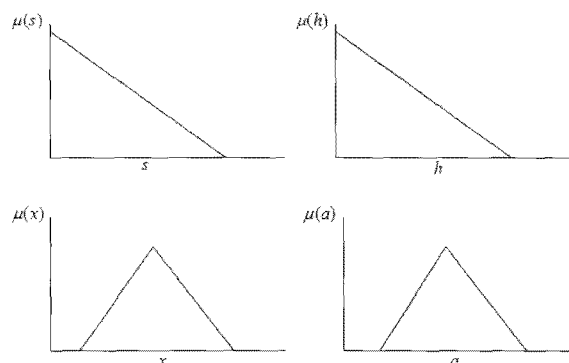


그림 15. 천장 형광등 검출을 위한 퍼지 소속함수.  
 Fig. 15. Fuzzy membership function for detecting lamp on ceiling.

적용시킨다. 마찬가지로 방법으로 후보 목적물은 영상에서  $x$  축의 중심에 존재할 가능성이 크며,  $x$ 의 값은 영상의 수평 중심을 기준으로 삼각형 형태의 퍼지함수로 표현할 수 있다. 마지막으로 후보 목적물의 영역크기  $a$ 를 고려한 퍼지 소속함수이다. 이는 주로 후보 목적물 중 좌우 벽면에서 조명의 반사에 의해 검출될 수 있는 부분을 제거하기 위해 도입하였다. 이러한 후보목적물의 크기는 일정한 경계 내에서 분포하며, 이를 그림 15의 우측하단과 같은 퍼지 소속함수로 표현할 수 있다.

위의 가중치 소속함수를 바탕으로 걸음걸이 계수를 위한 T-S 퍼지 모델의 IF-THEN 규칙은 식 (3)와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{If } s_i \text{ is } \mu_i(s) \text{ AND} \\
 & \quad h_i \text{ is } \mu_i(h) \text{ AND} \\
 & \quad x_i \text{ is } \mu_i(x) \text{ AND} \\
 & \quad a_i \text{ is } \mu_i(a) \text{ AND} \\
 & \text{then } O_i = \mu_i(s) * \mu_i(h) * \mu_i(x) * \mu_i(a)
 \end{aligned} \tag{3}$$

식 (4)의 퍼지 규칙을 자동 분할된 각각의 영역에 대해서 적용하고, 이로부터 가장 큰 값을 가지는 영역을 원하는 목적물로 인식한다.

$$\text{Wanted Object} = \max(O_i) \tag{4}$$

그림 16은 다양한 장면에서 적절한 목적물이 선택된 결과를 보여준다.

원하는 목적물을 선택한 후 그림 17(a)와 같이 목적물의 중심좌표까지의 수평거리를 계산한다. 이를 각 프레임에 대해서 도시하면 그림 17(b)와 같은 결과를 보인다. 즉 걸음에 따라 형광등과 같은 고정물의 위치가 주기적으로 진동하며 이를 검출하여 보행수를 계수할 수 있다.

**III. 실험결과**

먼저 초점화 계수에 의한 보행거리 측정 방법을 실험하기 위한 장치를 제작하였다. 그림 18에서 보인 바와 같이 신체 상부에 Logitech 사의 CCD형 USB 카메라를 고정하고, 노트북 PC를 이용하여 실험 영상을 획득하였다. 또한 실제 보행 시 매 걸음이 시작되는 참 시점을 정확히 파악하기

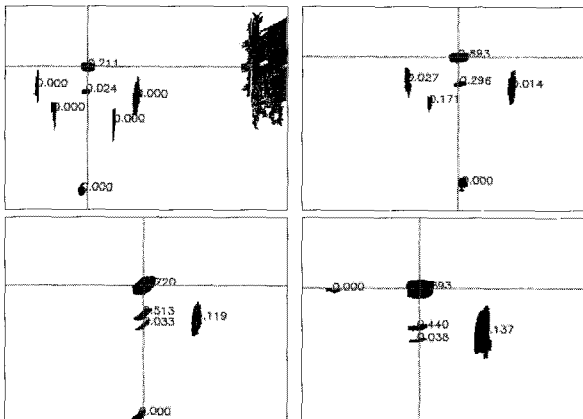
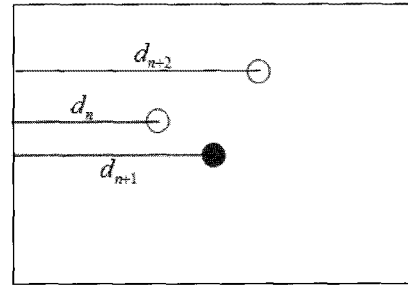
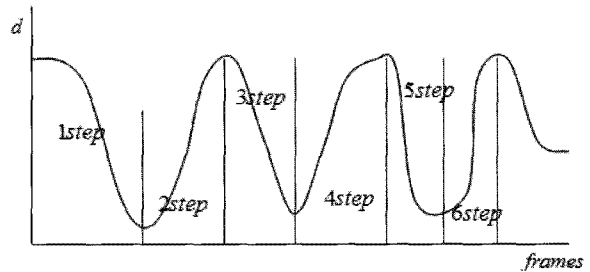


그림 16. 목적물 퍼지 선택 결과.  
Fig. 16. Fuzzy selection result of target.



(a) 거리 정의.



(b) 걸음걸이 계수.

그림 17. 천장 조명의 위치 변화에 기반한 보행수 계수.

Fig. 17. Step counting by measuring the position variation of lamp on ceiling.

위해 실험자의 신발 바닥에 스위치를 그림 19와 같이 설치하였다.

설치된 스위치는 그림 20에서 표시된 영상 프레임에서와 같이 발바닥이 지면에 닿는 순간 LED를 점등한다. 그림 21

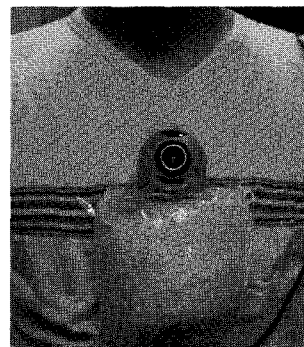


그림 18. 실험영상 획득 장치.  
Fig. 18. Experimental device for test video acquisition.

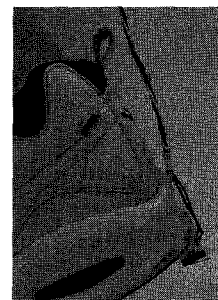


그림 19. 보행시점 검출을 위한 스위치의 부착.  
Fig. 19. Mounted switch for step point detection.

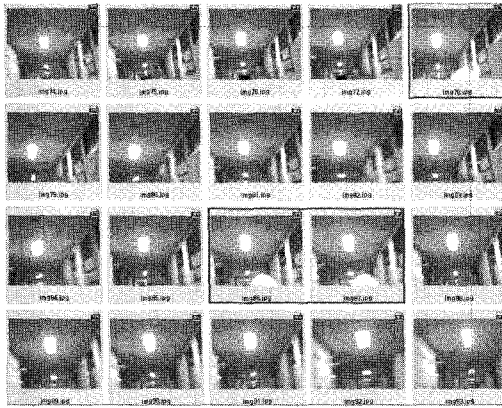


그림 20. 실제 보행 영상과 신발 스위치에 의한 LED 점등.  
Fig. 20. Real gait images and LED lighting by shoe switch.

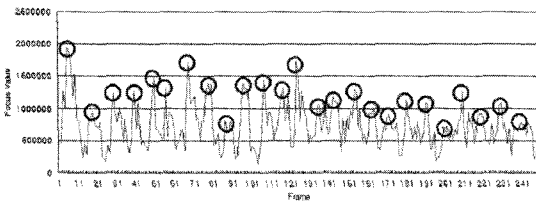


그림 21. 초점값 및 실제 보행 지점.  
Fig. 21. Focus values and real gait positions.

에서는 Tenengrad에 의한 초점값과 실제 보행이 이루어진 지점을 표시하였다. 그림 21에서 보는 바와 같이 LED에 의해 표시된 실제 보행이 이루어지는 지점이 초점값의 국부 최대와 대체로 일치한다. 표 1은 4명의 다른 실험자가 5회 동일 지역을 보행하였을 때, 영상의 초점값에 의한 보행수 측정의 결과이다. 표에서 보는 바와 같이 총 5회에 걸쳐 수행한 결과 동일한 사람이 동일 장소를 건너더라도 다른 결과를 보이는 것을 알 수 있다.

다음으로 II 장 3절에서 제안한 바와 같이 천장영역의 목적물을 선택하고, 이로부터 보행수 측정을 위한 실험을

표 1. 초점값에 의한 보행수 계수 결과.

Table 1. The result of step counting by focus value. [보]

대상	키 (cm)	몸무게 (Kg)	1	2	3	4	5	평균	표준 편차
A	174	67	22	20	21	21	22	21.2	0.8
B	175	71	17	23	21	21	19	20.2	2.3
C	170	78	18	20	21	19	18	19.2	1.3
D	165	65	17	15	18	18	21	17.8	2.2

표 2. 목적물 선택에 의한 보행수 측정 결과.

Table 2. Result of step counting by target selection. [보]

대상	키 (cm)	몸무게 (Kg)	1	2	3	4	5	평균	표준 편차
A	174	67	21	19	20	21	22	20.6	1.1
B	175	71	21	21	21	21	21	21	0
C	170	78	20	21	22	19	21	20.6	1.1
D	165	65	22	21	21	19	20	20.6	1.1

초점계수에 의한 측정의 실험과 동일한 조건으로 수행하였다. 그림 22는 그 결과의 한 예를 보여주며, 표 2는 전체 성능을 요약한 것이다.

그림 23은 전방에서 다른 사람이 존재할 경우의 결과이다. 이는 목적물의 선택 시 장애물의 영향을 알아보기 위한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 사람이 없는 경우와 유사한 결과를 보이는 것을 알 수 있다.

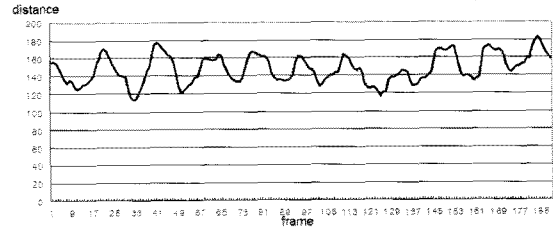
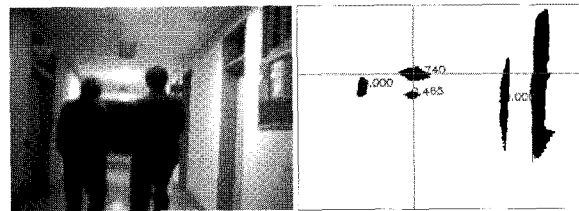


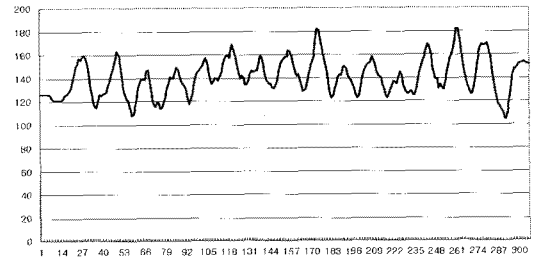
그림 22. 천장 형광등 위치변화에 의한 보행수 계수.

Fig. 22. Step counting based on the position variation of lamp on ceiling.



(a) 원영상.

(b) 선택 결과.



(c) 목적물의 거리 변화.

그림 23. 다른 보행자의 영향.

Fig. 23. Effect by other walkers.

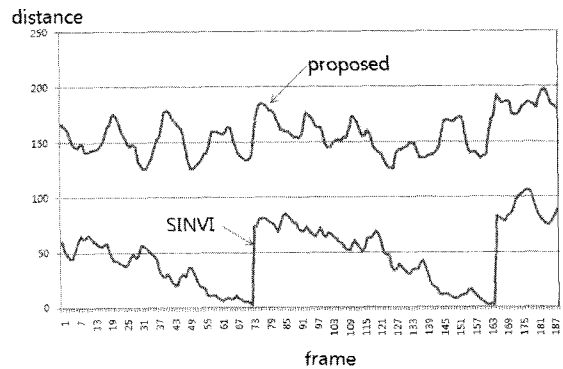


그림 24. SINVI[15]와 제안한 방법의 보행수 측정 비교.

Fig. 24. Comparative step counting of SINVI[15] and the proposed method.

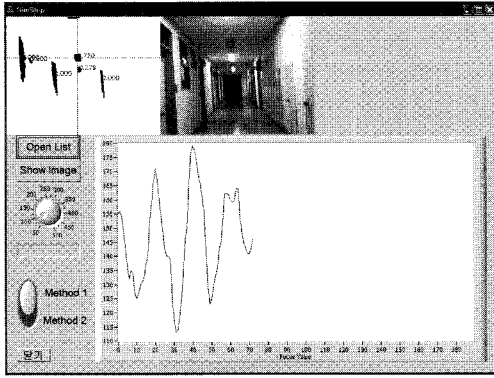


그림 25. 실험 프로그램.

Fig. 25. Test program.

그림 24는 제안된 천장 구조물을 이용한 측정방법과 SINVI[15]에서의 측정방법을 동일한 실험영상에서 적용한 결과이다. 제안한 방법은 SINVI에서의 방법과 같은 목적물을 이용하였다. 그림에서 보는 바와 같이 보행수의 측정은 제안한 방법이 더 명확함을 알 수 있다.

본 논문에서 제안된 방법의 실험 프로그램은 그림 25에서 보인 바와 같다. Windows XP에서 Visual C++.net 2003을 통해서 설계되었으며, Pentium4-3GHz 인텔프로세서 기반으로 실험이 수행되었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 시각기반 실내 보행거리 측정에 대한 새로운 방법을 제안하였다. 사람이 카메라를 장착하고 보행할 경우 흔들림으로 인하여 초점이 잘 맞는 영상을 얻기 어렵다. 그러나 제안한 방법은 이를 오히려 역이용하여 영상에서 흔들림으로 인한 초점값의 주기적 변화를 보행수 계수에 의한 거리 계측에 활용하였다. 천장 영역에 주기적으로 배열된 목적물을 선택하여 이의 위치 변동을 관찰함으로써 보행수를 계수하는 방법도 제안하였다. 실험결과 두 방법 중 후자의 방법이 2배 정도 정확도가 높았다. 제안한 방법은 시각 장애인을 위한 영상기반 보행 보조 장치 개발에서 기초적 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

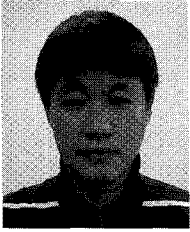
#### 참고문헌

- [1] 이웅혁, "시각 장애인을 위한 보행유도기술," 전자공학회 학회지, 제32권 제3호, pp. 59-69, 2005.
- [2] 홍경순, "시각장애인을 위한 정보통신 보조기술과 국내현황," 전자공학회 학회지, 제32권 제3호, pp. 40-53, 2005.
- [3] C. Wong, D. Wee, I. Murray, and T. Dias, "A novel design of integrated proximity sensors for the white cane," Proc. 7th Australian and New Zealand Intelligent Information Systems Conf., pp. 197-201, Nov. 2001.
- [4] Y. J. Kim, C. H. Kim, and B. K. Kim, "Design of audi-

tory guidance system for the blind with signal transformation from stereo ultrasonic to binaural sound," Proc. Int. Symp. on Robotics, pp. 19-21, Apr. 2001.

- [5] D. Yuan and R. Manduchi, "Dynamic environment exploration using a virtual white cane," Proc. IEEE Conf. CVPR, 2005.
- [6] <http://www.atkratter.com/mobility/ultracane.htm>
- [7] G. N. DeSouza and A. C. Kak, "Vision for mobile robot localization and mapping using scale-invariant features," Proc. ICRA, vol. 2, pp.2051-2058, 2001.
- [8] J. M. Benjamin, N. A. Al, and A. F. Schepis, "A laser cane for the blind," Proc. Biomedical Symp, vol. 12, pp. 53-57, 1973.
- [9] J. Borenstein, "The NavBelt - a computerized multi-sensor travel aid for active guidance of the blind," Proc. of 5th Annual CSUN Conf. on Technology and Persons with Disabilities, pp. 107-116, Mar. 1990.
- [10] S. Tachi, K. Komiyama, and M. Abe, "Electrocutaneous communication in seeing-eye robot (MELDOG)," Proc. 4th Annual Conf. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 356-361, Sep. 1982.
- [11] I. B. Shim, J. S. Yoon, and M. S. Yoh, "A human robot interactive system 'Roji'," Int. Journal of Control, Automation, and Systems, vol. 2, no. 3, pp. 398-405, Sep. 2004.
- [12] V. Kulyukin, C. Gharpure, J. Nicholson, and S. Pavithran, "RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired," Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. IROS, vol. 2, pp. 1979-1984, Sep. 2004.
- [13] P. Zingaretti, and E. Prontoni, "Appearance based robotics," IEEE Robotics & Automation Magazine, pp. 59-68, Mar. 2006.
- [14] K. Hinckley, J. Pierce, M. Sinclair, and E. Horvitz, "Sensing techniques for mobile interaction," ACM UIST 2000, CHI Letters 2(2) pp. 91-100, 2000.
- [15] L. W. Ching, K. H. Leung, "SINVI : Smart Indoor Navigation for the Visually Impaired," Proc. Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, vol. 2, pp. 1072-1077, 2004.
- [16] J. M. Tenenbaum, Accommodation in Computer Vision, PhD Thesis, Stanford Univ., Stanford, 1970.
- [17] T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control," IEEE Trans. Syst. Man, Cybern., vol. SMC-15, no. 1, pp. 116-132, Jan. 1985.
- [18] N. Otsu, "A thresholding selection method from gray-scale histogram," IEEE Trans. on Syst, Man, Cybern., vol. 9, pp. 62-66, 1979.





**박수우**

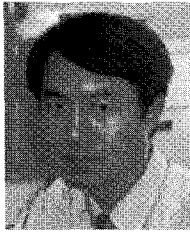
2003년 대구대학교 제어계측공학과 공학사. 2005년 동 대학 공학석사. 2005년~2007년 (주)대원GSI 기술연구소 연구원. 2007년~현재 대구대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 관심분야는 기계시각, 인공지능, 임베디드 시스템.



**송병섭**

1994년 경북대학교 전자공학과 공학사. 1997년 동 대학 공학석사. 2002년 동 대학 공학박사. 2003년 첨단감각기능회복장치 연구소 연구교수. 현재 대구대학교 재활과학대학 재활공학과 조교수. 관심분야는 의용전자, 재활공학,

시각장애인 안내시스템, 인공청각시스템.



**도용태**

1986년 경북대 전자공학과 공학사. 1988년 서강대 전자공학과 공학석사. 1992년 Univ of Hull 전자공학과 공학박사. 1989년~1992년 영국 Univ of Hull의 Robotics Research Unit 연구원. 1999년 미국 CMU의 Robotics Institute

객원부교수. 2000년 미국 Univ of Wisconsin (Madison)의 전기 및 컴퓨터공학과 명예연구원. 2004년 영국 Imperial College의 Vision & Image Processing Lab 객원교수. 2004년 뉴질랜드 RSNZ Linkage Fund 초청연구자. 현재 대구대학교 전자공학부 교수. 관심분야는 로봇시각, 인공지능, 검사자동화.