

# 시각장애인을 위한 착용형 컴퓨터: OpenEyes<sup>†</sup>

고려대학교 이성환\* · 강성훈

## 1. 서 론

인간은 살아가면서 외부 환경에 대한 많은 정보를 받아들여 지식을 축적해 나간다. 또한 정보를 수집하고 분석함으로써 외부 환경으로부터 자신을 보호하고 외적 자극에 대한 반응을 표출하게 된다. 그 중에서도 시각 정보는 가장 빠르게 받아들여지며, 차지하는 비중 또한 매우 크다. 왜냐하면, 시각 정보는 사물에 대한 형태, 색상, 질감, 움직임 등 주변 환경과의 상호작용에 필요한 거의 모든 정보들을 포함하고 있어 다른 어떤 인간의 감각 기관보다 방대한 양의 정보를 받아들이고 있기 때문이다. 이러한 측면에서 보면 시각장애인은 일반인은 물론이며, 다른 장애인들보다도 많은 정보를 이용하지 못한다고 볼 수 있다. 이러한 불리한 점 때문에 많은 시각 장애인들은 사회 생활 및 경제 생활이 제한되고 있다. 따라서 시각 장애인들의 생활을 보조할 수 있는 기구가 개발된다면, 시각 장애인의 사회 활동 범위가 넓어지고, 보다 다양한 직종에 종사할 수 있게 됨으로써 시각장애인의 경제 활동을 촉진시키고 복지생활을 영위하도록 할 수 있을 것이다.

## 2. 관련 연구 현황

이러한 시각 장애인들에게 있어서 가장 절실하게 나타나는 장애 요소는 바로 보행의 어려움이다. 오래 전부터 이러한 보행의 어려움을 해결하

는 방법으로 지팡이나 맹인안내견 등이 활용되어 왔으나 이를 사용하기 위해서는 많은 훈련 시간과 비용을 투자해야 했으며, 그 효과 또한 높지 않아, 시각 장애인에게 많은 정보를 주지 못했다. 그래서, 현대 과학 문명이 발전됨에 따라, 컴퓨터 및 전자 기술을 이용한 보행 보조 기구(Electronic Travel Aids)들이 개발되었으며, 이미 상품화 된 것들도 다수 존재한다. 가장 널리 알려진 것으로는 Laser Cane으로 3개의 레이저 다이오드를 장착한 지팡이를 이용하여 장애물의 존재 여부와 위치를 탐색할 수 있다. 그리고 초음파 센서를 이용한 것으로 손전등 모양의 Mowat sensor와, 목걸이 형태의 Russel Pathsounder 및 벨트 형태의 Navbelt라는 것이 있다[1]. 그러나 실제로 이러한 것들은 독립적으로는 큰 효과를 얻지 못하며, 지팡이나 맹인안내견의 보조 수단으로 밖에 사용되지 못하는 단점으로 인해 많이 사용되고 있지 못하고 있다.

이러한 기구들의 단점을 해결하기 위하여 컴퓨터 시각 기술을 이용한 보조 기구들이 연구되기 시작했다[2]. 컴퓨터 시각 기술을 바탕으로 카메라로 들어온 입력 영상을 분석하여 앞에 있는 장애물을 인식하고 그 물체와 보행자와의 거리를 계산하여 보행자가 어떤 방식으로 장애물을 피해야 하는가 하는 결정을 할 수 있게 한다. 이러한 접근 방법은 기존의 초음파나 기타 센서를 이용한 방법에서 감지해 내지 못하는 작은 물체나 위에 걸려 있는 물체, 또는 흔들리는 물체까지도 충분히 인식해 낼 수 있다. 또한 여기에 문이나 계단을 인식할 수 있는 기능과 보행 중에 마주칠 수 있는 사람의 얼굴 및 표정 인식, 방 문패의

<sup>†</sup> 본 연구는 과학기술부 창의적연구진흥사업의 연구비 지원을 받았음

\* 종신회원

글자 인식 기능을 추가하여 보행자에게 보다 많은 정보를 제공할 수 있다.

### 3. OpenEyes의 소개

고려대학교 인공시각연구센터에서는 현재 컴퓨터 시각 기술을 이용하여 시각 장애인을 위한 보행 안내 시스템(시스템의 명칭을 OpenEyes라 한다)을 개발 중에 있다. OpenEyes는 제약 없는 자연 환경에서 시각 장애인이 보행할 때 나타날 수 있는 여러 상황에 자연스럽게 대처하면서 원하는 목적지까지 갈 수 있게 하는 보행 안내 기능을 최종 목표로 하고 있다. 그러나 현재의 컴퓨터 시각 기술과 제한된 처리 능력으로는 자연 환경에서의 적용이 어려운 상황이다. 따라서 최근까지는 건물 내 환경이라는 제한된 환경 하에서 보행을 안내할 수 있는 프로토타입 시스템을 개발한 바 있으며, 여기서는 최근 개발한 OpenEyes의 프로토타입 시스템(이하 OpenEyes라 한다)에 대하여 소개하고자 한다.

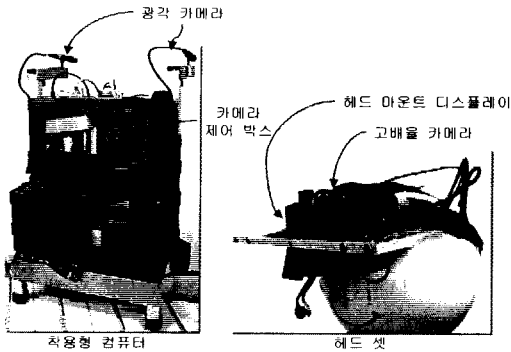


그림 1 OpenEyes 프로토타입 시스템

#### 3.1 OpenEyes의 주요 기능

OpenEyes는 기본적으로 시각 장애인이 건물 내 한 위치에서 목적하는 다른 위치로 이동할 때 이동자의 이동 경로와 이동하는 동안에 발생할 수 있는 여러 상황들에 자연스럽게 대처할 수 있게 하는 것을 기본 목적으로 한다. 이러한 기본적인 목적을 만족스럽게 수행하기 위해서는 다음과 같은 세부적인 기능들을 필요로 한다.

첫째, 보행자가 이동해 나갈 통로를 안내하는 기능이 있다. 이는 가장 기본이 되는 기능으로서

이동해나갈 복도의 정보를 얻는 것이 선행되어야 할 것이다. 예로서 현재 위치에서 진행할 수 있는 문이나 통로 및 계단을 탐지하여 그 중에서 목적하는 곳으로 가기 위한 문이나 통로를 찾아 시각 장애인에게 안내해주는 것을 들 수 있다.

둘째, 이동 중에 나타날 수 있는 장애물에 대한 회피 기능이 있다. 보행 경로 상에 나타날 수 있는 고정 또는 이동 중인 장애물의 존재 여부와 이것의 거리 정보를 추출하여 보행자가 장애물을 쉽게 회피해 갈 수 있도록 하는 것이다. 이것도 보행을 위해서는 꼭 필요한 기능 중에 하나라 할 수 있다.

셋째, 보행 중에 대면할 수 있는 사람의 얼굴과 표정을 인식하는 기능이 있다. 이것은 보행에 필수적인 기능은 아니나, 보행 중에 마주칠 수 있는 사람의 얼굴과 표정을 미리 인식하여 그 사람과의 상호 관계(인사, 대화 등)를 보다 더 자연스럽게 원활하게 하는 데에 많은 도움을 줄 수 있는 기능이라 할 수 있다. 예를 들어 전방에 다가오는 사람이 나와 친분이 있는 홍길동이란 사람이며, 밝은 표정을 짓고 있다는 것을 직접 대면하기 전에 인식함으로써 “안녕하세요? 홍길동씨, 오늘 좋은 일이 있으신가 보군요.”라는 친숙한 인사를 상대방보다 먼저 전할 수 있을 것이다.

넷째, 자연 영상에 존재하는 문자를 추출, 인식하는 기능이 있다. 이러한 기능을 통하여 복도에 있는 방의 문패나 기타 유용한 문자 정보들을 인식하여 가고자 하는 목적지에 제대로 도착했는지의 여부와 기타 보행자에게 유용한 정보 등을 알 수 있을 것이다.

마지막으로 음성 메시지 입출력 기능이 있다. 이 기능을 이용하여 시각 장애인은 OpenEyes와 보다 친숙하게 정보를 교환할 수 있다. 필요한 명령을 음성으로 전달하고 그 결과를 음성으로 되돌려 받는 것은 시각 장애인에게는 가장 효율적인 인터페이스가 될 것이다.

이상 OpenEyes가 가지는 기본적인 기능들에 대해서 살펴보았다. 다음은 이러한 기능들의 구현을 위한 시스템 구성에 대해 알아보겠다.

#### 3.2 시스템 구성

본 시스템의 하드웨어는 그림 2와 같이 시각

장애인이 몸에 장착하고 보행이 가능하도록 제작되었다. 주가 되는 컴퓨터 시스템은 Pentium III PC를 등에 멜 수 있는 형태로 소형화하여 제작하였다. 소형화를 위해 특별히 제작된 리튬-이온 배터리가 사용되며 동작 시간은 약 1시간 정도이다. 또한 부피와 소비 전력을 줄이기 위해 노트북용 초소형 하드디스크를 사용하여 시스템을 구성하였다. 그리고 실제 시각 장애자에게는 필요하지 않으나 개발의 편의성을 위하여 헤드 마운트 디스플레이를 사용한다. 영상 입력 장비로는 복도 영상의 분석을 위한 2개의 저배율(광각) 카메라와 얼굴 인식 및 문자열 인식을 위한 고배율 카메라를 사용하며, 영상 입력을 위하여 Matrox사의 Meteor II grabber를 사용한다. 그리고 사용자와의 인터페이스는 입출력 모두 음성을 사용한다.

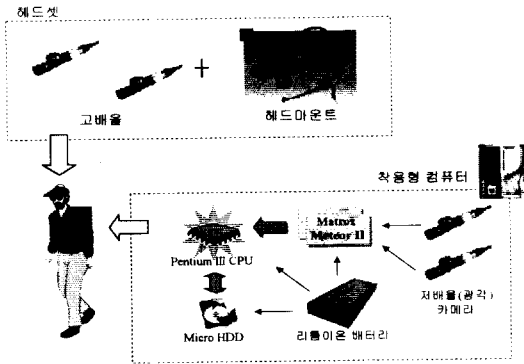


그림 2 하드웨어 구성

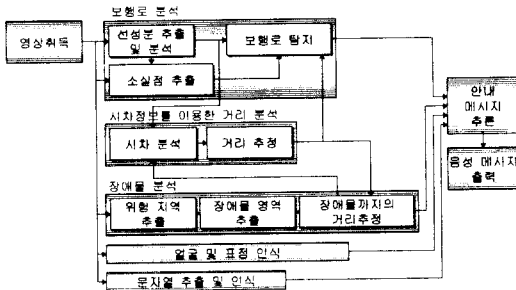


그림 3 소프트웨어 구성

소프트웨어는 그림 3과 같이 크게 8부분으로 이루어진다. 스테레오 영상을 입력받는 부분과 실제 영상을 처리하는 5개의 부분(보행로 분석, 시

차 분석, 장애물 분석, 얼굴 및 표정 인식, 문자열 인식)과 분석된 정보들을 바탕으로 보행자를 안내하는 메시지를 추론하는 부분, 결정된 안내 메시지를 출력하는 부분이 있다. 실제 소프트웨어의 중요한 부분을 차지하고 있는 컴퓨터 시각 부분을 중심으로 상세하게 설명하면 다음과 같다.

### 3.2.1 보행로 분석

현재 진행하고자 하는 복도의 통행로 정보를 분석하는 부분으로서 복도 상에 존재하는 여러 통행로(문, 계단, 다른 복도)를 분석하여 위치와 방향을 알려준다. 그레이 영상을 입력받아 에지 영상을 구한 뒤 그래프 탐색 방식의 에지 추적 알고리즘으로 선 성분을 구한다. 구해진 성분들의 길이, 방향 및 위치 정보를 지식 기반 모델 정합을 통해 복도에서 보행에 중요한 요소들(문, 계단, 다른 복도)을 검출해낸다. 검출된 요소들(문, 계단, 다른 복도)의 위치 정보들을 이용하여 보행자 전방에서 문의 유무와 계단의 유무를 알려주며, 계단으로 보행할 경우 계단 중앙으로의 보행자 유도와 계단의 시작 및 끝을 알려준다. 보행자가 처음 진행하는 곳인 경우, 검출된 복도 정보를 고차원의 정보로 구조화하여 복도의 모델을 구성하며, 그 곳을 다시 지나갈 경우는 저장된 고차원 정보를 이용하여 통행로 분석을 보다 빠르게 수행 할 수 있다.



그림 4 보행로 분석에서 계단 검출의 예

### 3.2.2 시차를 이용한 거리 분석

스테레오 영상으로부터 얻을 수 있는 시차(disparity)를 이용하여 거리 정보를 추정할 수 있다. 실시간 처리를 위해 영상에서 추출된 에지 및 꼭지점과 같은 특징들에 대해서만 시차 정보를 추출한다. 추출된 시차 정보를 바탕으로 특징점까지의 거리를 계산한다. 이 기능은 스테레오 카메라로부터 검출된 장애물의 거리를 추정하는데 사용되게 된다.

### 3.2.3 장애물 분석

장애물 분석은 입력되는 영상에서 현재 움직이는 방향과 복도에서부터 얻어지는 소실점 및 바닥 선(바닥과 벽이 만나는 선) 정보를 이용하여 보행자의 복도 상의 위치와 보행 방향을 계산한다. 또한 물체가 존재하면 충돌하게 되는 위험 지역을 결정하고 그 안에 장애물의 존재 여부와 그 거리를 추정하는 기능을 수행한다. 먼저 입력되는 복도 영상으로부터 위험 지역을 계산해내고, 결정된 위험 지역 내에서 수직 에지 및 수평 에지를 추출하여 장애물을 검출한다. 또한 스테레오 영상으로부터 추출한 두 에지 영상의 시차를 이용하여 장애물까지의 위치를 계산하게 된다. 그리고 보행로 분석 모듈에서 추출한 선 성분을 이용하여 바닥 선을 추출하고 바닥선들의 위치와 방향에 대한 분석을 통하여 소실점을 구한다. 검출된 소실점 및 바닥선 정보를 이용하여 보행자의 위치 및 보행 방향을 구한다. 여기서 장애물의 위치와 현재 보행자의 위치 그리고 보행자가 진행하고 있는 방향 등을 종합적으로 고려하여 회피 방향을 결정하게 된다. 또한 보행자의 위치 및 보행 방향 정보를 바탕으로 벽과의 충돌 회피도 수행한다.

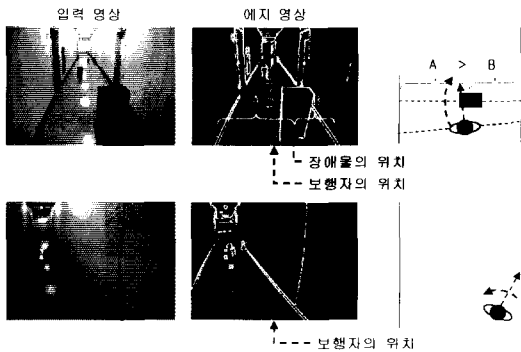


그림 5 장애물 회피 및 벽 충돌 회피의 예

### 3.2.4 얼굴 및 표정 인식

보행 중에 마주 칠 수 있는 사람의 얼굴 및 표정을 인식한다. 먼저 다해상도 영상 기반의 움직임 탐지 기법[3]을 이용하여 보행자 전방에 걸어오는 사람을 포함하는 움직이는 객체를 실시간으로 탐지한다. 탐지된 객체 영역에 대하여 사

람의 얼굴을 추출하기 위해 입력되는 컬러 영상의 RGB 정보를 조명의 변화에 덜 민감한 YIQ 컬러 모델로 변환한 후에 색차 정보인 I, Q 성분을 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한 뒤, 다양한 크기의 형판을 사용하여 정면 얼굴 크기와 정확한 위치를 계산한다. 추출된 얼굴 영역은 얼굴에 대한 자동적인 특징 추출과 소수의 특징 벡터로부터의 얼굴 복원 및 인식 방법[4]을 통하여 인식을 수행한다. 표정 인식은 기쁨, 슬픔, 무표정 등의 얼굴 표정에 대해 여러 사람들로 부터 얼굴 영상을 얻어내고 이를 각 표정별로 분류한 뒤, 각 표정 별 얼굴 영상에 대해 PCA(principal component analysis)를 수행하여 고유값(eigenvalue)과 고유벡터(eigenvector)를 얻어낸다. 새로 입력된 얼굴 영상에 대해 각 표정에 해당하는 고유값과 고유벡터를 사용하여 주어진 얼굴 영상이 각각의 표정을 가질 확률을 통계적으로 구하고 이를 통해 얼굴 표정을 인식한다.



그림 6 다양한 조명 변화에 무관한 얼굴 영역 검출의 예

### 3.2.5 문자열 추출 및 인식

보행 중에 나타날 수 있는 문자 정보들을 인식할 수 있는 기능이다. 프로토타입 시스템에서는 이 기능을 이용하여 복도를 지나서 목적하는 방의 문까지 도달했을 때, 도착지점의 정확성 여부를 판단할 수 있다. 입력되는 영상에서 수평, 수직 에지 성분을 추출한 뒤 모폴로지 기법을 이용하여 가장 에지 성분이 많은 부분을 문자열 후보 영역으로 추출하게 된다. 이때 보행자가 문을 바라보는 방향과 위치에 따라서 문패의 기울기 및 원근 상태가 달라지는데 이는 추출된 수평 수직 에지 성분들을 이용하여 원근 및 기울기 보정을 수행한 뒤 이진 문자 영상을 추출하게 된다.

추출된 문자 영상은 크기 정규화를 수행한 다음, HMM(Hidden Markov Model)에 기반한 인식 방법[5]을 통하여 가장 확률이 높은 문자를 인식 결과로 출력한다. 이렇게 인식된 결과를 사용자 사진을 이용한 후처리를 통하여 오 인식을 향상시킨다.



그림 7 문자열 추출 및 인식

### 3.3 성능

지금까지 소개한 기능들을 탑재한 OpenEyes는 제한된 건물 환경 하에서는 훌륭한 보행 안내 능력을 보인다. 그림에서 보이는 바와 같이 복도에서 마주 칠 수 있는 여러 장애물을 효과적으로 회피할 수 있으며 장애물 회피 과정에서 올 수 있는 진행 방향의 변화로 인한 벽과의 충돌 가능성까지 탐지하여 안내해 줄 수 있다. 또한 보행 중에 나타나는 사람을 인식하며 그 사람의 얼굴



장애물 회피      얼굴 및 표정 인식



계단 보행 유도      문자열 인식

그림 8 OpenEyes의 동작 모습

표정까지 인식하여 보행자에게 전해줄 수 있다. 보행 중에 계속적으로 변화되게 되는 조명 조건과 얼굴 크기 및 각도의 변화에도 불구하고 90% 이상의 인식 성능을 보인다. 그리고 일반적으로 처리하기 힘든 계단의 인식 및 계단으로의 보행 유도는 OpenEyes의 능력을 잘 보여주고 있는 또 하나의 기능이라 할 수 있다. 마지막은 목적지에 도달했을 때, 방문의 문패를 인식하는 모습으로 시각 장애인이 방문을 바라봤을 때 문패의 위치가 항상 정확하게 정면의 모습을 보이기가 힘들다. 이런 경우 문자의 인식이 매우 어렵게 되지만, OpenEyes는 문패의 기울기 및 원근 보정을 통하여 문자 인식을 원활하게 할 수 있게 된다.

### 4. 향후 연구 방향

지금까지 OpenEyes의 프로토타입 시스템에 대해서 살펴보았다. 현재까지는 건물 내 복도라는 제약된 상황에서 동작하도록 설계되어 있으며, 착용형 컴퓨터의 제약 조건 때문에 시스템의 동작 시간 또한 길지 못한 단점들이 있으나 컴퓨터 시각 기술을 이용하여 시각 장애인을 위한 보행 안내 기능을 구현해 보일 수 있었다는 점에서 큰 의의를 둘 수 있을 것이다. 현재 개발된 프로토타입 시스템은 앞으로 두 가지의 큰 가지의 방향으로 개선되어 나갈 것이다.

첫째, 하드웨어 처리 능력의 극대화과 크기의 소형화이다. 현재의 프로토타입 시스템은 비교적 부피가 크고 무거워서 휴대를 오랫동안 하기에는 무리가 따른다. 이런 문제점을 개선하여 보다 편리하고 간편하게 몸에 장착할 수 있으며, 상대적으로 긴 동작 시간을 가지는 착용형 컴퓨터를 개발해 나갈 것이다. 또한 미적으로 타인에게 불쾌감을 주지 않도록 일반적인 복장의 형태로 디자인해나갈 것이다.

둘째, 소프트웨어의 적용 영역을 건물 내 환경에서 제약 없는 자연 환경으로 확대해 나갈 것이다. 이때 많은 문제점들이 나타날 것으로 예상된다. 고정되지 않고 지속적으로 변화되는 배경과 그 안에서 빈번하게 움직여 가는 객체들, 그리고 규칙성이 없는 보행로 등 이런 모든 장애 요소들을 극복할 수 있는 알고리즘 개발에 주력하게 될 것이다. 그리고 영상이 복잡해짐에 따라 크게 저

하되는 처리 속도를 보완하기 위해, 고성능 영상 처리 서버와 무선 데이터 통신을 통하여 영상 데이터를 전송하고 처리된 결과를 전송 받는 클라이언트 서버 방식을 사용할 것이다. 그리고 컴퓨터 시각은 시야에 보이는 국부적인 정보만을 처리할 수 있기 때문에 보행자에게 필요한 전체적인 정보(목적지까지의 보행 경로 결정 및 현재 보행자의 위치 등)를 처리하기에는 충분하지 못하다. 이러한 문제들도 GPS(Global Positioning System)와 보행로용 전자 지도 등의 기술과의 접목을 통하여 해결해 나갈 것이다.

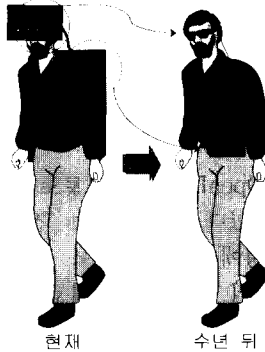


그림 9 OpenEyes의 향후 발전 모습

이러한 개선 방향의 지속적인 연구를 통하여 OpenEyes는 보다 일반적인 보행 안내 시스템의 모습을 갖춰 나갈 것이다. 앞으로 수 년 안에 OpenEyes를 이용하여 아무런 불편 없이 거리를 활보하는 시각 장애인들의 모습을 볼 수 있을 것이라 기대된다.

**참고문헌**

[1] S. Shoval and J. Borenstein, "The Nav-belt-A Computerized Aid for the Blind Based on Mobile Robotics Technology," IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 45, No. 11, pp. 1376-1386, 1998.  
 [2] N. Molton et al., "A Stereo Vision-based Aid for the Visually Impaired," Image and Vision Computing, Vol. 16, pp. 251-263, 1998.  
 [3] S. Kang and S.-W. Lee, "Multiple Object Tracking in Multiresolution Image

Sequences," Proc. of 1st IEEE International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision, pp. 564-573, Seoul, Korea, May 2000.

[4] B.-W. Hwang, V. Blanz, T. Vetter, H.-H. Song and S.-W. Lee, "Face Reconstruction Using a Small Set of Feature Points," Proc. of 1st IEEE International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision, pp. 308-315, Seoul, Korea, May 2000.  
 [5] H.-S. Park and S.-W. Lee, "A Truly 2-D Hidden Markov Model for Off-line Handwritten Character Recognition," Pattern Recognition, Vol. 31, No. 12, 1998, pp. 1849-1864.  
 [6] 이성환, 강성훈, "시각 장애인용 착용 가능 보행 안내 장치 및 방법," 특허출원번호 10-2000-27839, 2000년 5월.

**이성환**



1984 서울대학교 계산통계학과 학사  
 1986 한국과학기술원 전산학과 석사  
 1989 한국과학기술원 전산학과 박사  
 1989~1994 충북대학교 컴퓨터학과 조교수  
 1995~현재 고려대학교 컴퓨터학과 부교수  
 1998~현재 고려대학교 인공지능연구센터 연구소장

관심분야: 컴퓨터 시각, 패턴인식, 영상처리 등  
 E-mail: swlee@image.korea.ac.kr

**강성훈**



1995 고려대학교 제어계측공학과 학사  
 1997 고려대학교 제어계측공학과 석사  
 1999 고려대학교 컴퓨터학과 박사 수료  
 1999~현재 고려대학교 인공지능연구센터 연구원  
 관심 분야: 컴퓨터 시각, 영상 처리  
 E-mail: shkang@image.korea.ac.kr