

# 회전 불변 제르니케 모멘트를 이용한 실시간 지하철 기호 객체 검출

원선희\*, 김계영\*\*, 최형일\*\*\*

## 요약

시각 장애인을 위한 실시간 보행보조 시스템의 안전한 보행안내와 편리한 서비스를 제공하기 위해 최신 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술이 결합되고 있다. 이 시스템은 보행자가 원하는 목적지까지 보행할 수 있도록 장애물 검출 및 인지와 장소인식, 기호인식으로 구성된다. 본 논문에서는 보행보조 시스템의 중요한 요소 중 하나인 기호인식을 위해 지하철 역 내부에서의 기호 객체 검출 시스템을 개발하였다. 본 논문은 조명과 잡음이 존재하는 복잡한 환경으로부터 기호 객체 영역을 강건하게 검출할 수 있는 적용적인 특징맵을 제안하였다. 그리고 보행 시 객체의 이동, 회전 및 크기에 불변하도록 고속 제르니케 모멘트 특징을 이용하여 기호를 인식한다. 화살표, 화장실, 출구번호 3개의 기호를 대상으로 하며, 에이다부스트 분류기를 이용하여 기호를 학습 및 인식한다. 실험결과에서는 5000장의 기호영상 데이터베이스의 3개의 기호에 대해 평균 87.16%의 검출율과 20 frame/sec의 처리속도를 통해 안정적이며 실시간 시스템에 적합함을 입증한다.

## Real-time Sign Object Detection in Subway station using Rotation-invariant Zernike Moment

Sun Hee Weon\*, Gye Young Kim\*\*, Hyung Il Choi\*\*\*

## Abstract

The latest hardware and software techniques are combined to give safe walking guidance and convenient service of realtime walking assistance system for visually impaired person. This system consists of obstacle detection and perception, place recognition, and sign recognition for pedestrian can safely walking to arrive at their destination. In this paper, we exploit the sign object detection system in subway station for sign recognition that one of the important factors of walking assistance system. This paper suggest the adaptive feature map that can be robustly extract the sign object region from complexed environment with light and noise. And recognize a sign using fast zernike moment features which is invariant under translation, rotation and scale of object during walking. We considered three types of signs as arrow, restroom, and exit number and perform the training and recognizing steps through adaboost classifier. The experimental results prove that our method can be suitable and stable for real-time system through yields on the average 87.16% stable detection rate and 20 frame/sec of operation time for three types of signs in 5000 images of sign database.

Keywords : Sign detection, Fast Zernike moment, Adaboost classifier

※ 제일저자(First Author) : 원선희  
접수일:2011년 7월 13일, 수정일:2011년 8월 17일  
완료일:2011년 8월 26일  
\* 송실대학교 미디어학과 [nifty12@ssu.ac.kr](mailto:nifty12@ssu.ac.kr)  
\*\* 송실대학교 컴퓨터학과  
\*\*\* 송실대학교 미디어학과(교신저자)  
▣ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011K000667)

## 1. 서론

자연 환경에 존재하는 수많은 기호들은 특정한 형태로 보행자에게 환경에 대한 다양한 정보를 제공한다. 그러나 특별히 시력이 나쁘거나 신체적, 정신적 조건이 좋지 않은 경우 이러한 기호들은 정보 제공에 도움이 되지 않을 수 있다.

인간이 기호를 인지하고 인식할 수 있는 거리는 대략 200m 안팎이라고 한다. 인간의 시각적인 인식력은 개인의 신체적, 정신적 조건에 상당히 민감하게 반응하므로 이 거리동안 보행자에게 유용한 정보를 제공할 수 있도록 기호 자동 검출 및 인식 시스템을 개발하여 보행 보조 수단으로 활용한다면 매우 유용할 것이다. 예를 들어, 보행 중 두 개의 교차로가 인접해 있는 경우 상당히 많은 기호들이 각자의 방향과 정보들을 표시하고 있을 것이다. 시각적 인식력이 뛰어난 보행자의 경우 이를 쉽게 인지하고 보행이 가능하지만, 시력이 없거나 매우 미약한 보행자는 이 기호들의 존재를 인지하기 어려울 뿐 아니라 식별 자체가 불가능할 수 있다. 이러한 경우, 실시간 기호 객체 검출 시스템은 전방에 존재하는 기호 객체를 인지하고 이들이 포함하고 있는 정보를 분석하여 보행자에게 음성 정보의 형태로 제공함으로써, 보다 안전하고 편리한 보행을 유도할 수 있을 것이다.

기호 검출 및 인식에 관한 연구는 일반적으로 기호 고유의 색상정보를 이용하거나 질감 정보 혹은 윤곽선을 이용하여 기하학적 형태를 분석하는 방법 등이 연구되고 있다. C.Y. Fang는 HSI 칼라 시스템을 이용해 기호 및 문자를 검출하고 기하학 모델을 이용해 이를 인식하는 방법을 사용하였으며[1], Y. Inoue는 HSI 칼라와 edge를 이용한 기호 인식 연구를 수행하였다[2]. 또한 M. A. Mattar와 P. Silapachote는 영상을 패치 단위로 분할하여 각 패치의 지역적 질감 특징을 계산함으로써 기호와 배경을 분류하는 방법을 연구하였다[3][4]. M. Rusinol는 기호의 윤곽선을 추출하고 근사다각형을 계산하여 벡터 공간의 기호 간의 유사성 판단함수를 통해 회전에 불변인 정규화된 교차 상관계수를 이용함으로써 기호의 기하학적 특성을 이용한다[5]. 이 연구들은 모두 이정표나 교통 표지판 등을 검출하기 위한 것으로 주로 자동차 네비게이션이나 지능형 자동차의 자율주행을 위한 연구들로 수행되었을 뿐 보행자의 시선에서 접근한 연구들은 많이 부족하다[6][7].

이러한 연구들은 기호를 분리하기 위하여 기본적인 색상이나 질감, 에지 등의 저수준 특징을 이용하여 단순한 방식으로 접근하고 있다. 빠른 처리속도와 낮은 연산량을 가지는 이점이 있으

나 자연영상과 같이 복잡한 배경에서는 잡음을 효과적으로 제거하고 기호의 위치를 효과적으로 검출하기에는 상당히 무리가 있다. 보행자나 광고판 등의 수많은 잡음성분들로부터 기호를 검출하기 위해서는 강건한 특징맵을 구성할 필요성이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 저수준 특징을 적응적으로 결합한 특징맵을 제안한다. 기호의 뚜렷한 특징인 에지와 고유의 밝기 정보, 그리고 기호의 구조적인 특성인 원 형태정보를 결합하여 적응적인 특징맵을 구성함으로써 보다 안정적인 기호 영역 검출방법을 제안한다.

보행자에게 정보 제공을 위해 표기된 대부분의 기호는 일정한 크기와 구조를 가지며 개별적인 정보를 포함하고, 색상이나 형태 또한 다양하게 구성되어 있다. 기호들의 서로 다른 형태를 구별하는 방법은 매우 다양할 수 있지만, 일반적으로 영상처리 및 패턴인식 분야에 있어서 중요한 것은 입력 영상으로부터 이 기호들의 상황 불변 특징을 추출하는 방법이다. 이러한 특징 추출이 가능하다면 위치, 크기, 색상 및 방향에 관계없이 영상에 존재하는 다양한 기호 객체들을 검출할 수 있게 된다. 이를 위한 위치 및 크기, 회전에 불변하는 특징으로 SIFT(Scale-invariant feature transform), SURF(Speed-up robust features), 가보 웨이블렛(Gabor wavelet) 등이 있다.

SIFT는 잘 알려진 대로 크기 및 회전에 불변하는 특성을 가지는 기술자로서 영상에서의 지역적 극점(Local maxima)을 특징점으로 선택하여 주변 영역으로부터의 방향 히스토그램을 이용하여 기술자로 생성한다. 이 기술은 영상의 왜곡이나 부분적인 변화에 강건하게 작용하지만 128차원의 특징벡터를 생성하므로 상당한 연산량이 발생한다[8][9][10]. 이러한 문제점 해결을 위해 제안된 SURF 알고리즘은 입력 영상에 대해 적분 영상(Integral image)을 사용하여 처리속도를 가속화시켰으며, 근사화된 박스 필터를 이용하여 시간 복잡도를 감소시켰다[11]. 또한 가보 웨이블렛은 인간의 시각 피질 내에 있는 수용계(Receptive field)와 유사한 모형을 하고 있다는 점에서 착안한 가보(Gabor)와 다해상도 분해에 효과적인 웨이블렛을 합한 것으로 다양한 조명하에서도 안정적인 것 뿐 아니라 영상의 회

전, 왜곡, 크기 변형에 대해서도 안정적으로 작동한다[12][13][14].

본 논문에서 이용한 제르니케 모멘트(Zernike moment)는 단위원(Unit circle) 상에서 정의되는 제르니케 다항식들이라 불리는 사각형 적분함수들의 집합 상에서 완전한 직교기저(Orthogonal basis)를 형성하는 복소수 직교함수들의 집합으로 회전에 불변인 특성을 가진다[15]. 그러나 제르니케 모멘트는 정의식이 복잡하기 때문에 연산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 제르니케 모멘트를 빠르게 계산하는 방법들이 다수 연구되었다. Mukundan은 경계선 적분(Contour integration) 방법과 사각형-원형 변환(Square-to-circular transformation) 방법을 제안하였다[16]. Belkasim은 제르니케 방사 다항식을 확장하여 중복된 연산을 일부 제거함으로써 속도 향상을 이루었다[17]. Prata, Kintner, Chong은 1차원 제르니케 실수 방사 다항식의 재귀적 관계를 유도하여 계승 연산을 줄이는 방법을 제안하였고[18][19][20], Hwang은 2차원 제르니케 모멘트 기저 함수의 대칭성을 유도하고, 이를 이용하여 제르니케 모멘트를 빠르고 효율적으로 계산하는 방법을 제안하였다[21][22]. 본 논문에서는 보행자에 의해 영상이 회전되거나 이동되어 기호의 특징이 변형되는 문제점 해결을 위해 Hwang의 고속 제르니케 모멘트(Fast zernike moment) 알고리즘을 이용하여 높은 검출율을 유지하고 연산속도를 향상시킨다.



<그림 1> 기호 객체 검출 장비 및 입력영상

본 연구는 상용화를 위하여 고가의 카메라 장비가 아닌 비교적 저렴한 비용으로 질 좋은 영상을 획득할 수 있는 웹캠을 이용하였다. [그림 1]은 본 연구를 위해 제작한 장비의 프로토타입이다. 시각장애인들에게 실제 적용이 가능하도록 편의성을 위해 모자에 웹캠을 장착한 형태로 실

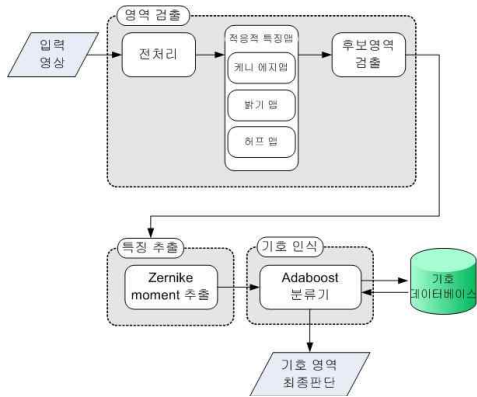
험하였으며, 시각장애인이 보다 넓은 시야를 가질 수 있도록 일정 각도를 유지하는 웹캠 두 대를 장착하여 광각의 효과를 얻을 수 있도록 제작하였다.

본 연구에서는 시각장애인의 보행유도를 위해 지하철 역 내부를 실험 환경으로 지정하였다. 실제 시각장애인들을 대상으로 조사한 결과, 보도에 설치된 유도블록을 따라 보행 시 큰 어려움은 없으나 지하철 역 내부에 존재하는 화장실이나 출구의 위치를 제대로 파악하기 어렵기 때문에 이에 대한 정보를 필요로 함을 확인하였다. 지하철 역 내부에는 출구나 화장실 혹은 지하철 노선의 방향을 나타내는 화살표 기호가 존재하고, 이에 해당하는 장소를 나타내는 기호들이 표기되어 있다. 이를 검출하기 위해 기존의 교통기호 검출 방법과는 달리 지하철 역 내부에 존재하는 수많은 장애물들과 비교하여 효율적으로 기호 영역을 검출할 수 있는 방법이 필요하다. 또한, 보행자의 시선 변화나 움직임에 의해 발생하는 회전이나 이동에 대해 강건하게 기호를 인식할 수 있는 특징 추출기술이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 실내에 존재하는 조명에 강건하도록 적응적 특징맵을 이용하고, 검출된 후보영역으로부터 회전에 강건한 제르니케 모멘트 특징을 추출하여 에이다부스트 분류기(AdaBoost classifier)로 학습 및 인식함으로써 안정적인 기호를 검출한다. 그러나 에이다부스트 분류기는 기본적으로 이진분류기의 형태를 가지므로 본 연구에서 검출하고자 하는 3가지 기호를 인식하기 위하여 CART 알고리즘을 결합하여 다중 클래스 문제를 해결한 방법을 사용한다 [23][24][25]. 인식문제를 위해 주로 사용되는 다층 신경망과 실험결과를 비교함으로써 본 논문에서 제안한 방법의 타당성을 입증한다.

본 논문의 구성은 2장에서 실시간 기호 검출을 위한 회전에 강건한 객체 검출 및 인식 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안한 알고리즘의 검증을 위한 실험 환경과 결과를 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 제시한다.

## 2. 회전에 강건한 자연영상 기호 검출

본 논문에서는 지하철 역 내부의 기호 영역을 검출하고 인식하기 위하여 크게 영역 검출, 특징 추출 및 기호 인식의 3단계로 구성된다. [그림 2]는 본 논문에서 제안한 실시간 기호 객체 검출 시스템의 흐름도를 나타낸 것이다. 첫 번째 단계로, 역 내부의 조명 간섭에 의해 기호 영역 검출이 어려운 문제점을 해결하기 위하여 전처리 과정을 수행한 후, 에지맵과 밝기맵, 허프맵을 결합한 적응적인 특징맵을 생성한다. 기호의 크기 및 비율 정보를 바탕으로 일정 임계값 범위에 해당하는 영역을 검출함으로써 기호가 존재할 후보영역을 검출한다. 두 번째 단계로, 검출된 후보영역 내에서 회전에 강건한 특징인 제르니케 모멘트 특징 벡터를 추출하고, 마지막 단계에서는 이 특징을 바탕으로 에이다부스트 분류기 기반 학습 및 인식을 수행한다.



<그림 2> 기호 객체 검출 시스템 흐름도

### 2.1 전처리(Preprocessing)

실외 영상에서의 문자와 기호 검출은 어디에서 어떤 크기로 나타나던지 항상 광원에 의해서 영향을 받아서 나타나게 된다. 본 연구의 결과에 대한 성능향상을 위해서는 문자와 기호 검출을 위해 조명의 영향을 감소시키는 것이 상당히 중요한 과정이다. 지하철역 내부의 주 광원인 형광등은 나가는 곳, 타는 곳, 갈아가는 곳 같은 기호나 패널 등이 사람들이 쉽게 보는 곳인 천정에 위치한다. 기호들의 대부분이 조명에 의해 표면이 반사되는 재질로 이루어져 있기 때문에 검출하고자 하는 문자영역 정보들을 잃어버리기

쉽고, 또한 반대로 영상을 입력받을 때 조명에 의해 비교적 영향을 덜 받은 기호는 어둡게 나타나는 현상이 생겨 문자 검출에 상당한 어려움이 있다. 조명의 영향을 감소시키기 위해 미디언 필터링(Median filtering)과 영상의 명암 대비를 향상시킬 수 있는 적응적 히스토그램 평활화(Adaptive histogram equalization)를 적용한다. 컬러 영상을 그레이 영상으로 변환 후 서브윈도우(sub-window)에 대해 히스토그램 평활화를 수행하여 전체 영상에 대한 국부적 명암 대비 성능을 향상시켜서 영상을 더 선명하게 만든다. [그림 3]은 적응적 히스토그램 평활화를 수행한 후의 결과영상으로서, 원본 영상에 비해 조명의 영향을 상대적으로 덜 받아 기호가 선명하게 검출되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 미디언 필터링(Median filtering) 기법을 이용하여 주변에 존재하는 수많은 영상의 노이즈를 1차적으로 제거한다.



(a) 원영상



(b) 적응적 히스토그램 평활화 영상

<그림 3> 조명 조건이 개선된 전처리 수행 결과

### 2.2 적응적 특징맵(Adaptive feature map) 생성

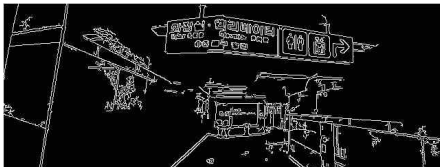
2.1 절에서 처리된 영상에서 검출하고자 하는 객체의 후보영역을 추출하는 과정이다. 이 단계를 위해 본 논문에서는 에지맵, 밝기맵, 허프맵에 의해 검출된 후보영역이 논리합 연산에 의해 지하철역이라는 특정 환경을 고려한 적응적 특징맵을 생성한다.

2.2.1 에지맵(Edge map) 생성

문자와 기호 영역검출을 위한 적응적 특징맵 구성을 위해 영상의 에지 정보를 첫 번째 특징으로 사용한다. 다른 연산자에 비해 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있는 케니 에지 연산자(Canny edge operator)를 사용하여 에지맵을 구성한다. 에지 검출 시, 임계값을 너무 높게 설정하면 중요한 에지 정보를 잃어버릴 수 있고, 너무 낮게 설정하면 불필요한 잡음이 검출되어 후처리단계에서 시간을 많이 낭비할 수 있으므로 본 연구에서는 실험에 의하여 저임계값과 고임계값을 각각 150과 200으로 설정하였다. 추출된 에지맵에 대해 에지 성분들의 방향성 분석을 통해 긴 선 혹은 짧은 선 성분들을 제거하기 위하여 4-방향 체인코드를 3x3 윈도우 내에서 참조하여 방향성을 검사한다. [그림 4]에서는 에지맵 추출과정의 수행 결과를 나타낸 것으로서, 긴 선과 짧은 선의 제거를 통한 (c)결과 영상에서 영상 하단에 에지가 여전히 존재하므로 추가적인 특징맵 구성이 필요하다.



(a) 원영상



(b) 케니 에지 영상



(c) 최종 에지맵

<그림 4> 에지맵 구성 결과

2.2.2 밝기맵(Intensity map) 생성

본 연구에서 탐색하고자 하는 기호 중 화살표

기호를 살펴보면, 모두 밝은 계열의 배경에 어두운 계열의 기호로 표기되어 있음을 알 수 있다. 또한 화살표 기호 외에도 대부분의 기호들은 배경과 전경의 색상 및 밝기 대비가 뚜렷하다는 특징을 가진다. 이러한 특성을 이용하려면, 환경에 따라 민감해 질 수 있는 색상 정보 대신 밝기 정보를 이용하여 특징맵을 구성하는 방법이 효율적이다. 밝기맵  $I(s)$ 을 구성하기 위해 식(1)과 같이 11x11 크기의 윈도우를 사용하여 중앙 화소와 주변 화소들 간 밝기값의 차이의 합  $D(s)$ 가 일정 임계값 이상인 영역을 검출한다. 단, 입력 영상에 따라 잡음이 분포할 수 있으므로 가우시안 스무딩 필터  $G(\cdot)$ 를 수행하고 기호의 구조적 특성에 따라 잡음을 제거한 뒤 최종 영역으로 검출한다. [그림 5]는 화살표 기호 고유의 밝기 정보를 이용한 임계값 범위 내에 속하는 영역을 이용하여 이진 영상을 생성하고, 구성요소의 크기 및 비율에 따라 잡음 성분을 제거한 결과영상이다. 이 특징맵 역시 주변에 존재하는 잡음 영역들을 제거하기 위한 추가적인 특징맵이 필요하다.

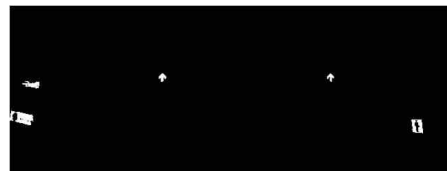
$$I(s) = G\left(\sum_{s \in 11 \times 11} D(s)\right), D(s) \geq Threshold \quad (1)$$



(a) 원영상



(b) 잡음 제거 전 밝기맵

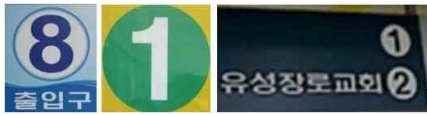


(c) 최종 밝기맵

<그림 5> 밝기맵 구성 결과

2.2.3 허프맵(Hough map) 생성

본 연구에서 탐색하고자 하는 지하철 출구 기호의 형태를 분석한 결과, 모두 원(circle) 형태 정보를 공통으로 갖고 있음을 확인하였다. 따라서 원 형태정보를 검출하기 위하여 허프변환(Hough transformation) 방법을 이용한다. 허프 변환은 라인 검출에도 적용될 수 있지만 원 형태를 검출함에 있어서도 탁월한 성능을 보인다. 케니 에지 영상으로부터 허프공간으로 변환 하여 적절한 파라미터 조정 후 원하는 원 형태 검출 결과를 얻을 수 있었다. [그림 6]은 지하철역 내부에 존재하는 출구 기호의 두 가지 형태를 나타내는 것으로서, 모두 원 형태를 가지고 있음을 알 수 있다.



<그림 6> 지하철 출구 기호 형태

[그림 7]은 지하철 내부 영상에서 허프변환을 이용하여 출구 기호 후보영역을 검출한 결과이다. 실제로 검출되어야 하는 기호 주변으로 많은 잡음들이 분포하고 있기에 적절한 파라미터 설정을 통해 잡음 성분들을 제거한 후 출구 기호 후보영역을 검출한 것을 확인할 수 있다. [그림 7]의 (a)에서는 원의 최소 지름을 3픽셀, 최대 지름을 20픽셀로 설정한 결과이고, (b)는 최소 지름을 5픽셀, 최대 지름을 15픽셀로 조정한 결과이다. 주변에 보행자나 광고판 등에 의한 잡음 성분이 검출되는 것을 피하기 위해 영상에서 차지하는 출구번호의 최대 크기를 고려하여 설정한다.



(a) 허프기반 원 검출



(b) 파라미터 조정 후 원 검출  
<그림 7> 출구 기호형태를 고려한 허프맵 구성 결과

[그림 8]은 밝기맵, 에지맵, 그리고 허프맵을 식(2)와 같이 논리합 연산을 통해 적응적 특징맵을 산출한 결과로 기호 검출을 위한 1차적인 후보영역이다. 밝기맵에서 검출되지 않은 출구번호 기호가 에지맵과 허프맵을 통해 보완되었음을 알 수 있다. 그러나 ‘나가는 곳’, ‘出口’ 같은 문자 영역이나 그 외의 잡음들도 기호 크기 및 비율정보와 비슷하여 검출되었다. 이러한 잡음들은 다음 절에서 기술하는 제르니케 모멘트 특징을 통한 인식 단계에서 제거할 수 있다.

$$FeatureMap(s) = E(s) \vee I(s) \vee H(s) \quad (2)$$



(a) 밝기맵 결과



(b) 에지맵 결과



(c) 허프맵 결과



(d) 적응적 특징맵 결과  
 <그림 8> 적응적 특징맵을 이용한 기호 후보영역 검출 결과

### 2.3 제르니케 모멘트 특징(Zernike moment feature)

2.2절에서 특징맵 추출과정을 수행하여 1차적인 기호 후보영역들을 검출한다. 이 후보영역들은 이후 수행될 제르니케 모멘트 특징 추출 및 에이다부스트에서의 분류 대상이 되는 영역들로서, 실제로 인식하고자 하는 기호 영역이 아닌 오검출된 영역(False positive region)들은 인식 과정에서 제거될 수 있다.

본 연구에서 기호 영역들의 특징으로 적용한 제르니케 모멘트는 회전에 불변한 특징으로서, 보행 시 보행자에 의해 카메라가 회전될 경우에 발생하는 왜곡에 대해 강건하게 작용할 수 있다. 제르니케 모멘트 특징을 추출하기 위해 사용된 수식은 식(3)과 같다. 이는 속도개선을 위해 제안된 고속 제르니케 모멘트 알고리즘으로서 기저함수의 대칭성과 반대칭성을 이용한 방법이다 [21].

$$Z_{pq} = \frac{n+1}{\pi} \iint_{\substack{x^2+y^2 \leq 1, \\ 0 \leq x \leq 1.0, \\ 0 \leq y \leq x}} R_{pq}(r) \times [g_q^r(x,y) - jg_m^i(x,y)] dx dy \quad (3)$$

제르니케 모멘트를 추출하여 학습 및 인식하기 위해 본 연구에서는 영상의 크기를 65x65 로 정규화하였고, 사용된 차수는 8차로서 총 25개의 특징벡터를 추출하였다.

[표 1]은 본 연구에서 검출 및 인식하고자 하는 대상인 출구, 화살표, 화장실 기호에 대한 제르니케 모멘트 25개 특징을 추출한 결과이다. 에이다부스트를 이용하여 학습하기 위해  $Z_{00}$ 의 특징벡터로 나머지 24개의 특징들을 정규화하여 0~1 사이의 값을 가지도록 한다. [표 1]에서와 같이 기호들의 특징값이 각 기호마다 고유의 값

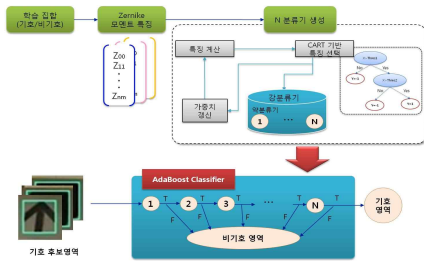
을 가짐을 확인할 수 있다.

<표 1> 제르니케 모멘트 특징비교

기호	제르니케 모멘트 특징
	==Krow Zernike moment== 203.439 21.3231 2.10089 63.0673 12.0278 59.5367 159.624 17.0228 195.412 3.8327 48.7748 63.3339 2.22748 189.767 62.6711 32.4974 2.23052 6.18893 88.821 3.88861 95.5925 0.32441 50.5525 89.4901 93.2512 --Generalized moment-- 1 0.1048 0.0103 0.3100 0.0591 0.2326 0.7655 0.0837 0.9605 0.0188 0.2398 0.3113 0.0109 0.9328 0.3081 0.1597 0.1126 0.0304 0.4366 0.0485 0.4716 0.0016 0.2485 0.4399 0.4584
	==Exit Zernike moment== 232.705 52.2765 30.2242 193.775 44.2676 26.046 54.4471 70.8171 114.746 34.2396 33.9168 42.9746 12.6163 53.7455 64.18 109.669 41.61 29.1654 31.6099 18.9688 72.1363 16.6353 55.396 29.4516 30.7107 --Generalized moment-- 1 0.2247 0.1299 0.8327 0.1902 0.1119 0.2340 0.3043 0.4931 0.1474 0.1690 0.1847 0.0561 0.2310 0.2758 0.4713 0.1788 0.1253 0.1367 0.0816 0.3100 0.0801 0.2381 0.1266 0.1320
	==Exit Zernike moment== 117.911 10.5678 16.3577 172.571 11.9735 5.32971 27.7125 57.4895 64.1493 12.0477 9.52331 11.826 3.04512 10.0549 94.3077 101.108 12.6161 11.4362 23.6822 18.3055 35.7974 0.09468 36.3006 86.7823 103.005 --Generalized moment-- 1 0.0896 0.1387 0.4636 0.1015 0.0452 0.2350 0.4875 0.5440 0.1022 0.0723 0.1003 0.0258 0.0853 0.7998 0.8575 0.1070 0.0970 0.2008 0.1552 0.3036 0.0687 0.3079 0.7360 0.8736
	==Restroom Zernike moment== 103.06 6.63729 19.6658 215.224 1.10431 10.5333 3.45049 53.5954 155.546 0.8999 1.28619 5.41234 2.63324 4.73239 49.3738 21.1281 0.90999 0.59159 12.5843 25.572 2.15745 6.36635 15.2746 13.0354 52.5715 --Generalized moment-- 1 0.0644 0.1668 0.0883 0.0107 0.1022 0.0335 0.5199 1.5093 0.0087 0.0125 0.0525 0.0256 0.0459 0.4791 0.2050 0.0088 0.0067 0.1221 0.2481 0.0209 0.0678 0.1462 0.1256 0.5101

### 2.4 에이다부스트 학습 및 분류 (Classification)

2.3절에서 추출한 제르니케 모멘트를 학습 및 인식하여 기호 영역을 검출하기 위해 본 연구에서는 에이다부스트 분류기를 적용하였다. 에이다부스트 분류기는 다수의 약분류기를 결합하여 강분류기를 만드는 학습과정 수행 후 이를 이용하여 객체를 인식하는 알고리즘이다. 본 논문에서는 에이다부스트의 강분류기를 생성하기 위해 25개의 제르니케 모멘트 특징벡터 중 첫 번째 모멘트인  $Z_{00}$ 이 영상의 그레이스케일을 표현하므로 이 특징으로 나머지 24개의 특징을 정규화하여 분류기의 입력벡터로 사용한다. 그러나 에이다부스트 분류기는 이진분류기이므로 본 연구에서 탐색하고자 하는 다중 클래스 객체를 인식하기에는 문제점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위하여 [그림 9]와 같이 학습과정에서 Breiman의 CART(Classification And Regression Trees) 알고리즘[23]을 적용하여 임계값을 결정하고 클래스를 분류하는 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 약분류기는 24개의 제르니케 특징 중 10개를 선택하여 강분류기를 생성하였으며, 각각의 약분류기마다 특징을 두 개씩 사용하였다.



<그림 9> CART를 결합한 에이다부스트 학습 및 인식 과정

### 3. 실험결과

본 논문에서 실험을 위해 사용한 영상은 보행자가 착용한 헬멧에 장착된 카메라로부터 640x240 크기의 영상을 실시간으로 입력받아 처리하였으며, 평균 수행속도는 초당 20프레임으로 측정되었다. Intel(R) Core2 Quad CPU 2.66GHz, 3G RAM 환경 하에 기본적인 영상처리를 위하여 OpenCV 1.1ver 라이브러리를 이용하였다.



<그림 10> 데이터베이스

실험을 위하여 구축된 기호 영상 데이터베이스는 총 5000장의 영상으로 구성되었다. 각 기호별 형태는 화장실의 경우 남자와 여자가 분리된 형태를 각각 400장씩, 통합된 형태를 700장 사용하였으며, 출구는 실험의 배경이 된 대전 지하철역 내에 존재하는 두 가지 패턴인 녹색과 파란색 패턴에 대해 각각 500장씩 사용하였다. 작은 원 형태의 번호는 화살표 기호 옆에 존재하는 출구를 나타내는 형태이다. [그림 10]은 학습에

사용된 기호 영상 데이터베이스의 일부로서 비기호 영상은 조명이나 보행자, 벽, 광고판 등에 의한 잡음 영역을 포함한다.

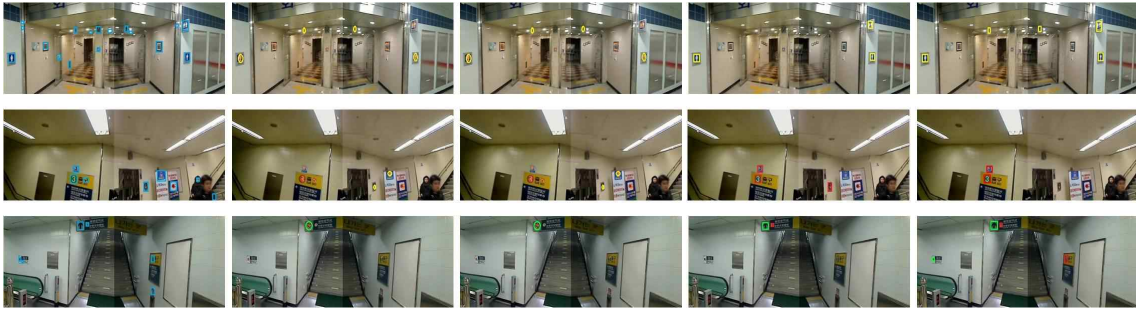
[그림 11]은 크기 및 회전 불변인 여러 가지 특징과 본 논문에서 이용한 제르니케 모멘트 특징의 기호 검출 결과를 비교한 것으로, 특징 매칭을 위해 후보영역 검출은 본 논문에서 제안한 적응적 특징맵을 이용하였다. SIFT와 SURF 특징은 크기 불변 특징의 특성 상 비교적 측면에 위치한 기호까지 검출이 잘 되었으나, 우측 상단에 위치하여 왜곡이 심한 화장실 기호는 인식하지 못하였다. 가보 웨이블렛 특징은 SIFT나 SURF에 비해 회전에 강건하게 기호를 검출하였으나 크기 변화에 민감하여 작은 화살표 기호나 화장실 기호는 검출에 실패하였다. 그러나 본 논문에서 이용한 제르니케 모멘트 특징은 후보영역 내에서 특징을 에이다부스트로 인식한 결과 기호어짐이 심한 기호 역시 정확하게 검출이 가능함을 확인하였다.

<표 2> 기호 검출 성능비교 단위 (%)

기술자 특징맵	SIFT [8]	SURF [11]	가보 웨이블렛[12]	제르 니케 모멘트[15]	고속 제르니케 모멘트 [21]
에지맵	72.81	73.22	69.72	74.53	74.29
밝기맵	67.03	68.53	67.23	68.10	68.13
적응적 특징맵	81.79	82.18	85.53	87.13	87.16
수행 시간 (fps)	8	10	7	11	20

[표 2]는 기호의 후보영역 검출을 위해 에지맵, 밝기맵을 단일 사용한 방법과 본 논문에서 제안한 적응적 특징맵을 SIFT[8], SURF[11], 가보 웨이블렛[12], 제르니케 모멘트[15], 고속 제르니케 모멘트[21] 특징과 결합한 검출 결과를 비교한 것이다. 에지맵과 밝기맵만을 적용할 경우 5가지 알고리즘 모두 상당히 낮은 검출율을 보이지만, 적응적 특징맵과 결합한 결과 모든 알고리즘에서 검출율이 향상되었음을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 지하철역 내부와 같이 복잡하고 조명에 민감한 환경에서는 특정 환경을 고려하는 특징맵의 결합이 필요한 것으로 분석된





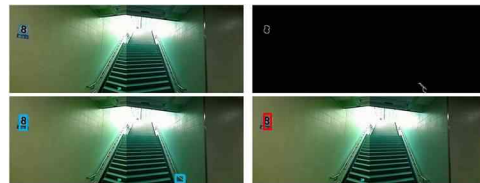
(a) 후보영역 (b) SIFT (c) SURF (d) 가보 웨이블렛 (e) 제안한 방법  
 <그림 11> SIFT, SURF, 가보 특징과 제안한 방법의 기호 검출 결과비교

다. 즉, 인식단계를 수행하기 전에 복잡한 배경에서 얼마나 효과적으로 잡음을 제거하고 검출하고자 하는 객체의 영역이 강건하게 검출되는가에 따라 기호 검출 성능이 좌우된다는 것을 의미한다. 또한 각각의 특징 추출 알고리즘과 특징맵의 결합으로 인한 수행속도 역시 SIFT와 가보 웨이블렛은 실시간에 적용하기에 무리가 있으나 제르니케 모멘트는 상대적으로 빠른 처리 속도를 보인다. 본 논문에서 적용한 고속 제르니케 모멘트 특징은 일반 제르니케 모멘트 특징과 유사하게 높은 검출율을 유지함과 동시에 두 배에 가까운 20 fps 로 처리 속도가 향상되어 실시간 처리가 가능한 것을 확인할 수 있다.

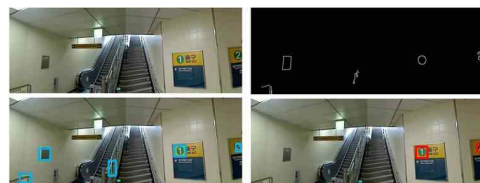
[그림 12]는 각각 기호에 대해 다양한 환경에서 촬영된 영상에 적용한 실험 결과이다. 원영상으로부터 전처리 단계와 후보영역 검출 단계를 수행한 후 에이다부스트 분류기에 의해 인식된 기호를 검출하였다. 상당히 복잡한 실내 환경임에도 불구하고 에이다부스트 분류기에 의해 잡음이 비기호 영역으로 분류되어 제거되므로 효율적으로 기호가 검출된 것을 확인할 수 있다. 편의상 인식된 기호는 영상에서 색상으로 구분하여 표기하였으며, 녹색은 화장실 기호, 적색은 출구 기호, 황색은 화장실 기호이며 후보영역으로 검출된 영역은 청색이다. 영상의 좌측 상단에 존재하는 화살표 및 출구 기호와 우측 상단에 존재하는 기호는 모두 동일한 기호로써 입력영상이 왜곡되거나 보행자에 의해 영상의 회전될 경우에도 제르니케 모멘트의 회전 불변 특성을 반영하므로 강건한 인식 결과를 획득할 수 있다.

[표 3]은 제안한 방법의 인식 성능을 기호별로 측정한 것으로, 기호와 비기호 검출결과를 식(4)

를 이용하여 검출율과 오검출율을 산출하였다. 오검출율은 검출이 되지 않은 기호의 수와 잘못 판단되어 검출된 기호의 수를 대상으로 하여 산출한다. 비교적 모든 기호에서 검출 성능이 높은 것을 확인할 수 있다. 그러나 화장실과 출구 기호보다 화장실 기호의 비유사도가 더 높은 것은 화장실 기호의 특성 상 남자와 여자기호가 따로 분리된 형태와 통합된 형태가 나타나기 때문에 특징값의 범위가 정확히 분류되지 못한 것으로 분석된다.



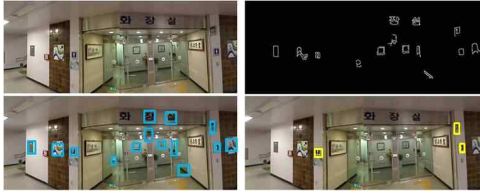
(a) 출구번호 타입 1



(b) 출구번호 타입 2



(c) 화살표



(d) 화장실  
 <그림 12> 기호별 검출 결과

<표 3> 기호 검출 성능 비교 단위(%)

기호	검출율 (Detection Rate)	오검출율 (False Detection Rate)
화살표	88.8	13.25
출구	87.4	15.6
화장실	85.3	18.8

$$Detection\ Rate = \frac{True\ Sign}{Sign\ ROI}$$

$$False\ Detection\ Rate = \frac{Miss\ Sign + False\ Sign}{Sign\ ROI} \quad (4)$$

True Sign : 참으로 검출된 기호의 수  
 Miss Sign : 검출되지 않은 기호의 수  
 False Sign : 거짓으로 검출된 기호의 수  
 Sign ROI : 검출된 기호 후보영역의 수

#### 4. 결론

지하철역 내부의 기호검출을 위한 방법으로 조명과 잡음에 강건하기 위해 예지와 밝기, 허프 변환을 이용하여 적응적인 특징맵 구성하였고, 연결성분 분석을 통하여 1차적인 잡음제거 후 기호의 후보영역을 검출하였다. 보행자의 움직임에 따른 회전에 강건하기 위해 회전 불변인 고속 체르니케 모멘트 특징과 에이다부스트 분류기를 결합하여 기호를 인식하였다. 실험 결과 평균 87.16%의 검출율과 20 frame/sec의 처리 속도를 보였다. 그러나 지하철 내에 존재하는 많은 잡음들로 인해 후보영역 검출 과정에서 많은 어려움이 존재하였고 여전히 잡음에 의한 False alarm 현상이 발생하는 문제점이 남아있다. 이를 해결하기 위하여 향후 연구에서는 인식 대상의 절차를 고려하여 화살표를 먼저 인식 후 그 주변의 영역을 기반으로 출구나 화살표 기호를 인식하는 방법을 통해 인식 성능을 개선하고자 한

다.

#### 참 고 문 헌

- [1] C. Y. Fang, S. W. Chen, and C. S. Fuh, "Road-sign detection and tracking", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 52, No. 5, pp. 1329-1341, 2003.
- [2] Y. Inoue, Y. Kohashi, N. Ishikawa, and M. Nakajima, "Automatic Recognition of Road Signs", Proceedings of SPIE Vol. 4790, pp.543-550, 2002.
- [3] M. A. Mattar, A. R. Hanson, and E. G. Learned-Miller, "Sign Classification using Local and Meta-Features", 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-Workshops (CVPRW'05), Vol. 3, pp.26-26, 2005.
- [4] P. Silapachote, J. Weinman, A. Hanson, M. A. Mattar, and R. Weiss, "Automatic sign detection and recognition in natural scenes", 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-Workshops(CVPRW'05), Vol. 3, pp.27-27, 2005.
- [5] M. Rusinol, J. Lladós, and P. Dosch, "Camera-Based Graphical Symbol Detection", Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007), Vol. 2, pp.884-888, 2007.
- [6] A. Ruta, Y. Li, and X. Liu, "Detection, Tracking and Recognition of Traffic Signs from Video Input", 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems 2008(ITSC 2008), pp.55-60, 2008.
- [7] C. Bahlmann, Y. Zhu, V. Ramesh, M. Pellkofer, and T. Koehler, "A system for traffic sign detection, tracking and recognition using color, shape, and motion information", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.255 - 260, 2005.
- [8] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," Int. J. Comput. Vision, Vol. 60, no. 2, pp.91 - 110, 2004.
- [9] B. Hoferlin and K. Zimmermann, "Towards Reliable Traffic Sign Recognition", IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2009, pp.324-329, 2009.
- [10] M. A. Mattar, A. R. Hanson and E. Learned-Miller, "Sign classification for the visually impaired", Technical Report, 2005-014 University of Massachusetts Amherst, 2005.

- [11] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", computer science ed., ser. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin/Heidelberg, 7 2006, Vol.3951, ch. Computer Vision-ECCV 2006, pp.404 - 417, 2006.
- [12] A. Koncar, H. Janben, S. Halgamuge, "Gabor wavel et similarity maps for optimising hierarchical road sign classifiers", Pattern Recognition Letters, Vol.28, No.2, pp.260-267, 2007.
- [13] W. M. Theimer and H. A. Mallot, "Phase-based binocular vergence control and depth reconstruction using active vision", CVGIP: Image Understanding, Vol.160, No.3, pp.343-358, 1994.
- [14] J. P. Jones and L. A. Palmer, "An evaluation of the two-dimensional gabor filter model of simple receptive fields in cat striate cortex", J. Neurophysiol., Vol. 58, No.6, pp.1233-1258, 1987.
- [15] F. Zernike, Beugungstheorie des schneidverfahrens und seiner verbesserten form, der phasenkontrastmethode, Physical 7, pp.689 - 701, 1934.
- [16] R. Mukundan and K. R. Ramakrishnan, "Fast computation of Legendre and Zernike moments," Pattern Recognition, Vol.28, No.9, pp.1433-1441, 1995.
- [17] S. O. Belkasim, "Efficient algorithm for fast computation of Zernike moments," IEEE 39th Midwest symposium on Circuits and Systems, Vol.3, pp.1401-1404, 1996.
- [18] A. Prata, W. V. T. Rusche, "Algorithm for computation of Zernike polynomials expansion coefficients," Applied Optics, Vol.28, pp.749-754, 1989.
- [19] E. C. Kintner, "On the mathematical properties of the Zernike polynomials," Optica Acta, Vol.23, No.8, pp.679-680, 1976.
- [20] C. W. Chong, P. Raveendran and R. Mukundan, "A comparative analysis of algorithms for fast computation of Zernike moments," Pattern Recognition, Vol. 36, No.3, pp.731-742, 2003.
- [21] S. K. Hwang and W. Y. Kim, "An Efficient Computation of Zernike Moments Using Symmetric Properties of the Basis Functions", Journal of KISS-Software and Applications, Vol.31, No.5, pp.563-569, 2004.
- [22] S. K. Hwang and W. Y. Kim, "A Novel Approach to the Fast Computation of Zernike Moments," Pattern Recognition, Vol. 39, pp.2065-2076, 2006.
- [23] L. Breiman, J. Friedman, R. Olshen, and C. Stone, "Classification and regression trees", Wadsworth, Belmont, 1984.
- [24] J. Zhu, S. Rosset, H. Zou, and T. Hastie "Multi-class AdaBoost", Statistics and Its Interface, Vol. 2, pp.349-360, 2009.
- [25] X. Chen and A. L. Yuille, "AdaBoost Learning for Detecting and Reading Text in City Scenes", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR 2004), 2004.

### 원선희



2005: 한경대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
 2007: 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)  
 2008~현재: 숭실대학교 미디어학과 (박사과정)

관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 3D 모델링, 패턴인식 등

### 김계영



1990: 숭실대학교 전자계산학과 (공학사)  
 1992: 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)  
 1996: 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)

1996~1997: 한국전자통신연구원 Post Doc.  
 1997~2001: 한국전력공사 전력연구원(선임)  
 2001~현재: 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수  
 관심분야: 컴퓨터비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상 및 신호처리 등.

### 최형일



1972: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
 1982: 미시간대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1987: 미시간대학교 전자공학과 (공학박사)

1995~1997: 퍼지 및 지능시스템학회 이사  
 1996~1998: 정보과학회 컴퓨터비전 및 패턴인식 연구회 위원장  
 1997: IBM Waston Lab 방문연구원  
 2005~2006: 한국정보과학회 이사  
 1987~현재: 숭실대학교 미디어학과 교수  
 관심분야: 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망 이론, 패턴인식, 지식기반 시스템 등.