영상의 색상 분포 정합을 이용한 얼굴 검출 알고리즘

권 성 근[†]

요 약

OpenCV (Open Computer Vision)에서 제공하는 얼굴 인식 알고리즘에서는 Haar 특징(Haar feature)들과 대상 영상의 정합 과정인 Haar 매칭 (Haar Matching)을 통하여 얼굴을 검출하는데, 이때 Haar 특징들은 정면 얼굴로 구성된 훈련 영상을 통해 학습된다. 따라서 OpenCV의 얼굴 검출 방법은 정면 얼굴에 대해서는 높은 얼굴 검출율을 보이지만, 정면을 응시하지 않거나 얼굴의 형태가 변형된 경우에는 얼굴을 정확하게 검출하지 못하는 경우가 빈번히 발생한다. 본 논문에서는 측면 얼굴 혹은 형태가 변형된 얼굴에서도 컬러 히스토그램의 분포 특성은 유사하다고 가정하고, 히스토그램 패턴 매칭(histogram pattern matching)을 이용한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 Haar 매칭 오류가 발생한 프레임에 대하여, 정확하게 검출된 이전 프레임의 얼굴 영역에 대한 히스토그램 패턴 매칭을 통하여 가장 유사한 히스토그램 분포를 갖는 영역을 얼굴로 인식한다. 제안한 방법의 얼굴 검출 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 모의실험에서 제안한 얼굴 검출 방법이 OpenCV보다 얼굴 검출율이 8% 정도 향상됨을 확인하였다.

Face Detection Algorithm Using Color Distribution Matching

Seong-Geun Kwon[†]

ABSTRACT

Face detection algorithm of OpenCV recognizes the faces by Haar matching between input image and Haar features which are learned through a set of training images consisting of many front faces. Therefore the face detection method by Haar matching yields a high face detection rate for the front faces but not in the case of the pan and deformed faces. On the assumption that distributional characteristics of color histogram is similar even if deformed or side faces, a face detection method using the histogram pattern matching is proposed in this paper. In the case of the missed detection and false detection caused by Haar matching, the proposed face detection algorithm applies the histogram pattern matching with the correct detected face area of the previous frame so that the face region with the most similar histogram distribution is determined. The experiment for evaluating the face detection performance reveals that the face detection rate was enhanced about 8% than the conventional method.

Key words: Face Detection(얼굴 검출), Color distribution matching(색상 분포 정합), Haar matching(하르 정합)

1. 서 론

뉴욕에서 발생한 911 테러 사건 이후 출입국 통제 분야 등에서 생체 정보 인식 기술들이 활발히 활용되고 있고, 이 분야의 핵심인 얼굴 검출 기능은 CCTV,

금융 기기, 로봇, 및 모바일 기기에 널리 활용되고 있으며 실생활에서는 디지털 카메라의 자동 초점 (auto focus) 기능에서 쉽게 접할 수 있다[1].

이러한 얼굴 검출 알고리즘은 지식 기반 방법 (knowledge based method) [2], 특징 불변 방법

※ 교신저자(Corresponding Author) : 권성근, 주소 : 경북 경산시 하양읍 가마실길 50(712-701), 전화 : 010-3006-5659, FAX : 053-600-5559, E-mail : sgkwon@kiu.ac.kr

접수일 : 2013년 6월 9일, 수정일 : 2013년 7월 10일
완료일 : 2013년 7월 22일

[†] 경일대학교 전자공학과

(feature invariant method) [3], 템플릿 매칭 방법(template matching method) [4], 및 훈련 기반 방법(training based method) [5] 등으로 분류될 수 있다.

먼저 지식 기반 방법에서는 얼굴을 구성하는 눈, 코, 및 입 등의 위치 및 거리에 대한 규칙을 이용한다. 즉 일반적으로 눈은 얼굴의 상단에 좌우 대칭으로 존재하고 코와 입은 눈 아래 일정한 간격으로 세로 및 가로로 각각 존재한다는 규칙에 근거하여 이를 만족하는 영역을 얼굴로 판정한다[2]. 하지만 얼굴이 회전하거나 주위 조명이 변화하는 경우에는 이러한 규칙을 벗어나게 되어 지식 기반 방법으로는 얼굴을 정확하게 검출하기 어렵다.

특징 불변 방법은 얼굴 영역의 회전 및 조명 변화에도 변하지 않는 특징들을 추출한 후 이들을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다[3]. 즉 눈썹, 눈, 코, 및 입에 대한 특징값들을 미리 추출한 후 이들을 입력 영상에서 비교함으로써 사람의 얼굴을 검출하는데, 이는 특징값들을 추출하고 비교하는데 많은 계산량을 필요로 하고 검출율이 높지 않은 단점이 있다.

템플릿 매칭 방법에서는 얼굴의 구성 패턴을 템플릿으로 미리 구성하고, 이를 입력 영상과 매칭하여 구한 상관 계수(correlation coefficient)를 특정 문턱값과 비교함으로써 얼굴 영역을 검출한다[4]. 이 방법은 구현이 용이하다는 장점이 있지만 특정 크기의 템플릿과 비교하기 때문에 얼굴의 크기 변화, 회전 변화, 및 형태 변화 등에 민감하다는 단점이 있다.

이와 같은 템플릿 매칭 방법의 단점을 보완하기 위하여 훈련 기반 방법에서는 사전에 제작된 특정 템플릿이 아니라, 다양한 얼굴들로 훈련 영상을 구성하고 이에 대하여 피쳐들을 훈련시킨 후 이를 매칭 과정에 사용한다[5]. 영상 처리 및 패턴 인식 분야에서 많이 사용되는 공개 라이브러리인 OpenCV [6]에서도 이러한 훈련 기반 방법이 지원되는데, 여기서는 서로 직교(orthogonal) 특성을 갖는 Haar 특징(Haar feature)으로 윈도우를 구성한 후 이를 다양한 훈련 영상들에 대하여 학습시켜 얼굴 검출 성능이 우수한 Haar 특징들만 추출하여 이들을 Haar 매칭(Haar matching)과정에 활용한다[6].

이와 같은 얼굴 인식 기술을 상용화하여 얼굴 인식 분야를 선도하고 있는 기업으로는 독일의 Cognitech, 일본의 NEC, 및 미국의 L-1 등이 있으며, 생체 인식기술에 대한 국제 표준화 기구로는 2002년에 설

립된 ISO/IEC JTC1 SC37이 있다. 본 기구에서는 바이오 및 개인 인증에 활용될 국제 표준 기술 규격을 제정하고, 특히 SC37 산하 WG3 분과에서는 전자 여권 등 바이오 인식 응용을 위한 표준 얼굴 영상 데이터 포맷에 대한 규격 (ISO/IEC 1974-5)을 제정하였다[8].

OpenCV의 Haar 매칭 방법은 기존의 얼굴 검출기에 비해 검출 속도 및 검출율 면에서 우수하지만, 정면을 응시하고 있는 얼굴 영상으로 구성된 훈련 영상들로부터 Haar 특징들이 학습되므로 정면을 응시하지 않는 얼굴 및 얼굴 영역에 변화가 발생하는 영상에서는 얼굴이 아닌 부분을 얼굴로 검출하는 오검출(false detection, FD) 및 얼굴을 검출하지 못하는 미검출(missed detection, MD) 경우가 빈번히 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 측면 얼굴, 얼굴 영역의 크기 및 형태 변화에도 얼굴 인식률을 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안한 얼굴 검출 알고리즘에서는 Haar 매칭 결과 FD 및 MD로 판정된 프레임에서 RGB 컬러 영상에 대하여 히스토그램 매칭 기법을 적용하여 얼굴 영역의 색상 분포 패턴을 이전 프레임과 비교함으로써 얼굴 검출율을 향상시킨다. 모의실험 결과로부터 제안한 얼굴 검출 알고리즘은 기존의 OpenCV의 Haar 매칭 방법에 비하여 우수한 얼굴 검출 성능을 나타냄을 확인하였다.

본 논문은 2장에서 OpenCV의 얼굴 검출 기술, 3장에서 제안한 히스토그램 패턴 매칭을 이용한 얼굴 검출 알고리즘, 및 4장에서 모의 실험 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는 것으로 구성되어 있다.

2. OpenCV 얼굴 검출 기술

OpenCV의 얼굴 검출 기능은 Haar 학습(Haar training) 및 매칭 과정으로 구성된다. Haar 학습 과정에서는 특정 크기의 윈도우 내에 다양한 Haar 특징들을 배치한 후, 이들 중 얼굴 검출 능력이 뛰어난 Haar 특징을 추출한다. 매칭 과정에서는 학습 과정에서 선택된 Haar 특징들로 구성된 작은 윈도우를 전체 영상의 모든 화소에 매칭함으로써 해당 영역에 얼굴 요소가 포함되어 있는지를 판단한다.

OpenCV 라이브러리에서 제공하는 Haar 학습 과정은 아래와 같다.

2.1 훈련 영상 및 Haar 특징 구성

Haar 학습을 위해서는 먼저 훈련 영상을 제작해야 하는데, 훈련 영상은 얼굴의 포함 유무에 따라 얼굴 영상(positive image) 및 배경 영상(negative image)로 구성된다. 또한 사전에 얼굴 영역의 위치가 파악된 테스트 영상을 제작하여 이를 Haar 특징의 훈련 성능을 판단하는 기준으로 사용한다[6].

Haar 특징은 그림 1에서와 같이 에지, 중심, 및 라인을 검출할 수 있도록 다양한 형태의 윈도우로 구성될 수 있는데, 흰색 영역에 존재하는 화소값들의 합과 검은색 영역에 존재하는 화소값들의 합을 구한 후 이들의 차를 특정 문턱값과 비교함으로써 해당 영역에서 얼굴 패턴이 존재하는지를 판단한다[6].

그림 1. (a) 에지, (b) 중심, 및 (c) 라인 Haar 피처의 예

2.2 Haar 학습 과정

Haar 학습 과정은 부스팅(boosting) 및 종속 접속(cascading) 과정으로 구성되는데, 부스팅은 약 분류기(weak classifier)들을 모아서 하나의 강 분류기(strong classifier)를 획득하는 과정이고, 종속 접속은 강 분류기를 여러 단으로 구성하는 과정이다. 부스팅에서는 얼굴 및 배경 영상들로 구성된 훈련 영상에 대하여 Haar 특징들의 매칭 과정을 원하는 얼굴 검출율이 만족될 때까지 반복 수행하여 이를 만족시

키는 Haar 특징들을 선별한다. 이와 같이 선별된 각 Haar 특징을 약 분류기라고 한다[6]. 종속 접속 과정에서는 전체 단의 개수 및 각 단에서의 목표 얼굴 검출율을 설정한 후, 각 단의 목표 얼굴 검출율이 만족될 때 까지 부스팅 과정에서 선별된 Haar 특징을 추가하여 하나의 강 분류기를 훈련시킨다. 이때 전단의 훈련 과정에서 사용되었던 얼굴 영상 및 배경 영상은 현재 단의 훈련 과정에서 제외된다[6].

지금까지 설명한 OpenCV의 얼굴 검출 방법은 기존의 얼굴 검출 방법에 비해 검출 속도 및 검출율 면에서 장점이 있지만, Haar 특징들이 정면을 응시하고 있는 얼굴 영상으로 구성된 훈련 영상에 대하여 훈련되므로, 정면을 응시하지 않는 얼굴로 구성된 영상 및 얼굴 영역에 변화가 발생하는 영상의 경우에는 FD 및 MD의 경우가 빈번히 발생하게 된다.

3. 히스토그램을 이용한 얼굴 검출 알고리즘

OpenCV의 얼굴 검출 기능에서는 정면 얼굴로 이루어진 훈련 영상들에 대하여서만 Haar 특징들을 훈련시키므로 정면 얼굴에서는 얼굴 인식률이 높지만 이외의 경우에는 인식률이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 제안한 알고리즘은 정면 얼굴에 대한 인식률을 유지하면서 측면 얼굴 및 얼굴 영역의 크기 변화에도 얼굴 인식률을 향상시킬 수 있는 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다. 유사한 색상 패턴으로 구성된 물체의 경우 형태가 변형되더라도 색상의 분포 패턴은 유지될 것으로 판단하여[7], 본 논문에서는 히스토그램 패턴 매칭 기법을 이용한다. 즉 얼굴 인식에 실패한 영상 프레임에 대하여 이전 프레임에서 찾아진 얼굴 영역을 히스토그램 매칭 템플릿으로 설정하고, 현재 프레임에서 이 템플릿과 가장 유사한 히스토그램 분포를 갖는 영역을 얼굴 영역으로 선택한다.

3.1 히스토그램 패턴 매칭

영상 처리 분야에서 사용되는 히스토그램 기법은 화소값의 발생 빈도를 그래프로 나타낸 것으로서 실제 영상에 대한 RGB 각 성분의 히스토그램은 그림 2에서와 같이 표현되는데, 여기서 히스토그램의 가로 및 세로축은 각각 화소값 및 이의 발생 빈도를 각각 나타낸다.

크기와 형태가 다른 물체가 비슷한 색상으로 구성

그림 2. (a) 원 영상과 (b) R 성분, (c) G 성분, 및 (d) B 성분에 대한 히스토그램 분포

되어 있다면 이들의 히스토그램의 패턴은 그림 2에서와 같이 서로 유사한 형태를 갖는다. 즉 정면을 바라보지 않는 얼굴, 손을 얼굴에 가져가 형태가 변형된 얼굴, 및 입 벌림 등으로 내부 구성에 변화가 발생한 얼굴의 경우에도 각각의 히스토그램은 유사한 분포를 갖는다.

3.2 제안한 얼굴 검출 기법

OpenCV의 Haar 매칭에서는 정면을 응시하는 얼굴은 정확하게 검출하지만, 이외의 경우에는 FD 및 MD가 빈번히 발생하는 단점이 있다. 본 논문에서는 OpenCV에서 제공하는 얼굴 검출 기능의 이러한 단점을 보완하여 얼굴 검출율을 높일 수 있는 알고리즘을 제안한다.

일반적으로 외부 조명이 급격하게 변하지 않는 환경에서는 각 프레임에서 검출될 얼굴 영역의 히스토그램은 이전 프레임에서 정확하게 검출된 얼굴 영역의 히스토그램과 유사한 분포를 갖는다. 따라서 본 논문에서는 Haar 매칭의 결과 MD 및 FD의 오류가 있을 경우, 이전 프레임에서 구한 얼굴 영역의 히스토그램 패턴을 현재 프레임의 히스토그램 매칭 템플릿으로 설정한 후, 현재 프레임의 각 영역의 히스토그램 패턴과 이전 프레임의 템플릿과의 히스토그램 패턴 매칭을 실시하여 가장 작은 차성분을 갖는 영역을 얼굴 영역으로 검출한다.

제안한 얼굴 검출 방법에서는 OpenCV의 얼굴 검출 과정에서 MD 및 FD로 판정된 경우에 히스토그램 매칭 과정이 적용되는데, 먼저 MD로 판정된 프레임에서는 템플릿으로 설정된 이전 프레임의 얼굴 영역 히스토그램과 유사한 히스토그램 분포 패턴을 갖는

영역을 현재 프레임에서 찾는다. 이는 이전 프레임에서 검출된 얼굴 영역은 형태와 방향이 변경되더라도 현재 프레임에서 존재할 것이라는 가정에 근거한다. 따라서 제안한 얼굴 검출 알고리즘은 OpenCV에서 MD로 판정된 프레임에 대하여 얼굴 검출율을 향상시킬 수 있다.

또한 FD로 판정된 경우에는 잘못 검출된 다수 영역들의 히스토그램을 이전 프레임의 템플릿과 각각 매칭하여 이들 중 유사도가 가장 높은 영역만을 얼굴 영역으로 판정한다. OpenCV의 Haar 매칭에서 얼굴 영역을 검출하지 못한 프레임 및 다수개의 얼굴 영역을 검출한 프레임에 대하여, 제안한 얼굴 검출 알고리즘에서는 히스토그램 매칭 방법을 통해 얼굴 영역을 정확하게 검출함으로써 OpenCV의 Haar 매칭보다 얼굴 검출 성능을 향상시킨다. 지금까지 설명한 제안한 얼굴 검출 방법을 블록도로 표현하면 그림 3에서와 같은데, 이때 FD는 Haar 매칭에 의해 2개

그림 3. 히스토그램 패턴 매칭을 이용한 제안한 얼굴 검출 알고리즘의 블록도

이상의 얼굴 영역이 검출된 것을 의미한다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 실험 환경

제안한 얼굴 검출 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 모의 실험에서는 OpenCV의 Haar 매칭 방법에서 얼굴 검출율의 저하를 초래할 수 있는 상체의 좌우 이동, 얼굴 및 머리로의 손 올림, 혀 내밀, 및 입 벌림 등의 행동을 취하는 장면으로 구성된 VGA급 해상도 806개 프레임의 영상이 사용되었고, 이의 구성은 표 1에서와 같다. 측면 얼굴에 대한 얼굴 검출 성능을 평가하기 위하여 상체가 좌우로 이동되는 장면을 포함시켰고, 얼굴 영역이 확장된 경우를 평가하기 위하여 얼굴과 유사한 색을 가진 손을 얼굴 및 머리로 이동하도록 하였으며, 얼굴형태의 변화를 위해 혀 내밀 및 입 벌림 등의 장면으로 구성하였다. 또한 실험에서는 Intel Core i7 Q720 1.60GHz의 CPU, 4GB의 메모리를 사용하였다.

4.2 실험 결과

본 논문에서 제안한 히스토그램을 이용한 얼굴 인식 알고리즘과 OpenCV에서 제공하는 얼굴 인식 알고리즘을 적용한 결과를 표 2에 나타내었는데, 여기서 CD (correct detection)는 얼굴 영역을 정확하게 찾은 경우를 의미한다. 기존의 방법 및 제안한 방법

표 1. 실험 영상의 프레임 구성

Frame Number	영상 특성
40~118	상체 좌측 이동
145~240	상체 우측 이동
357~461	얼굴로 손 올림
469~522	머리로 손 올림
580~620	혀 내밀
670~718	입 벌림

표 2. 제안한 방법과 OpenCV 알고리즘에 의한 성능 비교

Detection Rate [%]	OpenCV Algorithm	Proposed Algorithm
CD	77.17	85.98
MD	17.0	0
FD	5.83	14.02

은 총 806개의 프레임 중 622개 및 693개 프레임에서 얼굴을 정확하게 검출하여 각각 77% 및 86%의 검출율을 나타내었고, 제안한 방법은 OpenCV의 Haar 매칭 결과 MD의 경우에 히스토그램 매칭 과정을 적용하기 때문에 MD의 경우는 발생하지 않게 된다.

본 논문에서 제안한 얼굴 검출 알고리즘에서는 OpenCV에서 MD 및 FD로 판정된 184 프레임만 히스토그램 패턴 매칭이 추가로 수행되고, 각 얼굴 검출 방법의 검출 시간을 측정하기 위해 CPU의 tick count를 측정하였다. Haar 매칭 과정은 프레임에 따라 31~141 ms로서 프레임 당 평균 64.61ms로 측정되었고, 히스토그램 패턴 매칭은 184 프레임에 대하여 프레임에 따라 15~47ms로서 본 과정이 수행된 프레임에 대하여 평균 22ms, 총 806 프레임에 대하여 프레임 당 평균 5ms가 소요되는 것으로 측정되었다. 즉 제안한 얼굴 검출 알고리즘은 Haar 매칭 과정보다 프레임 당 평균 7.7%의 검출시간이 추가로 필요함을 알 수 있다. 본 실험 결과에 대한 구체적인 내용은 표 III에 나타내었는데 두 방법 모두 동일하게 전체 806개의 프레임 중 77.17%인 622개에서 얼굴 영역을 정확하게 찾았지만, 제안한 방법은 OpenCV의 Haar 매칭에서 MD로 판정된 27개 프레임 및 CD와 FD가 혼재된 44개의 프레임에서 얼굴 영역을 정확하게 검출하였다. 따라서 제안한 얼굴 검출 방법은 기존의 방법보다 71개 프레임에서 얼굴 영역을 정확히 검출하여 8.81%의 개선 효과를 나타내었다. 하지만 기존의 방법에서 MD로 판정한 110개 프레임에 대하여 제안한 방법에서는 FD로 판정하였고, 3개 프레임에 대하여서는 두 방법 모두 FD로 판정하였다.

표 3에 표시된 각 경우에 대한 결과 영상은 그림 4에서 그림 8에 나타내었는데, 그림 4에서 그림 6는 제안한 방법에 의해 검출율이 향상된 경우이고, 그림 7 및 그림 8은 두 방법 모두에서 얼굴 영역을 정확하게 검출하지 못한 경우이다. 검출된 얼굴 영역은 빨간색의 사각형 윈도우로 표시하였다. 그림 4는 기존의 방법의 검출 결과인 MD 경우를 개선한 결과이고 CD와 FD가 혼재된 경우에 대한 제안한 방법의 결과는 그림 5 및 6에 나타내었다. 그림 7에서는 기존의 방법에 의해 MD로 판명된 경우를 제안한 방법에서 FD로 판정하였는데, 이 경우는 해당 프레임 이전의 10개 이상 프레임에서 기존의 방법에 의해 MD로 판정된 프레임들을 제안한 방법의 히스토그램 매칭 방

표 3. 제안한 방법과 OpenCV 알고리즘의 세부 성능 비교

OpenCV Algorithm	Proposed Algorithm	Frame Count	Ratio [%]
CD	CD	622	77.17
MD	CD	27	3.35
CD, FD	CD	44	5.46
MD	FD	110	13.65
FD	FD	3	0.37
Total		806	100

(a)

(b)

(c)

그림 4. (a) 50번째 프레임과 이에 대한 (b) OpenCV (MD) 및 (c) 제안한 방법 (CD)에 의한 얼굴 영역 검출 영상

(a)

(b)

(c)

그림 5. (a) 122번째 프레임과 이에 대한 (b) OpenCV (CD, FD) 및 (c) 제안한 방법 (CD)에 의한 얼굴 영역 검출 영상

(a)

(b)

(c)

그림 6. (a) 608번째 프레임과 이에 대한 (b) OpenCV (CD, FD) 및 (c) 제안한 방법 (CD)에 의한 얼굴 영역 검출 영상

(a)

(b)

(c)

그림 7. (a) 64번째 프레임과 이에 대한 (b) OpenCV (MD) 및 (c) 제안한 방법 (FD)에 의한 얼굴 영역 검출 영상

그림 8. (a) 90번째 프레임과 이에 대한 (b) OpenCV (FD) 및 (c) 제안한 방법 (FD)에 의한 얼굴 영역 검출 영상

법에 의해 CD로 판정하는 과정에서 발생하는 오류 누적에 의해 발생한 것으로 판단된다. 그림 8에서는 두 방법 모두 FD로 판정한 결과를 보여주는데, 이는 해당 프레임의 이전에 존재하는 여러 프레임들이 기존 Haar 매칭에 의해 MD로 판정되었고 제안한 방법에 의해서도 FD로 판정된 경우로서, 이전 프레임들에서 제안한 얼굴 검출 방법에 의해 FD로 판정되는 과정에서 누적된 얼굴 영역 오류에 의한 것으로 판단된다. 지금까지 살펴본 실험 결과로부터 제안한 히스토그램 매칭을 이용한 얼굴 검출 방법은 기존 OpenCV의 Haar 매칭 과정보다 8.81% 정도의 얼굴 검출 성능을 향상시키는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

OpenCV의 얼굴 검출 기능은 정면 얼굴의 경우에는 높은 검출율을 보이지만, 정면 이외의 얼굴에서는 검출율이 떨어지는 단점이 있다. OpenCV의 Haar 매칭에 의해 얼굴 영역을 찾지 못한 경우 및 잘못된 영역을 찾은 경우, 본 논문에서는 히스토그램 패턴 매칭 기법을 통해 얼굴 검출율을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 OpenCV 방법은 77%의 얼굴 검출률을 보인 반면 제안한 방법은 프레임 당 평균 5ms 정도가 소요되는 히스토그램 패턴 매칭 과정에 의해 86%의 얼굴 검출율을 나타냄으로써, 제안한 얼굴 검출 알고리즘의 성능이 우수함을 모의 실험을 통해 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 한동일, 실시간 얼굴 검출 기술 연구 동향, IDEC Newsletter. pp. 8-13, 2011.
- [2] Y.B. Lee and S.H. Lee, "Robust Face Detection Based on Knowledge-Directed Specification

of Bottom-Up Saliency," *Journal of ETRI*, Vol. 33, No. 4, pp. 600-610, Aug. 2011.

- [3] K. Kollreider, H. Fronthaler, and J. Bigun, "Real-Time Face Detection Using Illumination Invariant Features," *Scandinavian Conference on Image Analysis*, pp. 41-50, 2007.
- [4] A. Goshtasby, S.H. Gage, and J.F. Bartholic, "A Two-Stage Cross Correlation Approach to Template Matching," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 6, No. 3, pp. 374-378, 1984.
- [5] H. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection," *IEEE Trans. on Pattern Recognition and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 1, pp. 23-38, 1998.
- [6] G.R. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV*, O'REILLY, Sebastopol CA, 2008.
- [7] J. Ko, J. Ahn, I. Lee, and S. Kim, "A Histogram-based Object Tracking for Mobile Tracking," *Journal of KMMS*, Vol. 15, No. 8, pp. 986-995, Aug. 2012.
- [8] 김진호, "얼굴인식 기술의 상용화 동향," *CCTV 저널*, pp. 62-67, 2013.

권 성 근

1996년 경북대학교 전자공학과
학사
1998년 경북대학교 전자공학과
석사
2002년 경북대학교 전자공학과
박사

2002년~2011년 삼성전자 무선사업부 책임연구원
2011년~현재 경일대학교 전자공학과 조교수
관심분야: 멀티미디어 암호, 모바일 방송, 워터마킹