

에이다부스트 학습을 이용한 문자 데이터 검출 방법

장석우, 변시우*
안양대학교 디지털미디어학과

A Method of Detecting Character Data through a Adaboost Learning Method

Seok-Woo Jang, Siwoo Byun*
Department of Digital Media, Anyang University

요약 입력되는 정지 또는 동영상에 포함된 문자 정보는 영상의 내용을 대표하는 주요한 핵심 정보를 제공할 수 있기 때문에 다양한 종류의 영상 데이터를 분석하여 영상 내에 포함된 문자 영역들을 정확하게 추출하는 작업은 매우 중요하다. 본 논문에서는 입력되는 영상으로부터 MCT 특징과 에이다부스트(Adaboost) 알고리즘을 이용하여 문자 영역만을 정확하게 검출하는 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안된 방법에서는 먼저 입력 영상으로부터 MCT 특징과 에이다부스트 알고리즘을 이용하여 문자의 후보 영역들을 추출한다. 그런 다음, 기하학적인 특징을 활용하여 추출된 문자의 후보 영역들로부터 비 문자 영역들을 제외하고 실제적인 문제 영역들만을 검출한다. 실험 결과에서는 제안된 방법이 입력되는 다양한 영상으로부터 기존의 방법보다 문자 영역들을 2.1% 보다 강인하게 추출한다는 것을 보여준다. 본 논문에서 제안된 문자 영역 검출 방법은 상점의 간판 인식, 자동차의 번호판 인식 등과 같은 멀티미디어 및 영상 처리와 관련된 실제 응용 분야에서 매우 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

Abstract It is a very important task to extract character regions contained in various input color images, because characters can provide significant information representing the content of an image. In this paper, we propose a new method for extracting character regions from various input images using MCT features and an AdaBoost algorithm. Using geometric features, the method extracts actual character regions by filtering out non-character regions from among candidate regions. Experimental results show that the suggested algorithm accurately extracts character regions from input images. We expect the suggested algorithm will be useful in multimedia and image processing-related applications, such as store signboard detection and car license plate recognition.

Keywords : Character extraction, Evaluation, Feature, Learning algorithm, Performance

1. 서론

최근 들어, 하드웨어와 소프트웨어의 눈부신 발전으로 인해 스마트폰, CCTV, 블랙박스, 드론(drone), 인공위성, 그리고 디지털 카메라 등에서 수집되는 다양한 종류의 영상 데이터의 양이 기하급수적으로 증가하고 있

다. 일반적으로 영상 빅 데이터는 기존의 정형화되어 있는 자료를 분석하는 대신 그동안 제대로 분석되지 못하고 있었던 이런 종류의 비정형 영상 데이터를 분석하여 의미 있는 정보를 추출함으로써 새로운 가치를 발굴하고자 하는 차세대의 신기술로 인식되고 있다[1-5].

다양한 종류의 영상 데이터를 분석하여 영상 내에 포

*Corresponding Author : Siwoo Byun(Anyang Univ.)

Tel: +82-31-467-0922 email: swbyun@anyang.ac.kr

Received June 26, 2017

Revised July 6, 2017

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

함된 문자 영역만을 추출하는 작업은 매우 중요하다 [6][8]. 왜냐하면 영상에 포함된 문자는 영상의 의미를 대표하는 주요한 핵심 정보를 제공할 수 있기 때문이다. 이런 문자 추출 분야 중에서 영상 분석을 이용한 자동차의 번호판 추출은 특히 중요한데, 주차장의 출입 관제, 그리고 도로에서의 과속 차량 단속 등을 위해서는 반드시 필요한 작업이다[8].

다양한 종류의 입력 영상으로부터 문자 영역만을 자동으로 추출하는 기존의 연구는 관련된 참고문헌에서 찾아볼 수 있다. [9]에서는 $N \times N$ 크기의 정방형 블록 단위로 입력 영상을 분할한 다음, 문자가 존재하는 영역에서는 가로 또는 세로 방향의 고주파 요소가 상대적으로 크다는 특징을 이용하여 문자 영역들을 추출하였다. [10]에서는 채도(Saturation) 데이터를 사용하고, 배경 영역과 문자 영역 사이의 색상 천이지도(transition map)를 작성하여 입력 영상으로부터 문자 영역을 검출하였다. [11]에서는 고정된 카메라로 촬영된 그레이(gray) 영상으로부터 움직임에 이용하여 물체를 감지하고 추적함으로써 전방에 위치한 차량이나 이륜차의 번호판을 검출하였다. [12-13]에서는 영상으로부터 노란색 또는 녹색의 색상 정보를 이용하여 자동차의 번호판 영역을 검출하였다. 그러나 이 방법은 배경이 비교적 단순한 영상이어야 한다는 단점이 존재한다. 위에서 기술한 방법들 이외에도 문자 영역 추출에 관련된 많은 방법들이 계속해서 관련 문헌에 소개되고 있다.

위에서 기술한 기존의 문자 영역 검출 방법들도 어느 정도는 정확하게 문자 영역들을 검출할 수는 있다. 그러나 사전에 정해진 일정한 주변 환경에서만 어느 정도 그 정확성을 보장할 수 있다는 제약사항(constraint)이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 MCT 특징과 에이다부스트(Adaboost: adaptive boosting) 알고리즘을 이용하여 입력 영상으로부터 문자 영역만을 강인하게 검출해 내는 새로운 알고리즘을 제안한다. 아래 Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 문자 영역 검출 방법의 전체적인 개요도를 보여준다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 제안된 방법에서는 먼저 입력된 영상으로부터 MCT 특징과 에이다부스트 학습 알고리즘을 이용하여 입력된 영상으로부터 문자의 후보 영역들을 추출한다. 그런 다음, 추출된 후보 문자 영역들을 기하학적인 정보를 이용하여 필터링함으로써 비 문자

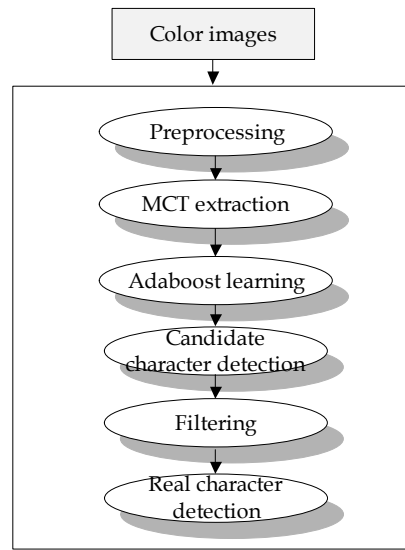


Fig. 1. Flowchart of the suggested algorithm

영역들을 제외하고 실제적인 문자 영역들만을 강인하게 검출한다.

1장에서는 본 연구를 수행하게 된 개요에 대해 설명하였다. 2장에서는 문자의 후보 영역들을 추출하는 방법에 대해 기술한다. 3장에서는 검증을 통해 후보 문자 영역 중에서 비 문자 영역을 제외하고 실제 문자 영역만을 선택하는 방법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 제안된 문자 영역 검출 방법의 성능을 비교 평가하기 위한 실험결과를 보이며, 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 기술한다.

2. 후보 문자 영역 추출

본 논문에서는 MCT(Modified Census Transform) 특징[14-15]과 에이다부스트(Adaboost) 학습 알고리즘[16]을 이용하여 입력된 영상으로부터 문자의 후보 영역들을 추출한다.

먼저, MCT 특징은 지역 구조 특징(local structure feature)으로서 0과 1의 바이너리 정보로 표현된다. 다시 말해, MCT 특징은 특정한 위치의 화소(pixel)와 주변에 인접해 있는 화소들 사이의 관계를 표현한다. 일반적으로, MCT 특징은 일정한 위치에 있는 화소 값 자체를 그대로 사용하는 대신, 주변에 위치한 화소 값들 사이의 상관관계를 일정한 패턴으로 표현하므로 조명의 변화에 강

인하다. 그리고 계산이 비교적 간단하므로 얼굴 검출과 같은 영상처리 응용 분야에서 검출율이 상대적으로 높으며, 수행 시간도 빠른 편이다.

본 논문에서 3×3 커널(kernel)을 이용하는 MCT 특징은 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$I(x) = \otimes_{y \in n} \zeta(\overline{I(x)}, I(y)) \quad (1)$$

위의 식 (1)에서 $I(x)$ 는 x 의 화소 값을 나타내고, $\overline{I(x)}$ 는 커널 내에 위치한 화소들의 평균 화소 값을 나타낸다. n' 은 커널의 중심과 인접한 화소들의 집합을 나타낸다. $\zeta()$ 는 비교 함수로서 $I(y)$ 가 평균 화소 값 보다 크면 1을 출력하고, 그렇지 않으면 0을 출력한다. 그리고 \otimes 는 10진수 변환 연산자로서 비교 함수 $\zeta()$ 의 결과로 나오는 아홉 자리의 2진수 배열을 10진수로 변경해 준다. 따라서 본 논문에서 사용하는 MCT 특징은 0에서 511까지의 범위를 갖는다. Fig. 2는 MCT 변환의 예를 그림으로 보여준다.

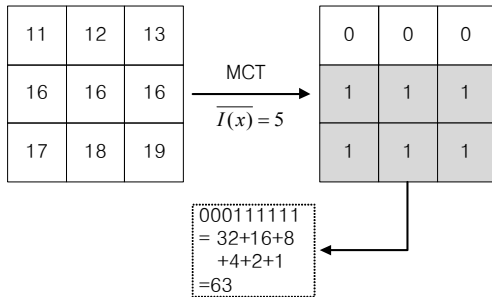


Fig. 2. MCT feature extraction

다음으로는 이전 단계에서 추출한 MCT 특징을 에이다부스트 학습기로 생성한 문자 검출 분류기에 입력시켜서 영상에서 문자 영역의 후보 영역들을 검출한다. 에이다부스트 학습은 부스팅(boosting)의 한 방법으로 분류 성능이 떨어지는 여러 개의 약한 분류기(weak learner)들을 조합하여 분류 성능이 좋은 하나의 강한 분류기(strong learner)를 구축하는 알고리즘을 의미한다. 보통 약한 분류기는 분류 정확도가 50% 이상인 분류기를 말하고, 강한 분류기는 매우 작은 분류 오류를 가지는 분류기를 말한다.

일반적으로 에이다부스트 알고리즘은 구현이 비교적 간편하고 속도가 빠르므로 영상처리 및 패턴인식 분야에

서 널리 사용되고 있다[17]. 그리고 이 알고리즘은 그 성능을 보다 개선시키기 위하여 다른 종류의 학습 알고리즘과 결합되어 이용될 수 있다는 장점도 가지고 있다.

에이다부스트 학습 알고리즘은 학습된 가설의 오류율에 따라 원래의 데이터로부터 집합을 생성한 후, 이를 사용하여 다시 새로운 가설을 학습하고 학습된 가설들로부터 데이터 집합을 구성한다. 그리고 가설을 학습하고 가설의 오류에 따라 가설이 옳게 예측한 데이터의 가중치는 줄이고 잘못 예측한 데이터의 가중치는 증가시킴으로써 분류하기 어려운 데이터에 집중한다. 에이다부스트 알고리즘은 실제에 있어 이론적인 오류 상한 값보다 적은 학습 오류를 나타내며, 일반화 오류 역시 학습 오류와 함께 감소한다는 장점을 가진다. Table 1은 에이다부스트 알고리즘의 수도코드(pseudo-code)를 보여준다.

Table 1. Adaboost algorithm

Input: Learning set $X = \{(x_1, t_1), (x_2, t_2), \dots, (x_N, t_N)\}$ Output: classifier ensemble $C = \{(c_k, \alpha_k), 1 \leq k \leq K\}$
<pre> C = ∅; for (j=1 to N) w_j = 1/N; for (k=1 to K) { Learn c_k considering w₁, w₂, ..., w_N ε = 0; for (j=1 to N) if (c_k(x_j) ≠ t_j) ε = ε + w_j; if (ε < 0.5) α_k = 1/2 × log((1-ε)/ε) for (j=1 to N) if (c_k(x_j) ≠ t_j) w_j = w_j × e^{α_k} else w_j = w_j × e^{-α_k}; Normalize w_j so that sum of w₁, w₂, ..., w_N should be 1 C = C ∪ (c_k, α_k); } else { c_k = Nil; C = C ∪ (c_k, 0); } </pre>

Table 1에서 N 은 샘플의 개수를 의미하고, w_j 는 j 번째 샘플의 가중치를 나타내며, K 는 분류기의 개수를 나타낸다. c_k 는 k 번째 분류기를 나타내고, ϵ 는 오류를 의미하며, α_k 는 분류기 c_k 의 신뢰도를 나타낸다. 에이다부스트 알고리즘의 특징은 분류기들이 상호 보완적이라는 데에서 찾을 수 있다. 다시 말해, c_k 의 약점을 c_{k+1} 이 보완해 주는 것이다.

3. 검증을 통한 실제 문자 추출

본 논문에서는 이전 단계에서 에이다부스트 학습 알고리즘을 사용하여 추출한 문자의 후보 영역들을 기하학적인 특징들을 사용하여 검증함으로써 최종적인 문자 영역들만을 검출한다.

에이다부스트 알고리즘을 이용하여 검출한 문자의 후보 영역들을 나타내는 사각형들은 실제 문자 영역이 존재하는 부근에서 집중적으로 나타난다. 따라서 본 논문에서는 먼저 사각형의 위치와 크기별로 그룹핑(grouping)을 수행한 다음, 각 그룹에서 평균 사각형 위치와 평균 사각형 크기에 가장 유사한 사각형을 문자의 대표 후보 영역으로 판단한다.

그런 다음, 검출된 문자 후보 영역이 원래 존재하는 문자 영역 전체를 모두 포함하지 않을 경우를 고려하여, 일정한 길이 k만큼 후보 영역의 가로와 세로의 길이를 확장한다. 본 논문에서는 k를 문자 후보 영역 높이의 1/2로 설정하였다.

다음으로는 확장된 문자의 후보 영역들에 대해서 Otsu가 제안한 적응적인 알고리즘을 이용하여 이진화(binartization)를 수행한다. 이때 번호판 영역과 같이 문자의 후보 영역에서 글자에 해당하는 부분을 제외한 배경 부분은 일반적으로 글자에 비해 밝은 색을 포함하고 있으므로 이진화에 사용되는 임계값(threshold)은 문자 후보 영역의 평균적인 화소 값보다는 높은 값을 사용한다.

그리고 이진화된 문자의 후보 영역들에 대해 레이블링(labeling)을 수행하고, 레이블링된 영역의 크기가 너무 작거나 자동차 번호판의 비율에 맞지 않다면 문자 후보 영역에서 제거한다. 그런 다음, 레이블링이 수행된 영역에서 코너(corner) 점을 검출하고, 추출된 코너점 중에서 가장 외곽에 위치한 4개의 꼭지점을 선택한다.

본 논문에서는 코너 점을 추출하기 위해서 영국 캠브리지 대학의 Edward Rosten이 제안한 빠른 코너 추출 알고리즘인 FAST를 사용하였다[18]. FAST는 이름에서도 알 수 있듯이 빠른 속도를 추구하는 특징점 추출 방법이다. 그리고 FAST가 뛰어난 점은 FAST가 속도에 최적화되어 설계된 알고리즘임에도 불구하고 품질 또한 기존의 방법들을 상회한다는 점에 있다. FAST 알고리즘의 기본적인 처리 과정은 Fig. 3과 같이 표현될 수 있다.

FAST 알고리즘은 그림 3과 같이 3가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 빠른 속도로 코너의 후보를 정

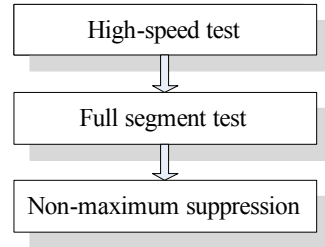


Fig. 3. FAST algorithm

하는 단계이다. 이 단계에서는 한 점 P에 대해 주변에 있는 점들과 얼마나 차이가 있는지를 확인하는 작업이다. 두 번째 단계에서는 후보 코너가 된 모든 점들에 대해 밝기 차이를 조사한다. 다시 말해, 후보 코너 점 P에 대해 점 P를 중심으로 하는 반지름 3인 원 상의 16개의 화소 값을 보고 판단한다. 즉, P 주변에 위치한 점들과의 밝기 차이를 조사하여 어둡거나 밝은 점이 k개 이상이면 점 P를 코너로 판단한다.

세 번째 단계에서는 점 P를 중심으로 3×3 마스크를 씌워 그 범위 내에서 가장 차이가 많이 나는 점을 선택하여 최종 코너로 선택한다. 다시 말해, FAST 코너의 한 가지 문제점은 어떤 점 P가 코너 점으로 인식되면 P와 인접한 주변 점들도 같이 코너 점으로 검출되는 경우가 많다. 따라서 FAST에서는 이 문제를 해결하기 위해 추가적인 후처리 단계인 세 번째 단계를 적용한다.

그런 다음, 꼭지점이 검출된 문자의 후보 영역에 대해 번호판의 왼쪽 면과 오른쪽 면의 길이를 식 (2)와 같이 비교하여 최종적으로 번호판을 검증한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{IF } (|Len_l - Len_r| < (Len_l + Len_r) \cdot 0.2) \text{ THEN} \\
 & \quad R_i \text{ is a character region} \\
 & \text{ELSE} \\
 & \quad R_i \text{ is a non-character region}
 \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)에서 Len_l 은 후보 영역을 나타내는 사각형의 왼쪽 변의 길이를 나타내고, Len_r 은 사각형의 오른쪽 변의 길이를 나타낸다. 그리고 R_i 는 i 번째 후보 문자 영역을 의미한다.

4. 실험 결과

본 논문에서 실험을 위해서 사용한 컴퓨터는 인텔

Core(TM) i7 2.93Ghz의 CPU와 8GB의 메인 메모리로 구성되어 있으며, 윈도우 7 운영체제(OS)를 이용하였다. 그리고 마이크로소프트의 비주얼 스튜디오(Visual Studio)와 OpenCV 오픈 라이브러리를 이용하여 제안된 알고리즘을 구현하였다. 본 논문에서는 제안된 알고리즘의 성능을 비교 평가하기 위해서 문자 영역들이 포함된 여러 가지 종류의 테스트 영상들을 수집하여 활용하였다.

Fig. 4는 본 논문의 실험에서 MCT 특징 추출과 에이다부스트 학습을 위해서 사용한 자동차 번호판이 포함된 학습 영상과 번호판을 포함하지 않은 배경 영상의 예를 나타낸다. 본 논문에서는 307개의 번호판 영상과 2,736개의 배경 영상들을 이용하여 학습을 진행하였다.

Fig. 5는 테스트 영상으로부터 추출한 자동차 번호판의 후보 영역들에 대해 레이블링을 수행한 결과 영상의 예를 보여준다. 그리고 Fig. 6은 후보 영역들의 필터링을 통해서 비 문자 영역을 제외하고 최종적으로 검출한 자동차의 번호판 영역들을 보여준다. Fig. 6에서 녹색의 사각형은 검출된 문자 영역의 후보 영역들을 나타내고, 파란색의 사각형은 필터링을 통해서 선택된 실제 문자 영역을 나타낸다. 그리고 빨간색의 사각형은 영상 보정을 통해 최종적으로 추출한 자동차 번호판의 문자 영역을 나타낸다.

본 논문에서는 제안된 자동차 번호판 영역 추출 방법의 성능을 정량적으로 비교 평가하기 위해서 비 문자 영역을 포함하지 않은 정확하게 추출된 문자 영역들과 영상에 존재하는 전체 문자 영역들과의 비율을 백분율(%)로 표시한 식 (3)과 같은 정확도 척도를 사용하였다. 식 (3)에서 $N_{detected}$ 는 제안된 알고리즘을 이용하여 정확하게 검출한 문자 영역들의 개수를 나타내고, $N_{existing}$ 은 테스트 영상에 존재하는 문자 영역들의 전체 개수를 나타낸다.

$$Accuracy = \frac{N_{detected}}{N_{existing}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Fig. 7은 식 (3)을 통해서 획득한 문자 영역 추출 알고리즘의 정확도 측면의 성능 비교 결과를 그래프로 나타내고 있다. Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 제안된 알고리즘을 이용한 방법이 보다 정확하게 문자 영역을 검출한다는 것을 확인할 수 있었다. 다시 말해, 고주파 요소를 활용하는 길감 정보를 이용한 기존의 방법은 배경과 문자 영역 사이의 이진화가 적절히 수행되지 않아 문자 영

역의 오 검출이 많이 발생하였다. 그러나 제안된 방법은 MCT 특징과 에이다부스트 알고리즘을 이용하였고, 기하학적인 특징을 사용하여 후보 영역을 효과적으로 필터링하였으므로 보다 정확하게 문자 영역들을 검출할 수 있었다.

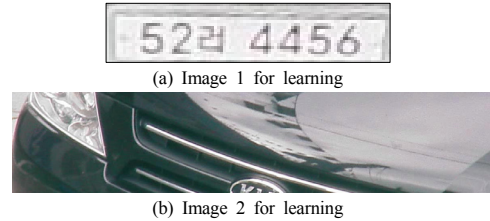


Fig. 4. Input images for learning

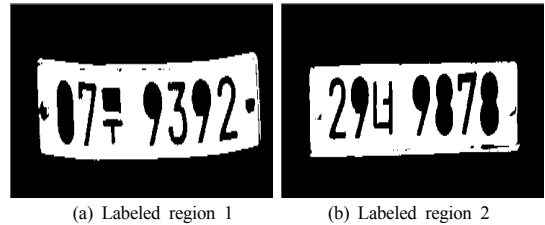


Fig. 5. Labeled regions

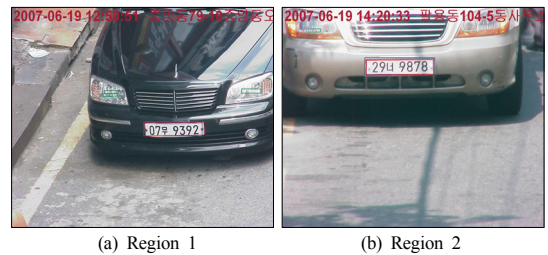


Fig. 6. Detected character regions

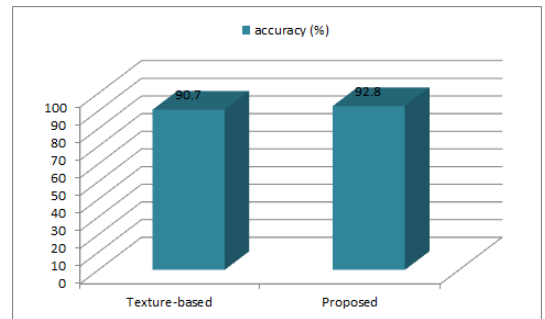


Fig. 7. Performance evaluation

5. 결론

최근 들어, 입력된 실내의 영상을 분석한 다음 자동차 번호판과 같이 영상 내에 포함된 문자 영역들만을 강인하게 분할해 내는 연구에 대한 필요성이 점점 더 증가하고 있다.

본 논문에서는 MCT 특징과 에이다부스트 알고리즘을 이용하여 다양한 입력 영상으로부터 배경 영역을 제외하고 문자 영역들만을 강인하게 검출하는 새로운 방법을 제안하였다. 이를 위해, 먼저 문자의 후보 영역들을 MCT 특징과 에이다부스트 학습 알고리즘을 사용하여 추출하였다. 그런 다음, 추출된 문자의 후보 영역들을 기하학적인 특징을 사용해 필터링함으로써 비 문자 영역들을 제외하고 실제적인 문자 영역들만을 강인하게 검출하였다. 실험을 통해 제안된 방법은 기존의 방법에 비해 보다 정확하게 문자 영역들을 검출함을 확인할 수 있었다.

향후에는 본 논문에서 제안된 문자 영역 검출 방법을 보다 다양한 종류의 실내의 입력 영상들에 적용하여 제안된 알고리즘의 성능을 보다 다양한 환경에서 비교 평가할 계획이다. 그리고 현재까지 진행된 문자 영역 검출 알고리즘에 문자 인식(recognition) 모듈을 추가할 예정이다.

References

- [1] J.-G. Ko, Y.-S. Bae, J.-Y. Park, and K. Park, "Technologies Trends in Image Big Data Analysis," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 29, no. 4, pp. 21-29, Aug. 2014.
- [2] Sang-Hyun Kim, Gil-Ja So, "Block Based Extraction of Excessive Disparity Regions Using Automatic Binarization," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 5, no. 4, pp. 91-100, Aug. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.08.56>
- [3] Inkyu Jeong, Jongmyon Kim, "Optimal Design Space Exploration of Multi-core Architecture for Real-time Lane Detection Algorithm," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 7, no. 3, pp. 339-349, Mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2017.03.36>
- [4] Young-Jung Yu, Seong-Ho Park, Sang-Ho Moon, Yeon-Jun Choi, "A Study on Face Contour Line Extraction using Adaptive Skin Color," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 7, no. 3, pp. 383-391, Mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2017.03.66>
- [5] Gil-Ja So, Sang-Hyun Kim, "The Research of Depth Discontinuity Detection Using Adaptive DIP," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 5, no. 3, pp. 37-46, June 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.06.26>
- [6] S.-W. Jang, K.-J. Ahn, and G.-Y. Kim, "Robust Caption Segmentation Using DCT Coefficients and Edges," *Journal of Korean Institute of Next Generation Computing*, vol. 11, no. 3, pp. 63-72, June 2015.
- [7] Jongil Baek, Kyoungtaek Song, Wonkyun Choi, Khiguen Yu, Pilwoo Lee, Hanjin In, Cheoljung Kim, Kwangsoo Yeo, Soonseok Kim, "Study for the Pseudonymization Technique of Medical Image Data," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 6, no. 6, pp. 103-110, June 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.06.28>
- [8] K. Lim, H. Byun, and Y. Choi, "Vehicle License Plate Detection in Road Images," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 43, no. 2, pp. 186-195, February 2016. DOI: <https://doi.org/10.5626/jok.2016.43.2.186>
- [9] X. Qian, G. Liu, H. Wang, and R. Su, "Text Detection, Localization, and Tracking in Compressed Video," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 22, no. 9, pp. 752-768, October 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.image.2007.06.005>
- [10] W. Kim and C. Kim, "A New Approach for Overlay Text Detection and Extraction from Complex Video Scene," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 18, no. 2, pp. 401-411, Feb. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIP.2008.2008225>
- [11] H. Lee, S. Chen, and S. Wang, "Extraction and recognition of license plates of motorcycles and vehicles," *In Proc. of the 17th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, pp. 356-359, Aug. 2004.
- [12] K. Deb and K. Jo, "HSI Color-based Vehicle License Plate Detection," *In Proc. of the International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 687-691, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1109/iccas.2008.4694589>
- [13] Shin-Sim Kang, Hyun-Sug Cho, Jea-Yong Lee, "Development of the Ordering System by CMOS," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 6, no. 4, pp. 63-71, Apr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.04.39>
- [14] B. Froba and A. Ernst, "Face Detection with the Modified Census Transform," *In Proc. of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 91-96, May 2004. DOI: <https://doi.org/10.1109/afgr.2004.1301514>
- [15] H.-W. Jo and B. Moon, "A Modified Census Transform Using the Representative Intensity Values," *In Proc. of the International SoC Design Conference (ISOC)*, pp. 309-310, Nov. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/isoc.2015.7401711>
- [16] C. Gao, P. Li, Y. Zhang, J. Liu, and L. Wang, "People Counting Based on Head Detection Combining Adaboost

and CNN in Crowded Surveillance Environment," *Neurocomputing*, vol. 208, pp. 108-116, Oct. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.01.097>

- [17] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features," *In Proc. of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 511-518, Dec. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2001.990517>
- [18] E. Rosten and T. Drummond, "Machine Learning for High-Speed Corner Detection," *In Proc. of the European Conference on Computer Vision*, pp. 430-443, May 2006.
DOI: https://doi.org/10.1007/11744023_34

장 석 우(Seok-Woo Jang)

[정회원]



- 1995년 2월 : 숭실대학교 전자계학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 안양대학교 디지털미디어학과 교수

<관심분야>

로봇비전, 증강현실, HCI, 비디오 색인 및 검색, 등

변 시 우(Siwoo Byun)

[정회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 이과대학 전산학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1999년 8월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 안양대학교 디지털미디어학과 교수

<관심분야>

데이터베이스, 저장장치, 임베디드 시스템, 영상처리 등