

# 원격 자동 검침을 위한 효과적인 계량기 숫자 분할

보반 토안<sup>†</sup>, 정선태<sup>\*\*</sup>, 조성원<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

최근 들어, 기존 계량기에서의 원격 자동 검침을 지원하기 위한 영상 기반 계량기 데이터 숫자 인식에 대한 관심이 증대되고 있다. 성공적인 숫자 인식을 달성하는 데 숫자 분할은 매우 중요한 과정이다. 본 논문에서는 다양한 조명하의 다양한 계량기들에 대해서 잘 수행되는 효과적인 계량기 숫자 분할 방법을 제안한다. 제안된 계량기 숫자 분할 방법은 먼저 계량기 전체 숫자 영역을 정교한 관심영역으로 검출하고, 이후 검출된 관심영역에서 각 숫자를 분할하는 2단계로 구성된다. 정교한 관심영역 검출은 조명 개선 전처리 후에 수평 라인 세그먼트를 이용한 개략적 관심영역 추출, 이진화후 수직 및 수평 투영을 이용한 클리핑을 통한 개략 관심영역 정교화 등의 과정으로 처리된다. 검출된 관심영역에서의 숫자 분할은 '숫자 구역 수직 분할' 및 '수직 분할된 각 숫자 구역에서의 숫자 분할' 등의 2개 과정을 통해 안정적으로 분할되도록 처리된다. 저대비, 저저도, 음영, 포화 등 다양한 조명 환경하의 다양한 계량기 종류에 대해 직접 촬영하여 자체 제작한 계량기 이미지 데이터베이스에 기반한 실험을 통해 본 논문에서 제안한 숫자 분할 방법을 평가하고, 제안 방법이 다양한 조명 환경하의 다양한 계량기 타입에 대해서 계량기 숫자를 효과적으로 잘 분할함을 확인하였다.

## An Efficient Numeric Character Segmentation of Metering Devices for Remote Automatic Meter Reading

Vo Van Toan<sup>†</sup>, Sun-Tae Chung<sup>\*\*</sup>, Seongwon Cho<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Recently, in order to support automatic meter reading for conventional metering devices, an image processing-based approach of recognizing the number meter data in the captured meter images has attracted many researchers' interests. Numerical character segmentation is a very critical process for successful recognition. In this paper, we propose an efficient numeric character segmentation method which can segment numeric characters well for any metering device types under diverse illumination environments. The proposed method consists of two consecutive stages: detection of number area containing all numbers as a tight ROI(Region of Interest) and segmentation of numerical characters in the ROI. Detection of tight ROI is achieved in two steps: extraction of rough ROI by utilizing horizontal line segments after illumination enhancement preprocessing, and making the rough ROI more tight through clipping utilizing vertical and horizontal projection about binarized ROI. Numerical character segmentation in the detected ROI is stably achieved in two processes of 'vertical segmentation of each number region' and 'number segmentation in the each vertical segmented number region'. Through the experiments about a homegrown meter image database containing various meter type images of low contrast, low intensity, shadow, and saturation, it is shown that the proposed numeric character segmentation method performs effectively well for any metering device types under diverse illumination environments.

**Key words:** AMR, Numeric Character Segmentation, Image Segmentation

※ 교신저자(Corresponding Author): 정선태, 주소: 서울 시 동작구 상도로 369 (156-743), 전화: 02)820-0638, FAX : 02)821-7653, E-mail : cst@ssu.ac.kr

접수일: 2012년 2월 10일, 수정일: 2012년 3월 16일

완료일: 2012년 4월 16일

<sup>†</sup> 준회원, 숭실대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정 (E-mail: vvtoan@ssu.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

<sup>\*\*\*</sup> 정회원, 홍익대학교 전자전기공학부 교수 (E-mail: swcho@hongik.ac.kr)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 및 2010학년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 1. 서 론

최근 에너지 절약은 전 지구적 관심사가 되고 있으며, 스마트 그리드와 같은 에너지 절약 시스템의 핵심 요소인 원격 자동 검침 시스템에 대한 연구 및 개발이 활발하다[1]. 원격 자동 검침 시스템은 계량기(전력계량기, 수도계량기, 가스계량기, 열 계량기 등)의 계량 숫자 값을 읽어 서버에 전송하여 실시간으로 사용량을 분석하여 사용량 제어 등을 통해 에너지 절약에 기여한다.

현재 대부분의 원격 자동 검침 시스템은 새로운 전자식 계량기를 사용하는 데, 전자식 계량기는 측정된 계량 값을 디지털로 읽어 서버에 전송한다. 그런데, 기존 계량기들은 디지털 계량 값을 읽는 것이 지원되지 않거나, 디지털 계량 값을 전송하는 모듈이 지원되지 않는다. 기존 계량기들은 프린트휠 타입이나 7 세그먼트 LCD 타입으로 계량 숫자를 표시한다(그림 1 참조). 물론 아날로그 바늘로도 표시하는 기존 계량기도 있지만 본 논문에서는 고려하지 않는다.

계량기의 영상 기반 계량 숫자 분할 및 인식에 대한 구체적인 연구 결과는 현재까지 많이 보고되어 있지 않다[2-8]. 상기 관련 연구들 모두 일부 계량기 타입에 대해 숫자 분할 및 인식에 대한 연구 결과를 소개하고 있으나 그 과정이 자세하게 기술되어 있지 않고, [8]을 제외하고는 해당 계량기 타입에 대해서도 매우 적은 영상 데이터에 대한 실험 결과만을 보고하고 있다. [8]의 경우도, 실험에 사용된 영상 데이터가 어떤 조명 환경의 이미지들인가에 대한 설명이 없어 [8]의 제안 방법이 다양한 환경에서 얼마나 효과적으로 수행되는지 알기 어렵다.

계량기의 영상 기반 계량 숫자 인식은 보통 다음과 같은 3 단계로 이루어진다.

- 1) 계량기의 계량기 숫자 영역 부분 검출, 2) 계량

기 숫자 분할, 3) 계량기 숫자 인식.

이와 같은 기본 처리 단계는 차량 번호판 인식 단계[9,10,11]와 매우 유사하다고 볼 수 있다. 그러나 계량기 숫자 인식은 많은 부분에서 차량 번호판 인식과 다른 특징적 환경을 갖는다.

첫째, 계량기들의 설치 환경은 다양하고 경우에 따라 열악한 조명 환경을 갖는다. 또한, 계량기들은 표면이 보통 유리나 투명 플라스틱으로 덮여 있어 표면으로부터의 반사가 나타날 수 있고 표면에 덮인 먼지 등으로 계량 숫자 이미지에는 음영 또는 잡음이 나타날 수 있다. 경우에 따라 획득한 계량기 영상 이미지들에서 차량 번호판 이미지들에 비해 더 불균일한 조명, 숫자와 기타 영역간의 더 낮은 조도 대비, 더 심한 음영 및 포화 등이 나타날 수 있다, 둘째, 계량기의 숫자가 프린트휠을 이용하여 표시되는 경우에 프린트휠의 노화로 각 프린트휠이 동일하게 동작하지 못해 해당 숫자 구역에 하나만의 숫자가 계기판에 표시되지 못하고 2개의 숫자가 부분적으로 같이 나타나거나(그림 1(a) 마지막 숫자부분) 또는 각 숫자가 동일한 수직 위치로 나타나지 않을 수도 있다(그림 1(a)의 첫 번째 숫자와 5번째 숫자의 수직 위치 비교). 이는 문자 및 숫자가 고정 위치에 하나씩만 나타나는 차량 번호판의 경우와는 매우 다른 특징이다. 셋째, 계량기의 숫자 표시 방법이 다양하고, 숫자 영역 근방에 여러 기호, 심볼, 문자 등이 존재하며, 숫자의 경우 숫자간 분리지대 부분(그림 1(c)의 경우)이 존재할 수 있다. 이러한 존재들은 영상 처리에 있어서 오동작의 요인들이 된다. 예를 들어 차량 번호판 추출을 위한 라인 추출에 성공적으로 적용되고 있는 허프변환의 경우, 조밀한 텍스트가 존재하는 계량기 이미지에서의 수평 라인 세그먼트 추출에 많은 오동작을 초래할 수 있다. 또한 차량 번호판 추출에 효과적으로 사용되었던 수평 및 수직 투영 기법의

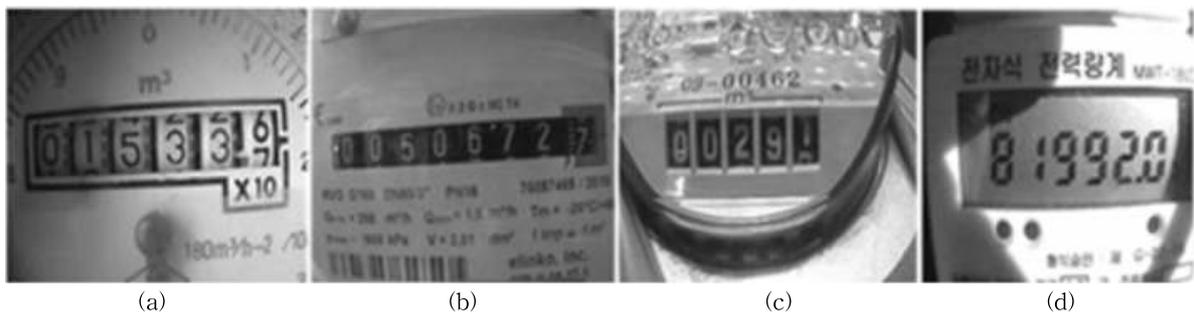


그림 1. 현재 사용되고 있는 계량기 종류들

단순한 적용은 텍스트 정보가 많은 계량기 이미지에서의 숫자 영역 추출에 효과적이지 못하다. 넷째, 계량기의 계량 숫자 폰트, 크기, 총 사용 숫자 개수 등의 경우가 차량 번호판의 경우보다 다양하다.

제안된 계량기 숫자 분할 방법은 1)계량기 전체 숫자 영역을 정교하게 관심영역으로 검출하고, 2)관심영역에서 각 숫자를 분할하는 2단계로 이루어진다.

숫자 영역 검출 및 숫자 분할이 다양한 조명 환경에서도 효과적으로 적용될 수 있도록 각 단계 각 세부 과정에서 환경 영향에 강인한 처리 기법을 도입하거나 개발하였다.

정교한 관심영역 검출은 먼저 레티넥스 연산을 통한 조명 개선 전처리를 통해 보다 균일한 조명을 나타내는 이미지를 얻은 후에, 다양한 조명 및 복잡한 텍스트에서도 신속하고 정확하게 라인 세그먼트를 찾아 주는 LSD 알고리즘을 이용하여 개략적 관심영역을 구한다. 이후 우수한 성능의 지역 에지 기반 문턱치 기법에 의한 이진화를 수행한 후에, 관심영역 이진화 이미지에 수평 및 수직 투영을 이용한 수직 및 수평 클리핑을 통해 보다 정교한 관심영역을 검출해낸다.

검출한 관심영역에서 각 숫자를 분할하는 절차는 크게 ①숫자 구역 수직 분할, ②수직 분할된 숫자 구역에서의 숫자 분할, 등의 2단계 과정으로 처리된다. 수직 분할은 전방 화소의 수직 투영을 통해 수행된다. 그러나 수직 투영으로 결정된 수직 분할 세그먼트가 숫자를 포함한 올바른 세그먼트가 아닐 수도 있기 때문에 각 세그먼트의 너비와 각 인접 세그먼트 간의 거리를 이용하여 잘못 추출된 세그먼트를 제거하거나, 병합하고 너비를 조정하여 올바른 세그먼트가 추출되도록 처리된다. 수직 분할된 숫자 구역에서의 숫자 분할은 먼저 각 숫자구역에서 전경 화소 정정 및 연결 요소 분석을 통해 전경 블롭들을 구해낸 후 전경 블롭이 2개 이상 추출되면 전경 블롭의 위치 정보를 이용하여 해당 수직 분할 세그먼트에서 하나의 전경 블롭만을 결정하고 최소 사각형으로 숫자를 분할한다.

본 논문 제안 방법에 의한 숫자 분할이 효과적으로 잘 동작함은 다양한 조명하의 다양한 계량기 종류에 대해 직접 촬영하여 자체 제작한 계량기 이미지 DB를 통한 실험을 통해 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2절에서는 본

논문에서 제안한 숫자 영역 검출 방법이, 제3절에서는 제안한 숫자 분할 방법이 자세히 설명된다. 제4절에서는 실험 결과 및 평가가 마지막으로 제5절에는 결론이 기술된다.

## 2. 숫자 영역 검출

### 2.1 숫자 영역 검출 개요

계량기 숫자 영역의 정확한 검출은 영상 처리 시간을 절약할 수 있고 숫자 분할 과정에서 오류를 줄일 수 있어 매우 중요한 작업이다. 계량기 숫자 분할에서의 관심영역은 바로 계량기 전체 숫자들을 포함하는 사각형 영역이다. 본 논문에서는 먼저 개략적 관심영역을 검출한 후에 이를 다시 정교하게 사각영역을 줄이는 과정으로 처리된다.

본 논문에서 제안한 숫자 영역 검출 절차는 다음의 연속적인 4개 과정으로 이루어진다. 1) 조명 개선 전처리, 2) 개략적 관심영역 추출, 3) 이진화, 4) 개략적 관심영역의 정교화.

이 과정 가운데, 1), 2), 3)의 과정들은 주요 처리에서 본 논문에서 개발하지 않은 다른 알고리즘 및 방법을 이용하였으므로 간략히 기술하고, 따라서 4)의 과정을 보다 상세히 기술하기로 한다.

### 2.2 조명 개선 전처리

계량기 이미지는 조명 환경에 따라 저대비, 저조도, 음영, 포화 등을 나타낼 수 있다. 이러한 조명이 균일하지 않는 이미지에서는 관심영역 추출, 이진화, 분할 등의 영상 처리 작업들에 오동작이 초래될 수 있다. 따라서 다양한 조명 환경에 대해서 조명이 되도록 균일하도록 하는 조명 개선 전처리 과정이 필요하다. 조명 개선 방법에는 게인/오프셋 조정, 히스토그램 평활화, 히스토그램 매칭, 감마 밝기 보정, 호모모픽 필터링, 레티넥스(retinex)에 의한 조명 개선, 비등방 스무딩 방법[12] 등이 제안되고 활용되고 있다. 이들 가운데 본 논문의 다양한 균일하지 못한 조명을 갖는 계량기 이미지들에는 레티넥스 방법이 실험 결과 가장 효과적인 것으로 판명되었다. 본 논문에서는 전처리 과정에서 McCann 알고리즘[13]에 의한 레티넥스 방법을 적용하여 조명 개선을 수행하였다. 그림 2(a)는 그림 1(c) 이미지에 대해 레티넥스에

의해 조명 전처리된 이미지의 예를 보여준다.

### 2.3 개략적 관심영역 추출

계량기 이미지에서 개략적 관심영역 추출에 가장 중요한 단서는 수평 라인 세그먼트이다(그림 1 참조). 이에 기반을 두어, 본 논문에서 개략적 관심영역 추출은 ①라인 세그먼트 추출, ②수평 라인 세그먼트 필터링, ③디스큐잉, ④라인 세그먼트 분석, ⑤개략적 숫자 사각 영역 추출 등의 세부 과정으로 수행된다.

본 논문에서는 라인 세그먼트 추출을 위해서 LSD (Line Segment Detector) 알고리즘[14] 을 이용하였다. 라인 세그먼트 추출은 많은 경우 허프변환을 이용하나, 허프변환은 에지점들이 일정 문턱치를 넘으면 이들 에지 점들의 세트를 라인으로 추출한다. 따라서 허프변환은 에지점들이 조밀한 텍스처가 존재하는 계량기 이미지에서는 잘못된 라인 세그먼트 추출을 초래할 수 있으며, 고정 문턱치는 잘못된 라인 세그먼트 검출 또는 미검출 등을 초래한다. 반면 LSD는 파라미터(문턱치 등) 튜닝을 필요하지 않으며 보다 열악한 상황에서도 신속하게 라인 세그먼트를 추출하는 것으로 잘 알려져 있다. 또한, LSD는 라인 세그먼트 양단의 좌표 값과 길이 정보를 제공한다. 이 정보에 기반을 두어 라인의 기울기를 계산하고 이를 이용하여 수평 라인 세그먼트만을 필터링할 수 있다. 계량기 이미지의 숫자 영역이 회전되어 획득될 수 있으므로, 본 논문에서는 일정 기울기 이상의 라인 세그먼트는 제거하고 나머지를 수평 라인 세그먼트 후보들로 추출하였다. 그림 2(b)는 계량기 이미지에서의 LSD에 의한 라인 세그먼트 추출 결과 이미지를, 그림 2(c)는 일정 기울기 이하의 수평 라인 세그먼트를 필터링한 결과 이미지를 보여준다.

계량기 이미지가 회전되어 획득된 경우, 숫자 영역 추출 및 차후 영상 처리를 위하여 이미지의 숫자

영역 부분이 똑바른 수평으로 위치하게 역회전할 필요가 있다. 디스큐잉과정에서는 이전 과정에서 추출한 수평 라인 세그먼트들 중에서 가장 긴 라인 세그먼트에서 양단의 좌표를 이용하여 기울기를 구하고 기울기만큼 이미지를 역회전하여 수평으로 똑바른 이미지를 구한다.

라인 세그먼트 분석 과정에서 얻어진 라인 세그먼트들을 합하거나, 제거하여 긴 라인 세그먼트들을 추출한다. 이는 개략적 관심 사각형을 결정하는 데 긴 수평 라인 세그먼트들이 유용하기 때문이다. 세그먼트가 멀리 떨어져 있지 않고 (본 논문에서는 30 화소 미만) 비슷한 기울기를 가지고 있으면 (3° 미만) 2개의 라인 세그먼트를 합치고, 이후 라인 세그먼트들 중 일정 길이 미만 (본 논문에서는 320x240 해상도의 이미지의 경우 100 화소 미만) 과 후보 영역 부분 (320x240 해상도 이미지에서 높이 60 화소에서 180 화소 사이 부분)에 위치하지 않는 것들은 제거한다. 그림 2(d)는 라인 세그먼트 분석 과정의 결과 이미지를 보여 준다.

개략적 숫자 사각 영역 추출은 다음의 2개의 세부 과정으로 처리된다. 첫째, 후보 사각형들을 형성한다. 둘째, 후보 사각형들 가운데 최종 개략적 관심영역 사각형을 결정한다. 후보 사각형 형성은 라인 세그먼트 분석을 통해 추출된 긴 수평 라인 세그먼트들 중 2개씩을 선택하고 둘 사이의 거리가 일정 문턱치 이상을 만족하면 이 2개의 수평 라인 세그먼트로부터 형성한다. 이때, 후보 사각형은 2개 수평 라인 세그먼트에서 양끝단의 x값이 가장 작은 것과 큰 것을 후보 사각형의 왼쪽 x좌표 및 오른쪽 x로 하여 사각형을 형성한다. 최종 관심영역 사각형 결정은 형성된 사각형들 중에서 가장 수직 에지점 밀도가 높은 사각형으로 정한다. 수직 에지점들은 LSD에 의해 추출된 라인 세그먼트들중 수직 라인 세그먼트

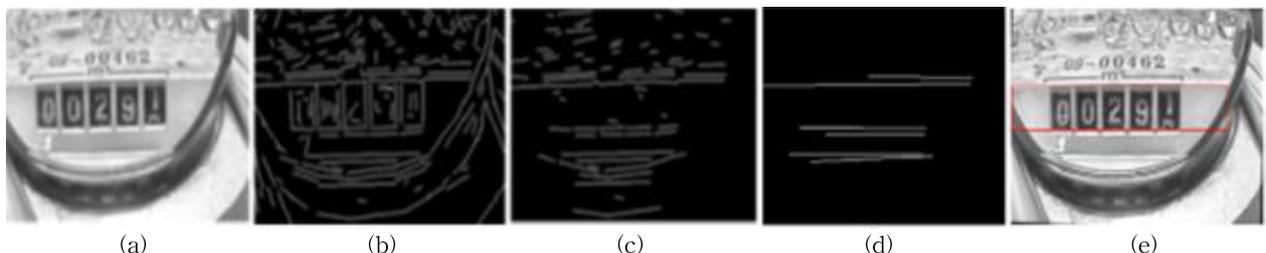


그림 2. 제안된 개략 관심영역 검출 과정. (a)레티넥스 조명 개선 처리 이미지, (b)LSD 에 의한 라인 세그먼트 추출, (c)수평 라인 세그먼트 필터링, (d) 라인 세그먼트 분석을 통한 긴 수평 라인 세그먼트 추출, (e) 검출된 개략 관심 영역.

들의 점들을 의미하며, 수직 예지점 밀도는 사각형 높이에 대 수직 예지점의 비율이다. 수직 예지점들은 숫자들로부터 나올 가능성이 많기 때문에 수직 예지점 밀도가 높다는 것은 숫자들을 포함할 확률이 크다고 간주할 수 있다. 그림 2(e)는 본 논문에서 제안한 개략적 숫자 사각 영역 추출 방법에 의한 개략적 관심영역 검출 예를 보여 준다.

2.4 이진화

이진화 과정은 개략 관심영역의 정교화 및 숫자 분할 등의 차후 과정 등에 필요하다. 본 논문에서는 테스트한 여러 이진화 기법들 가운데[15], 지역 예지 기반 문턱치 이진화 기법[16]이 계량기 이미지 이진화에 가장 효과적인 것으로 판명되어 이를 개략 관심영역의 이진화에 적용하였다. 본 논문에서 사용한 지역 예지 기반 문턱치 이진화 기법의 윈도우 크기는 ‘30x관심영역높이’ 이다.

어떤 계량기 이미지(그림 1(a)와 (d))에서는 전경 숫자는 검정색, 배경은 흰 색이며, 다른 계량기 이미지들(그림 1(b)와 (c))에서는 반대이다. 차후 통일된 처리를 위해 이진 이미지의 결과가 전경 화소(숫자 예상 화소)들은 흰색으로 배경 화소들은 검정색으로 표현되도록 처리하였다.

2.5 개략적 관심영역의 정교화

많은 차량 번호판 검출 알고리즘은 수평 및 수직 투영 기법을 이용하여 번호판 영역을 검출한다. 본 논문에서는 이전 과정에서 얻어진 개략 관심영역의 이진 이미지에 수직 및 수평 투영 기법을 적용하여 개략적 관심영역에서 숫자 포함 최소 사각형의 바깥 지역을 수직 및 수평으로 클리핑하여(잘라내어) 정교화를 달성한다. 여기서 수직 투영은 수직 라인상의 전경 흰색 화소 개수의 히스토그램을 얻는 것을 말한다(그림 3(c) 참조), 수평 투영의 경우도 수직 투영과 유사하다(그림 5(d) 참조). 차량 번호판 검출에서와

같이 수직 투영을 통해서 좌우로 보다 정교하게 관심영역을 클리핑해낼 수 있다. 그러나 상하로의 클리핑은 차량 번호판과의 경우와 다르다. 이는 서론에서도 지적한 바대로, 계량기의 경우 프린트휠을 이용한 숫자 표시 경우에 숫자의 수직 위치가 각 숫자마다 다를 수 있기 때문이다. 또한, 프린트휠을 사용하는 계량기 타입에 따라 계량기 숫자들을 구분하고 계량기 숫자와 비슷한 색상 및 명도를 갖는 숫자들 간의 분리지대가 명확히 존재하는 경우가 있다(예; 그림 1(a) 및 (c)). 이러한 분리지대는 수평 투영 시에 보다 정교한 수평 클리핑을 구하는 데 장애 요인이 되며, 이진화시에 숫자 화소와 동일한 전경 흰색 화소로 나타나 숫자 분할을 수행할 때에 통일적인 알고리즘 처리가 힘들어 진다. 이러한 분리지대는 수직 투영 히스토그램에서는 피크로 나타난다(그림 3(c) 참조). 본 논문에서는 먼저 이러한 불필요한 분리지대 영역을 배경 화소로 변경한 후에 각 숫자의 수직 위치의 상이에 따른 수평 클리핑 문제를 해결하기 위해 부분적 수평 투영 기법을 개발하였다,

2.5.1 수직 클리핑

먼저, 수직 투영의 경우 수직 투영 히스토그램 영역을 수평축으로 3부분(왼쪽, 중간, 오른쪽)으로 나누고 왼쪽 부분의 히스토그램 최대값중 가장 오른쪽에 있는 최대값의 x 좌표를 왼쪽 수직 클리핑 위치로, 오른쪽 부분의 히스토그램 최대값중 가장 왼쪽에 있는 최대값의 x 좌표를 오른쪽 수직 클리핑 위치로 결정한다(그림 3 참조).

2.5.2 불필요한 분리지대 패턴 제거

앞서 언급한 숫자와 비슷한 색상 및 명도를 갖는 숫자간 분리지대는 이진화시에 숫자 화소와 동일한 전경 흰색 화소로 나타나 숫자 분할 시에 통일적 알고리즘 처리가 힘들어 진다. 수직 투영 히스토그램에서 피크로 나타나는 이러한 분리지대의 특성([그림 3(c)] 참조)을 이용하여 본 논문에서는 수직 투영 히



그림 3. 수직 클리핑 과정. (a) 개략 ROI, (b) 이진화 이미지, (c) 수직 투영 히스토그램, (d) 수직 클리핑 적용 이미지



그림 4. 불필요한 분리지대 패턴 제거 과정 및 최종 처리 결과 이진 이미지

스토그램에서 개략적 관심영역 높이의 90% 이상에 해당되는 피크들을 찾아 좌우로 피크의 80% 까지 도달하는 연속된 지역을 분리지대로 간주하고 배경 화소(검정색 화소)로 변환하였다. 그림 4는 그림 3(b) 이미지에 대해 이러한 처리 과정을 보여 준다. 그림 4에서 초록 라인은 피크를 나타낸다.

### 2.5.3 수평 클리핑

수평 클리핑의 경우는 수직 클리핑만큼 단순하지 않다. 이는 프린트될 숫자 표시 계량기 이미지의 경우 서론에서 이미 언급한 바와 같이 각 숫자의 수직 위치가 다를 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 전역 수평 클리핑 대신에 지역 수평 클리핑 정책을 선택하였다. 이진화 이미지에 대해 소벨 수직 에지 검출기를 적용하여 수직 에지맵을 구한 후에 4개 부분으로 나누고 각 부분의 소벨 에지맵을 수평으로 투영하여 히스토그램을 얻고 각 부분의 히스토그램의 최소값 위치를 이용하여 각 부분을 수평으로 클리핑 하였다. 클리핑한 결과는 메모리 관리 및 신속한 처리를 위해 실제 개략적 관심영역 이미지를 자르지는 않고 수평 클리핑 라인 밖은 배경 화소로 간주하여 배경 검정색 화소로 변환하여 전경 화소(숫자 후보 화소) 영역을 줄여 후에 분할하는 데 신속하고 오류가 적도록 하였다. 그림 5는 본 논문의 수평 클리핑 과정을 보여 준다.

## 3. 2단계 과정 숫자 분할

본 논문에서 제안한 검출된 숫자 영역에서의 숫자

분할은 크게 1)숫자 구역 수직 분할, 2)수직 분할된 숫자 구역에서의 숫자 분할 등의 연속적인 2단계 과정으로 처리된다.

### 3.1 숫자 구역 수직 분할

숫자 구역은 하나의 숫자만을 포함하는 구역을 말한다. 숫자 구역 수직 분할은 2개의 세부 과정으로 수행된다. 이전 과정에서 검출한 정교한 관심영역에 수직 투영을 적용하여 얻은 수직 투영 히스토그램은 영이 아닌 값들을 갖는 분리된 히스토그램 구역들을 갖는다(그림 6(b)). 세부 과정 (1) 에서는 분리된 구역이 너비가 너무 짧으면 제거하고 인접한 구역과 너무 가까우면 합친다. 또한, 분리된 구역이 인접 구역과의 너무 떨어져 있으면 제거한다. 세부 과정 (1) 에서 구한 각 수직 분할 숫자 구역들은 여러 이유로 너비가 일정하지 않을 수 있다. 세부 과정 (2)에서는 분리된 구역들의 평균 너비를 구한 후에 평균 너비보다 좁은 구역은 너비를 넓히고 넓은 구역은 너비를 좁힌다. 그림 6은 본 논문에서 제안한 2개의 세부 과정 ((1)과 (2))으로 수행되는 숫자 구역 수직 분할 단계의 처리 과정을 보여준다.

### 3.2 수직 분할된 숫자 구역에서의 숫자 분할

1단계 과정까지에서 각 숫자 구역의 수직 분할은 달성되었다. 2단계 과정은 각 숫자 구역에서 하나의 숫자를 포함하는 한 개의 최소 사각형(bounding box)을 추출하는 과정이다. 분리된 각 숫자 구역에는

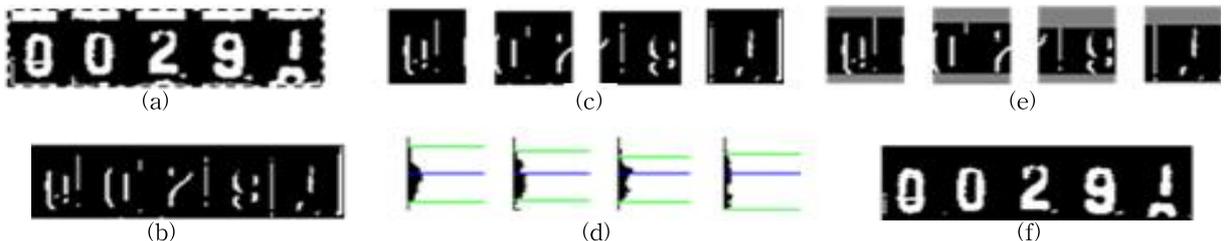


그림 5. 수평 클리핑 과정. (a) 이진 관심영역 이미지 (b)소벨 수직 에지맵, (c) 분리된 4부분, (d) 각 부분 수평 에지맵 히스토그램, (e) 각 부분 수평 클리핑 결과, (f) 최종 수평 클리핑 결과 이미지(클리핑된 부분은 배경 화소(검정색)로 채워짐)

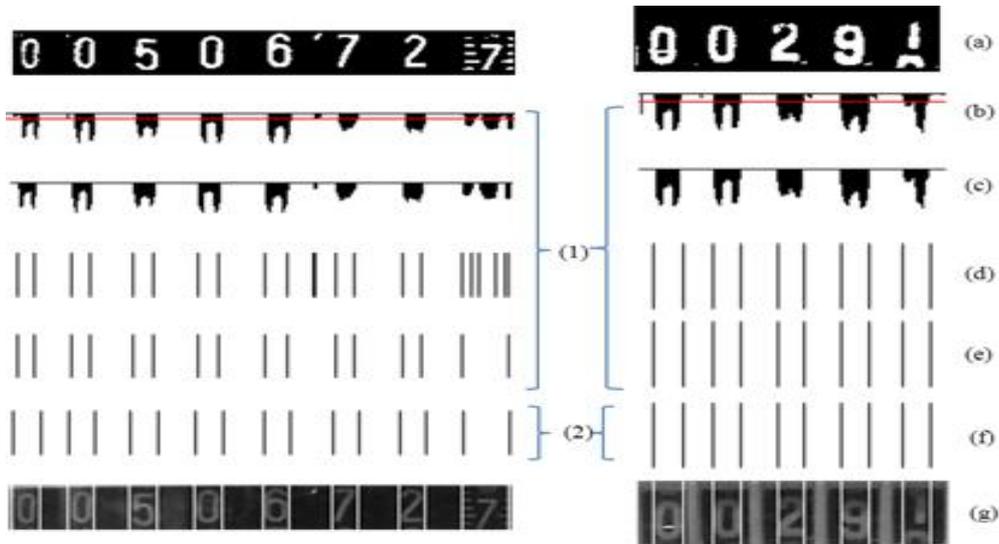


그림 6. 제안된 숫자 구역 수직 분할 단계

잡음, 음영, 불균일한 조명 영향 및 이전 영상 처리 결과로 숫자의 일부분만 나타나거나, 하나의 숫자가 분리된 조각으로 나타나거나, 숫자와 상관없는 전경 화소 블롭들이 나타날 수 있다. 블롭은 동일한 성질을 갖는 연결된 화소들의 집합을 말한다. 또한, 배경 화소가 전경 화소로 추출되고 전경 화소가 누락되어 배경 화소로 나타날 수 있다. 따라서 이를 정정하는 화소 정정 과정이 필요하다. 이러한 화소 정정은 보통 모폴로지 연산[17]으로 수행된다. 또한, 구분된 숫자 구역에서 숫자만을 포함하는 전경 화소 블롭을 추출하여야 한다. 블롭 추출에는 잘 알려진 진 연결 요소 레이블링(CCL; Connected Component Labeling)[17] 기법을 주로 사용한다. 본 논문에서는 ‘화소 정정’과 ‘연결 요소 분석’의 과정을 ‘모폴로지+CCL’보다도 성능은 뒤떨어지지 않으면서도 수행 속도는 더 빠른 CLNF 알고리즘을 활용하였다. [18]에서 도입된 CLNF 알고리즘은 CCLUF(Connected Component Labeling with Union-Find Structure)와 NFPP(Neighbor Foreground Pixel Propagation)를 결합하여 연결 요소 레이블링 작업이 수행되는 과정에서 NFPP를 이용하여 동시에 화소 정정도 수행되도록 하여 수행 속도를 개선시킨 알고리즘이다.

CLNF 수행 결과 추출된 각 연결 요소를 포함하는 최소 사각형들을 구한 후에 최소 사각형의 크기, 위치, 너비 대 높이 등의 제약 조건을 적용하여 유효한 전경 블롭들을 결정한다. 그러나 이러한 과정 후에도 앞선 언급한 바와 같이 추출된 수직 숫자 구역에는

유효한 전경 블롭이 여러 개가 결정될 수 있다. 전경 블롭의 중요한 정보의 하나는 블롭의 수직 위치 정보이다. 먼저 각 블롭의 수직 위치는 해당 블롭을 포함하는 최소 사각형의 평균 y 좌표로 결정한다. 이후, 추출된 모든 전경 블롭들의 평균 수직 위치를 계산한 후에 이를 전경 블롭의 기본 수직 위치로 정한다.

이제, 전경 블롭이 2개 이상 추출되는 각 수직 세그먼트에서 기본 수직 위치에 가장 근접한 수직 위치를 갖는 블롭을 해당 세그먼트의 숫자 블롭으로 결정하고, 그 블롭의 최소 사각형을 숫자로 분할한다. 그림 7은 이 과정을 보여 주고 있다. 그림 7에서 초록색 라인은 기본 수직 위치이다.

7 세그먼트 LCD 타입의 계량기에서는 각 숫자가 7 세그먼트로 표현된다. 이 경우, 1개 숫자는 많은 연결 요소들로 표현된다. 7 세그먼트 타입 경우에는 연결 요소 사이의 거리 등의 제약 조건을 이용하여 각 연결 요소의 최소 사각형들을 통합하여 1개의 숫자를 포함하는 최소 사각형으로 분할되도록 하였다.

그림 8은 상기 2단계 과정의 숫자 분할 방법에 의해 분할된 결과 이미지 사례들을 보여 준다.

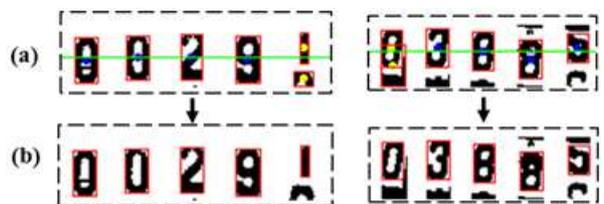


그림 7. 각 수직 세그먼트에서의 숫자 블롭의 결정 과정

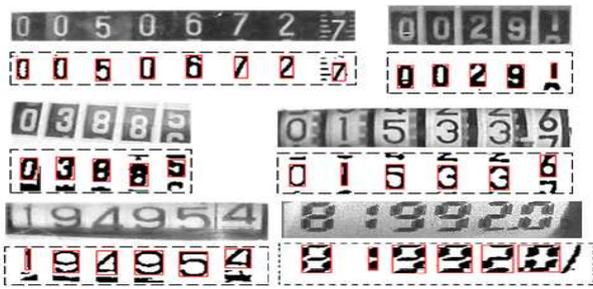


그림 8. 제안된 숫자 분할 방법의 결과 이미지들

4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 숫자 분할 방법을 테스트하기 위해 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 이미지 DB는 서울 시내에 실제 설치된 계량기를 PixelPlus CMOS 센서 PC1030N[19]을 사용하여 획득하여 얻어진 52장의 320×240 크기의 그레이레벨 이미지들이다. 그림 1 및 아래 그림 9는 52장 계량기 이미지들중 일부 샘플 이미지들을 보여준다.

그레이레벨 PixelPlus CMOS 센서 PC1030N는 향후 임베디드 버전 원격 자동 검출 시스템의 이미지 센서로 선정된 이미지 센서이다. 모든 계량기 이미지에서 숫자 영역은 후보 영역(320×240 해상도 이미지

의 경우, 높이 60 화소에서 180 화소 사이 부분)에 놓여 있도록 촬영되었다.

본 논문의 개략적 관심영역 검출 방법에 의한 개략적 숫자 영역 검출을 수행한 실험에서 전체 52장 이미지에 대해서 개략적 관심영역 추출은 100% 성공되는 것을 확인하였다.

실제 설치 환경에서는 이미지 센서에서 획득되는 계량기 숫자 영역이 후보 영역 부분에 위치하도록 하면 되므로 본 논문에서 제안한 개략적 ROI 검출 방법은 매우 강인하다고 볼 수 있다. 정교한 관심영역 검출의 평가는 어느 정도가 정교한 관심영역인지에 대한 정확한 측도가 없어 그에 대한 실험 결과를 평가하기는 곤란하다. 표 1은 본 논문에서 제안한 숫자 분할 방법에 의한 숫자 분할 실험 결과를 보여준다. 다양한 조명 환경에서의 강인성은 중요하므로 레티넥스에 의한 조명 개선 전처리 효과를 알아보기 위해 조명전처리를 하지 않은 경우도 실험하였다. 실험에서 숫자 분할 방법에 의해 결정된 최소 사각형이 육안으로 인식 가능한 숫자를 포함하고 있으면 숫자 분할은 성공한 것으로, 분할된 숫자 영역이 제대로 분할된 숫자 영역이더라도 포함된 전경 화소 블롭이 육안으로 숫자로 인식하기 곤란한 경우는 숫자 분할



그림 9. 자체 수집 계량기 이미지 데이터베이스의 샘플 이미지들. (a) 비교적 좋은 조명 환경 이미지들, (b) 일부 숫자들이 포함된 이미지들, (c) 저저도, 저대비 등 음영 등을 보여 주는 다양한 조명 이미지들

표 1. 숫자 분할 실험 결과

항 목	조명 개선 전처리 (레티넥스)사용	조명전처리 미사용
테스팅 이미지 수	52	52
테스팅 이미지에서의 총 숫자 개수(A)	348	348
숫자를 제대로 숫자로 분할된 숫자 개수(B)	335	331
숫자가 아닌데, 잘못 숫자로 분할한 개수(C)	5	6
오분할율 ((348-B)+C)/348×100(%)	5.17%	6.61%

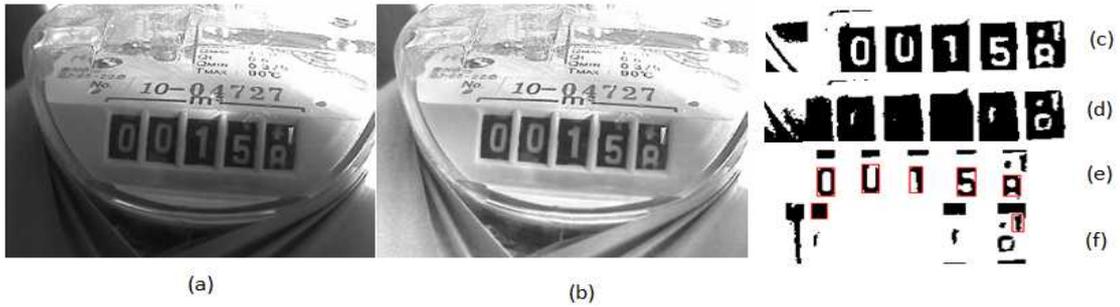


그림 10. 레티넥스 조명 개선 전처리 효과의 사례. (a)원이미지, (b)레티넥스전처리된 이미지, (c) 레티넥스 전처리된 이미지(b)에 대한 숫자영역의 이진화 결과, (d) 원이미지(a)에 대한 숫자영역의 이진화 결과, (e) 레티넥스 전처리된 이미지(b)에 대한 숫자 분할 결과, (f) 원이미지(a)에 대한 숫자 분할 결과



그림 11. 제안 숫자 분할 방법의 실패 사례

이 실패한 것으로 간주하였다.

레티넥스에 의한 조명 개선 전처리가 저저도/저대비  
의 경우에는 효과가 있음이 확인되었다. 그림 10은 레  
티넥스에 의한 조명 개선 전처리의 효과를 보여 준다.

그러나, 레티넥스 조명 전처리는 포화 이미지에  
대해서는 효과가 별로 없다. 그림 11은 제대로 숫자  
분할되지 않은 숫자를 포함하는 경우의 이미지들의  
사례들을 보여 주는 데, 그림 11에서 보는 바와 같이  
포화된 숫자 부분들은 제대로 분할되지 못한다.

그림 11에서 분할에 실패한 숫자는 계량기 커버  
유리 (또는 플라스틱)에서 반사된 빛에 의해 포화된  
경우나(그림 11(a)에서 숫자 8, 3, 7, 9 부분), 음영의  
경우(그림 11(b)에서 숫자 8의 상단 부분)로 이진화  
이미지를 보면 해당 숫자 구역에서 제대로 이진화가  
이루어지지 못했음을 알 수 있다. 포화된 경우는 레  
티넥스 뿐만 아니라 다른 조명 전처리 기법들도 만족  
할 만한 조명 개선 달성이 어려웠다. 또한, 시도했던  
이진화 기법 가운데 가장 우수한 성능을 보였던 지역  
에지 기반 문턱치 이진화 기법으로도 포화나 그림  
11(b)의 음영 경우에 해당 숫자 구역에서 적절한 이  
진화를 달성하지 못했다.

5. 결 론

원격 자동 검침을 위해 영상 기반 계량기 계량 데

이터 숫자의 인식에 대한 연구가 필요하며, 최근 들  
어 이에 대한 관심이 증대되고 있다.

획득한 계량기 이미지들은 조명, 계량기 숫자 표  
현의 다양성(폰트, 숫자 개수, 프린트휠 타입, 7 세그  
먼트 디지털 타입 등) 등 때문에 영상 처리에 의한  
숫자 인식이 쉽지 않다. 특히, 다양한 설치 환경 때문  
에 피하기 힘든 저대비, 저조도, 음영, 반사 등을 포함  
한 균일하지 못한 조명 환경의 계량기 이미지가 획득  
되기 쉽고, 이러한 다양한 조명 아래의 이미지들은  
강인한 숫자 분할 및 인식을 어렵게 한다.

본 논문에서는 계량기 숫자 인식을 위하여, 다양  
한 조명 및 계량기 종류에 대해서도 잘 동작하는 효  
과적인 계량기 숫자 분할 방법을 제안하였다. 자체  
제작 계량기 이미지 DB를 통해 본 논문에서 제안한  
숫자 분할 방법을 평가하였다. 평가 결과, 제안 방법  
이 다양한 조명 환경의 다양한 계량기 타입에 대해  
잘 적용됨을 확인하였다. 그러나 본 논문의 제안 방  
법이 매우 열악한 조명 환경 특히 숫자 구역이 포화  
된 경우에는 적용에 한계를 나타내었다. 포화된 조명  
의 경우에 효과적인 조명 개선 전처리 방법은 현재까  
지 알려져 있지 않다. 숫자 분할에서 가장 중요한 영  
향을 받는 부분의 하나는 이진화이다. 본 논문에서  
성능이 매우 우수한 것으로 잘 알려져 있는 강인한  
지역 에지 기반 문턱치 이진화 기법을 채택하여 사용  
하였으나, 포화 또는 깊은 음영 등에는 어느 정도의

한계는 갖는 것으로 나타났다. 추후, 보다 효율적인 이진화 기법의 개발이 필요하다. 한편, 좋은 조명 계량기 이미지의 경우에는 본 논문의 제안 숫자 분할 방법이 매우 성공적이므로 실제 임베디드 제품이 개발되어 장착 시에는 획득 이미지의 조명이 비교적 균일하도록 하는 게 매우 중요하다.

현재 본 논문에서 연구한 숫자 분할 결과를 이용하여 분할된 숫자를 강인하게 인식하는 신경망 학습 기 구현을 위해 숫자 분할 세그먼트에서의 효과적인 특징 추출에 대해서 연구를 진행 중에 있다. 또한, PC 상에 구현된 본 논문의 제안 방법 기반 숫자 인식 S/W는 Pixel Plus 이미지 센서[19] + ImageARM 프로세서[20]로 구성된 임베디드 시스템에서 실시간 동작이 되도록 구현중이며, 향후 그 결과가 보고될 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] M. Hashmi, S. Hanninen, and K. Maki, "Survey of Smart Grid Concepts, Architectures, and Technological Demonstrations Worldwide," *Proc. IEEE PES Conf. on Innovative Smart Grid Technologies*, pp. 1-7, 2011.
- [2] S. Zhao, B. Li, J. Yuan, and G. Cui., "Research on Remote Meter Automatic Reading Based on Computer Vision," *Proc. IEEE/PES Conf. on Transmission and Distribution*, pp. 1-4, 2005.
- [3] D. Shu, S. Ma, and C. Jing, "Study of the Automatic Reading of Watt Meter Based on Image Processing Technology," *Proc. IEEE Conf. on Industrial Electronics and Applications*, pp. 2214-2217, 2007.
- [4] Z. Zhang and Y. Li, "Research on the Pre-processing Method of Automatic Reading Water Meter System," *Int' Conf. on Artificial Intelligence and computational Intelligence*, Vol.3, pp. 549-553, 2009.
- [5] X. Rui and X. Song, "A Character Recognition Algorithm Adapt to a Specific Kind of Water Meter," *Proc. CSIE*, pp. 632-636, 2009.
- [6] J. Ulyate and R. Wolhuter, "Automated Reading of High Volume Water Meters," *Southern Africa Telecommunication Networks and Applications Conference (SATNAC)*, pp. 1-5, 2010.
- [7] Q. Bai, Y. Zhang, L. Zhao, and Z. Qi, "Research of Automatic Recognition of Digital Meter Reading Based on Intelligent Image Processing," *International Conference on Computer Engineering and Technology (IC CET)*, Vol.5, pp. 619-623, 2010.
- [8] M. Bin, M. Xiangbin, M. Xiaofu, L. Wufeng, and H. Linchong, "Digital Recognition Based On Image Device Meters," *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, pp. 326-330, 2010.
- [9] C.E. Anagnostopoulos, I.E. Psoroulas, I.D. Loumos, and V. Kayafas, "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, Vol.9, No. 3, pp. 377-391, 2008.
- [10] W. Yutao, T. Ruixia, M. Ling, and Y. Gang, "License Plate Character Segmentation from Video Images: A Survey," *Proc. Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, pp. 25-30, 2011.
- [11] 오복진, 최두현, "색상과 배치 정보를 이용한 번호판 숫자 영역 추출," 멀티미디어학회논문지, 제14권 제9호, pp.1117-1124, 2011.
- [12] R. Gross and V. Brajovic, "An Image Preprocessing Algorithm for Illumination Invariant Face Recognition," *Int' Conf. on Audio and Video-Based Biometric Person Authentication*, Vol.2688, pp. 10-18, 2003.
- [13] J. McCann, "Lessons Learned from Mondrians Applied to Real Images and Color Gamuts," *Proc. IS&T/SID Seventh Color Imaging Conf.*, pp. 1-8, 1999.
- [14] R.G. von Gioi, J. Jakubowicz, J.-M. Morel, and G. Randall, "LSD: A Fast Line Segment Detector with a False Detection Control," *IEEE PAMI*, Vol.32, No.4, pp. 722-732, 2010.

[15] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performace Evaluation," *J. Electronic Imaging*, Vol.13, No.1, pp. 146-165, 2004.

[16] M. Satish, V.L. Lajish, and S.K. Kopparapu, "Edge Assisted Fast Binarization Scheme for Improved Vehicle License Plate Recognition," *Proc. National Conf. Communications*, pp. 1-5, 2011.

[17] L.G. Shapiro and G.C. Stockman, *Computer Vision*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ., 2001.

[18] T. B. Nguyen and S-T. Chung, "An Improved Real-time Blob Detection for Visual Surveillance," *International Congress on Image and Signal Processing*, pp. 1-5, 2009.

[19] PC1030N Datasheet, [http://www.pixelplus.com/products/analog\\_sensor.php](http://www.pixelplus.com/products/analog_sensor.php), 2010.

[20] ImageARM(PK1002) Datasheet, [http://www.pixelplus.com/products/system\\_on\\_a\\_chip.php](http://www.pixelplus.com/products/system_on_a_chip.php), 2010.



**보 반 토 안**

2010년 9월 베트남 호지민시 과학대학교 전산과 공학사  
 2011년 3월~현재 숭실대학교 대학원 정보통신전자공학과 석사과정  
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템



**정 선 태**

1983년 2월 서울대학교 전자공학과 학사  
 1986년 12월 미국 Michigan Univ. (Ann Arbor) 전자 및 컴퓨터공학과 석사  
 1990년 12월 미국 Michigan Univ. (Ann Arbor) 전자 및 컴퓨터공학과 박사  
 1991년 3월 ~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수  
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템



**조 성 원**

1982년 2월 서울대학교 전기공학과 학사  
 1987년 12월 미국 Purdue Univ. 석사  
 1992년 7월 미국 Purdue Univ. 박사  
 현재 홍익대 전자전기공학부 교수  
 관심분야 : 영상처리 및 인식, 지능시스템