

계량기 숫자 인식을 위한 잡영 제거 및 윤곽보존 숫자강화

이은규¹⁾, 고재필²⁾
 금오공과대학교 컴퓨터공학과
 {egy¹⁾, nonezero²⁾@kumoh.ac.kr

De-Noising and Contour Preserving Digit Enhancement for Meter Digit Recognition

Eungyoo Yi¹⁾, Jaepil Ko²⁾
 Dept. of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요 약

계량기 숫자 인식은 일반적으로 사용되고 있는 아날로그 계량기에 카메라를 부착하여, 검침 시 숫자 계기판 영상을 전송받고, 그 영상으로부터 숫자를 추출 및 인식하는 기술이다. 계량기 숫자 인식에서는 카메라의 설치 상태 및 기타 환경적인 요인들로 인해 숫자 계기판 영상의 일관성 있는 취득이 어렵게 된다. 본 논문에서는 숫자 인식에 악영향을 미치는, 취득 영상의 상태 변화를 보정해주기 위해 잡영 제거 및 윤곽보존 숫자강화를 제안하였다. 잡영 제거를 위해 잡영을 본포 위치에 따라서 세 가지 타입으로 나누었으며, 각 타입별로 잡영 제거를 하였다. 윤곽보존 숫자강화 과정에서는 일반적인 이진화 기법이 가지는 테두리 정보손실을 최소화할 수 있도록, 숫자 테두리의 명도를 보존하면서 숫자 중심부분의 밝기를 강화시켰다. 전처리 전/후의 인식을 비교 실험을 위해 SVM(Support Vector Machines)을 사용하였으며, 학습 데이터 1,409장과 조명 상태를 달리하여 취득한 1,782의 테스트 데이터를 실험 데이터로 사용하였다. 실험 결과, 81.09%라는 성능 향상을 확인하였으며 이는 제안한 전처리 기법이 조명으로 인한 데이터의 상태 변화 문제를 해결해줌으로써 인식 성능 향상에 크게 기여한다는 것을 입증해준다.

1. 서 론

최근 공공기관에서는 전기, 가스, 수도 등의 계량기 검침 시 검침 효율 증대 및 신속하고 정확한 요금계산 등 효율적인 운영을 위해 계량기 원격검침 시스템을 도입하고 있다. 계량기 원격 검침 시스템은 검침 센서의 종류에 따라 크게 디지털 센서 방식과 영상 센서 방식으로 나눌 수 있다. 디지털 센서 방식은 디지털 데이터를 바로 사용하기 때문에 자동화 및 전산화를 위해 유용하게 사용될 수 있다. 하지만 수도 계량기 자동 검침을 위해서는 누수 및 습기 등에 취약한 점 때문에 활용도가 다소 부진한 편이다. 반면, 영상 센서 방식은 누수 및 습기 등에 강한 아날로그 계량기와 원격 검침을 위한 카메라의 활용을 통해 수도 계량기 원격검침의 안정성을 기대할 수 있도록 한다. 영상 센서 방식 중 하나인 단순 영상 전송 방식은 검침원으로부터 전송받은 계량기 계기판 영상 데이터를 육안으로 확인 후 수동으로 계량기 숫자를 기록하는 방식이다. 단순 영상 전송 방식은 수동으로 계량기 숫자를 기록해야하기 때문에 자동 검침 및 전산화를 위해서는 다소 비효율적이다. 단순 영상 전송 방식의 비효율성을 보완하기 위해 숫자 인식을 적용한 계량기 원격 자동 검침 시스템의 도입이 필요하며, 이를 위한 기반 기술로서 계량기 숫자 인식 시스템이 중요시 되고 있다.

본 논문에서는 이러한 계량기 숫자 인식 시스템의 인식 성능 향상을 위한 전처리 기법을 제안한다. 효과적인 전처리 수행을 위해 우선 계량기 영상 및 계기판 영상의 특성과 각 특성에 따른 문제점을 분석하였고, 그에 따른 해결방안을 다음과 같이 제시하였다. 문제점 1) 계량기 계기판 영상은 계량기에 설치된 카메라로부터 취득되는 것이기 때문에 카메라의 설치 상황에 따라서 촬영 각도가 달라질 수 있으며, 이로 인해 취

득 영상의 기울기가 달라질 수 있다(그림 1.a). 문제점 2) 검침 지점 및 시점에 따라 조명 상태가 달라질 수 있으며 이에 따라 영상마다 전체적인 밝기가 달라질 수 있다(그림 1.b). 문제점 3) 계량기가 설치된 주변 환경에 따라서 계기판에 이물질 및 습기 등이 발생할 수 있으며, 이들은 영상에서 잡영(그림 1.c)으로 드러날 수 있다. 또한 계기판 숫자 2개가 동시에 보이는 경우가 발생하는데, 그 중 한 숫자의 영역이 아주 미세하게 보일 경우도 발생(그림 1.d)하기 때문에 이러한 숫자영역과 잡영 영역을 구분 짓고 잡영 부분만 제거할 수 있어야 한다. 게다가 경우에 따라서는 숫자 측면에 잡영이 인접해 있는 경우(그림 1.e)도 발생하는데 이러한 잡영은 일반적인 영역 라벨링 방법으로 제거하기가 어렵다. 문제점 4) 입력 영상에 있는 숫자 부분의 밝기가 어두울 수 있기 때문에 두드러진 특징을 추출하기가 어렵다.

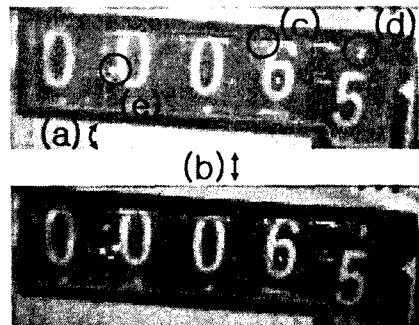


그림 1. 계량기 계기판 영상의 예

본 논문에서는 상기에 제기된 문제점들을 다음의 과정을 통해서 제기하였다. 문제점 1)은 계기판 영역과 바깥영역의 밝기 차이를 이용하여 계기판이 기울어진 각도를 추정한 후, 그 각도만큼 영상을 회전시키는 방법으로 해결하였다(2.1절). 문제점 2)는, 취득된 영상은 전체적으로 밝기가 어두워지거나 밝아진다는 가정을 하고 Top-hat 연산[6]을 통해서 해결하였다(2.3절). 문제점 3)은 잡영의 분포 위치에 따라 잡영을 세 가지 타입(일반잡영, 배경얼룩, 측면에 붙은 잡영)으로 나누고 각 타입별로 다른 알고리즘을 적용시켜 제거하였다(2.5절). 문제점 4)는 2.6절의 윤곽보존 숫자강화를 통해 해결하였다).

최종 인식을 실험을 위해서 SVM(Support Vector Machines)를 사용하였다. SVM은 이진 패턴 분류 문제를 해결하기 위해 1995년, 통계학자인 Vapnik에 의해 제안된 방법[1]으로 패턴 분류 문제에 있어서 뛰어난 일반화 성능을 보여준다[2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 전처리 기법에 대한 설명, 3장에서는 실험 및 결과를 그리고 마지막 4장에서는 결론을 내린다.

2. 제안된 전처리 기법

그림 2는 본 논문에서 제안하고자 하는 전처리 기법의 전체적인 흐름을 나타내는 블록 다이어그램이다.

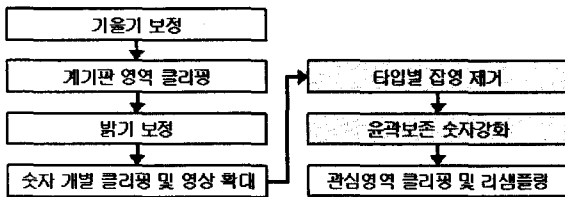


그림 2. 전처리 과정

2.1 기울기 보정

본 논문에서는 수평 소벨 연산자, 반복적 이진화 기법[3], Blob coloring[4], 양선형 보간법[5] 등을 이용하여 기울기를 보정하였다. 그림 3은 기울기 보정을 위한 처리 과정을 나타낸다.

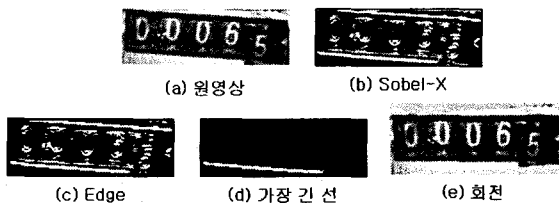
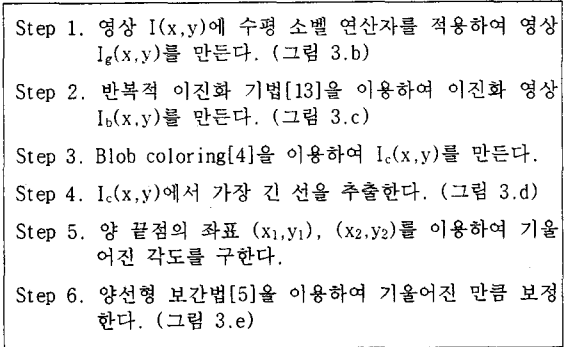


그림 3. 기울기 보정 과정



2.2 계기판 영역 클리핑

계량기 영상은 크게 계기판 영역과 계기판 주변 영역의 두 가지 영역으로 나눌 수 있으며, 계기판 영역과 계기판 주변 영역의 밝기 차이를 이용하여 계기판 영역을 클리핑 할 수 있다. 그림 4는 계기판 영역을 클리핑 과정을 나타낸다.

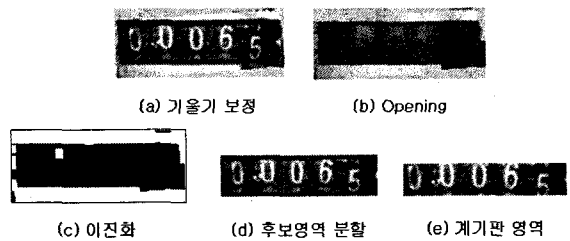


그림 4. 계기판 영역 클리핑 과정

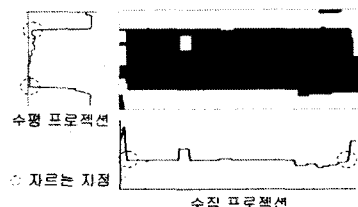
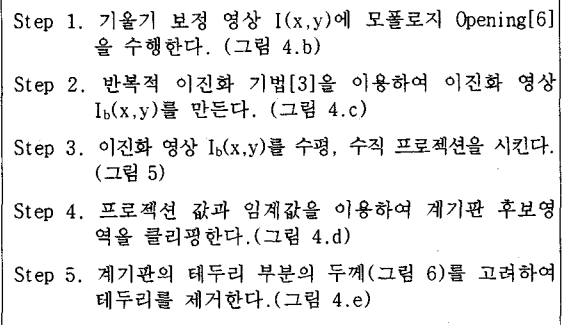


그림 5. 후보영역 분할을 위한 프로젝션



그림 6. 태두리 영역의 두께

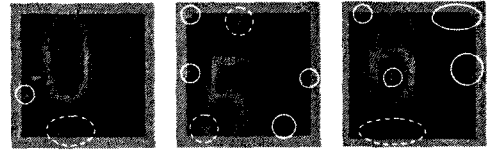


그림 9. 일반 잡영 영상의 예

2.3 밝기 보정

본 논문에서는 밝기 보정을 위해 Top-hat 연산[6]을 사용하였으며 결과는 그림 7과 같다.



(a) 밝기 보정 전 (b) 밝기 보정 후

그림 7. 밝기 보정

본 논문에서 실험해본 결과 Top-hat 변환 시 structure element의 사이즈는 숫자의 두께 넓이 이상으로 설정하여야 한다. 본 논문에서는 7x7 structure element를 사용하였다.

2.4 숫자 후보영역 클리핑 및 영상 확대

계량기에 있는 숫자의 개수는 계량기 규격에 따라 고정적이기 때문에 계기판 영역을 균등분할 하여 숫자를 개별적으로 클리핑 할 수 있다(그림 8). 2,3절까지 사용된 영상은 크기가 다소 작기 때문에 이후 수행될 마스크기반 처리를 위해 0차 보간법을 이용하여 가로, 세로 각각 3배씩 확대하였다.



그림 8. 숫자 개별 클리핑 및 확대 영상

- Step 1. 이진화 및 blob coloring[4]을 통해 가장 넓은 영역을 추출함
- Step 2. 가장 넓은 영역의 좌, 우 끝점의 정보를 이용하여 숫자 후보영역을 지정 (그림 10.a)
- Step 3. 후보영역에 포함되지 않은 영역과 후보영역 내에서 상하 끝부분에 붙어 있지 않은 영역을 추출 (그림 10.b)
- Step 4. Step 3에서 추출된 영역을 원본 영상에서 지움 (그림 10.c)



(a) 숫자 후보영역 (b) 일반 잡영 추출 (c) 일반 잡영 제거

그림 10. 일반 잡영 제거 과정

2.5 잡영 제거

본 논문에서는 효과적인 잡영 제거를 위해 잡영의 타입을 1) 일반 잡영, 2) 숫자 배경 얼룩, 3) 숫자 측면에 붙은 잡영, 등으로 분류하고 각 타입별로 다른 알고리즘을 적용하여 잡영을 제거하였다.

2.5.1 일반 잡영 제거

그림 9의 실선 부분은 일반 잡영이고, 점선 부분은 숫자 영역에 해당한다. 다음에 소개되는 알고리즘을 통해 일반 잡영 영역을 숫자 영역과 구분해내어 제거한다.

2.5.2 배경 균일화

숫자 배경부분은 계기판 및 촬영의 상태에 따라서 얼룩이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 다음의 과정을 통해 배경의 얼룩을 제거하였으며, 그림 11은 배경 균일화 결과의 예를 보여준다.

- Step 1. 일반 잡영이 제거 된 영상에 Dilation 연산[6]을 수행
- Step 2. 반복적 이진화 방법을 통해서 이진화 영상을 만듦
- Step 3. 이진화 영상에서 255에 해당하는 부분을 원 영상에서 추출 (그림 11)



그림 11. 배경 균일화 결과의 예

2.5.3 숫자 두께 균일화

본 절에서는 숫자 측면에 붙어 있는 잡영으로 인해 왜곡된 숫자의 두께를 균일화해주기 위해 우선 숫자들의 구조적인 특징을 분석하고, 그림 12와 같이 두께 균일화가 가능한 숫자와 불가능한 숫자를 구분하였다. 분류기준은 세로획이 2개인 부분(그림 13.a A영역)이 있는 숫자와 세로획이 1개인 부분(그림 13.a B영역)만 있는 숫자이다.

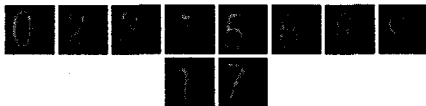


그림 12. 두께 균일화가 가능한 숫자(상단)와 불가능한 숫자(하단)의 예

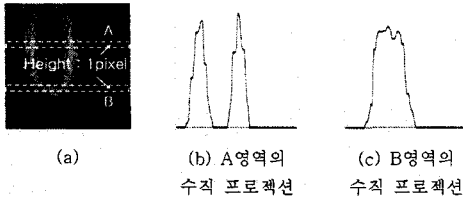


그림 13. 숫자 두께 균일화가 가능한 영역의 특징

본 논문에서는 숫자 두께 균일화의 범위를 숫자 0, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 중 세로 획이 2개 있는 부분으로 제한하고, 다음의 과정을 통해 두께 균일화를 수행한다.

- Step 1. 세로획이 2개인 부분에 해당하는 가로선의 평균 두께를 구함 (그림 14.a)
- Step 2. 가로선에 평균두께보다 1.1배 이상 넓은 부분은 지움 (그림 14.b)
- Step 3. (그림 14.c)의 4점의 안쪽 영역을 원래 영상의 밝기로 채움 (그림 14.d)

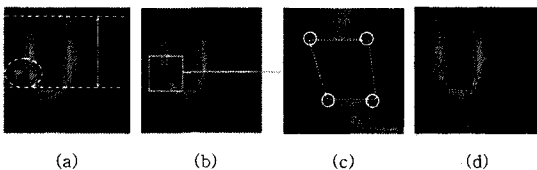


그림 14. 숫자 두께 균일화 과정

2.6 윤곽보존 숫자강화

본 논문에서는 특징 추출 시 영상의 밝기 정보를 이용하기 때문에 효과적인 인식을 위하여 숫자 부분의 밝기를 강화시켜 준다. 본 절의 목표는 일반적인 이진화 기법이 가지는 테두리 정보손실을 최소화할 수 있도록, 숫자 테두리의 명도를 보존하면서 숫자 중심부분의 밝기를 강화시키는 것이다. 다음의

과정을 통해서 수행되며, 처리 결과는 그림 15에 나타나있다.

- Step 1. 입력 영상에 Erosion 연산[6]을 수행
- Step 2. Erosion 영상에서 숫자 부분만 히스토그램 평활화[6] 수행
- Step 3. 입력 영상에 히스토그램 평활화 영상을 더함 (단, 합이 255가 넘을 경우 255로 채움)
- Step 4. 입력 영상과 Step 3의 결과 영상의 차이를 확인
- Step 5. 차이가 있다면 Step 3의 결과영상을 입력 영상으로 대치 후 Step 1 ~ Step 4 반복



(a) 원영상 (b) 결과 영상
그림 15. 윤곽보존 숫자 강화

2.7 관심영역 클리핑 및 리샘플링

본 절은 특징 추출을 하기 위한 바로 전 단계로써 영상축소, 클리핑, 리샘플링 등을 수행하여 16x24의 크기로 영상을 정규화 한다.

- Step 1. 원 영상에 가우시안 필터 적용 (그림 16.b)
- Step 2. 이웃화소 보간법[5]을 이용하여 가로, 세로 3배씩 축소 (그림 16.c)
- Step 3. 숫자의 좌, 우 끝점의 좌표를 이용하여 숫자의 가로 방향 중심을 구함 (그림 16.d)
- Step 4. 중심에서 좌, 우 각각 7, 8 픽셀 떨어진 부분을 자름 (그림 16.e ~ 그림 16.f)
- Step 5. 이웃화소 보간법[5]을 이용하여 16x24로 리샘플링 (그림 16.g)

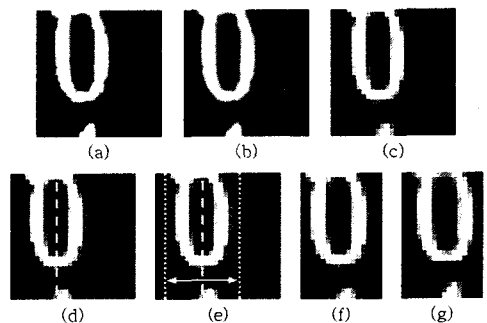


그림 16. 관심영역 클리핑 및 리샘플링 (a) 원영상(78x78). (b) 필터 적용. (c) 축소(26x26). (d) 숫자 중심. (e) 클리핑 후보영역. (f) 클리핑(16x26). (g) 리샘플링(16x24)

3. 실험 및 결과

3.1 데이터

본 논문에서 사용된 데이터는 그림 17에 보이는 계량기 모듈을 통해 수집되었다. 실험에 사용된 계량기 모듈의 가장 낮은 자리 숫자는 약 5시간 30분마다 한 바퀴씩 돌아가며, 본 실험에서는 데이터 수집을 위해 약 4프레임 정도로 촬영하였다. 수집된 데이터는 학습 데이터 1,409장, 테스트 데이터 1,782장이다. 학습 데이터와 테스트 데이터는 동일한 계량기 모듈을 통해 수집되었으며, 각각 다른 기간에 촬영이 되었다.

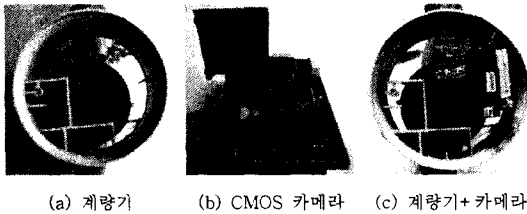
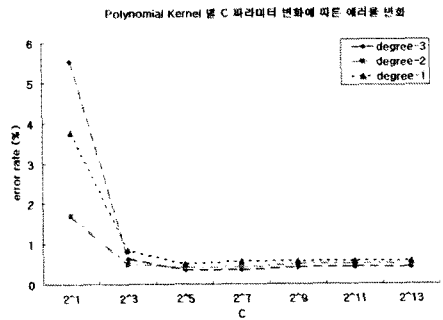


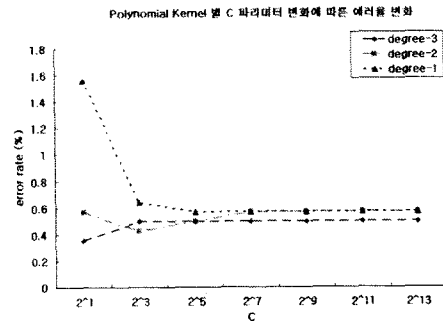
그림 17. 계량기 모듈의 실제 모습

3.3 SVM 모델 생성

SVM 모델 파라미터를 구하기 위해서 학습데이터 1,409장에 대해 전처리를 하지 않은 데이터와 전처리를 수행한 데이터를 각각 생성하였다. 이들 데이터를 이용하여 10-fold cross validation을 수행하여 SVM Kernel 차수 및 SVM cost 파라미터 c 를 선택하였다. 그림 20는 SVM kernel 차수(degree)와 SVM cost 파라미터 C 의 변화에 따른 에러율을 측정 한 실험 결과이다.



(a) 전처리를 하지 않은 데이터



(b) 전처리를 한 데이터

그림 20. SVM 모델 파라미터 실험 결과

그림 20에서 보는 것과 같이 전처리를 하지 않은 데이터와 전처리를 한 데이터 모두 커널 차수 3일 때 오류율이 대체로 가장 낮게 측정되었다. 본 실험의 결과를 근거로 본 논문에서는 전처리를 수행하지 않은 데이터와 전처리를 수행한 데이터에 대해 각각 Polynomial 3차, $C=2^7$ 및 Polynomial 3차 $C=2^9$ 로 할당하여 SVM 모델을 생성하였다.

3.4 인식을 비교 실험

인식률은 계량기 계기판 숫자 다섯 개중 가장 우측에 있는 숫자에 대해서만 측정하였고, 전처리를 하지 않은 영상과 전처리를 한 영상에 대한 인식 오류율을 비교하였다. 실험에 사용한 데이터는 3.1절에 소개된바와 같이 다른 기간에 취득된 학습 데이터 1409장, 테스트 데이터 1782장으로써, 조명의 상태가 다른 영상이다(그림 21).

3.1 전처리 결과

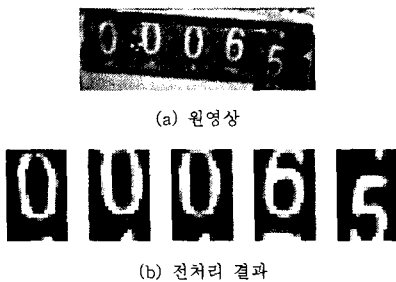


그림 18. 전처리 결과의 예

3.2 학습 데이터 라벨링

학습 데이터 라벨링은 숫자의 위쪽이 반쯤 보일 때부터(그림 19.a) 숫자의 아래쪽이 반쯤 보일 때까지(그림 19.b)를 해당 숫자로 라벨링 하였다. 그림 19의 경우에 해당하는 숫자는 모두 0으로 라벨링을 하게 된다.



그림 19. 학습 데이터 라벨링 구간의 예



(a) 학습 데이터 (b) 테스트 데이터

그림 21. 학습 데이터와 테스트 데이터의 예

인식 판단 기준은 그림 19에서 보이는 것과 같이 해당 구간에 있는 숫자로 결과가 나오면 제대로 인식된 것으로 간주하였다. 또한 그림 19.a에서처럼 두 개의 숫자가 비슷한 비율로 나타나 있을 경우에는 현재 보이는 두개 숫자 중 하나로 판단이 되면 제대로 인식된 것으로 간주하였다. 다음 표 1은 전처리를 한 영상과 전처리를 하지 않은 영상에 대한 인식률을 비교한 것이다.

표 1. 인식률 결과

	인식률(%)
전처리(무)	15.99 (285/1,782)
전처리(유)	97.08 (1730/1,782)

실험결과에 나타나 있듯이 전처리를 하지 않았을 경우의 인식률이 현저하게 낮은 것을 알 수 있다. 이는 학습 데이터를 취득할 때와 테스트 데이터를 취득할 때의 조명상태 변화로 인한 것이다(그림 21).

4. 결론

본 논문에서는 계량기 숫자 인식 시 필요한 전처리 기법을 제안하였다. 이를 위해 계량기 영상 및 계량기 숫자의 특성을 분석하였으며 각 특성에 따라 발생된 문제점을 해결하기 위한 알고리즘을 제시하였다. 제안방법의 성능을 평가하기 위해 학습데이터와 조명여건을 달리하여 취득한 테스트 데이터에 대한 인식 실험을 하였다. 그 결과, 81.09%라는 성능 향상을 확인하였으며 이는 제안한 전처리 기법이 조명으로 인한 데이터의 상태 변화와 그로인한 인식률 저하 문제를 해결해준다는 것을 입증해준다.

본 논문에서는 잡영 제거가 인식 성능에 미치는 영향에 대한 실험을 할 수가 없었다. 이는 잡영에 관한 실험을 하기 위해서는 다양한 계량기 모듈을 사용해야 하는데, 다른 계량기 모듈을 확보하기가 어려웠기 때문이다. 또한 계량기 영상은 계량기를 돌려가며 직접 취득해야 하기 때문에 다양한 학습 데이터를 확보하기가 어렵다는 점이 문제 시 되었다. 그리고 실제 계량기 검침에서는 검침 기준에 따라 다르게 검침하기 때문에 검침 기준별로 인식할 수 있는 인식기 설계가 요구된다. 추후 연구를 통해 다양한 학습데이터 확보 문제와 검침 기준별 인식 문제를 해결하고자 한다. 본 논문에서 제안한 전처리 기법은 계량기 숫자뿐만 아니라 우편 번호 및 자동차 번호 등의 인식 시에도 활용 가능하다.

5. 참고문헌

- [1] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor. "An Introduction to Support Vector Machines", Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.
- [2] V. Vapnik, "An Overview of Statistical Learning Theory", IEEE Trans. On Neural Networks, Vol.10, No. 5, pp. 988-999, 1999.
- [3] A. Magid, S.R. Rotman, A.M. Weiss, "Comments on Picture thresholding using an iterative selection method", IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 5, pp. 1238-1239, Sept-Oct 1990.
- [4] D. Ballard and C. M. Brown "Computer Vision", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.
- [5] Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1997.
- [6] R. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing, 2nd. Ed.", Addison-Wesley Publishing Co., pp. 134-137, 519-566, June 1987.