

## 훼손된 차량 번호판 영상의 혼합적 이치화 방법

# (A Hybrid Thresholding Method for Degraded Vehicle Number Plate Images)

全炳兌\*, 蘇 楨\*, 柳 璋 熙\*

(Byoung Tae Chun, Jung Soh and Jang Hee Yoo)

### 要約

실세계(real world)에서 운행중인 차량의 번호판은 훼손(찌그러짐, 오염 등) 정도가 심하여 인식하기 어려운 경우가 발생한다. 훼손 정도가 심한 번호판으로부터 차량번호를 인식하기 위해서는 영역화(segmentation)와 이를 위한 이치화(thresholding)가 잘 되어야 하는 선행 조건이 만족되어야 한다. 본 논문에서는 전역적 이치화(global thresholding)방법의 장점인 빠른 처리 속도와 지역적 이치화(local thresholding)방법의 장점인 영상의 국부적 명암특성에의 적응력을 상호 조합하여 빠른 시간에 번호판의 훼손을 극복하고 숫자획의 두께를 일정하게 유지해주는 방법을 제안하고 기존의 전역적 이치화 방법, 지역적 이치화 방법과의 비교 결과를 제시한다.

### Abstract

Number plates of vehicles operating in real world are sometimes difficult to recognize due to the number plate degradation (bent or dirty plates). To recognize the vehicle number from a number plate with severe degradation, good segmentation is necessary, which in turn requires good thresholding. This paper proposes a binarization method that combines the fast processing speed of global thresholding methods with the local thresholding methods' ability to adapt to local gray level characteristics. The proposed method overcomes the degradation of number plates quickly and maintains the widths of digit strokes uniform. The paper presents results of comparison with existing global and local thresholding methods.

### 1. 서론

\*正會員, 韓國科學技術研究院 시스템工學研究所  
(Korea Institute of Science and Technology  
Systems Eng., Research Institute)

接受日字 : 1994年 1月 7日

산업사회의 발전과 교통 수단의 발달로 차량의 수요는 날로 증가하고 있으며, 필요에 따라서는 도로상에 운행중인 차량 정보를 수집할 필요가 있다. 차량 번호판 자동 인식 시스템의 개발은 운행중인 차량 번호를

판독함으로서 정보를 수집하고 교통 관제 시스템 또는 범죄 차량 검문 검색 시스템에 사용할 수 있다.

차량 번호판 인식 시스템은 그림 1과 같이 크게 3부분으로 나누어진다. 입력 영상에서 차량 번호판 위치를 파악하는 번호판 영역추출 부분, 추출된 번호판 영역에서 숫자 및 문자 인식을 위해서 개별 숫자 및 문자를 영역화하는 영역화 부분, 그리고 영역화된 숫자 및 문자를 신경망 기법<sup>[1]</sup>을 이용하여 인식하는 인식 부분으로 나누어진다.

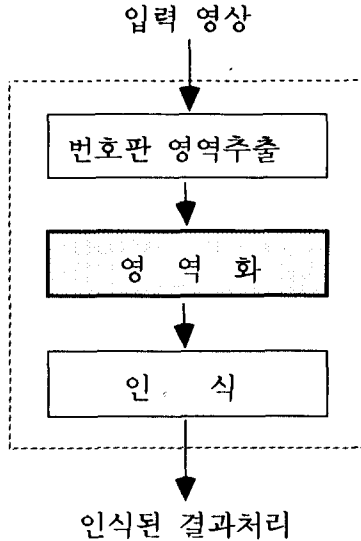


그림 1. 차량 번호판 인식 시스템의 흐름도  
Fig. 1. Flow of the vehicle number plate recognition system.

차량 번호판 영역 추출 방법<sup>[2]</sup>은 두 단계로 이루어져 있다. 차량 영상에서 일정한 간격으로 각 행의 명암특성 변화를 조사하여 번호판 후보 영역을 추출하는 단계와, 추출된 후보 영역들 중 선택된 후보영역들의 밀집 상태와 위치를 고려하여 우선 순위를 정한 다음, 우선 순위에 따라 검증을 통하여 번호판 영역을 추출하는 단계로 구성된다.

이 방법은 기존의 번호판 영역추출 방법<sup>[3][4]</sup>에서 사용한 번호판 테두리의 특성에 의존하지 않음으로서 테두리 훼손시에 발생하는 문제점을 극복할 수 있고, 전체영상을 처리하지 않고 각 행을 샘플링(sampling)하기 때문에 실시간 처리가 가능하다. 또한 숫자와 배경 차의 임계값을 시스템에서 자동적으로 구해주기 때문에 날씨와 시간 변화에 영향을 받지 않고 정확한 영역 추출이 이루어질 수 있다.

추출된 차량 번호판 영역에서 숫자 및 문자 인식을

하기 위해서는 숫자 및 문자의 개별 영역화(segmentation)가 수행되어야 한다. 실상황(real world)에서 접하는 차량 번호판은 훼손(찌그러짐, 오염, 명암도 불균일 등)이 심하여 영역화가 실패하는 경우를 볼 수 있다. 영역화의 실패는 곧 오인식과 직결되기 때문에 영역화의 성패가 차량 번호판 인식 시스템의 성능을 좌우한다고 볼 수 있다. 영역화 실패는 번호판의 훼손으로 이치화가 정상적으로 수행되지 않아 문자와 배경 부분을 잘못 분리하는 경우에도 주로 발생한다.

본 논문에서는 전역적 이치화(global thresholding) 방법인 경계선 검출을 이용한 이치화 방법과 지역적 이치화(local thresholding) 방법인 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 각각 제안하고, 이 두 방법을 혼합함으로써 빠른 시간에 번호판의 오염도를 극복하고, 숫자 획의 폭을 일정하게 유지시켜줌으로써 영역화 및 인식의 성공도를 높일 수 있는 이치화 방법을 제안한다.

본 논문의 구성을 살펴보면 다음과 같다. 제 II장에서는 오염된 차량 번호판의 이치화를 위하여 전역적 이치화 방법인 경계선 검출에 의한 이치화 방법을 소개하고, 전역적 이치화 방법에서 제거하지 못한 오염도를 제거하기 위하여 지역적 이치화 방법인 오염도 제거를 위한 이치화 방법에 대하여 설명한다. 제 III장의 성능 평가 및 실험에서는 오염도가 심한 번호판을 실험 대상으로 하여 기존의 이치화 방법들과 실험 결과를 비교하고 분석한다. 제 IV장 결론에서는 실험 결과에 따른 결론을 제시하고 제안된 이치화 방법의 향후 개선 방향에 대하여 고찰한다.

## II. 훼손된 차량 번호판의 이치화 방법

### 1. 차량 번호판의 특징 및 혼합적 이치화 방법

번호판 영역이 추출되면 번호판이 자가용인지 영업용인지를 구별해야 한다. 한국 차량 번호판의 색상 특성을 살펴보면 자가용(녹색바탕에 흰색문자)과 영업용(흰색바탕에 녹색문자), 그리고 관광용(주황바탕에 흰색문자)으로 크게 구분된다. 이것을 명암도로 표현하면 밝은 배경에 어두운 문자(영업용)와 어두운 배경에 밝은 문자(자가용, 관광용)의 두 가지로 나타나며, 이 두 가지 종류의 숫자와 배경 부분의 명암값이 그림 2와 같이 상호 반전됨을 볼 수 있다. 일정한 이치화 결과를 얻기 위해서는 차종 구분을 필수적으로 선행하여야 한다. 차종구분이 잘못되면 이치화 결과가 반전됨으로서 영역화가 실패하고, 영역화가 실패하면 숫자 및 문자의 오인식과 직결된다. 따라서

차종 구분 단계를 중요한 과정 중의 하나로 볼 수 있다.

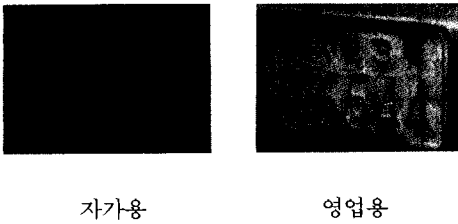


그림 2. 영업용과 자가용 번호판의 예  
Fig. 2. Examples of commercial and personal vehicle number plates.

이치화 전략은 그림 3과 같이 전역적 이치화 방법인 경계선 검출을 이용한 이치화 방법과 지역적 이치화 방법인 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 조합함으로써 수행시간 측면이나 이치화 결과면에서 좋은 결과를 얻을 수 있다. 일반적인 번호판의 경우에는 경계선 검출을 이용한 이치화 방법만으로도 빠른시간에 좋은 결과를 얻을 수 있으나, 번호판의 훼손으로 인하여 이치화가 잘 수행되지 않을 경우가 종종 발생한다. 따라서 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 추가로 적용함으로써 번호판 훼손에 관계없이 숫자획 부분을 일정하게 추출하여 영역화 및 인식에 좋은 결과를 얻을 수 있다.

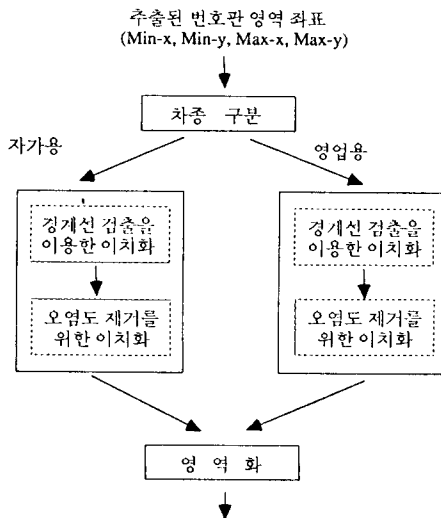


그림 3. 차량번호판 이치화 및 영역화 과정  
Fig. 3. Process of vehicle number plate binarization and segmentation.

2. 경계선 검출을 이용한 이치화 방법

경계선 검출을 이용한 이치화 방법은 전역적 이치화 방법<sup>[5]</sup>으로 미리 결정되어진 T(이치화 임계값) 값을 기준으로 숫자영역을 1, 배경영역을 0으로 분리한다. 명암도 영상을 G(x, y), 이치화된 영상을 B(x, y)로 나타내면 식(1)과 같다.

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } G(x,y) < T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

이 방법은 임계값이 정해지면 빠른 시간에 이치화를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, T값을 어떻게 구할 것인가가 가장 큰 문제이다. T값을 구하는 고전적 방법은 각 화소의 명암도의 빈도수를 계산하여 히스토그램을 만들고, 전체 최소점(global minimum)을 찾아 T 값으로 결정한다. 그러나 훼손 또는 오염이 심한 번호판의 경우 숫자영역과 배경영역이 불분명하므로 히스토그램 작성시 전체 최소점을 찾기 어렵다. 본 논문에서는 번호판의 숫자영역과 배경영역의 특성을 충분히 반영한 경계선 검출을 이용한 이치화 방법을 사용함으로써 빠른 시간에 최적의 T값을 찾는 방법을 제안한다.

식 (2)를 사용하여 수직 경계선을 취한 결과영상을 E(x,y)에 저장하고 그 결과를 그림 4에서 보여주고 있다.

$$E(x,y) = (G(x-1,y+1) + G(x,y+1) + G(x+1,y+1)) - (G(x-1,y-1) - G(x,y-1) + G(x+1,y-1)) \quad (2)$$

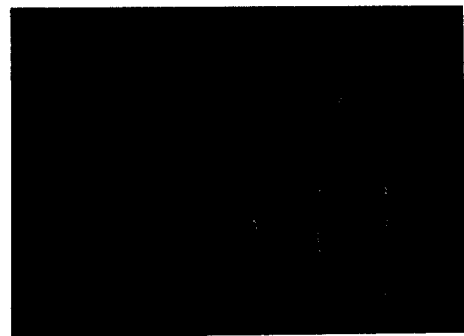


그림 4. 수직 경계선 검출 ( E(x,y) )  
Fig. 4. vertical edge detection.

그림 4와 같이 수직 경계선 검출을 취하는 이유는 2가지 효과를 기대할 수 있기 때문이다. 첫째, 처리할 영역을 숫자 부분으로 제한하기 위해서 숫자의 위 끝과 밑끝의 위치를 파악 하는 과정이 필요한데, 밑끝의 경우에는 번호판의 밑테두리 부분과 숫자부분이

근거리로 인접하여 숫자 부분과 테두리 부분의 분리가 어렵다. 수직 경계선 검출을 취함으로서 수평선이 제거되는 효과를 얻기때문에 번호판 밀테두리를 제거할 수 있다. 둘째, 경계선 검출을 이용한 이치화 방법에서 경계선을 이용하기 때문에 경계선 검출 과정이 필요하다.

구해진 수직 경계선 검출 결과를 이치화하고 숫자획 형성 과정을 거친 후, 그림 5와 같이 큰 숫자 부분의 위끝과 밑끝의 위치를 파악한다. 숫자의 위끝과 밑끝의 위치를 파악하는 이유는 숫자 영역 이외의 부분이 이치화 임계값의 계산에 참여 하는 것을 방지하기 위해서이다.

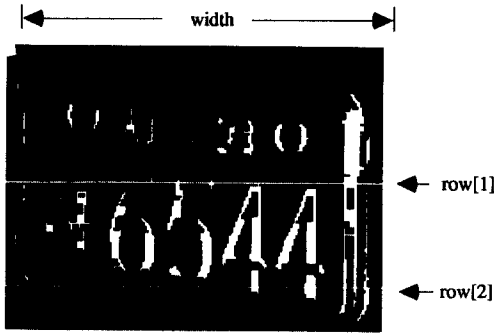


그림 5. 숫자부분의 위끝과 밑끝의 위치 파악  
Fig. 5. Locating the upper and lower ends of number region.

경계선 검출 결과 그림 6에서 a에 위치하는 숫자부분의 명암값 ( $a^*$ )은 최적의 이치화 임계값이 될 수 있다. 그러나 경계선 검출 결과 a 부분에 위치하는 곳의 결정은 쉽지 않다.

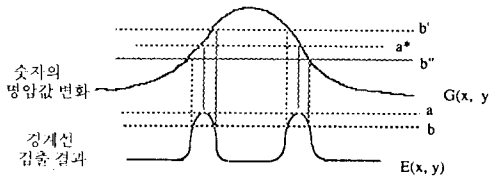


그림 6. 명암값 변화와 경계선 검출결과와의 상호관계  
Fig. 6. Locating the upper and lower ends of number region.

따라서 경계선 검출 결과 적정한 b를 선택한다고 할 때 이치화 임계값의 결정 범위는  $b'$ 에서  $b''$ 까지 넓어진다. 경계선 검출 임계값(b)의 변화와 그에 따른 이치화 임계값의 범위에 포함되는 명암값 히스토그램을

그림으로 나타내면 그림 7과 같다.

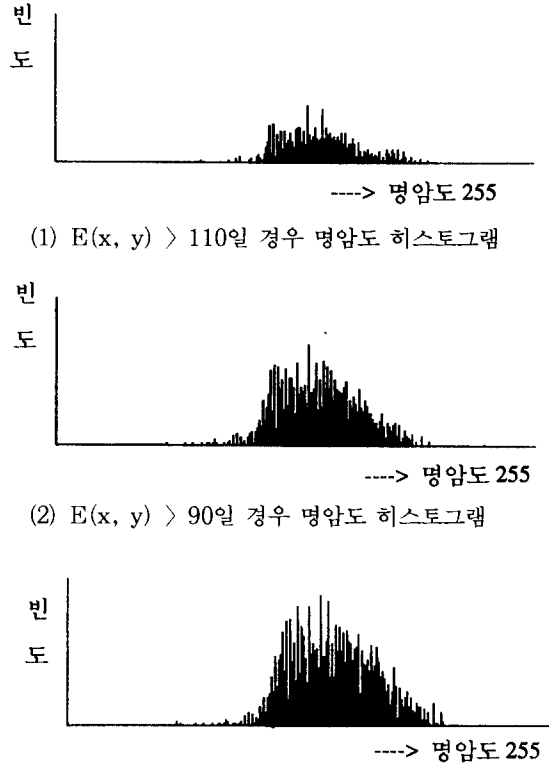


그림 7. 경계선 검출의 임계값에 따른 명암값의 분포  
Fig. 7. Distribution of gray levels depending on the threshold value for edge detection.

그림 7을 살펴보면 경계선 검출의 범위확장과 관계없이 종모양의 히스토그램이 형성됨을 볼 수 있으며 히스토그램의 중앙값을 이치화 임계값으로 결정할 때 일정한 결과를 얻을 수 있다. 위에서 설명한 것을 알고리즘화하면 그림 8과 같다.

경계선 검출을 이용한 이치화 방법은 이치화가 빠르게 수행된다는 장점이 있다. 그러나 경계선 검출 방법은 일정한 하나의 이치화 값을 기준으로 이치화하기 때문에 번호판의 훼손시 이치화가 정상적으로 수행되지 못함을 볼 수 있다. 본 논문에서는 경계선 검출 방법을 이용하여 일차적으로 이치화를 수행시킨 후, 진정한 숫자 부분인지를 화소단위로 검증하는 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 사용하여 숫자 부분만을 추출한다.

```

clear histogram[0~255];
for i = 0 ~ width
    for j = row[1] ~ row[2]
        if ( E(i,j) > b) histogram[ G(i,j) ] = histogram[G(i,j)] + 1;
    end i, j;

sum = 0;
for i = 0 ~ 255
    sum = sum + histogram[i];
end i;
mid_value = 1/2 * sum;

sum = 0;
for i = 0 ~ 255
    sum = sum + histogram[i];
    if ( sum > mid_value ) {
        Threshold_value = i;
        break;
    }
end i;
    
```

그림 8. 경계선 검출을 이용한 이치화 방법 알고리즘

Fig. 8. Thresholding algorithm using edge detection.

3. 오염도 제거를 위한 이치화 방법

경계선 검출을 이용한 이치화 방법은 오염도를 충분히 반영하지 못함으로써 오염도가 심한 차량 번호판의 경우 처리가 곤란함을 볼 수 있다. 본 논문에서는 경계선 검출을 이용한 이치화 방법의 결과를 이용하여 숫자 부분으로 한정된 화소에 지역적 이치화 방법인 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 적용하여 다시 화소 단위의 이치화를 수행한다.

카메라로 촬영한 번호판의 명암값을 자가용 번호판

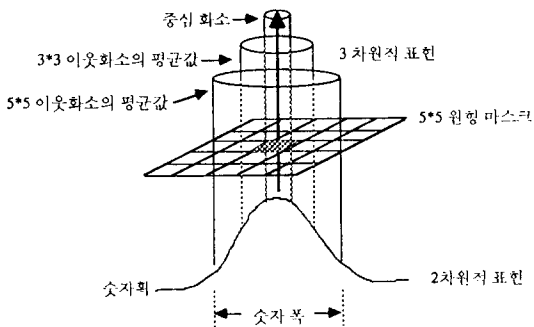


그림 9. 숫자획의 중심화소와 이웃화소와의 관계 Fig. 9. Relationship between the center pixel of a digit stroke and the neighbor pixels.

의 경우를 기준으로 살펴보면 그림 9와 같이 2가지 특징을 관찰할 수 있다. 첫째, 차량 번호판의 숫자 부분의 명암값 변화는 스텝 펄스(step pulse) 형태가 아니고 점진적으로 변화한다. 둘째, 촬영된 번호판의 크기는 사전지식(domain knowledge)을 이용하여 미리 알 수 있으므로 숫자의 폭을 계산할 수 있다.

그림 9를 보면 숫자획의 정점 부분의 명암값은 3\*3 이웃 화소의 평균 명암값보다 크고, 3\*3 이웃 화소의 평균값은 5\*5 이웃 화소의 평균 명암값보다 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 위와 같은 조건을 만족하면 숫자획으로 판단한다. 여기서 한 가지 더 비교할 조건은 중심 화소와 5\*5 이웃화소의 평균 명암값의 차이가 어느정도 이상이어야 한다는 것이다. 왜냐하면 배경 부분에서도 위에서 언급한 숫자획 조건을 약간의 수치차로 만족할 수 있기 때문이다. 자가용 번호판을 기준으로 이러한 이치화 방법을 알고리즘화 하면 그림 10과 같다.

```

for all index i, j {
    if ( image(i, j) == white ) { /* 문자 부분의 화소 */
        33_avg = average_3_neighborhood;
        55_avg = average_5_neighborhood;
        diff = abs ( image(i, j) - 55_avg );
        if ( ( image(i, j) > 33_avg > 55_avg ) &&
            ( diff > level_factor ) )
            image(i, j) = white;
        else
            image(i, j) = black; /* 잡음 처리 */
    }
} /* for end */
    
```

그림 10. 오염도 제거를 위한 이치화 알고리즘 Fig. 10. Thresholding algorithm for noise removal.

위와 같은 방법을 사용했을 때 완전한 결과를 얻기 위해서는 후처리 과정이 필요하다. 숫자획 부분이지만 위 조건을 만족하지 않음으로서 숫자 부분에 홀(hole)이 발생하는 경우가 있다. 따라서 이와 같은 부분을 복원시켜주는 복원 작업이 필요하다. 반면에 불필요한 잡음부분이 위 조건을 만족하여 숫자로 형성되는 수가 있는데, 이러한 잡음은 대부분 고립된 화소의 형태이므로 고립된 화소를 제거하는 잡음제거 단계를 거친다.

III. 실험 및 결과

이치화 방법의 성능을 평가하는 객관적인 기준을

찾는 것은 상당히 어렵다. 즉, 육안으로 판단하는 것이 가장 정확하나, 이는 보는 사람의 주관에 따라 크게 좌우될 수 밖에 없다. 따라서 본 논문에서는 기존의 잘 알려진 방법들과의 비교에 의해서 제안한 방법의 성능을 평가하기로 한다. 그림 11은 기존 이치화 방법 [4], [7], [9], [10]들과의 비교가 이루어지는 흐름을 나타낸다.

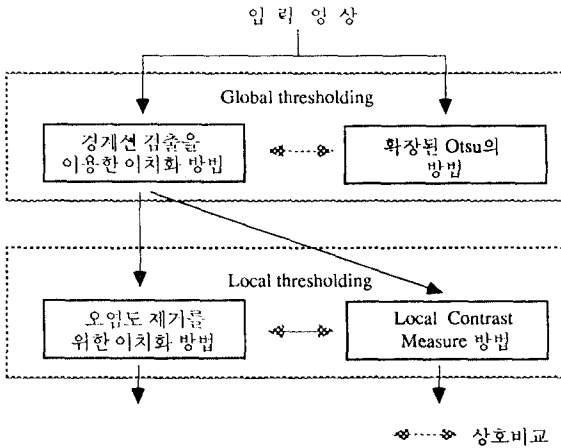
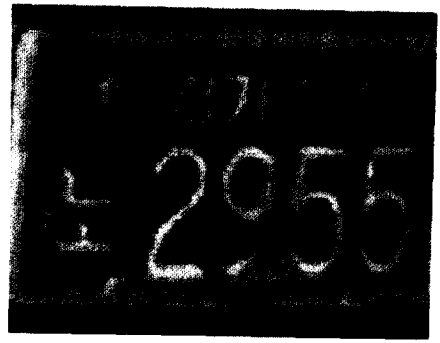
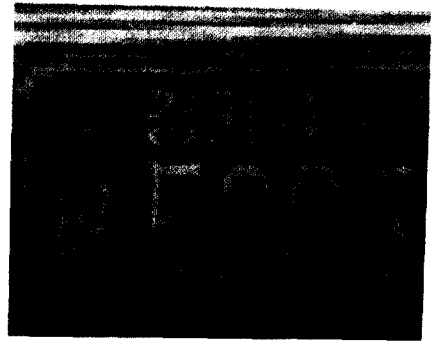


그림 11. 기존의 방법과 비교 흐름도

Fig. 11. Flow of comparison with previous methods.



(c) 자가용 번호판



(d) 자가용 번호판

그림 12. 오염도가 심한 실험 대상 번호판

Fig. 12. Number plates with severe degradation used for experiments.



(a) 영업용 번호판



(b) 영업용 번호판

그림 12는 실험 대상으로 삼은 오염도가 심한 번호판을 나타낸다. 그림 12(a)와 (b)는 영업용 번호판으로 번호판 (a)의 경우 숫자 부분과 배경부분이 명확하게 구분되지 않고 번짐현상처럼 숫자부분 주위가 희미한 것을 볼 수 있다. 또한 번호판의 상태가 대체로 불량함을 볼 수 있다. 번호판 (b)의 경우에는 차량이 나무가지 그늘을 지나감으로서 숫자 "3" 부분에서 다른 숫자 부분 보다 더 어두운 것을 볼 수 있다. 따라서 번호판 자체에서 조차 명암값이 불균일함을 볼 수 있다.

그림 12(c)와 (d)의 경우는 자가용 번호판이다. 번호판 (c)의 경우는 숫자 "9"와 "5"사이에서 심한 훼손이 발생함을 볼 수 있으며 번호판 주변에도 오염물질이 있음을 볼 수 있다. 번호판 (d)의 경우 숫자의 윗부분에 전반적으로 오염물질이 분포함을 볼 수 있다.

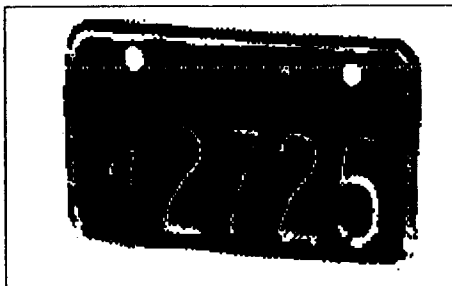
1. 전역적 이치화

우선 경계선 검출에 의한 전역적 이치화 방법(II.2 절)의 결과를 대표적인 전역적 이치화 방법 중의 하나인 Otsu의 방법<sup>[8]</sup>과 비교한다. Otsu의 이치화 방법은 명암값 히스토그램을 이용하여, 클래스간의 분리도(separability)를 극대화 시키는 임계값을 구하는 방법이다. 이 방법은 히스토그램에만 의존하기 때문에 영상의 지역적인 특성이 전체적인 특성과 상충될 때는 좋은 결과를 얻을 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Liu 등<sup>[10]</sup>은 Otsu의 방법으로 여러 개의 임계값을 찾은 후에 각각의 임계값으로 이치화를 수행한 결과를 런 길이(run-length)의 특징을 기준으로 분석하여 최적의 임계값을 찾는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 이와 유사한 방법으로 Otsu의 방법을 확장한 이치화 결과와 제안한 전역적 이치화 방법의 결과를 비교한다.

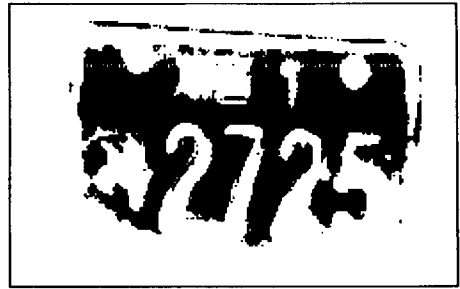
본 논문에서는 참고서적<sup>[9]</sup>에서 기술된 방식으로 Otsu의 알고리즘을 구현하였고, 기존논문<sup>[10]</sup>에서 제안된 것과 유사하게 두 개의 임계값 후보를 구하여 두 개의 이치화 결과를 비교 대상으로 하였다. 이를 알고리즘화 하면 아래와 같다.

- 1) 명암값 히스토그램  $G_1$ 을 구한다.
- 2)  $G_1$ 에 Otsu의 방법을 적용하여 임계값  $T_1$ 을 구한다.
- 3)  $G_1$ 에서  $T_1$ 과 255 (흰색) 사이의 부분만을 취하여 명암값 히스토그램  $G_2$ 를 구한다.
- 4)  $G_2$ 에 Otsu의 방법을 적용하여 임계값  $T_2$ 를 구한다.
- 5)  $T_1$ 과  $T_2$ 의 임계값을 각각 적용하여 두 개의 이진 영상  $B_1$ 과  $B_2$ 를 구한다.

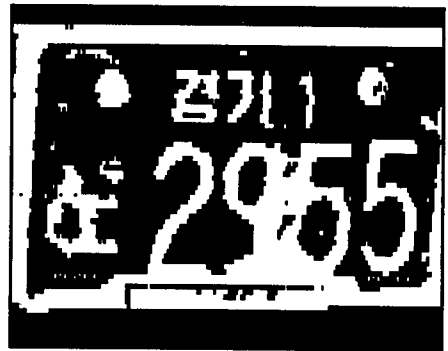
그림 13(a)와 (b)는 그림 12(a)의 영업용 번호판 영상을 위의 알고리즘에의해 두 개의 임계값  $T_1$ 과  $T_2$ 로 이치화한 결과이다. 그림 13(a)는  $T_1 = 105$ 로 이치화한 영상이며 숫자 획이 매우 가늘고 끊어지는 현상이 나타남을 볼 수 있다. 반대로 그림 13(b)의  $T_2$



(a) 그림 12(a)의 영상의 이치화 결과 ( $T_1 = 105$ )



(b) 그림 12(a)의 영상의 이치화 결과 ( $T_2 = 153$ )



(c) 그림 12(c)의 영상의 이치화 결과 ( $T_1 = 112$ )



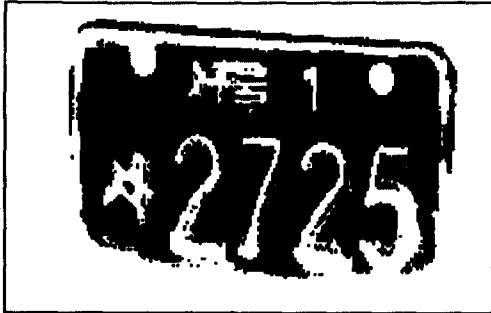
(d) 그림 12(c)의 영상의 이치화 결과 ( $T_2 = 164$ )

그림 13. 확장된 Otsu의 방법을 이용한 이치화  
Fig. 13. Thresholding using an extended Otsu's method.

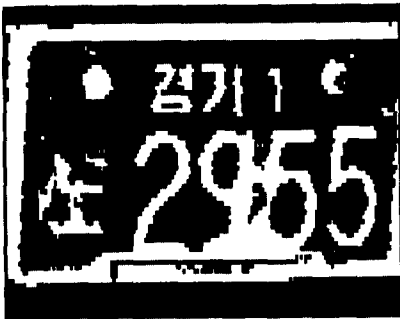
= 153으로 이치화한 영상에서는 숫자 획이 너무 굵게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이를 경계선 검출에 의한 이치화 결과인 그림 14(a)와 비교해 보면, 그림 13(a)와 (b)에 해당하는 두 임계값 ( $T_1$ 과  $T_2$ ) 사이의 적절한 임계값(135)이 사용되어 숫자 획의 폭이 적당

하게 이치화됨을 볼 수 있다.

그림 13(c)와 (d)는 그림 12(c)의 자가용 번호판 영상을 확장된 Otsu방법으로 두 개의 임계값  $T_1$ 과  $T_2$ 로 이치화한 결과이다. 그림 13(c)는  $T_1 = 112$ 로 이치화한 영상이며 숫자 9와 5가 서로 붙어버린 것을 볼 수 있다. 그림 13(d)의  $T_2 = 164$ 로 이치화한 영상에서는 반대로 숫자 9가 완전히 끊어진 것을 볼 수 있다. 경계선 검출에 의해서 같은 영상을 이치화한 결과인 그림 14(b)에서는 124의 임계값으로 이치화되어 그림 13(c)나 (d)보다 나은 결과를 얻을 수 있다.



(a) 그림 12(a)의 영상의 이치화 결과



(b) 그림 12(c)의 영상의 이치화 결과

그림 14. 경계선 검출을 이용한 이치화

Fig. 14. Thresholding using edge detection.

위의 실험 결과에서 알 수 있듯이, 히스토그램에만 의존하는 이치화 방법으로는 영상이 국부적으로 오염되어 명암도가 불균일할 때는 좋은 임계값을 찾기 어렵다. 이 점을 보완하기 위해서 히스토그램에서 두 개의 후보 임계값을 적용하여 보았으나 숫자획이 너무 끊거나 너무 가늘게 나타나는 경향이 있었다. 경계선 검출에 의해 숫자 영역의 명암값을 직접 고려하여 구한 임계값은 주어진 좋지않은 화질의 영상에서 히스토그램 기반 방법으로 구한 임계값 보다는 적절

한 것으로 판단된다.

2. 지역적 이치화

본 논문에서 제안한 오염도 제거를 위한 이치화 방법을 지역적 명암 대조 측정(local contrast measure)에 의한 이치화 방법<sup>[7] [11]</sup>과 비교한다. 이 방법은 그림 15에 나타난 것과 같은 마스크에 의한 주변 명암값과의 비교에 의해 중심 화소를 이치화하는 방법으로, 알고리즘화하면 (밝은 배경에 어두운 문자를 가정) 그림 16과 같다. 마스크에서 O는 중심 화소, X는 주변 화소를 표시한다. 실험에서는 경계선 검출을 이용한 이치화 방법의 결과(그림 14)에서 흰색으로 나타난 화소에 이 방법을 적용하여 그 결과를 본 논문에서 제안한 방법의 최종 결과와 비교한다. 실험에 사용한 파라미터의 값은  $t_1 =$  경계선 검출 이치화의 임계값,  $t_2 = 20$ ,  $t_3 = 0.85$ ,  $t_4 = 1$ ,  $t_5 = 0$ 이다.

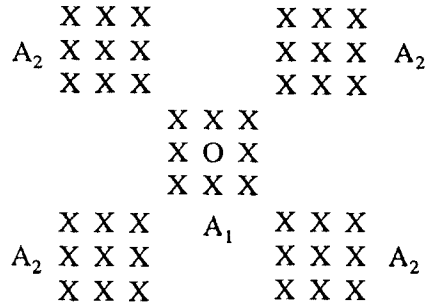


그림 15. 지역적 명암 대조 측정 이치화의 중심 화소(O)와 주변 화소(x)

Fig. 15. The center pixel and the neighbor pixels in local contrast measure thresholding.

if  $(I(x,y) < t_1)$  then  $Z(x,y) =$  black;  
else {

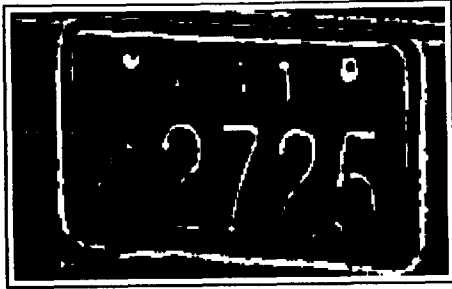
$a_1 =$  average of 9 pixels in  $A_1$ ;  
 $A_2 = \{(x,y) | (x,y) \text{ in } A_2 \text{ and } I(x,y) > t_2\}$ ;  
 $a_2 =$  average of pixels in  $A_2$ ;  
if  $((t_3 a_2 + t_5) > t_4 a_1)$  then  $Z(x,y) =$  black;  
else  $Z(x,y) =$  white;

}

그림 16. 지역적 명암 대조 측정 이치화 알고리즘  
Fig. 16. The local contrast measure thresholding algorithm.



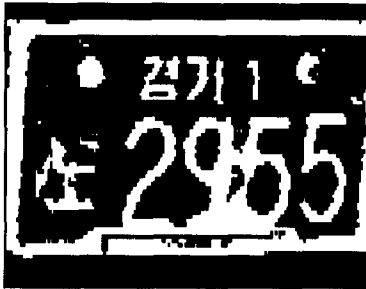
지역적 특징을 잘 반영하는 마스크와 이치화 알고리즘의 적용으로 상대적으로 영상의 오염에 크게 영향을 받지 않는다.



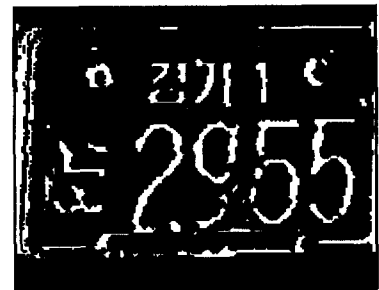
(a) 그림 14(a)의 영상의 이치화 결과



(a) 그림 14(a)의 영상의 이치화 결과



(b) 그림 14(b)의 영상의 이치화 결과



(b) 그림 14(b)의 영상의 이치화 결과

그림 17. 지역적 명암 대조 측정 이치화  
Fig. 17. Local contrast measure thresholding.

그림 18. 오염도 제거를 위한 이치화  
Fig. 18. Thresholding for noise removal.

그림 17(a)는 그림 14(a)의 경계선 검출 이치화 결과에 명암 대조 측정 이치화 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸다. 숫자의 밑부분이 거의 없어진 것을 볼 수 있다. 그림 18(a)는 오염도 제거를 위한 이치화 방법의 결과로서, 오염이 심한 번호판의 밑부분에서도 숫자 획의 굵기가 어느 정도 균일하게 이치화되었다.

그림 17(b)는 그림 14(b)의 경계선 검출 이치화 결과에 명암 대조 측정 이치화 알고리즘을 적용한 결과이다. 그림 14(b)의 결과에서 별로 개선되지 않았음을 볼 수 있다. 반면에, 그림 18(b)의 오염도 제거를 위한 이치화 방법의 결과에서는 숫자 획이 서로 붙어버린 부분이 분리되었고 숫자 획의 굵기도 비교적 균일하게 유지되었다.

이 실험 결과를 보면 명암 대조 측정 이치화 방법은 문서 영상 등에는 좋은 성능을 나타내는 것으로 알려져 있지만<sup>[7]</sup>, 실세계의 오염이 매우 심한 영상에는 적합하지 않다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 오염도 제거를 위한 이치화 방법은 숫자 획의

#### IV. 결론

본 논문에서 제안한 경계선 검출을 이용한 이치화 방법의 경우 숫자 부분과 배경부분의 경계선 부분을 명암값 히스토그램으로 분석함으로써 최적의 이치화 값을 선택할 수 있음을 볼 수 있다. 오염도 제거를 위한 이치화 방법은 번호판의 훼손에 관계없이 오염도를 극복할 수 있음을 볼 수 있고, 숫자획의 형태를 최대한 복원하여 숫자획을 일정하게 해주는 효과를 볼 수 있다. 또한 이 두 가지 이치화 방법을 조합함으로써 각 방법의 장점을 최대한 살려 최적의 이치화를 수행함을 볼 수 있다. 향후 연구 방향은 숫자획의 굵기에 관한 사전지식없이 능동적으로 문제영역에 접근할 수 있도록 알고리즘을 보완하는 것이다.

## 参 考 文 獻

- [1] Jang-Hee Yoo, Byoung-Tae Chun and Dong-Pil Shin, "A Neural Network for Recognizing Characters Extracted from Moving Vehicles," *World Congress on Neural Networks*, Vol. III, pp.162-166, San Diego, June 1994.
- [2] 전병태, 윤호섭, "신호처리 기법을 응용한 차량 번호판 추출 방법," *전자공학회 논문지*, Vol. 30-B, No. 7, pp. 92-101, 1993년 7월.
- [3] 催, 安居阮, 中嶋, "ピラミッド階層化高速ハフ変換を用いたナンバープレート領域抽出," *信學論*, Vol. J70-D, No. 7, pp. 1383-1389, 1987年 7月.
- [4] D. U. Cho, J. Y. Kim, and Y. K. Yang, "Recognition of Automobile Type and Extraction of Car Number Plate by Image Processing," *Proc. of the First Korea-Japan Joint Conference on Computer Vision*, pp. 230-233, Seoul, October 1991.
- [5] P. K. Sahoo, S. Soltami, and A. K. C. Wong, "A Survey of Thresholding Techniques," *Computer Vision Graphics and Image Processing*, Vol. 41. pp. 233-260. 1988.
- [6] M. Kanel and A. Thao, "Extraction of Binary Character / Graphics Images from Grayscale Document Images," *CVGIP : Graphical Models and Image Processing*, Vol. 55, No. 3, pp. 203-217, May. 1993.
- [7] P. W. Palumbo, P. Swaminathan, and S. N. Srihari, "Document Image Binarization : Evaluation of Algorithm," *SPIE Vol. 697 : Applications of Digital Image Processing IX*, pp. 278-258, 1986.
- [8] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-scale Histogram," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-8, pp. 62-66, 1978.
- [9] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, *Computer and Robot Vision I*, Addison-Wesley, pp. 20-23, 1992.
- [10] Y. Liu, R. Fenrich, and S. N. Srihari, "An Object Attribute Thresholding Algorithm for Document Image Binarization," *Proc. of the Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 278-281, Tsukuba Science City, Japan, October 1992.
- [11] E. Giuliano, O. Paitra, and L. Stringa, "Electronic character reading system," *U.S. Patent*, 1977.

## 著者紹介



全炳完(正會員)

1963年 7月 20日 生. 1986年 2月  
한남대학교 전자계산학과 (학사).  
1989年 8월 숭실대학교 대학원 전  
산과 (석사). 1989年 9월 ~ 현재  
한국과학기술연구원 시스템공학연  
구소. 인공지능연구부 재직중.

1990年 2월 특허출원 번호 제90-1719호 "차량번호판  
자동인식방법" 발명자. 1994年 2월 특허출원 번호  
제94-2129호 "차량번호판 자동인식방법" 발명자.  
1992年 5월 IR52 장영실상 수상 (과기처 장관상).  
주관심 분야는 컴퓨터비전, 의료영상처리, 신경회로  
망 등임.



蘇楨(正會員)

1964年 10月 14日 生. 1982年 3月  
~ 1983年 8월 서울대학교 제어계  
측공학과. 1986年 5월 위스콘신  
주립대학교 전기컴퓨터공학과 (학  
사). 1988年 6월 뉴욕 주립대학교  
전산학과 (석사). 1988年 ~

1991年 뉴욕 주립대학교 전산학과 박사과정, 문서 분  
석 및 인식 센터 연구원. 1992年 ~ 현재 한국과학기술  
연구원 시스템공학연구소 인공지능 연구부 재직중.  
주관심 분야는 패턴인식, 문서인식, 컴퓨터비전 등  
임.



柳璋熙(正會員)

1965年 12月 25日 生. 1988年 2월  
한국외국어대학교 이학사 (물리  
학). 1990年 2월 한국외국어대학  
교 이학석사 (전산학). 1990年 3  
월 ~ 현재 한국과학기술연구원  
시스템공학연구소 인공지능연구부

재직중. 주관심 분야는 신경망, 신호및영상처리, 패  
턴인식, 병렬처리 등임.