

---

# 자동차 번호판 이진화 방법에 대한 성능 비교

## Comparative Performance Evaluation of Binarization Methods for Vehicle License Plate

---

김민기  
경상대학교 컴퓨터교육과

Min-Ki Kim(mkkim@gnu.ac.kr)

---

### 요약

자동차 번호 인식에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔으나, 번호판 이진화 방법들에 대한 비교 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이로 인하여 관련 연구자들마다 효과적인 이진화 방법을 찾기 위하여 유사한 시행착오를 겪어 왔다. 본 연구에서는 이러한 시행착오를 줄일 수 있도록 기존의 번호판 이진화 방법들을 구현하여 성능을 양적으로 비교 제시하였다. 이진화 성능 측정은 저수준 척도와 고수준 척도를 모두 사용함으로써 이진화 자체에 대한 평가뿐만 아니라 후속 단계에서의 유용성을 함께 고려하였다. 그리고 이진화 방법들의 특성을 파악하기 위하여 조도의 특성에 따라 번호판 영상을 세 그룹으로 분류하여 이진화 성능을 측정하였다. 실험 결과 조도의 강도보다는 조도의 균일성 여부가 이진화 성능에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 조도가 균일한 영상은 Otsu의 방법이 가장 효과적이었으며, 조도가 불균일한 영상은 파라미터를 보정한 Niblack 방법이 가장 좋은 결과를 나타냈다.

■ 중심어 : | 자동차 번호판 | 이진화 | 성능 측정 |

### Abstract

License plate recognition is an active research area, but few comparative studies on license plate binarization have been conducted. Many related researchers have experienced similar trial and error for finding an effective binarization method. To reduce this trial and error, this study implemented some binarization methods and quantitatively compared the performance of the methods. The performance evaluation consists of a low level measure and a high level measure, so it can evaluate not only the quality of binarized image itself but also the usefulness of the result. The performance evaluation was separately performed with three groups of images so as to understand the properties of the binarization methods. Experimental results show that the quality of binarization is more dependent on the evenness of illumination than the intensity of illumination. The Otsu's method has acquired the most effective performance in the group of even illumination images and the Niblack's method with parameter correction has shown the best quality in the group of uneven illumination images.

■ keyword : | License Plate | Binarization | Performance Evaluation |

## I. 서론

자동차 보급 대수가 꾸준히 증가하면서 교통정체를 비롯하여 불법주정차, 신호위반, 과속 등 자동차 이용에 관련된 여러 문제들이 심화되고 있다. 이에 따라 자동차 운행을 효과적으로 통제 및 관리할 수 있는 자동화 시스템에 대한 수요가 증대되고 있다. 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 불특정 다수의 차량에 대한 고유 정보를 자동으로 식별해야 하는데, 이에 대한 해결 방안으로 입력 영상으로부터 자동차 번호를 자동으로 인식하는 방법이 꾸준히 연구되어 왔다. 일반적으로 자동차 번호 인식 소프트웨어는 입력 영상으로부터 자동차 번호판 영역을 찾고, 번호판 영역에 나타나는 문자를 분할한 후 해당 문자를 인식하는 세 단계로 구성된다. 입력 영상으로부터 번호판 영역을 검출하거나 해당 영역에서 문자를 추출할 때 대개 이진화를 거치게 된다. 이진화는 영상을 전경과 배경으로 구분하는 효과적인 영상분할 방법으로, 원 영상이 갖고 있는 복잡한 다량의 정보를 후속 단계에서 필요로 하는 축약된 소량의 정보로 변환하는 과정으로 볼 수 있다.

이진화 방법은 임계값의 적용 범위에 따라 전역적 기법과 국소적 기법으로 나누어진다. 전역적 기법은 영상 전체를 단일 임계값으로 이진화하기 때문에, 신속한 이진화가 가능하나 영상에 나타나는 국부적인 변화에 둔감한 단점이 있다. Otsu[1]의 알고리즘은 전역적 임계값을 산출하는 대표적인 방법으로, 동일 집단 내 분산을 최소화하도록 임계값을 선택하기 때문에 특정 응용에 무관하게 안정적인 이진화 결과를 생성하는 것으로 알려져 있다. Shapiro 외[2]는 번호판 영역 검출에 필요한 이진영상 생성을 위해 Otsu의 방법을 사용하였다. 자동차 번호판에서 전경에 해당하는 문자와 배경이 차지하는 면적은 일정한 비율을 차지하는데, 이것은 전역적 임계값을 탐색할 때 중요한 정보가 된다. 안영준 외[3]는 영상에서 히스토그램을 구한 후 이 히스토그램의 상위 또는 하위 일정 비율(p%)이 되는 값을 임계값으로 결정하는 p-tile 방법을 사용하였고, Yang 외[4]는 이 비율로부터 이진화 임계값 영역을 추정하고 조도의 상태를 반영하여 임계값을 산출하였다. 위 두 연구

[3][4]는 일정 비율 p값을 상수로 이용한다. 그런데 번호판에서 문자가 차지하는 비율은 번호에 따라 약간의 차이가 나타나므로, 이러한 차이를 임계값 산출에 반영하기 위하여 Yang 외[5]는 반복적 이진화에 의해 최적의 p값을 산출하여 이진화를 수행하였다.

빛의 반사나 그림자 등으로 인하여 번호판 영상은 명도 값의 분포가 균일하지 않거나, 번호판 손상이나 오염 물질로 인하여 국부적인 변화가 나타날 수 있다. 이러한 변화에 따라 적응적으로 이진화를 수행하기 위해서는 국소적 기법을 이용해야 한다. 전통적인 국소적 이진화 기법으로 Niblack[6]과 Bernsen[7] 방법이 있다. Niblack 알고리즘은 국소 영역을 정의하는 윈도우 내의 명도 값 평균과 분산을 이용하여 윈도우 중심 픽셀의 임계값을 결정하며, Bernsen 알고리즘은 윈도우 내의 최소값과 최대값을 이용하여 임계값을 결정한다. Bernsen 알고리즘은 최소값과 최대값을 이용하기 때문에 Niblack 알고리즘에 비하여 불균일한 조도에 더 민감하게 반응한다. 번호판 문자 분할 및 인식을 위한 이진화 과정에서 Yang 외[8]는 전통적인 몇 개의 이진화 알고리즘을 비교하여 Bernsen 알고리즘을 채택하였고, Anagnostopoulos 외[9]는 문서영상 이진화에 적합하도록 Niblack 방법을 수정한 Sauvola & Pietikainen[10]의 방법을 도입하였다. Guo & Lin[11]과 Wu 외[12]는 픽셀 단위의 임계값을 산출하는 이진화 방법[6][7][10]에 비하여 속도가 빠르면서 국부적 변화에 적용할 수 있도록 블록 단위의 이진화 방법을 사용하였다. Guo & Lin[11]은 명도 히스토그램으로부터 산출한 전역적 임계값과 분할된 각 블록의 변화를 반영한 국소적 임계값을 모두 이용하는 하이브리드 형태의 이진화 방법을 제안하였고, Wu 외[12]는 블록 내의 경계 픽셀의 비율에 따라 적합한 이진화 방법을 적용하는 선택적 방안을 제안하였다.

번호판 인식 과정에서 이진화를 수반하는 기존의 연구들을 살펴보면 실험에 사용된 번호판 영상의 특성이 명확히 기술되어 있지 않고, 이진화 결과에 대한 충분한 설명 없이 단순히 번호판 인식 결과를 중심으로 실험 결과를 제시하고 있기 때문에 각 연구에서 사용된 이진화 방법의 성능을 추정하기 어렵다. 결국 각 연구

자들은 수많은 이진화 방법 중 어떤 방법을 적용하는 것이 효과적인지 파악하기 위하여 기존 연구자가 겪었던 유사한 시행착오를 겪게 된다. 따라서 이러한 시행착오를 줄이기 위해서는 이진화 방법에 대한 객관적인 성능 비교 연구가 필요하다. 본 연구에서는 번호판 이진화를 위해 채택한 기존의 이진화 방법들과 번호판 이진화를 목적으로 제안된 방법들을 대상으로 각각의 성능을 비교 분석하고자 한다. 이미 이진화 방법들에 대한 성능 비교 연구가 여러 차례 이루어져 왔으나 [13-15], 이진화 방법은 입력 영상의 특성에 따라 이진화 결과에 큰 차이를 보일뿐만 아니라 이진화 목적에 따라 동일한 결과도 다르게 평가될 수 있기 때문에 특정 응용에 대한 성능 분석이 필요하다. Trier & Jain[16]은 수계측량도(hydrographic map) 영상에 나타나는 숫자를 인식하기 위한 전처리 과정으로 이진화 방법을 비교 실험하였고, Stathis 외[17]는 고문서(historical document) 영상을 대상으로 어떤 이진화 방법이 적합한지를 비교 연구한 바 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 번호판 영상의 이진화를 위하여 제안된 기존의 방법들에 대하여 소개하고, 3장에서는 이진화 결과에 대한 성능 측정 방법에 대하여 기술한다. 4장에서는 실험을 통해 얻은 성능 측정 결과를 제시하고, 5장에서 결론과 향후 과제에 대하여 논의한다.

## II. 번호판 영상에 대한 이진화 방법

### 1. 전역적 이진화 기법

번호판에서 배경과 전경이 차지하는 면적의 비율은 일정한 값을 갖게 되는데, 이것은 이진화 임계값을 산출하는데 중요한 특징이 된다. 이웅주 외[18]는 명도 히스토그램의 누적 분포를 이용하여 임계값을 산출하는 식 (1)을 제시하였다.  $H_{low}$ ,  $H_{center}$ ,  $H_{high}$ 는 번호판 영역의 명도 히스토그램 누적 빈도가 각각 30%, 50%, 70%가 되는 명도 값을 나타낸다. A유형이란 번호판 글자가 배경보다 큰 명도 값을 갖는 번호판 유형으로 녹색 바탕 번호판이 A유형에 해당한다. B유형은 그 반대

로 흰색 바탕 번호판을 나타낸다. 번호판 유형 판별 역시 식 (2)와 같이 명도 히스토그램의 분포를 이용한다.

$$T = \begin{cases} (H_{high} - H_{center})/2 + H_{center}, & \text{if } A \text{ type} \\ (H_{center} - H_{low})/2 + H_{low}, & \text{if } B \text{ type} \end{cases} \quad (1)$$

$$Type = \begin{cases} A, & \text{if } H_{high} - H_{center} > H_{center} - H_{low} \\ B, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

번호판에서 문자에 해당하는 전경의 비율은 번호에 따라 약간의 차이가 존재하므로, 식 (1)과 같이 명도 히스토그램 누적 분포의 중심점에서 번호판 유형에 따라 좌측 또는 우측으로 임계값을 이동하여 단 한 번에 최종 임계값을 산출할 경우 정확한 임계값을 얻기 어렵다. Yang 외[5]는 초기 임계값에 의해 배경과 문자를 분리한 후 그 비율에 따라 임계값을 좌우로 이동시키는 반복적 작업에 의해 최종 임계값을 결정하였다. 제안된 방식은 식 (3)으로 표현된다.  $L$ 은 명도 레벨을 나타내며,  $h_i$ 는 명도 값  $i$ 에 대한 누적빈도를 나타낸다. 번호판 바탕의 명도 값이 글자의 명도 값보다 작은 단일화된 번호판을 가정할 때,  $K$ 의 초기 값은 0.6으로 설정되며, 잠정적 임계값에 의해 분할된 배경과 글자의 비율을 계산하여  $K$ 값을 변경하면서  $T_{i+1} = T_i$ 가 될 때  $K$ 값을 최종 임계값으로 결정한다.

$$T_{i+1} = K \left( \frac{\sum_{i=0}^{T_i} h_i * l}{\sum_{i=0}^{T_i} h_i} + \frac{\sum_{i=T_i+1}^{L-1} h_i * l}{\sum_{i=T_i+1}^{L-1} h_i} \right) \quad (3)$$

Yang 외[4]는 최적의 이진화 임계값을 산출하기 위하여 먼저 명도 스트레칭(gray stretching)을 통해 번호판 영상을 개선한 후 이진화를 수행하였으며, 조도의 변화에 따라 적응적으로 임계값을 조절할 수 있도록 식 (4)를 제안하였다.  $M$ 은 번호판 영역 전체의 평균 명도 값,  $C$ 는 표준편차를 나타내며,  $r_1$ 과  $r_2$ 는 각각 번호판에서 글자와 배경 영역의 비율을 나타낸다. 식 (5)의  $f(L)$ 은 조도함수로  $L$ 이 1보다 작은 경우는 노출 부족,

$L$ 이 2보다 큰 경우는 노출 과다를 의미한다.

$$T = M + C \left( \frac{\left( \sqrt{\frac{r_2}{r_1}} - \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \right)}{2} - f(L) \right) \quad (4)$$

$$f(L) = \begin{cases} -\frac{0.2}{1+e^{1-L}}, & 0 < L \leq 1 \\ \frac{0.1}{1+e^{L-1}}, & 1 < L < 2, L = \frac{M}{C} \\ \frac{0.1}{1+e^{L-2}}, & L \geq 2 \end{cases} \quad (5)$$

## 2. 국소적 이진화 기법

Guo & Liu[11]은 번호판 영상을 이진화하기 위하여 전역적 임계값과 국소적 임계값을 혼용한 하이브리드 방식을 제안하였다. 전체 번호판 영역으로부터 평균 명도 값을 구하고 명도 히스토그램의 형태 정보로부터 정점(peak)와 골짜기(valley) 위치를 이용하여 전역적인 임계값  $G_{M2}$ 를 구한다.  $G_{M2}$ 를 구하는 구체적인 과정은 다음과 같다.

- ① 전체 번호판 영역의 평균 명도 값  $G_M$ 을 구한다.
- ②  $G_M$ 보다 작은 명도 값들 중 빈도가 최대인 값을  $G_{Lmax}$ ,  $G_M$ 보다 큰 명도 값들 중 빈도가 최대인 값을  $G_{Hmax}$ 로 지정한다.
- ③  $G_{Lmax}$ 에서 명도 값을 증가시키면서 처음 만나게 되는 골짜기 부분에 해당하는 명도 값을  $G_{Lmin}$ ,  $G_{Hmax}$ 에서 명도 값을 감소시키면서 처음 만나게 되는 골짜기 부분을  $G_{Hmin}$ 으로 지정한다.
- ④  $G_{M2} = (G_{Lmin} + G_{Hmin})/2$

전역적 임계값  $G_{M2}$ 만으로는 국부적인 명도 값 변화에 대처할 수 없기 때문에 번호판 영상을 중첩되지 않는  $N \times N$  크기의 블록으로 분할한 후 각 블록의 명도 히스토그램으로부터 국소적 이진화 임계값을 계산한

다. 마지막 단계에서는 블록 단위로 이진화를 수행할 경우 픽셀들이 흩어지는 효과를 제거하기 위하여 휴리스틱을 적용하였다.

Wu 외[12]는 번호판 영상을  $M \times N$  크기의 블록으로 분할한 후 각 블록에 나타나는 경계 픽셀의 분포에 따라 기본적인 적응적 임계치 방식과 c-means 알고리즘을 적용하는 이진화 방법을 제안하였다. 번호판 영상을 중첩되지 않는 블록으로 분할하였을 때,  $(i, j)$  번째 블록 내의 각 픽셀의 명도 값을  $f_{i,j}(x, y)$ 라 하면, 블록 내의 경계 픽셀의 집합  $A_{i,j}$ 는 식 (6)과 같이 정의된다.  $T_d$ 는 미리 정해진 임계값으로 8로 설정되었다.

$$A_{i,j} = \{(x, y) | |f_{i,j}(x, y) - f_{i,j}(x-1, y)| \geq T_d\} \quad (6)$$

$$P_{u,0} = \frac{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \begin{cases} 1, & \text{if } f_{i,j}(x, y) < T_u \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}}{M \times N} \quad (7)$$

식 (7)의  $P_{u,0}$ 는 블록 내 경계 픽셀의 평균 명도 값인  $T_u$ 보다 명도 값이 작은 픽셀들의 비율을 나타낸 것으로,  $T_u$ 보다 명도 값이 큰 픽셀들의 비율  $P_{u,1}$ 은  $1 - P_{u,0}$ 와 같다. 만약  $P_{u,0}$ 과  $P_{u,1}$ 의 차이가 미리 정해진 임계값  $T_p=0.1$  보다 작으면 해당 블록의 최소값과 최대값의 평균에 의한 적응적 이진화 방식을 적용하고, 그렇지 않으면 c-means 알고리즘에 의해 이진화 임계값을 계산한다.

## III. 번호판 이진화 성능 측정

이진화 결과에 대한 평가는 두 가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 하나는 이진화 결과 자체에 대한 저수준 평가이고, 다른 하나는 이진화 결과에 대한 후속 단계에서의 유용성에 대한 고수준 평가이다. 저수준 평가는 최적의 이진영상인 참조영상(reference image)과 임의의 이진화 방식에 의해 이진화된 검사영상(test image) 간의 일치성을 측정하는 방식이 널리 이용된다. 이 평가 방식은 영상의 내용과 무관하므로 범용성을 갖는다.

고수준 평가는 이진화 결과가 후속 단계에 제공하는 정보의 유용성을 측정한다. 예를 들어, [그림 1]의 이진화 결과에 대하여 저수준 평가는 검사영상 (b)가 (c)보다 참조영상 (a)와 더 유사하므로 (b)가 (c)보다 우수한 이진화 결과라고 판단한다. 그러나 이진화 결과를 입력으로 받아들이며 문자 분할 및 인식을 수행하는 후속 단계의 고수준 평가로 보면 (c)가 (b)보다 우수한 결과라고 판단한다. 왜냐하면 (b)는 상단의 문자 부분에 심각한 정보 손실을 나타내지만, (c)는 잡영이 존재하지만 문자 인식이 필요한 정보를 보존하고 있기 때문이다.



그림 1. 이진화 결과 (a) 참조영상 (b) Otsu의 이진화 (c) Sauvola 이진화

전처리 과정으로의 이진화는 후속 단계에 불필요한 정보는 제거하고 유용한 정보만을 축약하여 제공하는 것이 본래의 목적이므로 고수준 평가가 저수준 평가에 비하여 더 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 그러나 고수준 평가는 후속 단계에서 요구하는 특징에 가중치를 두어 성능을 측정하기 때문에 측정 방식에 편향성 (bias)이 나타나는 단점이 있다. 저수준 평가와 고수준 평가는 상호 보완적인 관계를 이루고 있으므로, 본 연구에서는 저수준 평가를 위해 Zhang[19]의 이진화 성능 측정 비교 연구에서 우수한 성능을 보인 오분류 에러(ME, Misclassification Error)를 측정 척도로 사용하고, 고수준 평가를 위하여 연결요소를 기반으로 하는 새로운 측정 척도를 제안한다.

저수준 평가 척도로 도입한 ME는 식 (8)에 의해 계산된다. ME는 참조영상의 전경이 배경으로 오분류되거나 참조영상의 배경이 전경으로 오분류된 비율을 나타낸다.  $F_r$ 와  $B_r$ 는 참조영상의 전경과 배경,  $F_t$ 와  $B_t$ 는 검사영상의 전경과 배경을 나타낸다.

$$ME = 1 - \frac{|B_r \cap B_t| + |F_r \cap F_t|}{|B_r| + |F_r|} \quad (8)$$

연결요소는 영상에서 문자를 추출할 때 널리 이용되는 특징으로, 이진화된 번호판 영상에서 연결요소를 추출하면 문자뿐만 아니라 테두리를 비롯한 여러 잡영이 함께 추출된다. 그러나 번호판 영역에 나타나는 문자의 개수, 종횡비, 배치 형태 및 위치 등의 도메인 정보를 이용하면 잡영과 테두리 등 상당부분을 제거할 수 있다. 이러한 연결요소들을 제거한 후 남아있는 최종 연결요소들만을 비교하여 고수준의 평가를 수행한다. [그림 2]의 (a)는 참조영상에 대한 연결요소 추출 결과와 최종 연결요소의 최소의집사각형을 나타낸 것이고, (b)와 (c)는 각각 Otsu와 Sauvola의 이진화 방법으로 획득한 검사영상에 대한 결과를 나타낸 것이다. (c)의 이진영상은 미세한 잡영이 많아 (b)의 이진영상에 비해 ME가 크게 나타나지만, 최종 연결요소에 대한 최소의집사각형은 참조영상과 거의 일치하므로 고수준 평가에서는 에러가 아주 작게 나타난다.

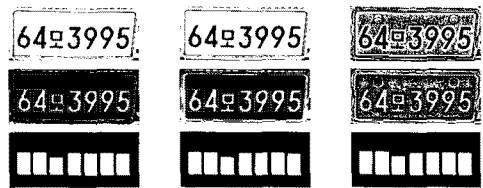


그림 2. 연결요소와 최소의집사각형

참조영상과 검사영상에서 추출된 연결요소의 최소의 집사각형 영역  $A_r(i)$ 와  $A_t(j)$ 의 연결요소 불일치 비율 CME(Component Misclassification Error)는 식 (9)로 계산된다.  $F_r$ 와  $B_r$ 는 참조영상의 전경과 배경을 나타낸다. 식 (9)는 추출된 연결요소의 개수에 무관하게 연결요소가 차지하는 영역만을 비교하므로, 여기에 추출된 연결요소의 개수에 대한 비율을 추가한 것이 식 (10)이다.  $N_r$ 과  $N_t$ 는 각각 참조영상과 검사영상에서 추출된 연결요소 중 잡영과 테두리를 제거한 후 최종적으로 남은 연결요소의 개수를 나타낸다.

$$CME = 1 - \frac{\bigcup_{i=0}^m A_r(i) \cap \bigcup_{j=0}^n A_t(j)}{|B_r| + |F_r|} \quad (9)$$

$$CME_2 = 1 - (1 - CME) \times \frac{\min(N_r, N_t)}{\max(N_r, N_t)} \quad (10)$$

#### IV. 실험 및 결과분석

실험에 사용된 번호판 영상은 맑은 날 촬영한 44개 영상과 흐린 날 촬영한 47개 영상으로부터 추출하였다. 추출된 번호판 영역의 평균 크기는 녹색 번호판은 197×104, 흰색 번호판은 243×89였다. 실외에서 촬영한 영상은 빛의 강도나 그림자 등에 따라 영상의 특성이 다르게 나타나며, 이러한 특성은 이진화 결과에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 각각의 이진화 방법이 갖는 특성을 파악하기 위하여 실험 데이터를 조도의 균일성 여부와 강도에 따라 [표 1]과 같이 실험 영상을 세 그룹으로 나누었다. 번호판 영상의 일부에 그림자가 드리워진 영상은 G3로 분류하고, 나머지 데이터는 조도의 강도에 따라 명도 값 평균이 100부터 150사이가 되는 것은 G1, 그 외는 G2로 분류하였다. [그림 3]은 각 그룹에 속하는 표본을 예시한 것이다.

표 1. 실험영상

그룹	번호판색상		조도 특성	
	녹색	흰색	균일성	강도
G1	31개	11개	○	보통
G2	17개	14개	○	밝음 또는 어두움
G3	16개	2개	×	혼합 (국소 그림자)



(a) 그룹 G1에 속하는 영상 표본



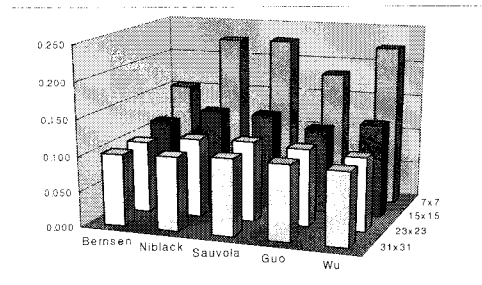
(b) 그룹 G2에 속하는 영상 표본



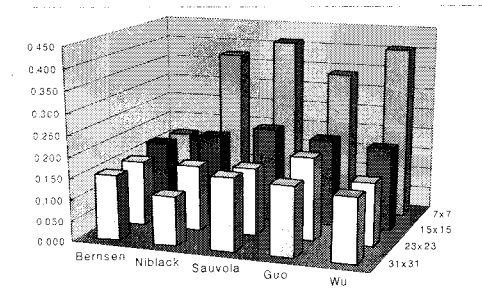
(c) 그룹 G3에 속하는 영상 표본

그림 3. 그룹별 영상 표본

이진화 방법의 구현은 펜티엄 PC 환경(2.2GHz, 3.5GB RAM)에서 Visual C++ 6.0으로 구현하였으며, 실험은 두 단계로 나누어 진행하였다. 1단계에서는 각 그룹의 특성을 잘 나타내는 표본을 10개씩 선정하여 파라미터 튜닝을 수행하였다. 전역적 이진화 방법은 문자가 번호판 영역에서 차지하는 면적 비율이 중요한 파라미터가 되며, 국소적 이진화 방법은 블록의 크기가 중요한 파라미터가 된다. 30개의 표본 데이터에서 녹색 번호판에서 문자가 차지하는 평균 면적은 27%, 흰색 번호판은 31%였다. 블록의 크기를 7×7, 15×15, 23×23, 31×31로 증가시켜 가면서 이진화 성능을 측정하여 [그림 4]에 제시된 결과를 얻었다. 대체로 블록 크기가 15×15 이상이 되면 이진화 성능에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 23×23 블록 크기에서 에러가 최소화되는 것으로 나타났다. 실험 결과 연결요소의 면적만을 비교한 CME보다는 연결요소의 개수를 반영한 CME<sub>2</sub>가 사람의 시각적 판단에 더 근접한 평가 결과를 산출하는 척도로 나타났다.



(a) 저수준 평가(ME) 결과



(b) 고수준 평가(CME<sub>2</sub>) 결과

그림 4. 국소적 이진화 방법의 성능 비교

픽셀 단위로 이진화를 수행하는 Bernsen[6], Niblack[7], Sauvola[10]의 방식은 [표 2]에 제시된 바와 같이 블록의 크기에 비례하여 처리시간이 증가하였다. Guo[11]와 Wu[12]의 방식은 블록 단위로 이진화를 수행하기 때문에 블록의 크기가 증가하더라도 처리시간에는 거의 차이가 없었고, 블록의 크기가 증가함에 따라 전체 영상 내 블록의 개수가 감소하여 오히려 약간씩 처리 시간이 단축되었다. 전역적 이진화 방식은 모두 2ms 이내였다.

표 2. 이진화 평균 처리 시간(단위:ms)

	7×7	15×15	23×23	31×31
Niblack[6]	27.9	93.3	200.3	345.2
Bernsen[7]	20.9	61.6	121.2	199.2
Sauvola[10]	27.5	94.4	200.5	349.8
Guo[11]	22.2	21.8	21.7	21.7
Wu[12]	3.3	2.2	1.5	1.5

2단계에서는 튜닝된 파라미터를 이용하여 전체 영상에 대하여 이진화 실험을 수행하였다. Otsu의 방법을 제외한 전역적 이진화 방법[3-5][18]은 모두 번호판에서 문자가 차지하는 면적 비율을 이용하기 때문에 번호판 유형이 미리 식별되어야 한다. 이용주 외[18]가 제시한 식 (2)의 번호판 유형 식별 방법은 실험 결과 실외에서 촬영한 번호판 영상에 부적합 하였고, 나머지 연구들은 번호판 유형 식별 방법을 제시하지 않았거나 한 가지 유형의 번호판만을 대상으로 이진화 임계값을 도출하였다. 따라서 본 연구에서는 번호판 유형을 미리 알고 있다고 가정하고 전역적 이진화 방법들의 성능을 평가하였다. 이진화를 수행하기 전에 번호판 유형을 알고 있다면, 이 정보를 활용하여 이진화 성능을 개선할 수 있다. Niblack[6]과 Sauvola[10] 방식은 블록 내 명도 값 평균과 표준편차를 이용하여 임계값을 구하는데, 이때 번호판 유형을 알고 있다면 상수 k를 최적화 할 수 있다. 상수 k를 변화시켜가면서 30개 표본 데이터를 대상으로 실험한 결과 Sauvola 방식은 상수 k에 그다지 영향을 받지 않았으나, Niblack 방식은 상수 k에 따라 이진화 성능의 차이가 나타났다. k를 ±0.2에서 ±0.5까지 0.1씩 변화시켰을 때 ±0.4에서 최적의 성능을 보였

다. [표 3]은 본 연구에서 구현한 11개의 이진화 방법에 대한 성능 측정 결과로,  $AE = (ME + CME_2) / 2$  이다. 국소적 방법에서 블록 크기는 모두 23×23으로 일치시켰으며 Niblack[6]은 표준 상수 k=0.18, Niblack\*는 상수 k=±0.4로 설정하여 실험하였다. Otsu[1]의 방식은 조도가 균일한 G1, G2 영상에 대하여 탁월한 성능을 나타냈으며, Niblack[6] 방식은 부분적인 그림자로 인해 불균일한 조도를 나타내는 G3 영상에 대하여 상대적으로 강점을 보였다. Yang[5]의 방식은 저수준 척도인 ME에서 오류가 아주 작게 나타나 두 척도를 평균한 AE에서 오류가 작게 나타났다. 번호판 유형 정보를 활용하여 상수를 보정한 Niblack\* 방식은 모든 그룹의 영상에 대하여 우수한 이진화 결과를 나타내었다. [그림 5]는 G3에 속한 영상 중 한 표본에 대하여 각각의 이진화 방법을 적용하였을 때 얻은 결과를 예시한 것이다. 컬러 영상이 원 영상이고, [표 3]에 나열된 순서에 따라 이진화 결과를 나타낸 것으로, 2행 4열에 위치한 것이 Niblack\* 방식에 의한 이진화 결과이다.

표 3. 이진화 성능 측정 결과

	G1		G2		G3		전체	
	AE	순위	AE	순위	AE	순위	AE	순위
Otsu[1]	0.052	1	0.047	2	0.184	9	0.077	2
이용주[18]	0.174	10	0.119	11	0.185	10	0.185	11
Yang[5]	0.095	6	0.041	1	0.152	2	0.088	3
Yang[4]	0.110	8	0.125	10	0.169	5	0.127	8
p-tile[3]	0.089	4	0.065	5	0.173	7	0.097	5
Niblack[6]	0.109	7	0.101	9	0.160	3	0.117	7
Niblack*	0.065	2	0.062	3	0.101	1	0.071	1
Bernsen[7]	0.091	5	0.062	3	0.168	4	0.096	4
Sauvola[10]	0.130	9	0.099	8	0.178	8	0.129	9
Guo[11]	0.189	11	0.072	6	0.331	11	0.177	10
Wu[12]	0.081	3	0.081	7	0.172	6	0.099	6

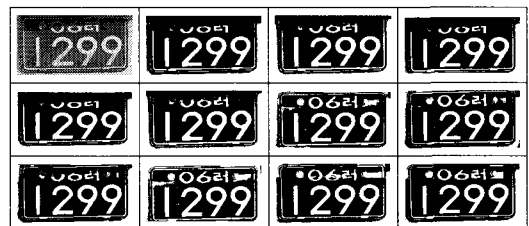


그림 5. 이진화 결과

## V. 결론 및 향후 과제

기존 연구들에서 제안된 이진화 방법들을 구현하여 각 방법들의 성능을 측정하였다. 조도 특성에 따라 영상을 세 그룹으로 나누어 실험한 결과 조도의 강도보다는 조도의 균일성 여부가 이진화 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 자동차 후면에 부착된 번호판에 강한 그림자가 드리워진 경우 전역적 기법에서는 지역명이나 코드에 해당하는 문자부분이 이진화에 의해 정보 손실이 발생하였다. 국소적 이진화 기법에서는 이러한 정보 손실이 다소 줄었으나, 잡영이 발생하여 문자간 접촉을 유발하였다.

전역적 이진화 방법에서는 번호판에서 문자가 차지하는 비율을 중요한 특징으로 사용하고 있는데, 번호에 따라 이 비율이 달라지므로 이를 반영한 이진화 방법이 좋은 성능을 나타내었다. 번호판 유형 정보는 여러 연구에서 효과적인 이진화를 위한 파라미터 설정에 중요한 정보이며, 이를 통해 이진화 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

현재 번호판 유형을 정확하게 식별할 수 있는 방법에 대한 후속 연구를 진행하고 있으며, 영상의 조도 특성을 파악하여 속도와 질적인 측면을 모두 만족시킬 수 있는 혼합형(hybrid) 이진화 또는 기존 이진화 방법의 선택적 결합방법에 대한 연구가 향후 과제로 남아 있다. 궁극적으로는 번호판 일부에 드리워진 그림자를 검출하여 제거할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. on SMC*, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.
- [2] V. Shapiro, G. Gluhchev, and D. Dimov, "Towards a multinational car license plate recognition system," *Machine Vision and Applications*, Vol.17, pp.173-183, 2006.
- [3] 안영준, 위규범, 홍만표, "중국 자동차 번호판 인식", *정보처리학회논문지*, 제14-B권, 제2호, pp.81-88, 2007.
- [4] F. Yang, Z. Ma, and M. Xie, "A Novel Binarization Approach for License Plate," *Procs. of Industrial Electronics and Applications*, pp.1-4, 2006.
- [5] Y.-Q. Yang, J. Bai, R.-L. Tian, and N. Liu, "A Vehicle License Plate Recognition System Based on Fixed Color Collocation," *Proc. of the 4th International Conf. on Machine Learning and Cybernetics*, pp.5394-5397, 2005.
- [6] W. Niblack, *An Introduction to Digital Image Processing*, pp.115-116, Englewood Cliffs, N.J.:Prentice Hall, 1986.
- [7] J. Bernsen, "Dynamic thresholding of grey-level images," *Proc. of ICPR*, pp.1251-1255, 1986.
- [8] X.-Y. Yang, K.-L. Kim, and B.-K. Hwang, "An Efficient Binarization Method for Vehicle License Plate Character Recognition," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.11, No.12, pp.1649-1657, 2008.
- [9] C. E. Anagnostopoulos, I. E. Anagnostopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications," *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol.7, No.3, pp.377-392, 2006.
- [10] J. Sauvola and M. Pietikainen, "Adaptive document image binarization," *Pattern Recognition*, Vol.33, pp.225-236, 2000.
- [11] J.-M. Guo and Y.-F. Liu, "License Plate Localization and Character Segmentation with Feedback Self-Learning and Hybrid Binarization Techniques," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol.57, No.3, pp.1417-1424, 2008.
- [12] B.-F. Wu, S.-P. Lin and C.-C. Chiu, "Extracting characters from real vehicle license



plates out-of-doors," IET Comput. Vis., Vol.1, No.1, pp.2-10, 2007.

[13] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation," Journal of Electronic Imaging, Vol.13, No.1, pp.146-165, 2004.

[14] C.-I. Chang, Y. Du, J. Wang, S.-M. Guo and P.D. Thouin, "Survey and comparative analysis of entropy and relative entropy thresholding techniques," IEE Proc. of Vis. Image Signal Process, Vol.153, No.6, pp.837-850, 2006.

[15] P. Stathis, E. Kavallieratou, and N. Papamarkos, "An Evaluation Technique for Binarization Algorithms," Journal of Universal Computer Science, Vol.14, No.18, pp.3011-3030, 2008.

[16] O. D. Trier and A. K. Jain, "Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods," IEEE Trans. on PAMI, Vol.17, No.12, pp.1191-1201, 1995.

[17] P. Stathis, E. Kavallieratou, and N. Papamarkos, "An Evaluation Survey of Binarization Algorithms on Historical Documents," Proc. of ICPR, pp.1-4, 2008.

[18] 이용주, 이수현, 김성진, "투영면 컨벌루션과 결정트리를 이용한 상태 적응적 차량번호판 인식 시스템", 멀티미디어학회논문지, 제8권, 제11호, pp.1496-1509, 2005.

[19] Y. J. Zhang, "A Survey on Evaluation Methods for Image Segmentation," Pattern Recognition, Vol.29, No.8, pp.1335-1346, 1996.

저자 소개

김민기(Min-Ki Kim)

정회원



- 1989년 : 중앙대학교 전자계산학과(이학사)
- 1994년 : 중앙대학교 전자계산학과(이학석사)
- 1998년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

- 1998년 ~ 1999년 : KRIC 선임연구원
- 1999년 ~ 2000년 : KERIS 책임연구원, 연구위원
- 2000년 ~ 현재 : 경상대학교 컴퓨터교육과 부교수, 컴퓨터정보통신연구소 연구원

<관심분야> : 패턴인식, 영상검색, 교수설계