

論文99-36S-6-9

Wavelet 변환을 이용한 차량 번호판 영역 추출

(Extraction of Car Number Plate Using Wavelet Transform)

黃雲柱*, 朴成煜*, 朴鍾旭*

(Woon-Joo Hwang, Sung-Wook Park, and Jong-Wook Park)

요 약

본 논문은 웨이블릿 변환을 이용하여, 차량 번호판 영역을 추출하는 새로운 방법을 제안한다. 차량 영상을 웨이블릿 변환에 의하여 분해하고, 분해된 각 영상으로부터 생성되는 고주파 영상들을 특징 영상으로 선정한 다. 선정된 3개의 특징 영상들을 하나의 특징 영상으로 합성하고, 번호판 위치 영역을 검출한다. 검출된 영역에 대하여 수직 방향 히스토그램에 의해 Y축 영역을 결정하고, 수평 방향 히스토그램의 분산 히스토그램을 구성하여 X축 영역을 결정함으로써 번호판 영역을 추출한다.

또한 제안한 방법의 타당성을 보이기 위하여, 다양한 국내·외 차량 데이터에 대하여 실험한 결과, 기존 방법들의 문제점을 해결하고 96%의 높은 정확성으로 번호판 영역을 추출하였다.

Abstract

In this paper, it is shown that the car number plate are segmented and extracted more efficiently by using wavelet transform. A car image is decomposed by wavelet transform, and the high frequency image of the decomposed images are selected as feature images. Three selected feature images are synthesized of a single feature image, and a region including the plate is segmented by the correlation coefficient between the feature image and the synthesized image. For segmented plate region, the car plate region is extracted by deciding the Y-axis region composed by vertical histogram and the X-axis region composed by the variance histogram of horizontal histogram.

Some experiment results of the various images are shown. It has been shown from the results with the high rate of 96% that the car number plates can be segmented and extracted more exactly and efficiently than conventional method.

I. 서 론

경제 성장에 따른 차량의 증가로 교통 문제가 사회적으로 심각하게 대두되어, 효율적 관리를 위한 많은 노력과 연구가 진행되고 있다. 그러나 현재의 차량 관

리는 대부분 인력에 의존하므로, 체계적 관리와 자동화를 위해서 차량 번호판 자동 인식은 절실히 요구된다. 이러한 목적의 번호판 자동 인식은 도난 차량의 추적, 통행료 징수소의 자동화, 주차 관리의 자동화, 교통 단속의 자동화 등의 시스템에서 광범위하게 응용될 수 있다.

그러나 시스템에 입력되는 차량 영상은 차종과 환경에 따라 매우 가변적이고 번호판의 규격은 차량의 용도에 따라 색상과 구조에 차이를 보이는 등 매우 다양하므로, 차량 번호판 인식 시스템에 대한 구현이 용

* 正會員, 仁川大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering, University of Incheon)

接受日字:1998年12月1日, 수정완료일:1999年3月15日

이지 않다. 이와 같이 다양한 규격과 조형 및 주변 환경 등에 제한을 받지 않는 방법을 모색하는 것이 바람직하다. 또한 차량 번호판 인식은 차량 영상에서의 번호판 영역이 얼마나 정확하게 추출되는가에 따라 정확한 인식이 가능할 것이다. 따라서 차량 번호판 영역의 정확한 추출은 번호판 인식에서 해결되어야 할 핵심 과제이다. 이를 위하여 다수의 연구가 발표된 바 있다^[1-6].

휴 변환(Hough Transform)을 이용한 번호판 테두리 검출 방법^[1]은 번호판 영역이 직사각형이고 가로:세로 = 2:1이라는 번호판의 기하학적 특징에 기반을 두었다. 이러한 방법은 잡음에 강한 특성을 유지하는 반면, 에지 영상 검출과 휴 변환에 대한 처리 시간이 길어지고 번호판과 유사한 사각형을 검출할 수 있다. 또한 그레이레벨(gray-level) 변화에 의한 방법^[2]은 번호판 영역 라인에서 문자와 바탕의 명암차가 일정하게 반복적으로 발생한다는 주파수 특성에 기반을 두었다. 이 방법은 다양한 기준치 설정이 요구되고, 차량 영상에서 문자 정보와 유사한 특성이 발생할 경우 오류의 가능성이 매우 높다. 따라서 차량 번호판 영역 추출에 있어서 공간 정보 또는 주파수 정보 하나만을 이용한 방법은 오류의 가능성이 매우 높으므로, 앞의 두가지 정보를 동시에 고려한 방법이 바람직 할 것이다.

웨이브렛 변환(Wavelet Transform : WT)은 Grossmann과 Morlet에 의하여 발표^[7]되어 주로 신호 처리 분야와 영상 압축 기법에 사용되었으며, 최근에는 컴퓨터 비전에 많은 응용을 보이고 있다. 특히 Grossmann은 여러 종류의 질감으로 구성된 영상을 WT후 계수를 특징으로 한 영상 분할 방법을 제시하였다^[8]. Mallat은 WT에 의한 다해상도(multi-resolution) 피라미드(pyramid) 영상과, 다중 스케일(multiscale) 에지(edge) 정보 결합에 의한 에지 검출에 대하여 연구하였다^[9,10]. 이러한 연구 결과들로 보아 다해상도 영상 분석이 단해상도 영상 분석에 비하여 좋은 성능을 얻을음을 알 수 있다.

따라서 본 논문은 WT에 의한 영상 분해 방법과 차량 영상에서 번호판 영역의 주파수 특성에 착안하여 차량 번호판 영역을 추출하는 새로운 방법을 제안한다. 차량 영상이 WT의 분해 특성에 의하여 다해상도 영상으로 분해되는 것은 번호판의 공간 주파수 특성과 밀접한 관계가 있으므로, 분해된 영상들의 상호 관계

를 고려하면 번호판 영역 추출이 가능할 것이다. 이를 위하여 분해된 각 영상에 WT를 적용하였을 때, 고주파로 구성된 영상 평면들을 특징 영상으로 선정한다. 선정된 특징 영상들로부터 평균 영상을 생성하여 각각의 특징 영상과 상관 계수(correlation coefficient)를 계산하였을 때, 최대 상관을 나타내는 특징 영상과 영상의 평균에 의한 평균영상에 가중치(weight)가 부여된 영상을 생성한다. 가중치 영상에 대한 영상 스펙트럼(spectrum)은 번호판 위치 영역에서 번호판이 가지는 고주파 성분과 가중치에 의해 가우시언(gaussian) 형태의 봉우리로 나타나며, 이때 번호판 영역은 최대값을 갖는 봉우리 영역으로 나타난다. 따라서 최대값을 갖는 봉우리를 기준으로 번호판 영역을 분리할 수 있다. 이렇게 분리된 영역은 번호판을 포함하는 보다 넓은 영역으로 추출된다. 따라서 정확한 번호판 영역을 추출하기 위하여, 분리된 영역에 대한 수직 에지 영상을 생성하고, 수직 방향에 대한 히스토그램(histogram)에서 최대 분포 영역을 번호판의 Y축 영역으로 결정한다. 그 다음에 수평 방향 히스토그램에 대한 이분할 영역간 분산 히스토그램을 구성하고, 번호판의 가로:세로 = 2:1이므로 최대 분산 위치에서 좌우로 영역을 확장하여 X축 영역을 결정하면, 정확한 번호판 영역을 추출할 수 있다. 이와 같은 방법을 도 시하면 다음 그림 1과 같다.

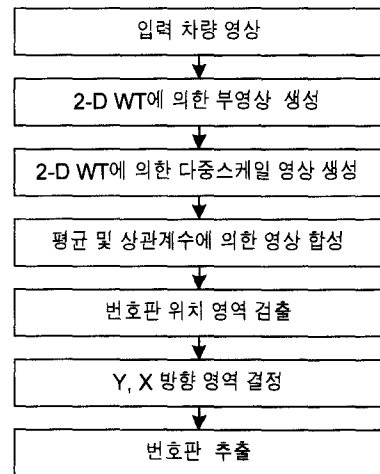


그림 1. 번호판 영역 추출 흐름선도
Fig. 1. The flowchart for extracting the car number plate region.

그리고 제안한 방법의 타당성을 보이기 위하여 다

양한 조건의 국내·외 차량 데이터에 대하여 실험을 실시하였다. 그 결과 차량 영상에서 차종, 차량 구조, 번호판 훼손, 주위 환경 등에 무관하게 번호판 영역을 정확히 추출하므로, 기존 방법들이 지니는 문제점을 해결하는 우수성을 보였다.

II. 웨이브렛에 의한 영역 추출

웨이브렛 변환(Wavelet Transform)은 신호를 계층적으로 분해하는 방법을 제공하는 것으로, 공간과 주파수에서 국부적 구간으로 신호를 분해하므로 비정상 신호 해석에 매우 적합하다^[7-12]. 따라서 지금까지 WT에 대한 많은 연구가 이루어졌으며, 특히 Mallat은 에지 검출에서 피라미드 구조의 다해상도와 다중 스케일 영상 분해 방법에 의하여 좋은 결과를 보여주었다^[9,10]. 다해상도는 높은 해상도 정보를 검색하는 것으로 해상도 2^j 을 갖는 영상 $f[n, m]$ 에 대한 저대역 필터링(low-pass filtering)과 행(rows)과 열(columns)의 서브 샘플링(subsampling)에 의한 연산으로 피라미드 구조를 갖는다. 직교 다해상도 해석에서 근접하는 2개의 스케일 단계간에 2만큼의 해상도 차이가 발생하여 한 쌍(dyadic)의 다해상도 해석이 된다. 이들은 다음 식 (1), (2)와 같이 표현된다.

$$f[n, m] = f^{j+1} \star h_2[2n, 2m] \tag{1}$$

$$\begin{pmatrix} T^1 f(2^j, u, v) \\ T^1 f(2^j, u, v) \end{pmatrix} = -2^j \vec{\nabla} (f \star \vartheta_{2^j})(u, v) \tag{2}$$

여기서,

$$h_2[n, m] = h[-n]h[-m] : \text{low-pass filtering}$$

$$T^k f(2^j, u, v) = f \star \hat{\varphi}_{2^j}^k(u, v) : \text{wavelet transform}$$

$$\text{where } \hat{\varphi}_{2^j}^k(u, v) = \varphi_{2^j}^k(-u, -v),$$

$$\varphi_{2^j}^k(u, v) = \frac{1}{2^j} \varphi^k\left(\frac{u}{2^j}, \frac{v}{2^j}\right) \text{ for } 1 \leq k \leq 2,$$

$$\varphi^1(u, v) = \frac{\partial \theta(u, v)}{\partial u}, \quad \varphi^2(u, v) = \frac{\partial \theta(u, v)}{\partial v}.$$

$$\vec{\nabla} f(x, y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \end{pmatrix} : \text{gradient vector}$$

$$\vartheta_{2^j}(x, y) = \frac{1}{2^j} \theta\left(\frac{-x}{2^j}, \frac{-y}{2^j}\right) : \text{smoothing function}.$$

한편 영상 평면에서 문자 영역은 다른 영역과 비교

할 때, 높은 공간 주파수, 분산, 그레이레벨 차를 나타낸다^[13]. 이러한 특성은 차량 영상에서 육안 식별이 용이하도록 구성된 번호판 영역의 특성과 동일하다고 할 수 있다. 따라서 WT의 다해상도와 다중 스케일 정보를 이용하여 차량 영상에서 높은 공간 주파수를 갖는 번호판 영역 위치를 분리할 수 있다.

차량 영상에 대한 WT는 필터링에 의한 다해상도 피라미드 영상으로 분해되고, 스케일은 행과 열에 대하여 축소(downsampling)된다. 차량 영상에서 수평 방향에 대한 주파수의 크기는 차량의 구조에 의하여 헤드라이트 라디에이터, 헤드라이트 영역에서 최대 크기를 갖고, 번호판은 최대 크기의 아래 영역에 위치하므로 영역 제한이 가능하다^[13,14]. 이것은 WT에 의해 분해된 영상에서 고주파 영상을 이용하여 영역 제한에 의한 부영상(subimage)을 생성할 수 있다. 생성된 부영상에 대한 WT는 다해상도 영상으로 분해되었을 때, 분해된 영상들에 대하여 문자 영역의 공간 주파수 특성과의 관계를 고려하면, 번호판의 위치 검출이 가능할 것이다. 따라서 차량 영상에서 번호판 영역 추출에 적합한, 그림 2와 같은 2-D WT에 의한 특징 영상 선정 모델을 제시하고자 한다.

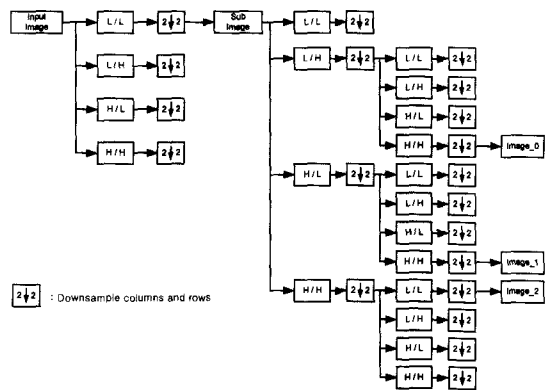


그림 2. 2-D WT에 의한 특징 영상 선정 모델
Fig. 2. The model of the feature image selection by 2-D WT.

그림 2에서 입력 차량 영상 데이터(Input Image)는 WT에 의하여 분해되고 축소되었을 때, 저주파 영상(L/L)은 고주파 영상(H/H)에 의하여 제한된 영역의 부영상(subimage)을 생성한다. 그리고 부영상을 WT에 의해 분해하고 이들의 상호 관계에 의한 번호판의 위치를 검출하고자 할 때, 문자 영역의 특징인 고주파 영상을 고려하는 것이 바람직하므로 분해된 영

상 각각에 대한 WT에 의해 특징 영상들 즉, L/H의 H/H(image_0), H/L의 H/H(image_1), H/H의 L/L(image_2)을 선정한다. 그림 3은 선정된 특징 영상들과 이들의 평균으로 합성된 평균 영상의 3-D 스펙트럼을 보여준다.

그림 3을 살펴보면 특징 영상들 (a), (b), (c)는 모두 변호판 위치에서 가우시언 형태의 봉우리를 갖는 공통성을 보이지만, 서로 다른 크기와 모양을 갖는다. 이러한 특징 영상들의 상호 관계에 의하여 적절히 조합하여, 변호판 위치의 가우시언 봉우리가 영상 평면에서 최대 크기를 갖도록 변형하면 영역 분리가 가능함을 직감할 수 있다. 따라서 특징 영상들을 평균에 의하여 그림 3 (d)의 단일 영상으로 합성하였을 때, 가우시언의 봉우리는 최대 크기에 근접하면서 실제 변호판 영역에 근사하는 것을 볼 수 있다. 그러나 평균 영상은 변호판 위치에서 큰 값의 가우시언 형태로 나타나지만 반드시 최대값을 갖는 것은 아니다. 그런데 특징 영상

들 중에서 변호판 위치를 가장 잘 표현하는 특징 영상에 의한 가중치(weight)를 적용한다면, 변호판 영역의 가우시언 분포가 강조되어 변호판 영역이 분리될 수 있다. 이를 위하여 평균 영상과 특징 영상의 각각에 대하여 식 (3)의 방법으로 상관 계수를 계산한다.

$$R_{AB} = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2) (\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2)}} \quad (3)$$

상관 계수(R_{AB})는 두 영상 평면 A, B 에 대한 유사성을 결정하는 것으로, A_{mn}, B_{mn} 은 $m \times n$ 크기를 가지는 영상 A 와 B 를 나타내며, \bar{A} 와 \bar{B} 는 각각 영상 A, B 의 평균을 의미한다. 따라서 평균 영상에 최대 상관을 보이는 특징 영상과 평균 영상과의 평균값을 가중치로 적용하여 영상을 생성하면, 그림 4 (a)에서 보는 바와 같이 가우시언 봉우리는 영상 평면에서 항상 최대값이 되므로 분리 가능하고, 그림 3 (d)의

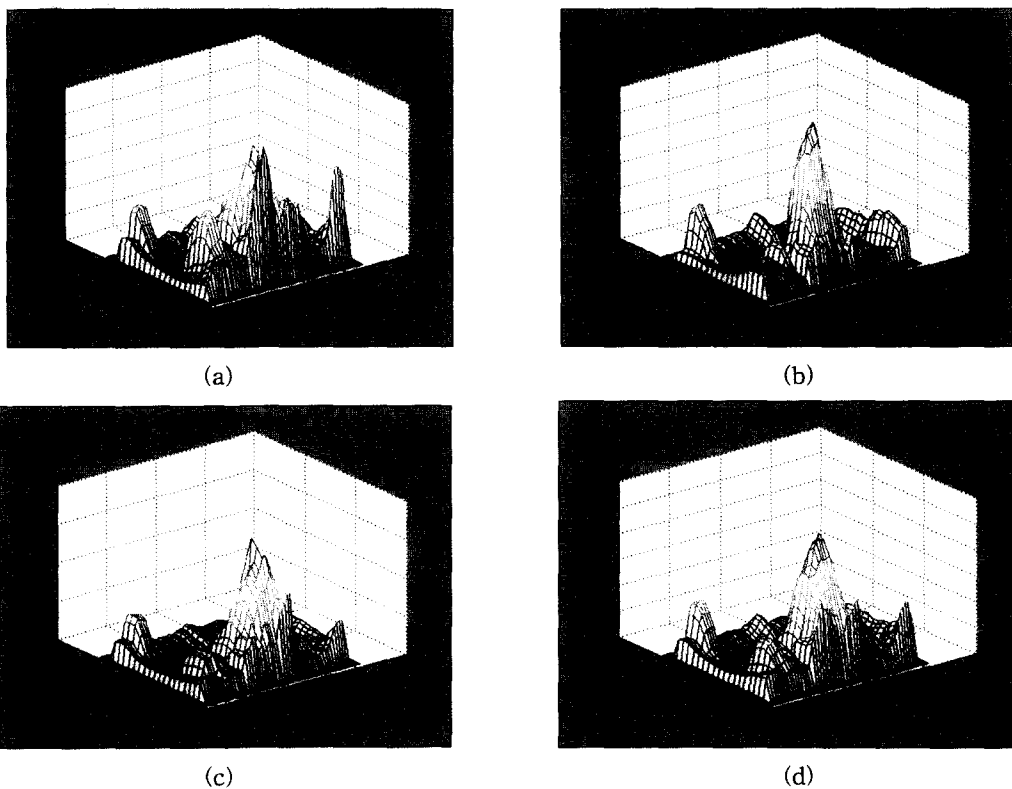


그림 3. 특징 영상 및 합성 영상의 3-D 스펙트럼

(a) image_0 (LH의 HH) (b) image_1 (HL의 HH) (c) image_2 (HH의 LL) (d) 합성 영상

Fig. 3. The 3-D spectrum of feature image and synthetic image.

(a) image_0 (LH의 HH) (b) image_1 (HL의 HH) (c) image_2 (HH의 LL) (d) Synthetic image

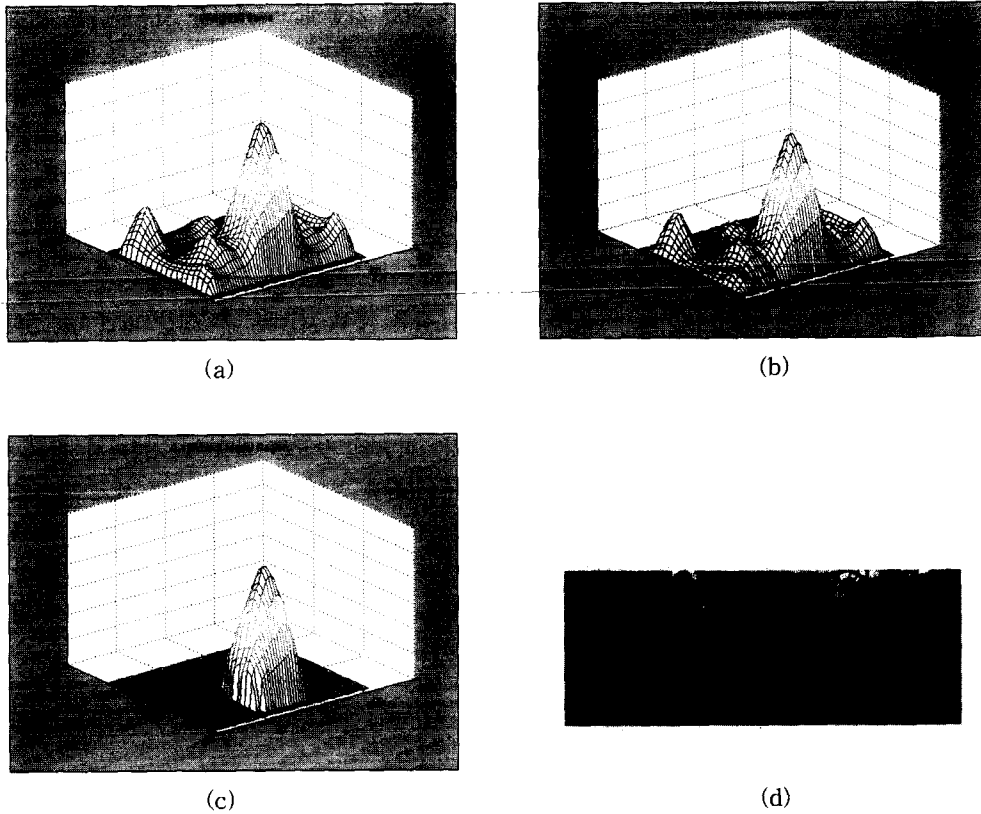


그림 4. 가중치 영상과 영역 추출

(a) 상관계수에 의한 가중치 영상

(c) 가우시언 영역 분리

(b) 명암대비 강조

(d) 가우시언 영역의 번호판 영역

Fig. 4. The weighted image and the extraction of region.

(a) The weighted image by correlation coefficient.

(c) The separation of gaussian region

(b) Contrast enhancement

(d) The plate region of gaussian region

평균 영상 보다 번호판 영역에 근사한다.

그리고 번호판 영역에 해당하는 가우시언 영역을 분리하기 위한 전처리로 가중치 영상에 대한 명암 대비를 강조(contrast enhancement)하면, 그림 4 (b)와 같이 가우시언 영역은 강조되고 주변 영역은 약화되므로 분리가 용이하다. 기준값을 영상의 평균으로 하고 봉우리 위치에서 사방향으로 검색하였을 때, 기준값 보다 작거나 변곡점을 만나는 지점을 검출하여 가우시언 영역을 분리할 수 있다. 이렇게 분리된 가우시언 영역과 영상 영역은 그림 4 (c), (d)와 같으며, 이 영역은 번호판 면적보다는 약간 넓게 검출되지만, 번호판 영역을 반드시 포함하게됨을 알 수 있다. 이와 같이, 입력 차량 영상에서 번호판 영역 검출 방법을 정리하면 알고리즘 1과 같다.

알고리즘 1. WT에 의한 영역 검출 알고리즘

-
- Step 1. 입력 차량 영상에 대한 2-D WT
 - Step 2. H/H에 의한 L/L의 부영상 생성
 - Step 3. 부영상에 대한 2-D WT
 - Step 4. L/H, H/L, H/H에 대한 2-D WT
 - Step 5. L/H의 H/H, H/L의 H/H, H/H의 L/L을 특징영상으로 선정
 - Step 6. 평균에 의한 특징영상들의 합성영상 생성
 - Step 7. 합성 영상과 특징영상 각각의 상관계수 계산
 - Step 8. 최대 상관 특징영상과 합성영상의 평균에 의한 가중치 합성영상 생성
 - Step 9. 명암대비 강조에 의한 합성영상 전처리
 - Step 10. 가우시언 봉우리 위치로부터 사방향 검색에 의한 가우시언 영역 검출
 - Step 11. 검출 영역의 2°을 입력 영상에 매핑하여 영역 분리
-

Ⅲ. 번호판 영역 추출

분리된 가우시언 영역은 번호판 영역에 해당하지만 주변 영역을 포함하므로, 정확한 차량 번호 인식을 위해서는 정확한 번호판 영역 결정이 이루어져야 한다. 이러한 방법에는 휴 변환에 의한 직사각형 검출 방법^[5]과 2차원 히스토그램에 의한 방법^[6]이 있으며 후자의 방법이 보다 우수한 것으로 알려져 있으나, 본 논문에서는 변형된 2차원 히스토그램에 의한 주변 영역이 제거된 번호판 영역 추출 방법을 제안하고자 한다.

1. Y축 영역 결정

번호판의 구조는 그림 5 (a)에서 보는 바와 같이 큰 문자와 작은 문자의 두 행으로 되어있으며, 일련 번호를 나타내는 숫자와 수직 테두리는 수직으로 길게 분포하는 특징을 보인다. 따라서 후보 영역에 대한 수직 성분 추출 후, Y축 히스토그램을 구성하면 번호판의 Y축 영역을 결정할 수 있다^[3].

수직 성분 검출에는 여러 방법이 있으나 prewitt 연산은 1차 미분 형태의 간단한 구조이면서 성능이 우수한 것으로 알려져 있으므로^[14], 그림 5 (a)와 같은 번호판 영상에 적용하였을 때 그림 5 (b)와 같은 에지 영상이 획득된다.

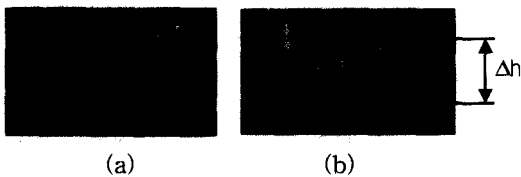


그림 5. 번호판 영상의 수직 에지 추출 (a) 번호판 영상 (b) 수직 에지 추출 영상
Fig. 5. The vertical edge extraction of the plate image. (a) The plate image (b) The extraction image of vertical edge.

획득된 에지 영상을 Y축에 대한 히스토그램을 구성하면 그림 6 (a)와 같으며, 그림 5 (b)의 번호판 높이를 나타내는 Δh 는 그림 6 (a)의 Δh 와 동일한 것으로 Y축 영역 결정이 가능함을 알 수 있다.

그러나 그림 6 (a)의 히스토그램은 잡음에 의하여 비정규적 형태로 해석이 용이치 않으므로, 히스토그램에서 인접 크기와 평균에 의한 그림 6 (b) 히스토그램을 구성하여 잡음을 제거함과 동시에 히스토그램 해석

의 용이성을 제공할 수 있다. 히스토그램에서 번호판의 상하 위치는 수평 테두리와 범퍼에 의하여 수직 성분이 매우 적은 특성을 지니고, 번호판 영역은 큰 값들의 연속으로 최대 영역에 분포하므로 분리 가능할 것이다. 따라서 식 (4)와 같이 평균과 표준 편차에 의한 기준 크기(threshold)를 설정하고 이보다 작은 크기를 제거하면 히스토그램은 일정 수의 영역으로 분할될 수 있다.

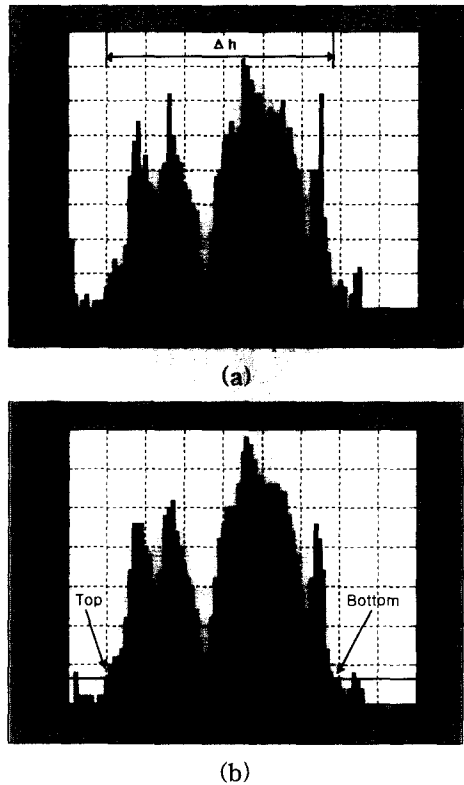


그림 6. Y축 히스토그램 및 영역 결정 (a) 에지 영상의 Y축 히스토그램 (b) 인접 평균 히스토그램
Fig. 6. The Y-axis histogram of the edge image, and deciding region. (a) The Y-axis histogram of the edge image (b) Neighborhood average histogram.

$$Th = \bar{m} - \sigma = \frac{1}{L} \sum H(i) - \sqrt{\frac{\sum (H(i) - \bar{m})^2}{L}} \quad (4)$$

이때 \bar{m} 와 σ 는 Y축 길이가 L인 히스토그램 H(i)의 전체 구간에 대한 평균과 표준편차이다. 만약 히스토그램의 특성에 의하여 기준 크기(Th)가 0(zero)보다 작은 경우 기준 크기는 0(zero)으로 설정

한다. 그림 6 (b)는 기준 크기(Th)에 의하여 분할된 영역 중에서 최대 분포 영역 검출 방법을 보이며, 영역의 시작(Top)과 끝($Bottom$) 위치는 Y축의 상하 위치에 해당하므로 Y축 영역을 결정한다.

2. X축 영역 결정

Y축 영역이 결정된 번호판 영역은 좌우 측면에 번호판 이외의 영역을 포함하고 있다. 그리고 Y축 영역이 결정된 에지 영상에 대한 X축 히스토그램은 그림 7과 같이 구성될 수 있으나, 히스토그램은 넓은 영역에 매우 이산적으로 분포하므로 해석이 쉽지 않다.

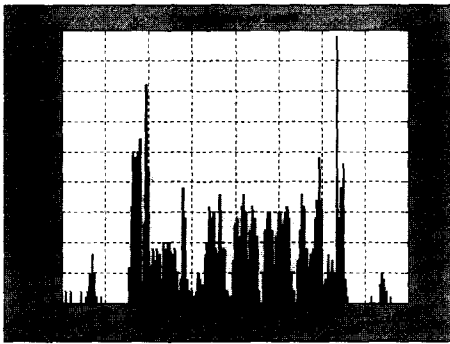


그림 7. 에지 영상의 X축 히스토그램
Fig. 7. The X-axis histogram of the edge image.

본 논문에서는 이와 같은 X축 히스토그램에 대하여 번호판의 좌우 영역은 수직 에지 성분이 매우 적으며 가운데 영역은 두 행 모두 문자가 존재하는 특성에 착안하여, 이분할 영역 분산 히스토그램에 의한 방법을 제안하고자 한다. Otsu는 그레이 레벨($1 \sim L$) 영상의 이치화를 위한 기준치 설정을 위하여 식 (5)의 방법으로 히스토그램의 이분할 영역(class)에 대한 분산 히스토그램을 적용한 바 있다^[15].

$$\sigma^2(k) = \Pr(C_0)\Pr(C_1)(\mu_1 - \mu_0)^2 \tag{5}$$

여기서

$$\begin{aligned} \mu_0 &= \sum_{i=1}^k i\Pr(i|C_0) : C_0 \text{의 평균} \\ \mu_1 &= \sum_{i=k+1}^L i\Pr(i|C_1) : C_1 \text{의 평균} \\ \Pr(C_0) &= \sum_{i=1}^k p_i : C_0 \text{의 출현 확률} \\ \Pr(C_1) &= \sum_{i=k+1}^L p_i : C_1 \text{의 출현 확률.} \end{aligned}$$

따라서 그림 7의 이산적인 히스토그램에 대하여 기준 위치(k)를 이동하면서 영역을 이분할하고, 분할된 두 영역에 대한 분산($\sigma^2(k)$)을 계산하면 그림 8 (a)의

히스토그램을 얻을 수 있다.

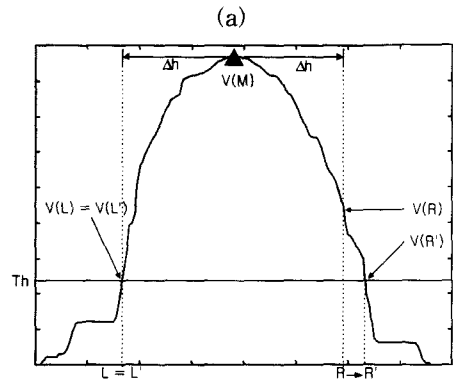
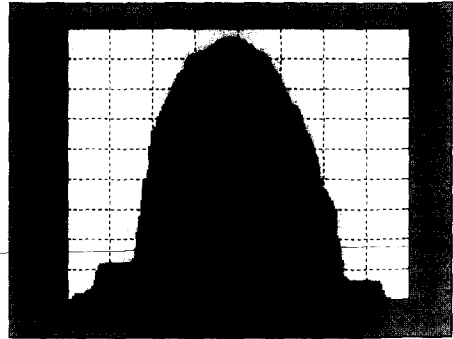


그림 8. X축 분산 히스토그램 및 영역 결정 방법 (a) 분산 히스토그램 (b) X축 영역 결정 방법
Fig. 8. The variance histogram of X-axis, and determination method of region. (a) Variance histogram (b) The Determination method of X-axis region.

그림 8 (a)의 분산 히스토그램은 가운데 위치에서 최대값을 나타내고 번호판의 규격은 가로:세로 = 2:1 이므로, 최대 분산($V(M)$)의 위치로부터 앞에서 결정된 Y축 영역의 크기(Δh)만큼 좌우 방향으로 확장한 위치 L 과 R 을 검출하여 X축 영역을 결정할 수 있다. 그러나 최대 분산 위치가 반드시 번호판의 가운데 위치가 되는 것은 아니므로, 번호판의 일부분이 제외될 경우에 대한 조건으로 식 (6)이 식 (7)을 만족하도록 그림 8 (b)와 같은 방법을 적용한다.

$$Th = \begin{cases} V(L) & , \text{ if } V(L) < V(R) \\ V(R) & , \text{ if } V(L) > V(R) \end{cases} \tag{6}$$

$$Th \geq \begin{cases} V(L) \\ V(R) \end{cases} \tag{7}$$

따라서 $Th = V(L)$ 이면 우측 방향, $Th = V(R)$

이면 좌측 방향 검색에 의한 영역 확장으로 영역 위치 L' 과 R' 을 검출하여 X축 영역을 결정한다. 이와 같이, 검출된 번호판 위치 영역으로부터 번호판 영역 추출 방법을 정리하면 알고리즘 2와 같다.

알고리즘 2. 번호판 영역 추출 알고리즘

- Step 1. 번호판 영역에 대한 수직 에지 영상 생성
- Step 2. 에지 영상 수직 히스토그램 구성
- Step 3. 기준 이하 크기 제거로 일정수의 영역으로 분할
- Step 4. 최대 구간 영역의 시작, 끝 위치 검출에 의한 Y축 영역 결정
- Step 5. 에지 영상 수평 히스토그램 구성
- Step 6. 히스토그램에 대한 이분할 분산 히스토그램 구성
- Step 7. 최대 분산 위치에서 Y축 크기에 의한 X축 좌우 영역 설정
- Step 8. 설정된 위치 크기 중 작은 크기를 기준으로 좌우 검색에 의한 확장된 X축 영역 결정

IV. 실험 및 고찰

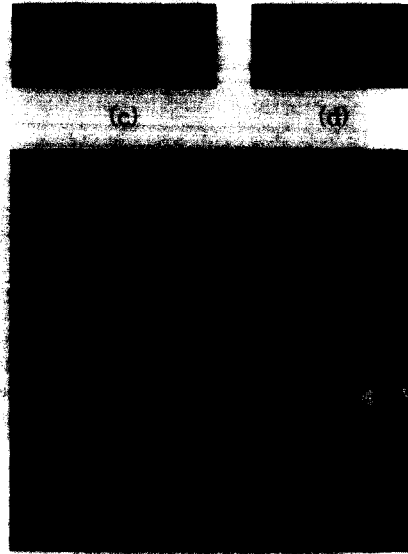
제안한 방법에 대한 타당성을 보이기 위하여 Pentium 200MHz PC에서 MATLAB 소프트웨어를 이용하여 구현하고 실험을 실시하였다. 입력 영상은 돌게이트를 통과하는 차량을 대상으로 1024×1024 그레이레벨로 획득하고, 512×512로 축소한 차량 영상 데이터를 사용하였다. 또한 외국 차량 영상에 대해서 제안한 방법을 적용하여 실험하고 성능을 살펴보았다.



(a)



(b)



(e) 번호판 영역 검출

그림 9. 번호판 영역 추출 단계별 결과 (a) 입력 차량 영상 (b) 번호판 위치 검출 (c) Y축 영역 결정 (d) X축 영역 결정 (e) 번호판 영역 추출

Fig. 9. The results of the extraction plate region in each step. (a) Image of inputted car (b) The detection of the plate location (c) The determination of the Y-axis region (d) The determination of the X-axis region (e) The extraction of the plate region.

그림 9는 입력 차량 영상에 대하여 번호판 위치 영역과 X-Y영역 결정에 의한 번호판 영역 추출 과정을 나타내었다. 그리고 그림 10은 국내·외의 다양한 차량 영상에 대한 번호판 영역 추출 결과를 보여주며, 표 1은 서로 다른 조건을 갖는 차량 영상의 표본 데이터에 대한 단계별 결과를 보여준다.

표 1. 각 단계별 표본 데이터에 대한 단계별 결과

Table 1. The results of experiment for sample data in each step.

구 분		위치 검출	Y축 영역	X축 영역 및 번호판 추출
영상종류	데이터수			
정상상태	5	5	5	5
야간영상	5	5	5	5
훼손영상	5	5	5	5
복잡구조	5	5	5	5
외국차량	5	5	4	4
계	25	25(100%)	24(96%)	24(96%)

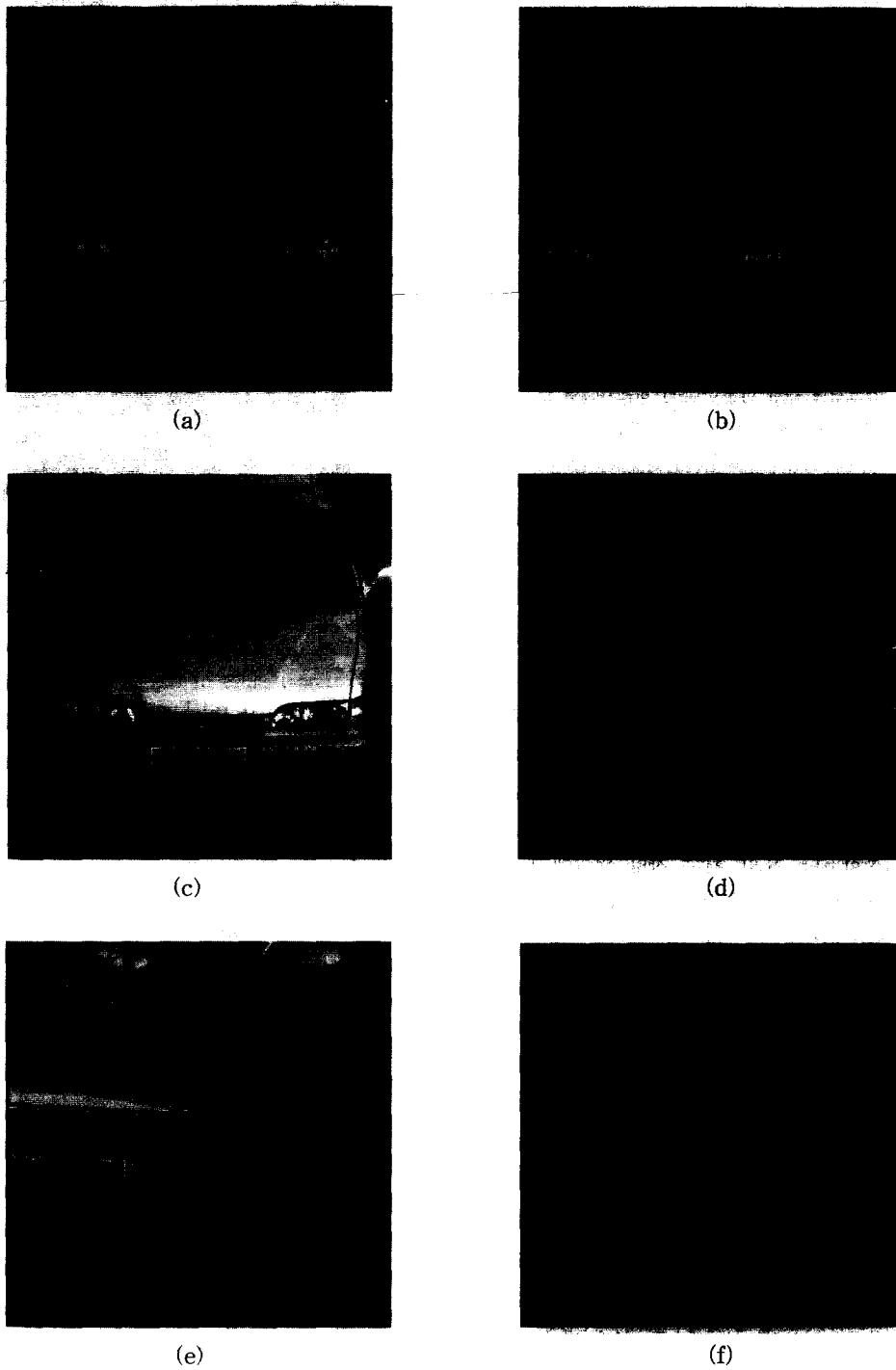


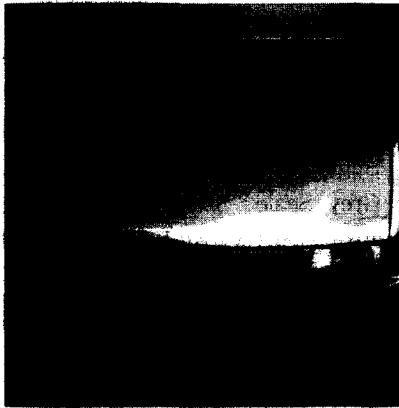
그림 10. 번호판 영역 추출 예 (a) 정상 상태 영상 (b) 야간 차량 영상 (c) 훼손된 번호판 영상 (d) 복잡한 차량 구조 (e) 외국 차량 영상 (f) 번호판 추출 실패

Fig. 10. Examples of extracted plate region. (a) A normal image (b) A night car image (c) A damaged plate image (d) A complicated car image (e) A foreign car image (f) A failure of plate area extraction

또한 그림 11에서는 주파수 특성에 의한 방법과 WT에 의한 방법에 대한 비교 예를 나타내었다.



(a)



(b)

그림 11. 주파수 특성과 WT 비교 (a) 주파수 특성에 의한 실패 (b) 웨이브렛에 의한 성공

Fig. 11. The comparison between frequency method and wavelet method. (a) A failure by frequency properties (b) A success by wavelet.

그림 10과 표 1의 번호판 영역 추출 결과에서 모든 국내 차량 영상에 대해서는 차량 영상의 상태에 무관한 번호판 영역 추출이 이루어졌으나, 외국 차량 영상의 경우 그림 10 (e)에서 보는 바와 같이 국내 차량과 규격이 유사한 경우에는 정확한 번호판 영역 추출이 가능함을 확인하였으나, 일부 차량 데이터에서 오류를 나타내었다. 그림 10 (f)의 번호판 추출 실패 예를 살펴보면, 번호판 위치 검출은 정확히 이루어졌으나 X-Y 영역 결정에 의한 번호판 추출에서 오류가 발생함을 보인다. 이것은 국가별로 사용하는 차량 번

호판은 부착 위치와 특성은 유사하지만, 규격에서 많은 차이를 갖기 때문이다. 그림 11은 번호판 상태가 불명확하고 차량의 구조에 의해 번호판 인접 위치에서 주파수가 높은 경우, 주파수 특성에 의한 방법은 오류가 발생하였으나 WT에 의한 방법은 성공을 보인 경우이다.

또한 기존 방법과의 성능 비교를 위하여, 번호판 영역 추출에 가장 널리 사용되고 있는 신호처리 기법¹²⁾과 히스토그램 방법^[5]을 이용하여 실험하였다. 이 실험에 대한 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 기존의 방법과 비교분석

Table 2. The analysis and comparison with a conventional method.

구분	기존방법		제안한 방법	
	정확성	속도	정확성	속도
영역추출	88%	9.1초	96%	10.2초

표 2에서 나타낸 바와 같이 제안한 방법은 기존 방법이 갖는 차종, 차량 구조, 번호판 훼손, 주위 환경에 대한 문제를 해결하여 높은 정확성을 보였고, 처리 속도에서는 기존의 방법과 큰 차이가 없음을 확인하였다. 따라서 본 방법은 번호판 영역 추출에 있어서 기존의 방법보다 우수함을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 번호판 위치 검출에서 공간과 주파수 정보를 동시에 해석하는 WT의 영상 분해 특성에 의하여 다해상도와 다중 스케일 영상 분해와, 차량 영상에서 번호판 영역이 갖는 주파수 특성에 가장 적합한 특징 영상 선정 모델을 제시하였다. 또한 검출된 번호판 위치 영역에 대하여 X-Y 방향 히스토그램에 의한 최대 분포 영역 검출과 이분할 분산 히스토그램 구성으로 번호판 영역을 결정하는 방법을 보여주고, 실험을 실시하였다. 그 결과 공간 정보나 주파수 정보에 의한 방법이 지니는 기존 방법들의 문제점을 해결할 수 있었고, 96%의 높은 정확성과 외국 차량 영상에 대해서도 적용 가능한 우수성을 볼 수 있었다. 따라서 제안한 방법을 차량 번호 자동 인식 시스템은 물론, 특정 목표물(target) 추출에 적용한다면 좋은 결과를 기대할 수 있을 것이다.

향후 연구 과제로는 보다 많은 데이터에 대한 실험을 실시하고, 추출된 영역으로부터 문자 인식을 위한 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 신속한 처리를 위해서는 WT의 병렬 하드웨어 구성이 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 김경민, 이병진, 류경, 박귀태, “상관계수와 하프변환을 이용한 차량번호판 자동인식” 제어자동화시스템공학논문지, 제3권, 제5호, pp. 511-519, 1997. 10
- [2] 전병태, 윤호섭, “신호처리 기법을 이용한 차량번호판 추출 방법”, 대한전자공학논문지, 제30권, B편, 제7호, pp.728-737, 1993. 7
- [3] 황운주, 박성욱, 박중욱, “통계적 방법에 의한 차량번호판 영역추출에 관한 연구”, 한국통신학회하계종합학술발표논문집, 제17권, 제1호, pp.394-397, 1998. 7
- [4] 박성욱, 황운주, 박중욱, “DCT를 이용한 차량번호판 추출 및 문자영역 분리”, 대한전자공학논문지, 제36권, C편, 제1호, pp.73-81, 1999, 1
- [5] 정효식, 조형제, “분할된 영역의 특성을 이용한 차량번호판 포착”, 한국정보과학회논문지, 제21권, 제6호, pp.1149-1159, 1994. 6
- [6] 조동욱, 조용환, “환경에 불변인 전처리 과정과 히스토그램 및 원형 정합을 이용한 차량번호판 인식”, 한국통신학회논문지, 제23권, 제1호, pp.94-100, 1998. 1
- [7] A. Grossmann and J. Morlet, “Decomposition of hardy-functions into square integrable wavelets of contrast shape”, SIAM J. Math., vol.15, pp.723-736, 1984.
- [8] M. H. Grob, R. Koch, L. Lippert and A Dreger, “Multiscale image texture analysis in wavelet spaces”, Proc. Internat. Conf. on Image Processing, vol.3, pp.412-416, 1994.
- [9] Stephane Mallat, “Wavelets for a Vision”, Proc. of the IEEE, vol.84, no.4, pp.604-614, 1996.
- [10] Ruskai et al., Wavelets and their Applications, Jones and Bartlett, pp.67-104, 1992.
- [11] C. S. Burrus, R. A. Gopinath and H. Guo, Introduction to Wavelets and Wavelet Transform, Prentice Hall, pp.1-9, 1998.
- [12] 인경석, 정재호, “웨이브렛과 신호처리”, 전기학회지, 제45권, 제6호, pp.9-14, 1996. 6
- [13] Y. Liu, T. Yamamura, N. Ohnishi and N. Sugie, “Detecting Characters in Grey-Scale Scene Image”, Computer Vision ACCV, vol.1, pp.153-160, 1998.
- [14] Randy Crane, A Simplified approach to Image Processing, Prentice Hall, p.86, 1997.
- [15] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms”, IEEE Transactions on system, man, and cybernetics, vol.SMC-9, no.1, pp.62-66, 1979.

저 자 소 개

黃雲柱(正會員) 第36卷 C編 第1號 參照
현재 FOMANTEK(주) 개발실 근무

朴鐘旭(正會員) 第36卷 C編 第1號 參照
현재 인천대학교 전자공학과 교수

朴成煜(正會員) 第36卷 C編 第1號 參照
현재 인천대학교 전자공학과 대학원 석사과정 재학중