

## 평면 곡선에 기반한 다중 임계값 결정

# Multi-thresholds Selection Based on Plane Curves

단나 · 서석태 · 박혜공 · 권순학\*

Na Duan, Suk T. Seo, Hye G. Park and Soon H. Kwon\*

영남대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Yeungnam University

### 요 약

Boukharouba 등에 의해서 제안된 평면 곡선(Plane curve) 분석 기법은 히스토그램 누적분포함수에 기반한 마루-골(Peak-Valley) 탐색을 통한 임계값 결정 기법이다. 그러나 이 기법의 경우 평면 곡선을 구성하는 과정에서 외부 변수의 설정이 요구되며, 그에 따라서 구성된 평면 곡선의 형태가 달라지고 마루-골 검출에 영향 준다. 따라서 본 논문에서는 엔트로피에 기반하여 평면 곡선 구성을 구성하기 위한 최적의 변수값을 설정하며, 설정된 변수 값에 기반한 다중 임계값 결정 기법을 제안한다. 다수 영상에 대한 모의실험과 기존 히스토그램 기반의 임계값 결정법과의 비교 및 검토를 통해 제안한 기법의 효용성을 보인다.

**키워드 :** 평면 곡선, 다중 임계값, 가우시안 커널, 엔트로피

### Abstract

The plane curve approach which was proposed by Boukharouba et. al. is a multi-threshold selection method through searching peak-valley based on histogram cumulative distribution function. However the method is required to select parameters to compose plane curve, and the shape of plane curve is affected according to parameters. Therefore detection of peak-valley is effected by parameters. In this paper, we propose an entropy maximizing-based method to select optimal plane curve parameters, and propose a multi-thresholding method based on the selected parameters. The effectiveness of the proposed method is demonstrated by multi-thresholding experiments on various images and comparison with other conventional thresholding methods based on histogram.

**Key Words :** Plane curve, Multi thresholding, Gaussian kernel, Entropy

## 1. 서 론

영상 분할은 영상 처리 및 분석에 있어서 가장 기본이 되는 기법이다. 이러한 영상 분할의 목적은 영상을 분석하기 용이하게 단순화하거나 변환하며 영상의 분석을 용이하게 하는 것이다. 기존의 영상 분할 기법 중에서 영상의 그레이 레벨 히스토그램에 기반한 임계값 결정법은 단순하면서도 효율적인 대표적 영상 분할 기법이다. 히스토그램에 기반한 임계값 결정기법으로는 Otsu's method[1], Huang & Wang method[2] 등이 있다. 이 중에서 Otsu의 임계값 결정법은 임의의 그레이 레벨에 의해서 분할된 군집들의 분산 최대화를 통해서 임계값을 결정하는 방법으로 하나의 임계값을 결정하는데 있어서 매우 효율적인 기법이다. Huang & Wang[2]의 기법은 피지 엔트로피에 기반한 대표적인 임계값 결정 기법이다. 그러나 Otsu 나 Huang & Wang 등과 같이 특정 목적 함수를 이용하여 임계값을 결정하는 경우 임계값의 개수가 증가함에 따라 연산 복잡도 역시 기하

급수적으로 증가하게 되는 단점을 가지고 있다[3].

연산 복잡도 문제를 극복하고 효율적으로 임계값을 검출하기 위해 계층적 방법을 이용한 임계값 결정법[4, 5], 마루-골(Peak-Valley) 탐색에 기반한 임계값 결정법[6-9] 등이 제안되었다. 그러나 이와 같은 기법들의 경우 다음과 같은 문제점이 있다. (i) 다중 임계값을 결정하기 위해 외부의 사용자로부터 임계값 개수가 우선적으로 주어지며, (ii) 임계값 결정에 사용되는 변수 설정에 관한 문제점이 있다. 특히, Boukharouba 등[7]에 의해서 제안된 평면 곡선(Plane curve)에 기반한 임계값 결정법은 평면 곡선에 기반한 대표적인 마루-골 탐색 기법이다. 그러나 [7]의 기법은 평면 곡선을 구성하기 위해서 특정 변수의 설정이 필요하다[5]. 또한 설정된 변수의 값은 마루-골 검출에 영향을 준다.

따라서 본 논문에서는 엔트로피 최대화 기법(Entropy maximizing method)을 통해 [7]에서 제안한 평면 곡선 구성에 필요한 최적의 변수를 설정하는 기법과 이에 기반한 다중 임계값 결정 기법을 제안한다. 그리고 다수 영상에 대해 제안한 기법과 기존의 히스토그램 기반 임계값 결정법(Otsu[1], Sezan[8])과의 비교 실험을 통해서 제안 기법의 효용성을 보인다.

접수일자 : 2009년 9월 3일

완료일자 : 2010년 2월 28일

\* Corresponding author

## 2. 관련 이론

### 2.1 Otsu 기법

Otsu의 기법은 임의의 그레이 레벨에 의해서 분할된 각 영역의 분산을 최대화하여 임계값을 결정하는 방법이다. 따라서 주어진 영상이 임의의 그레이 레벨( $T_1, \dots, T_{M-1}$ )에 의해서  $A_1 = [0, T_1], A_2 = [T_1+1, T_2], \dots, A_M = [T_{M-1}+1, L-1]$ 과 같이  $M$ 개 영역으로 분할 될 때, 임계값 결정법은 다음과 같다[1, 3].

$$\{T_1^*, \dots, T_{M-1}^*\} = \underset{0 \leq T_1 < \dots < T_{M-1} \leq L-1}{\operatorname{argmax}} \{ \sigma_B^2(T_1, \dots, T_{M-1}) \} \quad (1)$$

여기서  $\sigma_B^2(T_1, \dots, T_{M-1}) = \sum_{k=1}^M \omega_k \mu_k^2$ ,

$$\omega_k = \sum_{i \in A_k} p_i, \quad \mu_k = \sum_{i \in A_k} i p_i / \omega_k,$$

$$p_i = n_i / \sum_{i=0}^{L-1} n_i, \quad i \in [0, L-1]$$

$n_i$ 는 그레이 레벨  $i$ 인 픽셀의 개수

### 2.2 Sezan 기법

Sezan의 기법은 영상의 히스토그램으로부터 마루-골 분석을 통해 임계값을 결정하는 기법이다. Sezan의 임계값 결정법은 다음과 같다.

$$T_p^* = \mu E_p + (1-\mu) S_{p+1}, \quad p = 1, \dots, I-1 \quad (2)$$

여기서  $S_p$ 는 마루의 시작점이며,  $E_p$ 는 두 개의 마루 시작점 사이의 최대값, 즉, 마루점의 끝점을 의미한다. 또한  $I$ 는 마루의 개수이며  $\mu \in [0, 1]$ 는 임의의 가중치다.

식 (2)의 각 마루의 시작점과 끝점은 다음과 같은 마루 검출 함수( $r_h$ )에 의해서 결정된다.

$$r_h(j) = f(j) - \overline{f_h(j)}, \quad j = 1, \dots, L-1 \quad (3)$$

여기서  $f(j) = \sum_{i=0}^j p_i$ 로서 히스토그램의 누적분포함수를 나타낸다. 그리고  $\overline{f_h(j)} = \frac{(h-1)/2}{\sum_{l=-\dots}^{(h-1)/2} f(j-l)/h}$ 이고,  $h$ 는 커널 사이즈를 나타내며, 홀수인 자연수이다.

식 (3)으로부터 얻은 곡선으로부터 각 마루의 시작점( $S_p$ )와 끝점( $E_p$ )는  $r_h$ 의 그림 1과 같이 영교차점(Zero-crossing points)으로부터 구한다.

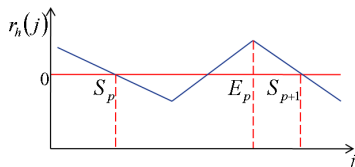


그림 1. 마루의 시작점과 끝점 검출 예

Fig. 1. Detection example of start and end point of a peak

즉, Sezan의 기법은 식 (3)에서 얻은 각 마루의 시작점

( $S_p$ )와 끝점( $E_p$ )를 기반으로 식 (2)를 통하여 임계값을 결정하는 기법이다. 만약 식 (2)에서  $\mu$ 를 0으로 두면 식 (2)는 식 (4)와 같이 각 마루의 시작점이 임계값이 된다.

$$T_p^* = S_{p+1}, \quad p = 1, \dots, I-1 \quad (4)$$

## 3. 평면 곡선 알고리즘을 이용한 임계값 선택

### 3.1 평면 곡선 접근법

Boukharouba 등[7]에 의해 제안된 평면 곡선 접근법은 히스토그램 누적분포함수에 기반한 대표적인 마루-골 탐색 기법이다. [7]에서 제안한 평면 곡선은 다음과 같다.

$$F(i) = f''(i) [1 + (f'(i))^2]^{-3/2} \quad (5)$$

여기서  $f'(i) = \frac{1}{2m} [f(i+m) - f(i-m)]$  (6)

$$f''(i) = \frac{1}{2n} [f(i+n) - f(i-n)] \quad (7)$$

$m, n$ 은 누적분포함수로부터 편차를 계산하기 위한 탐색 간격을 나타낸다.

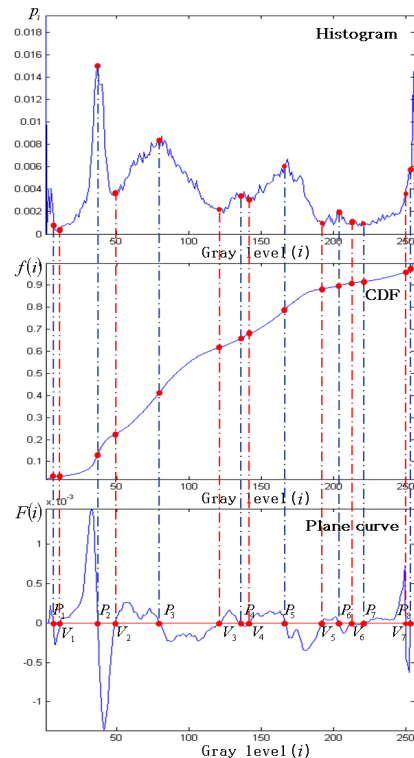


그림 2. 평면 곡선 구성 예( $m = n = 3$ )

Fig. 2. Example of plane curve( $m = n = 3$ )

그림 2는 주어진 히스토그램으로부터 식 (5)~(7)을 이용하여 구성된 평면 곡선의 예를 나타낸다. 그림 2에서 사용된 변수값  $m$ 과  $n$ 은 모두 '3'이다. 그림 2의 평면 곡선의 영교차점 중에서 '+'에서 '-'로 변화하는 영교차점은 마루로 정의되며, '-'에서 '+'로 변화하는 영교차점은 골로 정의

한다.

따라서 그림 2의 영교차점 중에서  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$  점들은 평면 곡선의 마루이고,  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$  점들은 평면 곡선의 골이다. 이와 같은 영교차점들 중에서 골점들은 임계값으로 정의된다[8, 9]. 그러나 그림 2에 나타난 히스토그램의 평면 곡선의 마루와 골점의 발생은 주어진 히스토그램의 진동 특성과 식 (6), (7)의 변수  $m, n$  값에 의존하게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 가우시안 커널을 통하여 히스토그램을 평활화(Smoothing)한다. 그리고 엔트로피 최대화 기법을 이용하여 평활화한 히스토그램으로부터 변수  $m, n$  및 임계값을 결정하는 기법을 제안한다.

### 3.2 가우시안 커널(Gaussian kernels)

3.1 절에서 언급한 바와 같이 마루와 골점들은 주어진 히스토그램의 진동 특성과 변수  $m, n$ 의 값에 영향을 받는다. 특히 그림 3과 같이 히스토그램의 진동 특성은 불필요한 다수개의 마루-골을 형성하는 문제점을 가지고 있다.

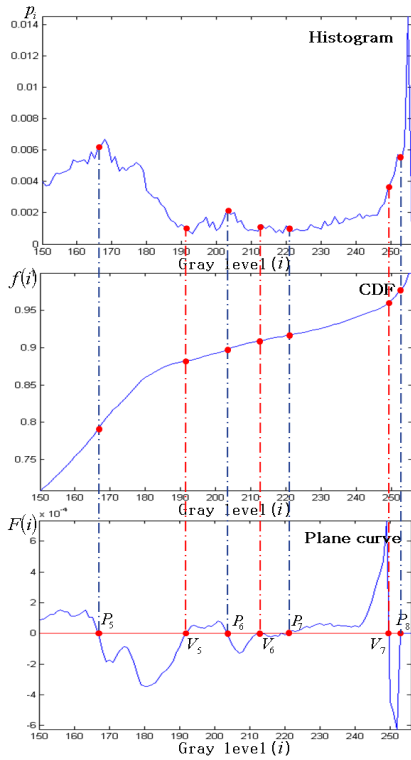


그림 3. 그림 2의 그레이 레벨[150 256]의 확대 그림  
Fig. 3. Enlarged section of gray levels between [150 256] in Fig 2

그림 3은 그림 2의 일부분을 확대한 영상이므로, 히스토그램의 진동 특성에 따라 좁은 영역에 다수개의 마루-골이 검출되는 문제점을 나타낸다. 이로 인해 좁은 영역에서 다수개의 임계값이 선정되게 된다. 예를 들어, 그림 3의  $V_5, V_6$ 의 경우 두 골 사이의 간격이 매우 좁으며, 두 그레이 레벨 사이에 포함된 픽셀의 수가 적다. 이와 같이 좁은 영역에서 다수의 임계값이 발생할 경우 임계값에 의해서 분할된 영상을 표하는 비트수가 불필요하게 증가하게 되는 단점이

있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 가우시안 커널 밀도 함수[10]를 이용하여 영상의 히스토그램을 평활화한다.

$X = \{x_1, \dots, x_c\}$ 는  $s$ 차원 유클리드 공간( $R^s$ )의 데이터 집합이고  $K$ 는 커널이다. 점  $x$ 의 커널 밀도 함수  $\hat{f}_K$ 는 다음과 같다.

$$\hat{f}_K(x) = \frac{1}{N} \sum_{c=1}^N K(x - x_c) \quad (8)$$

커널 함수 중에서 대표적인 가우시안 커널  $G^\alpha$ 은 다음식과 같이 정의된다[10].

$$G^\alpha(x) = [\exp\{-\|x - x_c\|^2/\beta\}]^\alpha \quad (9)$$

여기서  $\alpha, \beta$ 는 각각 평활화 변수와 정규화 변수이다.  $\|\cdot\|$ 는 유클리드 놈(Norm)이다. 식 (8), (9)를 통해 평활화된 히스토그램  $\hat{f}_{G^\alpha}$ 은 다음과 같다.

$$\hat{f}_{G^\alpha}(i) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{L-1} p_i [\exp\{-\|i - j\|^2/\beta\}]^\alpha \quad (10)$$

$\beta = \sum_{i=0}^{L-1} \left( i - \sum_{i=0}^{L-1} ip_i/N \right)^2 / N$ ,  $i, j \in [0, L-1]$ 이다. 그리고  $N$ 은 영상의 총 픽셀 개수를 나타낸다. 또한 커널 변수  $\alpha$ 는 히스토그램의 평활화 정도를 결정하는 변수로서, 그림 4와 같이  $\alpha$  값에 따라 평활화 정도는 변화한다.

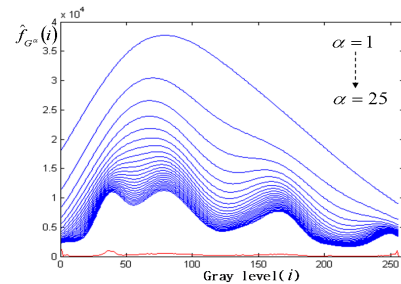


그림 4.  $\alpha$  값에 따른 평활화된 히스토그램 예  
Fig. 4. Example of smoothed histogram according to  $\alpha$

최적의  $\alpha$  값을 검출하기 위해 본 논문에서는 [10]에서 사용한 상관 계수 비교를 통해  $\alpha$  값을 결정한다. 즉,  $\hat{f}_{G^\alpha}$ 와  $\hat{f}_{G^{\alpha+1}}$  사이의 상관 계수는  $\alpha$  값이 증가함에 따라 '1'에 가까워지며 그 변화는 매우 작다. 이를 이용하여 그림 5와 같은 그래프 분석법을 통해 최적의  $\alpha$  값을 결정한다.

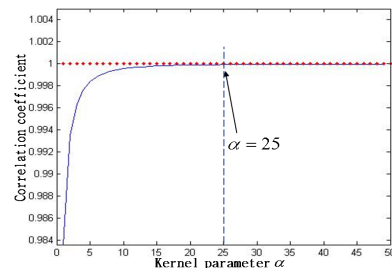


그림 5. 커널 변수 설정 예

Fig. 5. Example of kernel parameter selection

그림 5에서  $\alpha = 25$ ,  $\alpha = 26$  간에 상관계수 값이 1에 가까워지고 변화가 없어지므로  $a = 25$ 가 된다.

### 3.3 변수 설정 및 임계값 결정

영상의 평활화된 히스토그램으로부터 구한 누적분포함수를 구하고, 식 (5)를 통해서 그림 6과 같은 평면 곡선을 구한다.

그림 6에서  $m = n = 5$  일 때, 평면 곡선의 마루점들은  $P_1, P_2, P_3, P_4$ 가 되고, 골점은  $V_1, V_2, V_3$ 이 된다. 이 중에서 골점  $V_1, V_2, V_3$ 은 임계점으로 정의된다. 그리고  $m = n = 15$  일 때, 평면 곡선의 마루점과 골점들은  $P_1, P_2, P_3, V_1, V_2$ 이므로 임계점은  $V_1, V_2$ 가 된다. 즉,  $m, n$ 의 값에 따라 히스토그램으로부터 검출되는 마루-골점이 결정되며, 마루-골점에 따라 임계값은 달라진다. 따라서 다음과 같이 엔트로피를 최대화 기법을 이용하여 최적의  $m, n$  값을 결정한다.

임의의 변수값  $m, n$ 에 의해서 검출된 임계값이  $T_1, \dots, T_{M-1}$  일 때, 영상은  $A_1 = [0, T_1], A_k = [T_{k-1} + 1, T_k], \dots, A_M = [T_{M-1} + 1, L - 1]$ 와 같이 임계값에 따라  $M$ 개 영역으로 분할된다. 이때 분할된 영역의 엔트로피는 다음과 같이 정의한다.

$$E_{mn} = \sum_{k=1}^M -P_k \log P_k \quad (11)$$

여기서  $P_k = \sum_{T_{i-1}+1}^{T_i} H_{G^a}(i)$ ,  $T_0 = -1, T_M = L - 1$ 이고,

$H_{G^a}$ 는 정규화된 평활화 히스토그램이다.

임의의  $m, n$ 으로부터 임계값을 구하고, 임계값을 기반으로 분할된 각 영역의 엔트로피를 식 (11)을 이용하여 구한다. 여기서 엔트로피가 최대인 지점에서의  $m, n$  값을 최적으로 결정하며, 이를 기반으로 구성된 평면 곡선의 골점들을 최적의 임계값으로 결정한다.

$$[m^*, n^*] = \underset{m, n \in [1, L]}{\operatorname{argmax}} (E_{mn}) \quad (12)$$

본 논문에서 제안하는 다중 임계값 결정 알고리즘 (Multi-threshold selection algorithm)을 요약하면 다음과 같다.

- [Step 1] 주어진 히스토그램을 평활화한 후 정규화된 히스토그램  $H_{G^a}$ 를 구한다.
- [Step 2] 임의의 변수  $m, n \in [1, L]$ 에 기반하여 식 (5)로부터 평면 곡선을 구한다.
- [Step 3] 평면 곡선으로부터 얻어진 골  $V_1, \dots, V_{M-1}$ 을 다중 임계값  $T_1, \dots, T_{M-1}$ 으로 결정한다.
- [Step 4] 결정된 임계값을 이용하여 식 (11)로부터 엔트로피를 계산한다.
- [Step 5] 식 (12)로부터 계산된 엔트로피가 최대인지 판별하여 최대인 경우, 이때의  $m, n$  값을 최적의 변수값으로 선정하여 임계값을 결정하고 종료한다. 만약, 엔트로피가 최대가 아닐 경우,  $m, n$  값을 변화시킨 후 [Step 2]로 돌아간다.

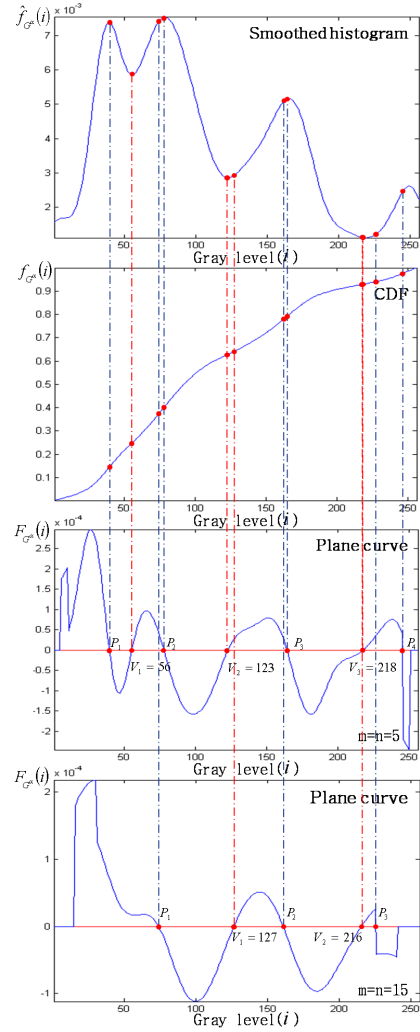
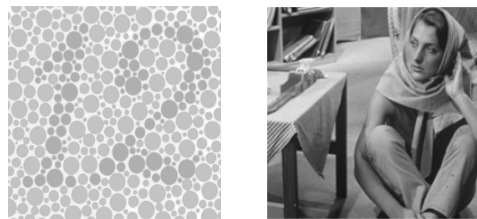


그림 6. 평활화된 히스토그램의 평면 곡선 및 검출된 마루-골( $m = n = 5, m = n = 15$ )

Fig. 6. Plane curve and detected peak-valleys of smoothed histogram ( $m = n = 5, m = n = 15$ )

## 4. 실험 결과 및 고찰

본 절에서는 제안 기법의 효용성을 검증하기 위해 그림 7의 영상들에 대해서 다중 분할 실험을 행하였으며, 기존의 히스토그램 기반의 임계값 결정법(Otsu[1], Sezán[8])과의 비교 및 검토를 통해 제안 기법의 효용성을 확인한다.



(a)Image 1

(b)Image 2

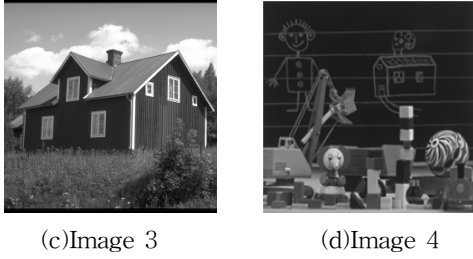


그림 7. 모의실험에 사용된 영상

Fig. 7. Images used for multi-thresholding experiment

표 1. 제안 기법에 의해서 검출된 변수값 및 임계값  
Table 1. Parameter values and threshold values obtained by the proposed method

Images	Selected Parameters			Threshold Values
	$\alpha$	$m$	$n$	
Image 1	31	1	14	194, 216
		3	13	
		13	3	
		14	1	
Image 2	15	1	1	68, 134
		2	1	
		3	1	
		1	2	
		2	2	
		3	2	
Image 3	25	1	17	55, 124, 213
		17	1	
Image 4	28	1	1	51, 63, 98, 119
		1	2	
		2	1	
		2	2	

표 2. 기존 기법들에 의해서 검출된 각 영상의 임계값  
Table 2. Threshold values obtained by conventional methods according to images

Images	Threshold Values	
	Otsu	Sezan ( $h$ : kernel size)
Image 1	186, 216	186, 226 ( $h=43$ )
Image 2	81, 144	74, 128 ( $h=111$ )
Image 3	60, 121, 196	89, 152, 214 ( $h=105$ )
Image 4	48, 80, 115, 156	43, 68, 109, 132 ( $h=41$ )

표 1은 제안한 기법으로 얻은 가우시안 커널  $G^m$ 의 변수  $\alpha$ 와 평면 곡선의 변수  $m, n$ , 그리고 이를 바탕으로 얻어진 임계값을 나타낸다. 표 2는 기존의 히스토그램에 기반한 임계값 결정 기법으로 구한 임계값을 나타낸다.

그림 8은 표 1, 2에서 구한 임계값을 기반으로 다중 분할된 결과영상을 나타낸다. 그림 8로부터 그림 7(a), (b)의 결과 영상은 제안한 기법 및 기존의 히스토그램 기반 임계값 결정법과의 결과가 유사함을 확인할 수 있다. 그러나 그림 7(c)에 대한 모의실험 결과 영상으로부터 그림 9처럼 Otsu의 기법 및 제안 기법이 기존의 Sezan의 기법에 비해서 창

문의 윤곽과 구름의 모양이 더욱 뚜렷함을 확인할 수 있다. 그리고 그림 7(d)에 대한 모의실험 결과 영상의 경우, 제안한 기법으로 얻어진 결과 영상이 Otsu, Sezan기법으로 얻은 결과 영상에 비해서 배경의 그림 윤곽과 장난감의 윤곽이 그림 10처럼 더욱 뚜렷함을 알 수 있다.



그림 8. 결과 영상, (a)Otsu 기법, (b)Sezan 기법, (c)제안 기법

Fig. 8. Result images, (a)Otsu's method, (b)Sezan's method, (c)proposed method

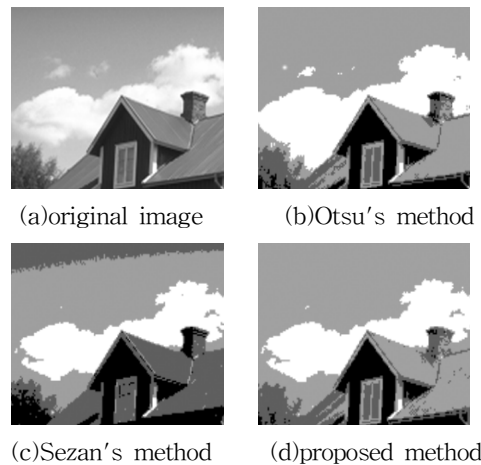


그림 9. 그림 7(c)의 결과 영상의 확대 부분 영상  
Fig. 9. Enlarged section of Result images of Fig. 7(c)



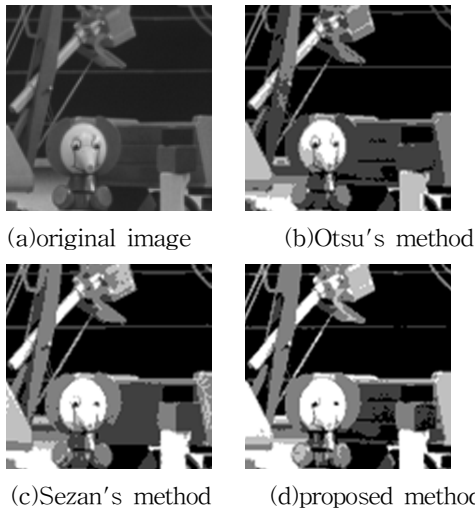


그림 10. 그림 7(d)의 결과 영상의 확대 부분 영상  
Fig. 10. Enlarged section of Result images of Fig. 7(d)

위에서 4개의 영상에 대하여 실시된 모의실험 결과를 바탕으로 판단하면, 기존의 히스토그램 기반 임계값 결정법과 유사하거나 좋은 분할 결과를 보이는 제안된 기법의 유용성을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 평면 곡선에 기반한 영상의 다중 임계값 결정법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 엔트로피에 기반하여 평면 곡선 구성에 필요한 최적의 변수값을 설정하고, 설정된 변수에 기반한 다중 임계값을 결정하였다. 또한 다수 영상에 대한 제안된 기법과 기존 히스토그램 기반의 임계값 결정법과의 비교 및 검토를 통해 제안한 기법의 효용성을 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Systems Man. Cybernet.*, Vol. 9, pp. 62-66, 1979.
- [2] L. K. Huang and M. J. Wang, "Image thresholding by minimizing the measure of fuzziness," *Pattern Recognition*, Vol. 28, pp. 41-51, 1995.
- [3] P. S. Liao, T. C. Chen and P. C. Chung, "A fast algorithm for multi-level thresholding," *J. Inf. Sci. Eng.*, Vol. 17, pp. 713-727, 2001.
- [4] J. C. Olive, "Automatic threshold selection using the wavelet transform," *Graphical Models and Image Processing*, Vol. 56, pp. 205-218, 1994.
- [5] J. S. Chang, "New automatic multi-level thresholding technique for segmentation of thermal images," *Image and vision Computing*, Vol. 15, pp. 23-34, 1997.
- [6] M. Sezgin and G. Kocaeli, "Survey over image thresholding techniques and quantitative per-

formance evaluation," *J. of Electronic Image*, Vol. 13, pp. 146-165, 2004.

- [7] S. Boukharouba, J. M. Rebordao and P. L. Wendel, "An amplitude segmentation method based on the distribution function of an image," *Computer Vision, Graphics, and Image processing*, Vol. 25, No. 16, pp. 46-67, 1984.
- [8] M. I. Sezan, "A peak detection algorithm and its application to histogram-based image data reduction," *Graph. Models Image Process.*, Vol. 29, pp. 47-59, 1985.
- [9] D. M. Tsai, "A fast thresholding selection procedure for multimodal and unimodal histograms," *Pattern Recogn. Lett.*, Vol. 16, pp. 653-666, 1995.
- [10] K. L. Wu and M. S. Yang, "Mean shift-based clustering," *Pattern Recognition*, Vol. 40, pp. 3035-3052, 2007.

## 저 자 소 개



### 단 나(Na Duan)

2008년 : 영남대학교 전기공학과 (공학사)  
2008년 : 北華大學 電氣工學部 (學士)  
2008년 ~ 현재 : 영남대학교 대학원  
전기공학과 석사과정

관심분야 : 지능 시스템, 영상 처리  
E-mail : whitebaby323@ynu.ac.kr

### 서석태(Suk T. Seo)

제18권 5호 (2008년 10월호) 참조  
E-mail : kenneth78@ynu.ac.kr



### 박혜공(Hye G. Park)

2004년 : 경운대학교 전자공학과(공학사)  
2008년 ~ 현재 : 영남대학교 대학원  
전기공학과 석사과정

관심분야 : 지능 시스템  
E-mail : phkbest@ynu.ac.kr

### 권순학(Soon H. Kwon)

제19권 6호 (2009년 12월호) 참조  
E-mail : shkwon@yu.ac.kr