

論文2001-38SP-3-1

# 다중 물체의 효과적 검출과 분할을 위한 문맥자유 마커제어 분수계 변환

## (Context-free Marker Controlled Watershed Transform for Efficient Multi-object Detection and Segmentation)

徐景錫\*, 曹相鉉\*, 崔興文\*, 朴昶俊\*\*

(Kyung-Seok Seo, Sang-Hyun Cho, Heung-Moon Choi, and Chang-Joon Park)

### 요약

본 논문에서는 복잡 배경으로부터 임의의 다중물체를 효과적으로 검출함과 동시에 고속 분할할 수 있는 문맥자유 마커제어 분수계 변환 (context-free marker controlled watershed transform)을 제안하였다. 먼저 잡음에 강건한 주목 연산자 (attention operator)를 써서 복잡 배경 속의 여러 물체 별로 그 위치를 검출하여 문맥자유 마커를 추출하고, 이를 마커로 한정된 레이블링 (marker constrained labeling)을 하여 최소값 부과과정이 필요 없는 문맥자유 마커제어 분수계 변환을 제안함으로써 과분할없이 신속하게 분할할 수 있도록 하였다. 다중 물체가 포함된 복잡 영상에 적용 실험하여, 대상 물체에 대한 사전정보 없이도 과분할과 처리시간을 대폭 줄여 효과적으로 다중 물체를 검출함과 동시에 고속 분할이 가능함을 확인 할 수 있었다.

### Abstract

A high speed context-free marker-controlled and minima imposition-free watershed transform is proposed for efficient multi-object detection and segmentation from a complex background. The context-free markers are extracted from a complex backgrounded multi-object image using a noise tolerant attention operator. These make marker-controlled watershed possible for the over-segmentation reduction without region merging. The proposed method presents a marker-constrained labeling that can speed up the segmentation of a marker-controlled watershed transform by eliminating the necessity of the minima imposition. Simulation results show that the proposed method can efficiently detects and segments multiple objects from a complex background while reducing over-segmentation and the computation time.

### I. 서론

\* 正會員, 慶北大學校 電子·電氣工學部  
(Dept. of Electronics, Graduate School, Kyungpook National University)  
\*\* 正會員, 韓國電子通信研究院 映像處理部  
(Image Processing Department, Electronics and Telecommunications Research Institute.)  
接受日字:2000年9月27日, 수정완료일:2001年1月19日

정보처리 기술의 발달에 따라 군사, 의료 및 공업 각 분야에서 컴퓨터를 이용한 각종 자동화 시스템에 관한 수요가 증대되고 있다. 무인 자동화 시스템에서는 자동 표적인식 (automatic target recognition: ATR)을 위하여 컴퓨터 시각에 기반한 물체의 검출과 분할 기술이 필수적이며, 최근에는 단순한 배경 속에 있는 미리 알

고 있는 한 개 물체의 자동 검출과 분할뿐만 아니라 복잡한 배경 하에서 미지의 여러 물체가 혼재하는 경우 각 물체를 구분해내는 다중 물체 검출 및 그 분할에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다<sup>[1~3]</sup>.

분할에는 영상 저장 및 전송을 위한 압축을 목적으로 전체 영상을 동일한 성질을 띠는 영역들로 나누는 영역분할 (region segmentation)과, ATR 등을 목적으로 배경을 제외한 대상 물체의 외곽선만을 추출해 내는 물체분할 (object segmentation)이 있다. ATR을 위한 물체분할에서 분할하려는 대상을 아는 경우에는 통계적 방법에 기반한 템플릿 매칭 (template matching) 방법이 사용되며, 모르는 경우에는 주목연산자를 사용하여 물체가 있는 관심영역 (region of interest: ROI)을 검출한 후, 그 영역 내에서만 도수분포도 (histogram)에 기반한 문턱치 기법이 사용되고 있다. 하지만, 템플릿 매칭은 사전에 결정된 분할 대상만을 분할할 수 있고, 문턱치 기법은 정확한 분할이 어려우며 복잡한 배경이나 불규칙한 잡음이 존재하는 경우에는 적용이 불가능하다. 따라서 복잡한 배경으로부터 불특정 다수 물체의 외곽선만을 정확히 분할할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다<sup>[4~5]</sup>.

분할 도구로는 경계 기반 분할, 영역 기반 분할, 경계 및 영역 기반 분할, 에너지 함수를 이용하는 분할 및 형태변형 모델 (deformable model)을 이용하는 분할 방법 등이 이용되고 있다<sup>[6]</sup>. 이들 중 경계와 영역 모두에 기반한 분수계 변환 (watershed transform)은 크기, 모양, 대비 및 연결성 등 모든 기하학적 특징을 고려하는 분할 도구이나, 이를 기울기 영상에 직접 적용하면 과분할이 발생하는 단점이 있다. 따라서 잡음 제거를 위한 필터로 전처리하거나, 분수계 변환 후 영역을 병합하는 후처리를 하거나, 아니면 관심 있는 영역에 마커를 주어 분할하는 마커제어 (marker-controlled) 분할 방법 등으로 과분할을 줄이고 있다<sup>[7]</sup>.

이들 중 마커제어 분수계 변환은 분할을 초기화하기 위해 물체의 내부에서 마커를 추출하고 형태학적 재구성 (morphological reconstruction)인 최소값 부과 (minima imposition)를 거쳐 마커의 개수만큼 영역을 분할하며 그 결과 영역의 경계가 물체의 경계와 잘 일치하는 가장 효율적인 접근 방법으로 알려져 있다<sup>[8]</sup>. 기존의 마커제어 분수계 변환은 영역분할을 위해서 사용되고 있으나, 물체 내부와 외부에 적절한 마커를 추출해 주면 물체분할에 적합하다. 마커를 추출하기 위해

기존에는 특정 분할 대상별로 속성에 대한 사전 정보를 이용하거나 아니면 물체의 일반적인 속성을 이용하는 방법이 사용되었다<sup>[9~16]</sup>.

특정 분할 대상별로 속성에 대한 사전 정보를 이용하는 방법으로서, Vincent<sup>[11]</sup>는 커피콩 영상에서 커피콩이 둥글다는 특성과 그 중심점이 배경의 경계에서 가장 멀다는 특징을 이용하여 마커를 잡고 분할하였다. 또, Soille 등<sup>[12]</sup>은 영상을 골격화하면 각 영역의 내부만 남는다는 사실에 착안해서 골격화 영상을 만든 후 크기와 형태 등이 찾으려하는 물체와 비슷한 부분을 마커로 이용하여 분할하였다. 이와 같이 특정 분할 대상의 사전정보를 이용하는 방법들은 그 물체를 포함한 영상만을 분할하는 것이 목적이므로 각각의 영상에 포함된 각 물체 별로 그 성질에 따라 마커 추출지를 정의해 주어야만 하며, 따라서 여러 종류의 물체가 혼재하는 영상의 경우에는 각 물체별로 적절한 마커 추출자를 정의하는 것 자체가 어렵게 된다.

한편, 물체의 일반적인 속성을 이용하는 방법으로서, Daniel 등<sup>[13]</sup>은 비디오 영상에서 분할 후에도 각 영역의 경계에 손상을 주지 않기 위해서 기울기 영상에서 값이 큰 화소들을 이용해서 마커를 추출하였다. Shaparenko 등<sup>[14]</sup>은 각각의 영역들은 길이가 다르다는 가정 하에 마커를 추출했다. 또한, Park 등<sup>[15]</sup>과 Crespo 등<sup>[16]</sup>은 물체 내부는 평탄하다는 가정 하에 평탄영역을 마커로 이용했으나, 복잡 배경 하에 물체 내부가 평탄하지 않은 경우에는 과분할되고 이를 줄이기 위해 후처리로 영역 병합과정을 필요로 하였다. 이와 같이 물체의 일반 속성에 기반하는 방법들은 복잡한 배경으로부터 다양한 다중 물체분할의 목적으로 사용된다면 물체와 배경에서 과분할을 발생시키며 분할된 영역 중 어느 것이 물체 영역인지를 구분할 수 없다<sup>[9]</sup>.

전술한 마커제어 분수계 변환들은 적절한 마커 추출자의 선택이 어려워 범용의 물체분할에 사용할 수가 없다. 그리고 마커를 찾은 후에도 최소값 부과를 통해서 불필요한 최소점들을 제거한 후에야 분수계 변환을 할 뿐만 아니라 과분할 될 경우에는 영역 병합과 같은 후처리 과정까지 거쳐야하므로 수행시간이 많이 걸린다.

본 논문에서는 잡음에 강건한 주목연산자로서 마커를 찾아 복잡한 배경속의 여러 물체를 동시 검출하고 또한 제한한 최소값 부과 없는 마커제어 고속 분수계 변환을 수행하여 고속으로 물체만을 효과적으로 분할

하였다. 물체 및 마커의 위치를 찾기 위한 주목연산자로서는 복잡한 배경에서도 물체 검출이 가능한 잡음에 강건한 일반화 대칭 변환 (noise-tolerant generalized symmetry transform: NTGST)<sup>[17]</sup>를 사용함으로써 분수계 변환을 위한 문맥자유 마커를 얻음과 동시에 물체 위치를 검출하여 분할함으로써 사전정보 없이도 과분할을 줄였다. 그리고 마커로 한정된 레이블링을 하여 최소값 부과 과정을 없앴으로써 마커 제어 분수계 변환을 고속화하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 다양한 도형이 있는 합성 영상과 복잡 배경 속에 다중 물체가 있는 실 영상에 대해서 적용한 결과 과분할 없이 빠른 속도로 물체의 외곽선만을 효과적으로 분할함을 확인하였다. 기존의 방법들은 모두 영역 분할을 위해서 이용되어 직접적인 대응 비교는 불가능하므로 이들 중 가장 널리 쓰이고 유용한 평탄영역 방법 [16]과 마커 추출에서 분할까지의 전체 시간 비교와 참고로 동일한 관심영역에서의 마커제어 분수계 변환만의 수행시간 비교를 하였다.

## II. 문맥자유 마커제어 분수계 변환의 제안

본 논문에서는 그림 1에서와 같이 사전정보 이용 없이 물체 검출이 가능한 NTGST를 이용하여 문맥자유 마커를 추출하여 물체를 검출하고, 최소값 부과 없이도 마커제어 분수계 변환이 가능한 고속 분수계 변환을 제안함으로써 복잡 배경으로부터 다중 물체를 효과적으로 분할하였다.

### 1. 문맥자유 마커 추출

복잡한 배경으로부터 임의의 다중 물체를 검출하려면 영상으로부터 미지의 불특정 다수 물체를 검출할 수 있어야 하므로 물체에 대한 구체적인 사전 정보를 요구하는 검출 방법은 사용할 수 없으며, 불규칙한 잡음으로 인해 문턱치 기법을 적용하기도 어렵다. 따라서 이런 경우 물체 검출에 이용되는 주목연산자를 이용하는 것이 좋은 대안이 될 수 있다. 주목연산자로는 물체와 배경간 명도차를 이용하는 방법과 물체의 대칭성을 명도값과 함께 이용하는 대칭변환 등이 있다. 물체와 배경사이에 명도차를 이용할 경우에 크기와 종류 및 형태가 다양한 여러 물체 추출에서는 각 물체에 대한 사전정보를 기술하는데 어려움이 있으며, 특히 물체와 배경간 명도차가 적고 물체영역의 경계선이 명확하

지 않은 경우에는 물체검출 자체가 어렵다. 이에 반하여, 대칭성을 명도값과 함께 이용하는 방법은 이런 경우에도 효과적으로 물체를 검출 할 수 있다.

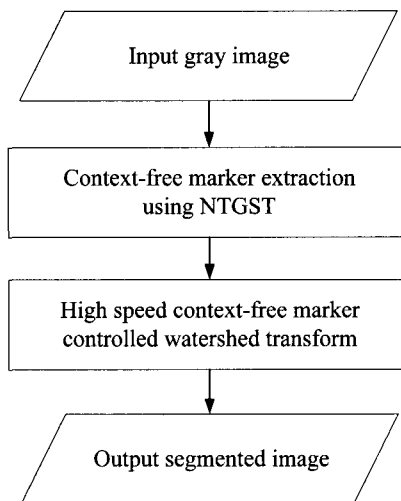


그림 1. 제안한 물체 검출과 분할 방법의 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of the proposed method for object detection and segmentation.

Reisfeld 등<sup>[18]</sup>은 기존의 대칭변환을 일반화시켜 물체에 대한 사전정보 없이도 영상내의 대칭성을 부각하여 관심영역 검출이 가능한 일반화 대칭변환 (generalized symmetry transform: GST)을 주목 연산자로 제안하였다. 그러나, 이 방법에서는 각 화소의 명도변화의 크기와 대칭성만을 고려하여 대칭 기여도를 누적하므로 물체에 의한 대칭 기여도뿐만 아니라 불규칙한 잡음이나 복잡한 배경 영상에 의한 대칭 기여도도 누적되기 때문에 물체만을 검출하기가 어렵다.

Park 등<sup>[17]</sup>은 명도변화 방향이 수렴하는 경우에는 음극성 (-), 발산하는 경우에는 양극성 (+)을 갖도록 명도 변화의 방향성까지 고려하여 대칭성을 대칭 기여도에 반영함으로써 잡음에 강건한 NTGST를 주목 연산자로 제안하였다.

NTGST에서는 두 화소  $p_i$ 와  $p_j$ 의 명도변화 방향의 대칭성을 부각시키며 수렴과 발산을 구분할 수 있는 위상 가중 함수(phase weight function)  $P(i, j)$ 를

$$P(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_j}{2} - \alpha_{ij}\right) \times \sin\left(\frac{\theta_i - \theta_j}{2}\right) \quad (1)$$

와 같이 정의하였다. 여기서  $\alpha_{ij}$ 는 두 화소와를 연결하

는 직선이 수평선과 이루는 각도이고  $\theta_i$ 와  $\theta_j$ 는 각 화소의 명도변화 방향이다. 두 화소의 명도변화 방향이 수렴하면  $F(i, j)$ 는 음극성 (-)을 가지며, 발산하면 양극성 (+)을 갖는다. 두 화소의 명도변화 방향이 완전히 마주보는 방향일 때 음의 최저값을 가지며, 완전히 반대 방향으로 향할 때 양의 최고 값을 가진다. 그리고,  $\theta_i = \theta_j$  혹은  $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 와 같이 명도변화 방향의 대칭성이 완전히 없을 때는 0의 값을 가진다. 따라서, 두 화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산을 구분하면서도 대칭성을 잘 부각할 수 있다. 그리고, 두 화소간의 거리가 가까울수록 큰 값을 갖는 거리 가중 함수 (distance weight function)  $D_o(i, j)$ 를

$$D_o(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (2)$$

와 같이 정의하였다. 여기서  $\sigma$ 는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타낸다. 이들을 반영하는 대칭 기여도를 누적하여 대칭도 맵을 얻는다.

그림 2에서와 같이 배경보다 밝은 물체와 어두운 물체 및 잡음 영역에서 배경보다 어두운 물체가 존재하는 영역에서는 화소의 명도변화 방향은 내부로 수렴하는 방향이며, 밝은 물체가 존재하는 영역에서는 외부로 발산하는 방향이다. 따라서 물체 영역에서는 화소의 명도변화 방향의 일관된 수렴 또는 발산이 존재하여 물체의 내부에서 높은 대칭도가 누적된다. 그러나, 잡음 영역에 있는 하나의 화소 쌍을 보면 명도변화 방향의 수렴과 발산이 항상 같이 일어나 대칭기여도가 상쇄된다.

실영상에 GST와 NTGST를 적용한 결과를 그림 3에 비교하였다. 그림에서 보는 바와 같이 구름 등이 있는 복잡 배경에서 기존의 GST는 잡음 영역의 대칭도까지도 누적하여 배경과 물체의 구분이 어려우나 NTGST는 배경 잡음 영역에서의 대칭 기여도가 서로 상쇄되어 물체의 위치를 잘 찾을 수 있음을 알 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 잡음이 있는 복잡 배경에서도 효과적인 임의 다중물체 검출이 가능한 NTGST를 적용하여 대칭도가 주위보다 높은 화소들을 물체 내부에 마커로 추출하였다. 대칭도 맵이 마커 추출전에 이미 표준화되어 있으며 그 도수분포도 (histogram) 분포가 전형적인 바이모달 (bimodal) 형태를 이루므로 마커를 문턱치 기법 중에서 도수분포도의 골을 문턱치로 선택

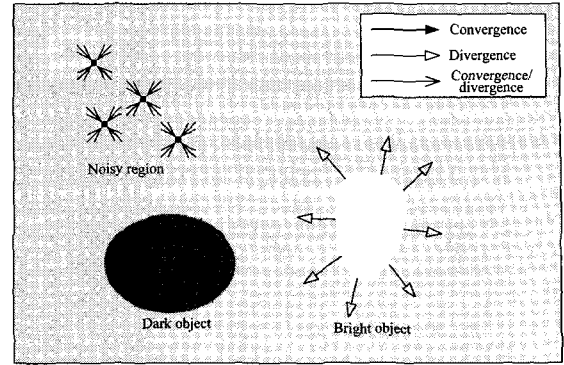
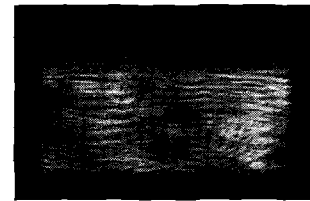


그림 2. 물체 및 잡음 영역에서의 화소의 명도변화 방향 [17]

Fig. 2. The orientation of the intensity gradient in the object and noisy region [17].



(a)



(b)



(c)

그림 3. 실영상에 대한 GST와 NTGST 결과: (a) 복잡 배경에 비행기를 포함한 원 영상; (b) 기존 GST의 대칭도 맵; (c) NTGST의 대칭도 맵

Fig. 3. Comparison of the GST and the NTGST: (a) Original image including an airplane in a complex background; (b) the symmetry map of the conventional GST; (c) the symmetry map of the NTGST.

하는 모드 (mode) 방법<sup>[19]</sup>을 이용하여 쉽게 찾을 수 있다. 그리고 기울기 영상과 마커로부터 마커제어 고속

분수계 변환을 위한 입력영상  $f_i$ 를

$$f_i(p_k) = \begin{cases} 0, & \text{if } p_k \in S_m, \\ f_g(p_k) + 1, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (3)$$

로 정의하였다. 여기서  $S_m$ 은 마커의 화소 집합이고,  $f_g$ 는 3×3 Sobel 연산자를 이용한 기울기 영상이다. 즉, 기울기 영상  $f_g$ 의 최소값이 레벨 1이 되게 함으로써, 입력영상  $f_i$ 는 마커가 표시된 곳에서 항상 최소값을 가지도록 구성하였다. 실제 분수계 변환에 입력되는 영상에서 마커는 검은색, 즉 그레이 레벨 0으로 표시되나 본 논문에서는 시각적인 구별을 위해서 레벨 255의 흰색으로 반전시켜 표시하였다.

본 논문에서는 이와 같이 NTGST를 이용하여 임의 다중 물체를 검출함과 동시에 문맥자유 마커를 추출하여 분수계 변환함으로써 기존의 각 영역들의 평균과 분산을 이용하여 서로 병합하는 영역 병합<sup>[6]</sup>과 같은 별도의 후처리 과정을 거치지 않고도 과분할을 줄일 수 있었다.

2. 최소값 부과 없는 고속 마커제어 분수계 변환

본 논문에서는 마커로 한정된 레이블링을 하여 침수 과정을 수정함으로써 시간이 많이 걸리는 최소값 부과 없이도 마커 제어 분할을 가능케 하는 고속 마커제어 분수계 변환을 제안하여 처리시간을 줄였다. 기존의 마커제어 분할에서 분수계 변환하기 전에 추출된 마커에 대해서 최소값 부과를 거쳐야 하는 반면 제안한 방법에서는 마커와 그렇지 않은 영역에 서로 다른 규칙으로 레이블링하여 침수과정에서 각각의 경우에 대해서 다르게 처리함으로써 최소값 부과없이 마커제어 분수계 변환을 수행하였다.

제안한 알고리즘은 그림 4에서 보는 바와 같이 마커로 한정된 레이블링으로 두 경우에 각각 서로 다른 방법으로 레이블링한다. 즉, 최하위 수위 (water level)인 마커 영역에서는 마커 별로 각각 다른 값으로 레이블링하고 그 이상의 수위에서의 국부 최소값들에는 같은 값으로 레이블링한다. 또한, 수정된 침수과정은 두 가지 경우에 있어서 기존의 침수과정과 다르게 했다. 즉, 침수과정에서 마커 이외의 영역이 마커 영역과 만날 때는 그 영역을 해당 마커의 레이블로 바꾸어 마커 영역으로 흡수되게 했다. 이 때 영역 변환을 선입선출 (first\_in first\_out: FIFO) 데이터 구조를 이용해 효율적으로 구성함으로써 수행시간을 단축시켰다. 그리고 서

로 다른 마커 영역들이 만날 때만 그 위치에 분수계계를 생성하도록 했다.

제안한 방법을 그림 5(a)와 같이 1차원 신호에 적용하여 설명하면 다음과 같다. 그림 5(a)에서 마커는 신호의 최소 수위인 0으로 설정한다. 그림 5(b)부터 (e)까지는 수위 0에서부터 최대 수위까지 침수시키는 과정을 설명한 것이고 그림 5(f)는 최종 분할 결과이다. 수위 3까지 물이 찬 (b)를 보면 (a)에서의 마커 영역들이 각각 다른 레이블로 표시된다. 수위 6까지 물이 찬 (c)를 보면 새로운 국부 최소값 영역들이 모두 같은 레이블 N으로 표시되고, 한 단계 더 물이 차서 이 두 영역이 서로 만나는 (d)에서는 이 두 영역이 서로 물이 범람해 같은 영역으로 병합된다. 이 과정은 별도의 과정이 필요없이 두 영역이 같은 레이블을 가지고 있기 때문에 자동으로 병합된다. 이렇게 병합되어 영역을 확장하다가 마커 영역과 만나는 (e)와 같은 경우에는 나중에 발생한 레이블 N 영역을 마커 영역의 레이블 2로 변환한다.

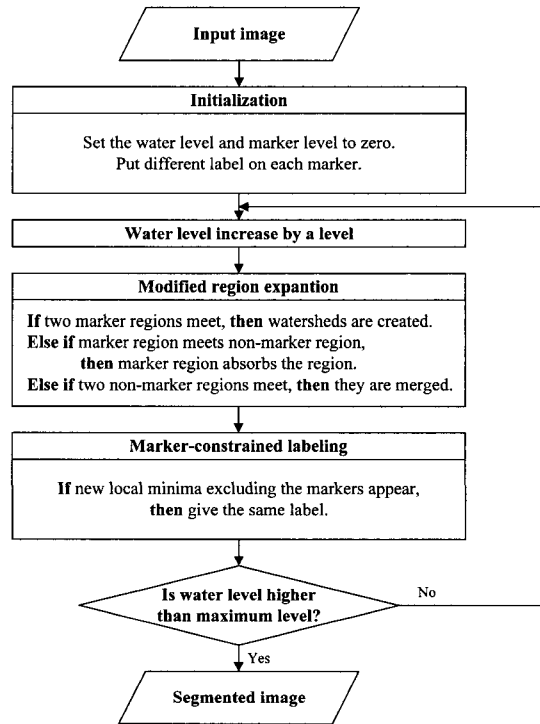
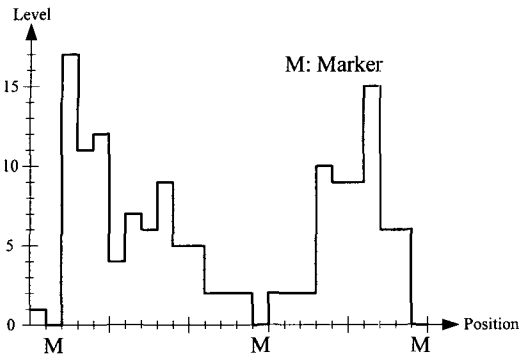
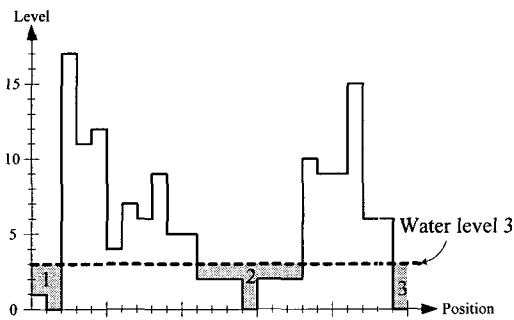


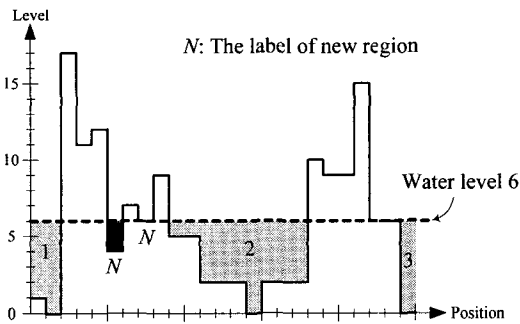
그림 4. 고속 마커제어 분수계 변환의 알고리즘  
Fig. 4. The algorithm of the high speed marker-controlled watershed transform.



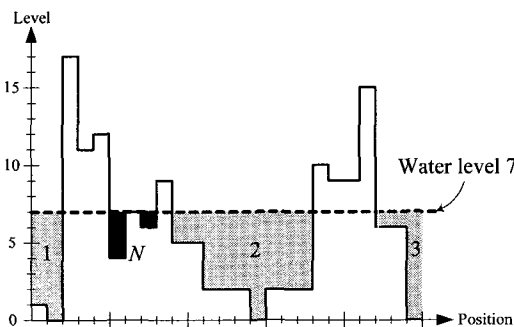
(a)



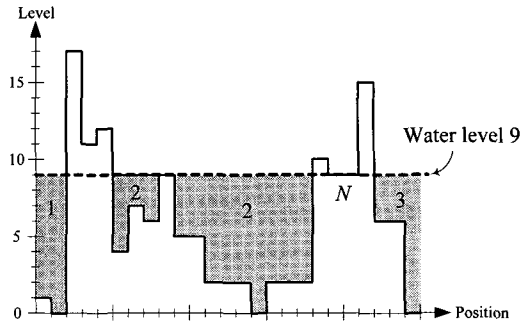
(b)



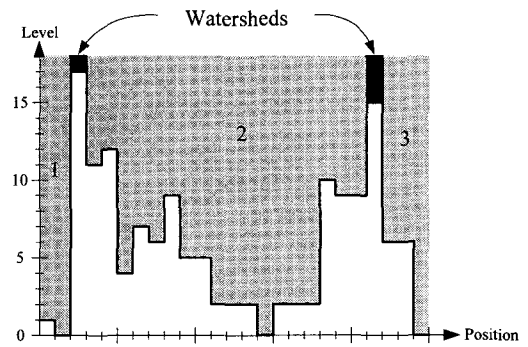
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 5. 최소값 부과 없는 마커제어 분수계 변환의 제안: (a) 입력 1차원 신호; (b) 수위 3; (c) 수위 6; (d) 수위 7; (e) 수위 9; (f) 제안한 분수계 변환 결과

Fig. 5. The proposed minima imposition-free marker-controlled watershed transform: (a) 1 dimensional input signal; (b) at water level 3; (c) at water level 6; (d) at water level 7; (e) at water level 9; (f) the final result of the proposed watershed transform.

그리고 마커 영역들이 서로 만나게 되면 그 경계에 분수경계를 생성하여 (f)와 같은 분할된 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 이와 같이 고속 마커제어 분수계 변환을 제안함으로써 기존의 연속적인 부식과정의 많은 연산시간을 요구하는 최소값 부과<sup>[9]</sup>가 필요 없도록 하여 물체를 고속으로 분할하도록 하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 합성영상 및 실영상에 대해 실험하였다. 먼저 그림 6과 같이 여러

도형이 있는 합성 영상에 NTGST를 이용하여 사전정보 이용 없이 마커를 추출하고 분할을 수행하여 최소값 부과 과정 없이도 올바른 영역 분할이 가능함을 확인하였다.

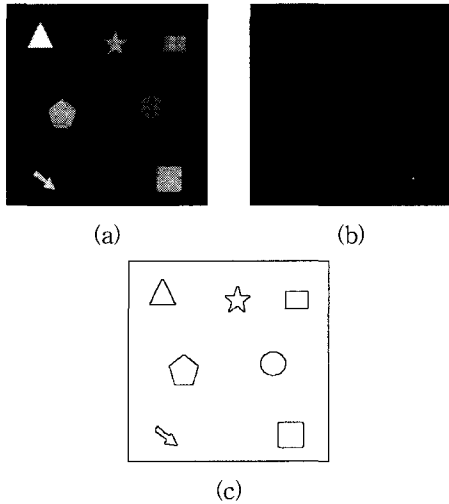


그림 6. 합성영상에 대한 실험: (a) 원 영상; (b) NTGST의 대칭도 맵; (c) 분할 영상  
 Fig. 6. The result of the proposed algorithm for a synthetic image: (a) Original image; (b) the symmetry map of the NTGST; (c) segmented image.

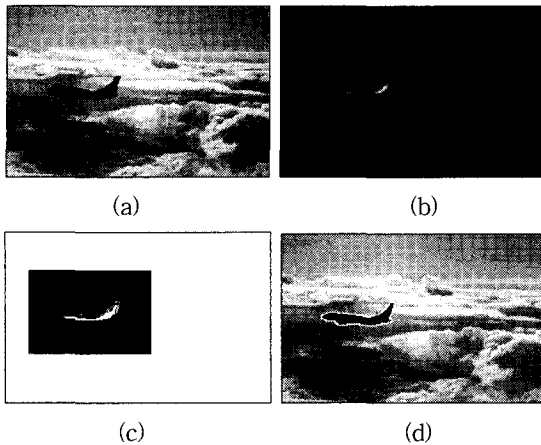


그림 7. 복잡 배경하의 단일 물체 검출과 분할: (a) 입력영상; (b) NTGST의 대칭도 맵; (c) 추출된 마커와 관심 영역; (d) 분할 영상  
 Fig. 7. The result for single object in a complex background: (a) Input image with an airplane; (b) the symmetry map of the NTGST; (c) the ROI with extracted markers; (d) the segmented image.

그리고 그림 7(a)와 같은 실영상에서 복잡한 배경으로부터 비행기만을 검출하고 분할할 수 있었다. 그림 7(c)는 (a)의 미분영상에 (b)로부터 얻은 마커가 최대 명도로 표시되어 있다. 이때 추출한 마커의 최소 외접 사각형 (minimum bounding rectangle: MBR)을 마스크 반경의 120[%]만큼 확장하여 관심 영역을 찾은 후 영상 전체가 아닌 그 안에서만 분할을 수행하도록 했다. (c)를 제안한 분수계 변환의 입력으로 하여 분할한 영상은 (d)와 같다. 그림 8에서는 (c)에서 보는 바와 같이 마커가 탱크 내부와 그의 그림자에서 모두 추출되어서 관심영역은 두 개의 직사각형이 겹쳐진 모양을 이루었다. 따라서 그림 8(c)를 제안한 분수계 변환의 입력으로 하면 분할한 영상은 (d)와 같이 탱크와 그 그림자가 별도의 영역으로 분할된다. 그림 9는 두 대의 비행기가 있는 영상의 분할 결과이다. 그림 9(c)는 관심영역과 제안한 방법의 마커를 표시하였다. (d)는 기존의 평탄 영역 마커<sup>[16]</sup>를 제안한 방법과 같은 관심 영역 내에서 추출한 결과이고, (e)는 그의 분할 결과이다. 그리고 (f)는 제안한 방법의 분할결과이다. 그림에서 보듯이 제안한 방법이 과분할 없이 물체만을 효과적으로 분할함을 알 수 있다. 제안한 방법에서는 각각의 물체에 하나의

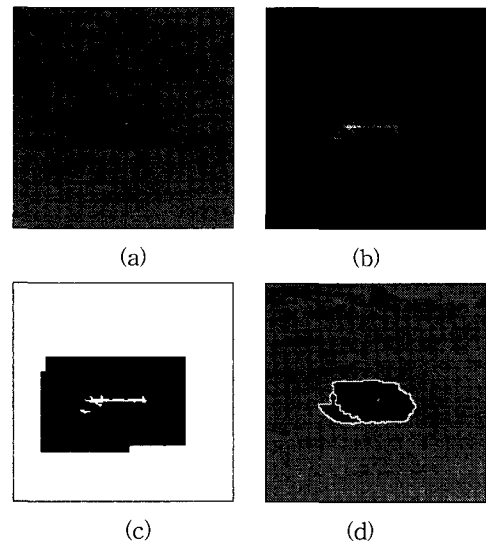


그림 8. 단일 물체 영상의 검출과 분할: (a) 입력영상; (b) NTGST의 대칭도 맵; (c) 추출된 마커와 관심영역; (d) 분할 영상  
 Fig. 8. The result for single object: (a) Input image; (b) the symmetry map of the NTGST; (c) the extracted markers and the ROI; and (d) the segmented image.

마커만을 주어서 각 물체 별로 분할 가능하다. 반면, 기존의 평탄영역 마커를 사용하면 하나의 물체 내부에도 여러 개의 평탄영역이 있어 여러 개의 마커가 추출되므로 영역 병합과 같은 후처리를 거치더라도 하나의 영역으로 분할이 불가능하다. 또한 배경에서도 구름과 같은 평탄하지 않은 영역들로 인해 과분할이 발생한다.

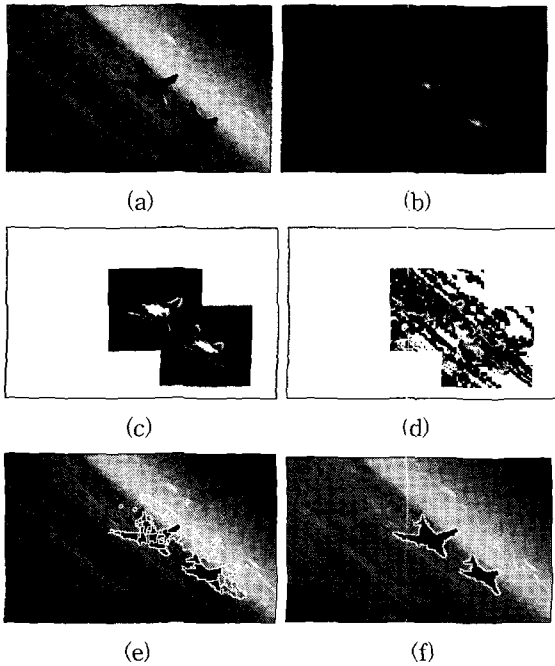


그림 9. 다중 물체의 검출과 분할: (a) 두 대의 비행기가 있는 입력영상 (248×156); (b) NTGST의 대칭도 맵; (c) 추출된 마커와 관심영역; (d) 관심영역 내에서의 기존 평탄영역 마커; (e) 기존의 평탄영역 마커 방법으로 분할 후 영역 병합한 영상; (f) 제안한 방법의 분할 영상

Fig. 9. The result for multiple objects in a complex background: (a) Input image with two airplanes (248×156); (b) the symmetry map of the NTGST; (c) the extracted markers and ROI; (d) conventional flat region markers in ROI; (e) segmented image by the conventional flat region method with region merging as a post-processing; (f) the segmented image of the proposed method.

기존의 마커제어 방법들은 전체 영상에서 영역분할을 위해서 사용되고 제안한 방법은 물체 분할을 위해서 사용되므로 직접적인 비교는 불가능하다. 따라서 기존의 방법들 중 널리 유용하게 쓰이고 있는 평탄영역 마커 방법<sup>[6]</sup>과 마커 추출부터 분할이 끝날 때까지의

전체 수행시간을 참고로 비교하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 Pentium III 700MHz에서 248×156 크기의 그림 9(a) 영상에 대하여 기존 방법은 영상 전체를 분할해야 하고 과분할을 줄이기 위해서 영역병합이 필요하므로 많은 계산량을 필요로 하므로 처리시간이 상대적으로 오래 걸리며, 영상 전체의 모든 영역을 분리하여 물체와 배경을 구분할 수 없다.

표 1. 그림 9(a) 영상에 대한 마커 추출부터 분할까지의 전체 수행시간 비교

Table 1. Comparison of the total processing time for the image of Fig. 9(a) from marker extraction to the end of segmentation at Pentium III, 700MHz.

	Marker extraction	ROI generation	Minima imposition	Watershed	Region merging	Total time
Conventional	220	0	70	68	5,355	5,613
Proposed	103	1	0	64	0	168

표 2. 그림 9(a)의 영상에 대한 마커제어 분수계 변환만의 수행시간 비교

Table 2. Comparison of only the marker controlled watershed transform for the image of Fig. 9(a) at Pentium III, 700MHz.

	Marker-controlled watershed			Total time
	Minima imposition	Watershed	Region merging	
Conventional	49	63	131	243
Proposed	0	64	0	64

또 기존 방법은 물체 위치 검출 능력이 없으므로 비교의 공정성을 위하여 물체검출과 관심영역 설정까지는 제안된 NTGST를 이용하고 동일한 관심영역 내에서만 두 마커제어 분수계 변환 시간을 실험하여 상세 비교하였다. 즉, 물체 검출 및 관심영역 설정은 본 논문에서 제안한 방법으로 신속하게 처리하고, 물체 분할을 위한 마커제어 분할 시간만을 비교하기 위해서 그림 9(c)에서와 같은 동일 관심영역 내에서의 처리 시간을 비교 실험하였다. 표 2에서 보듯이, 제안한 방법은 같은 관심영역 내에서도 기존 평탄 영역 마커제어 분수계 변환보다 분할 속도를 4배 가량 빠르게 할 수 있음을



알 수 있다. 속도 차이의 가장 큰 이유는 제안한 방법에서는 대부분의 기존 방법들과는 달리 최소값 부과와 영역 병합을 필요로 하지 않기 때문으로 보인다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 복잡 배경 영상에서 임의의 다중 물체를 효과적으로 검출하여 문맥자유 마커를 추출하고, 이를 기초로 최소값 부과가 필요 없는 마커제어 분수계 변환을 제안하여 다중 물체를 과분할 없이 고속으로 분할할 수 있도록 하였다. 제안한 방법에서는 NTGST에 기반한 주목 연산자를 문맥자유 마커 추출자로 사용하여 물체를 검출한 후에 분할함으로써 복잡 배경으로부터 다양한 물체들을 효율적으로 검출하고, 마커로써 제한된 레이블링을 하여 최소값 부과 없이 마커제어 분수계 변환을 함으로써 물체 분할시간을 현저히 줄일 수 있었다. 다양한 도형이 있는 합성영상과 복잡 배경 하에 다양한 단일 또는 다중의 물체가 있는 실영상에 적용한 결과 과분할 없이 물체의 외곽선만을 효과적으로 고속 분할할 수 있음을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. J. Liou and M. R. Azimi-Sadjadi, "Multiple target detection and track identification using modified high order correlations," Inter. Conf. on Neural Networks, pp. 3277~3282, Orlando, USA, June 1994.
- [2] M. S. Scholl, "Architecture for object identification: incorporating an optical correlator and digital processing for display and recording of optical data," Optical Engineering, vol. 34, no.3, pp. 887~895, Mar. 1995.
- [3] S. D. You, "Preprocessing network for multiple objects," Inter. Conf. on Neural Networks, pp. 4149~4153, Orlando, USA, June 1994.
- [4] C. Zhou, G. L. Zhang, and J. X. Pen, "A general evaluation method for segmentation algorithm based on experimental design methodology," IEEE Inter. Conf. on Syst., Man and Cyber., vol. 1, pp. 258~262, 1995.
- [5] B. Bhanu, T. L. Jones, "Image understanding research for automatic target recognition," IEEE Aeros. and Elect. Syst. Magazine, vol. 8-10, pp. 15~23, Oct. 1993.
- [6] S. Schupp, A. Elmoataz, R. Clouard, P. Herlin, and D. Bloyet, "Mathematical morphology and active contours for object extraction and localization in medical images," 1997 Sixth Inter. Conf. on Image Proc. and Its Appl., vol. 1, pp. 317~321, 1997.
- [7] P. Salembier and M. Pardàs, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," IEEE Trans. on Image Proc., vol. 3, no. 5, Sep. 1994.
- [8] F. Meyer and S. Beucher, "Morphological segmentation," J. Visual Comm. and Image Repr., vol. 1, no. 1, pp. 21~46. Sep. 1990.
- [9] P. Soille, Morphological image analysis, Springer Press, 1999.
- [10] 조상현, 최홍문, "분수계 기반 영상 분할의 속도 개선을 위한 새로운 전처리 방법," 대한전자공학회 논문지, vol. 37SP, no. 2, pp. 140~149, 2000년
- [11] L. Vincent, "Morphological grayscale reconstruction in image analysis: applications and efficient algorithms," IEEE Trans. on Image Proc., vol. 2, no. 2, pp. 176~201, April 1993.
- [12] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations," IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell., vol. 13, no. 6, pp. 583~598, June 1991.
- [13] G. P. Daniel, M. T. Sun, and C. Gu, "Semantic video object extraction based on backward tracking of multivalued watershed," Proc. of the 1999 ICIP, vol. 2, pp. 145~149, 1999.
- [14] Shafarenko, M. Petrou, and J. Kittler, "Automatic watershed segmentation of randomly textured color images," IEEE Trans. on Image Proc., vol. 6, no. 11, pp. 1530~1543, Nov. 1997.
- [15] H. S. Park and J. B. Ra, "Efficient image segmentation preserving semantic object

- shape," IEICE Tans. on Fundam., vol. E82-A, no. 6, June 1999.
- [16] J. Crespo, R. W. Schafer, J. Serra, C. Gratin, and F. Meyer, "The flat zone approach: A general low-level region merging segmentation method," Signal Proc., vol. 62, pp. 37~60, 1997.
- [17] 박창준, "물체 위치 검출을 위한 잡음에 강건한 주목 연산자," 경북대학교 박사학위 논문, 2000년 6월
- [18] D. Reissfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators: The generalized symmetry transform," IJCV, vol. 14, pp. 119~130, Jan. 1995.
- [19] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, and Y. C. Chen, "A survey of thresholding techniques," CVGIP, vol. 41, pp. 233~260, 1988.

---

 저자 소개
 

---



徐景錫(正會員)

1975년 5월생. 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년~2001년 5월 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. [주관심 분야] 영상처리, 병렬처리 및 신경회로망 등임

曹相鉉(正會員) 第 37卷 SP編 第 2號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

朴昶俊(正會員) 第 33卷 B編 第 10號 參照

현재 한국전자통신연구원 연구원

崔興文(正會員) 第 33卷 B編 第 11號 參照

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수