

수리형태학을 이용한 영상 분할

정회원 조 선 길*, 강 현 철**

Image Segmentation Using Mathematical Morphology

Sun-gil Cho*, Hyunchul Kang** *Regular Member*

요 약

최근 수리형태학적 접근 방법을 이용하여 영상을 분할하고자 하는 연구가 계속되고 있다. 그 중에서도 분수경계 알고리즘은 기존의 에지 기반의 영상 분할 방법과 영역기반의 영상분할 방법의 장점을 모두 가지고 있는 효과적인 영상 분할 기법 중에 하나이다. 분수경계 알고리즘의 기본적인 개념은 지형학적 해석에 기반을 두고 있으며 항상 영역의 외곽에 폐곡선을 형성한다. 그러나 잡영에 매우 민감하게 반응하여 수많은 영역으로 분할되는 과분할 현상을 초래한다. 따라서 본 논문에서는 중요하지 않은 국부 최소점과 국부 최대점을 모두 제거함으로써 과분할 현상을 줄이는 제한적 워터폴 알고리즘을 제안한다. 실험결과 제안한 제한적 워터폴 방법이 다른 과분할 억제 방법보다 평균분할 영역수와 외곽선 소실 측면에서 효과적으로 영상을 분할할 수 있었다.

Key Words : watershed, mathematical morphology, image segmentation, oversegmentation

ABSTRACT

Recently, there have been much efforts in the image segmentation using morphological approach. Among them, the watershed algorithm is one of powerful tools which can take advantages of both of the conventional edge-based segmentation and region-based segmentation. The concept of watershed is based on topographic analogy. But, its high sensitivity to noise yields a very large number of resulting segmented regions which leads to oversegmentation. So we suggest the restricted waterfall algorithm which reduce the oversegmentation by eliminate not only local minima but also local maxima. As a result, the restricted waterfall algorithm has a good segmented image than the other methods, and has a better binary image than the histogram thresholding method.

1. 서 론

영상 분할은 컴퓨터비전과 패턴인식 등과 같이 영상 내에서 의미 있는 객체를 분리하는 과정으로 검사 및 인증 분야에서 널리 사용되어지고 있는 기본적인 영상처리 기법이다. 특히, 최근 멀티미디어 통신 서비스가 확대됨에 따라 MPEG-4 표준에 대한 관심이 크게 높아지고 있는데, MPEG-4 표준에서는 기존의 영상부호화 방식과는 달리 VOP(video object plan)라는 개념을 도입하여 객체기반 영상부

호화를 시도하고 있다. 따라서 영상을 구성하고 있는 객체 단위로 부호화하기 위해서는 우선적으로 영상분할이 선행되어야 하므로 영상분할기법의 중요성이 증대되고 있는 추세이다.

영상분할 방법은 크게 세 가지로, 히스토그램에 의한 방법¹⁾과 외곽선 기반 방법, 그리고 영역 기반 방법이 있고, 각각의 방법들은 입력영상의 특성에 따라 다른 성능을 보이면서 서로 다른 분야에 적용되고 있다^{2,3)}.

이러한 영상분할 방법 이외에 널리 사용되어온

* (주)So-net (skysunroad@so-net.co.kr),

** 인천대학교 정보통신공학과 (hckang@incheon.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-02-087, 접수일자 : 2005년 10월 26일

※본 연구는 산업자원부, 산업기술평가원 지정 인천대학교 멀티미디어연구센터의 지원에 의한 것입니다.

분할방법 중에, 외곽선 기반 방법과 영역 기반 방법의 장점을 수용하고 수리형태학(mathematical morphology)에 기반을 둔 분수경계(watershed) 알고리즘이 있다.

분수경계 알고리즘은 영상의 에지 값을 높이로 생각하고, 최소 영역(seed)에서부터 차츰 물을 채워 나가면서 영역을 확장시키는 방법으로 최종적으로는 하나의 테두리로 둘러싸인 영역을 균일 영역으로 판단하는 알고리즘이다. 그러나 분수경계 알고리즘을 입력영상에 그대로 적용하게 되면 영상 내의 최소 영역의 발생빈도가 높기 때문에 무수히 많은 영역으로 분할되는 과분할(oversegmentation) 현상을 보이게 된다^[4].

본 논문에서는 분수경계 알고리즘의 구조적인 문제인 과분할 현상을 효과적으로 줄이면서, 추출하고자 하는 객체의 외곽선이 배경에 흡수됨 없이 유지되는 적응적인 분수경계 알고리즘을 개발하고자 한다.

II. 분수경계를 이용한 영상 분할

2.1 수리형태학적 연산

수리형태학에서 가장 기본적인 연산으로 대부분의 연산은 확장연산과 침식연산의 조합으로 이루어진다.

확장(dilation)은 최대값을 구하는 연산자이고 형태소보다 작은 성분의 어두운 부분을 없애거나 큰 성분의 밝은 부분을 확장시키는 작용을 한다. 침식(erosion)은 최소값을 취하는 연산자로 형태소보다 작은 성분의 밝은 부분을 없애거나 큰 성분의 어두운 부분을 확장시키는 작용을 한다. 열림(opening)은 영상을 먼저 침식한 후에, 그 결과를 확장하여 형태소의 크기보다 작은 밝은 부분을 제거하며, 큰 부분의 형태는 복원하는 효과가 있으며, 비확장성을 갖는다. 불입(closing)은 확장 연산을 수행한 후에 침식연산을 수행하고 형태소보다 작은 어두운 부분을 제거하며 큰 부분은 복원하는 확장성을 갖는다.

이진 영상의 경우에는 수리형태학적 연산에 사용되는 형태소의 모양과 크기에 따라 객체의 모양이 변화하는데, 주로 다양한 형태의 형태소를 사용하여 수리형태학적 연산자를 반복 사용함으로써 객체의 끊어진 선분을 이어주거나 잡영에 의해 돌출된 부분을 제거하는 효과를 가질 수 있다.

계조도 영상은 인덱스 영상이 층(pile)의 형태로 쌓여져 이루어진 영상으로 볼 수 있으며, 이 계조도 영상에 수리형태학적 연산자를 적용하는 경우에는

입력영상의 잡영을 제거할 수 있는 효과가 있다.

영상의 재구성은 확장에 의한 재구성(reconstruction by dilation)과 침식에 의한 재구성(reconstruction by erosion)으로 분류되며 식 (1)과 식 (2)로 정의한다.

$$g^{k+1}(x, y) = \min(f(x, y), g^k(x, y) \oplus B) \quad (1)$$

$$g^{k+1}(x, y) = \max(f(x, y), g^k(x, y) \ominus B) \quad (2)$$

$g(x, y)$ 는 마커영상, $f(x, y)$ 는 입력영상, 그리고 B 는 형태소이다. g 영상에 위침자는 반복 수행을 의미한다.

식 (1)은 g 영상이 형태소 B 에 의해 확장되고 해당된 f 영상의 화소와 비교되어 작은 값이 선택되며, 선택된 최소값이 해당 화소에 입력된다. 이러한 과정은 더 이상 변화가 없는 안정된 상태가 될 때까지 반복 수행된다. 식 (2)의 경우에는 g 영상이 형태소 B 에 의해 침식되고 f 영상의 해당 화소와 비교되어 큰 값이 선택되며 이러한 과정은 더 이상 변화가 없는 안정된 상태가 될 때까지 반복 수행된다. 이러한 영상 재구성에 의해서 입력영상의 잡영에 의한 임펄스성 최대값, 최소값들이 제거되는 효과를 가질 수 있다.

2.2 분수경계 알고리즘

분수경계 알고리즘은 영상의 에지 정보를 이용한 영역기반 기법으로써 미세한 잡영에 의한 분할 영상의 변형을 최소화하는 알고리즘이다.

분수경계 알고리즘의 대략적인 과정은 우선 계조도(gray-scale) 영상을 미분하여 얻은 에지 영상을 이용하여 의미 있는 영역으로 나눈 후, 필요한 경우 그 영역들의 상관관계에 따라 영역을 병합하여 원하는 객체를 추출하는 순서로 이루어진다.

그림 1은 분수경계 알고리즘의 대략적인 개념을 도시하고 있다. 입력 영상으로부터 미분과정을 거친 에지영상을 3차원으로 생각하면 높낮이의 기복이 있는 산악지형으로 생각할 수 있을 것이다. 이러한 지형의 계곡지역 중에서 주위의 높이보다 현저히 낮은 곳(seed)에 구멍을 뚫고 물에 침수시키는 상황(immersion simulation)을 설정하면 물이 뚫려진 구멍을 통하여 솟아 나오고 낮은 지역부터 물이 차오른다(flooding). 이러한 상황이 계속되면 물은 계속 계곡의 정상까지 차올라 계곡 주위를 모두 채우고 난 후 인접 계곡으로 범람할 것이다. 이 시점에서 계곡 정상에 댐을 세워서 물이 인접 계곡 지역으로 범람하는 것을 막는다. 이렇게 하여 물이 지형의 최

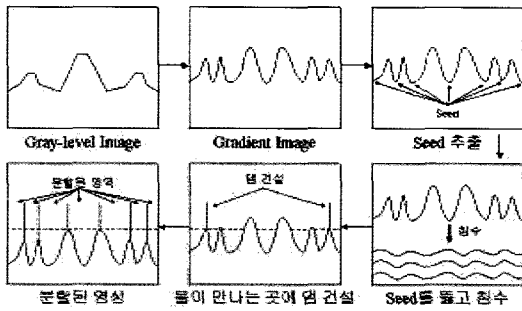


그림 1. 분수경계 알고리즘의 개념도

고 높이는 정상까지 다 채워지게 되면, 계곡 지역들은 댐에 의해서 다른 계곡 지역들과 분리된다. 3차원 지형이 높이축(z축)에서 바라보면 2차원적인 영상이 댐으로 설정된 경계선에 의해 영역별로 분리되었다고 생각할 수 있을 것이다.

영상을 직접 미분한다는 것은 엄청난 메모리와 시간을 필요로 하기 때문에 주로 에지 연산자를 사용하여 미분 영상에 근사화시킨다. 에지 영상의 획득은 연산자 설정에 따라 결과 영상의 영역 분할에 많은 차이가 생기기 때문에 중요한 과정이라고 할 수 있다. 분수경계 알고리즘의 구조적인 결함인 과분할 현상을 줄이기 위해서 이 과정에서의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그림 2에서 보는 것과 같이 에지 영상 f보다 큰 g를 마커영상으로 사용하고, 재건수식 식(2)의 연산을 안정된 상태까지 반복하면, 결과 그림에서 보는 것과 같이 g영상이 최소 영역만 제외하고 침식되어 f 영상과 동일한 값을 갖는다는 것을 볼 수 있다. 결과 g 영상과 f 영상의 차를 구해서 0이 되지 않은 화소들이 최소영역이 되는 것이다. 이렇게 구해진 최소 영역들은 범람이 일어나는 시작점이 된다. 분수경계 분할이 종료되면 연결된 최소 영역 화소들(minima, seeds)이 확장되어 커다란 한 영역(region)

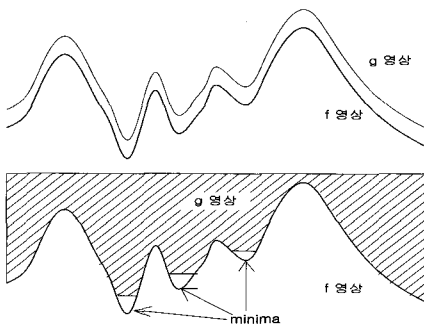


그림 2. 마스크 영상 g에 의한 f 영상의 재건

을 이루는데, 연결되어진 최소 영역 화소들은 다른 연결되어진 최소 영역화소들과 구별될 수 있도록 유일한 레이블(label)을 할당받아야 한다. 추출되어진 연결된 최소 영역 화소들은 각각 하나의 레이블명을 할당받고 다음 과정인 범람(flooding)을 위해 준비된 다중 순서 큐(n-ordered queue)에 삽입되어진다.

그림 3과 같이 에지 강도가 낮은 최소 영역들(seed A)로부터 수위가 높아지면서 범람이 일어난다. 한 최소 영역으로부터 시작된 영역이 수위가 높아져 다른 최소 영역들의 영역으로 침범하는 지점에 댐을 건설한다. 이 댐은 분수경계 분할 과정이 모두 끝난 다음에 결과적으로 영역들을 구분 짓는 분수경계선(watershed line)이 된다. 따라서 범람과정이 끝나면 분수경계선으로 둘러싸인 유일한 레이블들을 갖는 영역들(basin A, basin B, basin C)이 만들어지게 된다. level 1, level 2, level 3은 레벨 0에서부터 레벨 255의 에지 강도를 나타내는 다중 순서 큐를 축약한 것이며, 각각의 에지 강도 레벨당 하나의 순서 큐가 할당되어 있다.

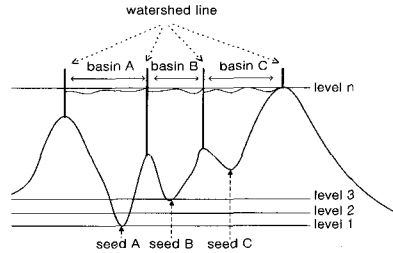
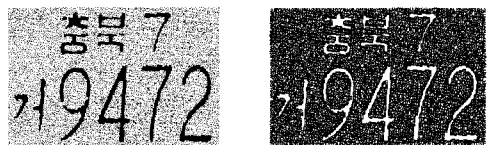


그림 3. 범람과 댐 건설

그림 4는 입력영상에 아무런 전처리 과정과 후처리 과정을 거치지 않고, 3x3 가우시안 에지 연산자를 사용하여 에지 영상을 획득한 후 분수경계 분할 과정을 수행한 결과 영상이다.



(a) 입력영상 (b) 가우시안 연산자를 이용한 에지 연산



(c) 추출된 최소 영역 (d) 분수경계 분할된 영상

그림 4. 분수경계 분할 영상

2.3 과분할 억제 알고리즘

지금까지 분수경계 알고리즘의 과분할 현상을 줄이고자하는 연구가 끊임없이 계속되어져 왔지만, 모든 종류의 영상에 적응적으로 적용되는 알고리즘은 아직까지 존재하지 않고 있는 것이 현실이다.

2.3.1 전처리에 의한 방법

기본적으로 분수경계 분할을 하기 전에 잡영을 제거하기 위해서 영상에 전처리를 하는 방법으로, 수리형태학적 연산자를 사용하여 영상을 단순화시킴으로써 잡영에 의한 분할을 줄이는 방법이다. 이 방법은 모든 경우의 분수경계 분할에서 보조적인 과분할 억제 방법으로 사용된다. 영상의 변형 없이 잡영을 완화시키기 위해서는 열림과 붙임, 그리고 영상 재구성 연산을 많이 사용한다. 전처리에 의한 방법은 사용되는 형태소의 크기에 따라서 아주 민감하게 작용되기 때문에 영상의 계조도 변화를 고려하지 않고 사용하면 객체의 외곽선에 치명적인 영향을 주게 된다. 그러므로 전처리에 의한 방법은 말 그대로 미세한 잡영을 완화시키기 위한 보조 수단으로 사용해야 한다.

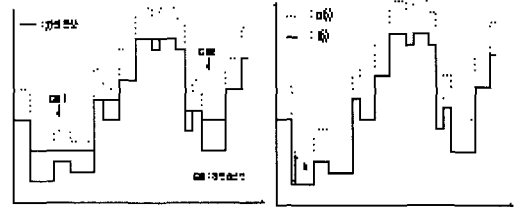
2.3.2 문턱값에 의한 영상 재건

국부 최소점들을 분수경계 분할 전에 제거함으로써, 불필요한 국부 최소점들에 의한 과분할을 막고자 하는 것이 문턱값에 의한 영상 재건을 이용하는 방법이다. 그림 5의 (a)와 같이 영상 재건을 위한 마커영상을 생성할 때, 식 (3)과 같이 입력 에지 영상을 문턱값 h 만큼 상승시킨 영상을 마커영상으로 선정한다. 그리고 그림 5의 (b)와 같이 침식에 의한 영상재건 과정에서 문턱값 h 이하의 에지 강도를 갖는 국부 최소점들은 불필요한 최소 영역 화소로 간주되어 자동 제거된다. 결과적으로 보다 넓은 영역으로 새로운 전역 최소점(global minima)들이 생성된 것을 볼 수 있다.

$$g(x, y) = f(x, y) + h : h \text{ is threshold} \quad (3)$$

문턱값 h 의 높이에 따라 결과 영상에 차이가 생기는데, h 가 높을수록 미세한 최소 영역들이 제거되면서 넓고 평탄하게 하나의 최소 영역으로 합쳐지기 때문에 분할 영역이 줄어들고, h 가 낮을수록 제거되어지는 최소 영역들의 수가 적어져서 효과적으로 과분할을 줄일 수 없다. h 가 높아지게 되면, 소실되면 안 되는 객체 외곽의 중요한 에지도 소실될 수 있다. 따라서 문턱값을 이용한 방법을 사용하여

과분할을 줄이고자 한다면 불필요한 국부 최소점을 제거하기 위해서 문턱값을 충분히 높여도 중요한 램프에지가 소실되지 않도록, 램프에지에도 높은 에지 강도를 부여할 수 있는 에지 연산 알고리즘의 개발이 선행되어야 한다.



(a) 입력 에지영상과 마커영상 (b) 침식에 의해서 재구성된 재건영상

그림 5. 문턱값을 이용한 침식에 의한 영상 재건

2.3.3 워터폴 알고리즘

분수경계 알고리즘 자체를 변형하여 과분할 현상을 줄이는 방법 중에 가장 좋은 특성을 보이면서 널리 사용되고 있는 것은 워터폴 알고리즘이다.

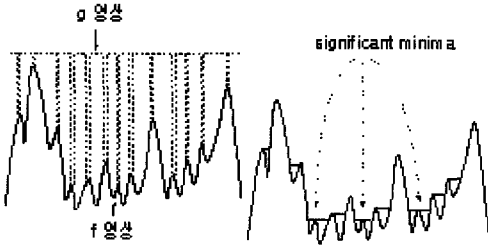
워터폴 알고리즘의 기본적인 연산은 침식에 의한 영상의 재구성 연산이다. 워터폴은 문턱값에 의한 방법과 동일하게 에지 영상에 대하여 영상 재구성 과정을 거치지만, 침식에 의한 재구성 연산을 위한 마커영상의 획득과정이 다르다. 문턱값에 의한 방법은 입력 에지 영상에 문턱값 만큼 상승시킨 영상을 마커영상으로 사용하지만, 워터폴 알고리즘은 기본적으로 한번 분수경계 분할을 수행하고, 그 결과로 나타나는 분수경계선을 이용하여 마커영상을 획득한다.

식 (4)에서와 같이 마커영상은 초기 분수경계 분할을 통하여 구해진 분수경계선에 포함되는 화소에서는 입력 에지 영상의 에지 강도를 그대로 유지하고 그 밖의 화소들은 입력 영상의 최대 에지 강도보다 높은 값을 취하는 방법으로 생성된다.

$$g(x) = \begin{cases} f(x) & : \text{at watershed line} \\ \text{upper value than } f_{\max}(x) & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

그림 6의 (a)영상을 보면 영상의 가운데 부분이 영역이 두 개로 나뉘야 하는데 잡영에 의한 국부 최소점들로 인하여 작은 영역으로 과분할 되었다는 것을 알 수 있다. 분수경계선 정보를 이용하여 마커영상 g 를 생성한 후, 침식에 의한 영상 재구성 연산을 수행하면 그림 6의 (b)와 같이 작은 계곡들이 물로 채워져 있는 형상으로 국부 최소점들이 소멸된 것을 볼 수 있다.

워터폴 알고리즘은 깊이에 상관없이 국부 최소점들을 제거할 수 있고, 작은 에지 강도를 갖는 에지들도 주위에 잡영에 의한 국부 최소점들이 존재하면 소실되지 않는 장점이 있다. 하지만 마커영상을 구하기 위해 일차적인 분수경계 분할을 수행해야하기 때문에 연산 시간이 길어지게 된다.



(a) 에지영상 f와 마커영상 g (b) 마커영상에 의해 재건된 영상
그림 6. 워터폴 알고리즘

III. 제한적 워터폴 알고리즘

분수경계 변환에서 과분할을 줄인다는 것은 범람의 시작점이자 분할영역의 개수를 결정하는 최소 영역들의 수를 줄이는 것이다. 처음에 추출되어지는 최소 영역들이 넓고 평탄하게 연결되어 추출된다면 분할영역의 수를 대폭적으로 줄일 수 있을 것이다.

문턱값에 의한 방법은 좋은 과분할 억제 특성을 보이지만 문턱값의 결정에 따른 위험부담이 있고, 워터폴 알고리즘은 객체 외곽선의 소실 측면에서는 안전하지만 과분할 억제 측면에서는 문턱값에 의한 방법보다 좋은 성능을 발휘하지 못한다. 따라서 객체의 외곽선 소실 부담을 줄이면서 문턱값에 의한 방법과 같은 좋은 과분할 억제 특성을 갖는 과분할 억제 알고리즘이 필요하다.

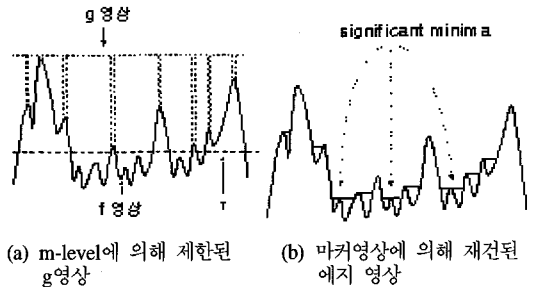
본 논문에서 제안하는 제한적 워터폴 알고리즘은 기존의 워터폴 알고리즘을 개선한 방법이다. 기존의 워터폴 알고리즘은 객체 외곽선의 소실을 초래하진 않지만 모든 분수경계선을 사용하여 마커영상(g영상)을 만들기 때문에 중요하지 않은 작은 국부 최대점들에 의해서 불필요하게 최소 영역이 추가적으로 생성되어 하나의 영역으로 결정지를 수 있는 곳이 두 개의 영역으로 나뉘어 지게 된다.

본 논문에서는 이러한 작은 최소점들 사이의 국부 최대점들로 인한 영역분할을 줄이기 위해서, 식 (5)의 수식을 사용하여 그림 7의 (a)와 같이 현저하게 낮은 에지 강도를 갖는 대다수의 분수경계선을 침식에 의한 영상 재구성을 위한 마커영상 획득 시

에 제한시킴으로써 그림 7의 (b)에 보이는 것처럼 불필요한 국부 최대점에 의한 영역분할을 줄일 수 있다.

$$g(x) = \begin{cases} f(x) & : \text{at watershed line above } T \\ \text{upper value than } f_{\max}(x) & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

그림 7의 (a)에서 T는 제한 문턱값으로, T이하의 에지 강도를 갖는 분수경계선은 마커영상 획득 시에 제한된다. 이렇게 문턱값을 이용하여 마커영상 획득에 사용되는 화소를 제한함으로써 워터폴에 의한 방법과 문턱값에 의한 방법의 장점을 모두 이용할 수 있다.



(a) m-level에 의해 제한된 g영상 (b) 마커영상에 의해 재건된 에지 영상
그림 7. 제한적 워터폴 알고리즘

제한적 워터폴 알고리즘도 문턱값에 의한 방법과 마찬가지로 문턱값 T가 높을수록 분할 영역이 적어 지지만 의미 있는 영역이 제거될 수 있다. 따라서 의미 있는 영역이 제거되지 않는 범위에서 T를 적절하게 조절하는 것이 중요하다. 하지만 제한적 워터폴 알고리즘의 경우에는 워터폴 알고리즘의 기본적인 알고리즘을 가지고 있으므로 깊이에 상관없이 잡영에 의한 최소 영역을 줄일 수 있기 때문에 문턱값에 의한 방법보다 작은 크기의 문턱값을 주어도 효과적으로 영역분할을 줄일 수 있다. 따라서 제안한 알고리즘은 문턱값에 의한 방법과 같이 좋은 과분할 억제 특성을 가지면서도 객체의 외곽선 소실 측면에서 문턱값에 의한 방법보다 위험부담이 상당히 줄어들었다고 생각할 수 있다.

IV. 실험 및 결과

본 연구에서는 분수경계 알고리즘을 사용하여 번호판 영상을 분할하고, 여기에 제한적 워터폴 알고리즘을 적용하였다.

본 논문에서 제안한 제한적 워터폴 알고리즘의

성능을 입증하기 위해서 영상단순화를 위한 전처리를 전혀 거치지 않은 100개의 순수한 번호판 영상에 대하여 문턱값에 의한 방법과 기존의 워터폴 알고리즘, 그리고 제한적 워터폴 알고리즘을 각각 적용하여 분수경계 분할을 수행하였다.

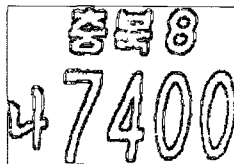
그림 8에서 (b)영상은 입력 영상을 어떠한 과분할 억제 방법도 쓰지 않고 순수하게 분수경계 분할하여 얻어진 분할영상이다. 그림 8의 (a)영상을 포함해서 실험에 사용된 영상은 좋은 환경에서 획득된 영상이 아니기 때문에 많은 잡영을 내포하고 있다. 따라서 복잡한 구조의 영상이 아님에도 불구하고 지나칠 정도로 많은 영역으로 과분할 된 것을 볼 수 있다. (c)영상은 문턱값에 의한 방법을 사용하여 분할된 영상으로 과분할이 상당히 줄어들었지만 중요한 에지가 소실된 것을 볼 수 있다. (d)영상은 기존의 워터폴 알고리즘을 과분할 억제 방법으로 사용한 분수경계 분할한 영상이다.



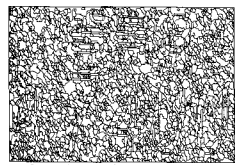
(a) 자동차 번호판 영상



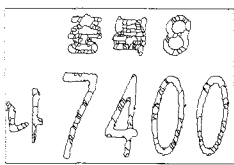
(b) 초기 분수경계 분할 영상



(c) 문턱값 방법의 분할 영상 (h=35)



(d) 기존의 워터폴 분할 영상



(e) 제한적 워터폴 분할 영상

그림 8. 제한적 워터폴 분할 영상

워터폴 연산을 수행하면서 국부 최소점이 제거되었기 때문에 분수경계 연산 후, 어느 정도 과분할이 줄어든 것을 볼 수 있지만 국부 최대점에 의한 영역분할은 줄일 수 없다. (e)는 본 논문에서 제안한 제한적 워터폴 알고리즘을 적용해서 분수경계 분할을 적용한 영상이다. 배경부분 및 문자 내부의 미세한 국부 최대점이 대부분 제거되기 때문에 불필요한 영역분할이 상당히 감소된 분할영상을 얻을 수 있다.

표 1. 분수경계 변환 수행 결과

		평균 연산 시간 (sec)	평균 영역 수 (개)	객체의 외곽선 소실 (%)
문턱값에 의한 영상재건 방법	h = 20	0.5	1,440	10
	h = 40	0.5	120	70
기존의 워터폴		0.7	1,849	0
제한적 워터폴 h = 20		0.7	240	10

표 1은 100개의 자동차 번호판 영상에 대하여 각각 문턱값 20과 40을 적용한 문턱값에 의한 영상 재건 방법, 제한적 워터폴에 의한 방법을 사용하여 분수경계 변환을 수행한 결과이다. 평균연산시간은 각각의 알고리즘을 사용하여, 한 개의 번호판 영상을 연산하여 결과 영상을 얻어 내는데 걸리는 시간으로 100개 분량에 대한 평균을 말한다. 객체의 외곽선 소실 비율은 원영상의 추출되어야 할 문자의 외곽선 픽셀의 총수와, 각각의 알고리즘으로 연산된 결과영상과의 대응되는 픽셀 중 외곽선에 속하지 않는 픽셀 총수의 비율이다.

V. 결론

과분할 억제 방법 중의 하나인 워터폴 알고리즘과 문턱값에 의한 방법의 장점을 모두 수용한 제한적 워터폴 알고리즘을 제안하였다. 제한적 워터폴 알고리즘은 기존의 워터폴 알고리즘이 국부 최소점들의 깊이에 상관없이 불필요한 국부 최소점들을 제거할 수 있고, 램프에지와 같이 에지 강도가 작은 중요한 에지를 보호할 수 있다는 알고리즘상의 장점과, 문턱값에 의한 방법이 가지고 있는 불필요한 국부 최소점 대량 제거 특성을 모두 수용한 적응적인 과분할 억제 방법이다.

문턱값에 의한 방법은 문턱값 h가 낮은 경우에는 외곽선의 소실이 전혀 없는 대신에 과분할 영역을 많이 줄이지 못하고, 반대로 문턱값이 큰 경우에는 분할 영역수가 많이 줄어들지만 문자 외곽선이 소멸되는 경우가 많았다. 기존의 워터폴의 경우에는 외곽선의 소실이 전혀 없었지만, 효과적으로 영역분할을 줄일 수 없었다. 그러나 제한적 워터폴 알고리즘을 사용하여 분수경계변환을 한 경우에는 램프에지의 소실 없이 과분할 현상을 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] K. Mardia, T. Hainsworth, "A spatial thresholding method for image segmentation", *Pattern Analysis Machine Intelligence, IEEE Trans*, Vol. 10, Issue 6, pp. 919-927 (1988).
- [2] S. R. Sternberg, "Grayscale morphology" *Compter Vision Graphics and Image Process*. Vol. 35, No. 3, pp. 333-355 (1986).
- [3] P. Salembier, "Morphological segmentation for image coding", *Signal Process*. 38, pp. 359-386 (1994).
- [4] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations", *Pattern Analysis Machine Intelligence, IEEE Trans*, Vol 13, Issue 6, pp. 583-598 (1991).

조 선 길 (Sun-gil Cho)

정회원



1998년 인천대학교 정보통신공
학과 졸업
2000년 인천대학교 대학원 정보
통신공학과 공학석사
2000년~현재 (주)So-net 솔루션
개발팀 주임연구원
<관심분야> 화상통신, 패턴인식,

컴퓨터 비전 등

강 현 철 (Hyunchul Kang)

정회원



1982년 연세대학교 전자공학과
졸업
1989년 연세대학교 대학원 전자
공학과 공학박사
1990년~현재 인천대학교 정보
통신공학과 교수
<관심분야> 화상통신, 패턴인식,

컴퓨터 비전 등.