

論文2001-38CI-6-11

# 담수과정에서 동적 영역 병합과 분수령선을 결정하는 개선된 분수령 알고리즘

(Newly Modified Watershed Algorithm Determining  
Dynamic Region Merging or Watershed Line in the  
Flooding Process)

金相坤\*, 田大成\*\*, 李在道\*\*\*, 金揮源\*\*\*\*,  
尹英雨\*\*\*\*\*

(Sang-Gon Kim, Dae-Seong Jeoune, Jae-Do Lee, Jae-Do Lee, and  
Young-Woo Yoon)

## 요 약

본 논문에서는 공간적 영상분할을 수행할 때 기존의 watershed 알고리즘과 그것의 수정 알고리즘에서 발생하는 과분할 문제를 해결하기 위한 개선된 watershed 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 주요 개념은 담수 단계에서 임계치보다 얇은 집수분지를 더 깊은 인접 집수분지에 병합하는 것이다. 따라서, 담수가 진행되는 과정에서 기존의 집수분지의 성장과 새로 담수가 일어나는 집수분지에 대한 추출이 이루어진다. 논문의 후반부에 몇 가지 MPEG 시험 영상을 사용하여 실험한 결과를 제시한다. 결론적으로, 제안된 알고리즘은 기존의 watershed 알고리즘에 아주 작은 계산시간을 추가함으로써 적용된 임계치에 따라 좋은 분할 결과를 나타낸다.

## Abstract

In this paper, we propose an improved watershed algorithm that resolves the oversegmentation problem shown in the previous watershed algorithm and its modifications when the spatial video segmentation is performed. The principal idea of the proposed algorithm is merging the shallow catchment basin whose depth is less than a given threshold into the deeper one during flooding step. In the flooding process, the growth of the existing catchment basins and the extraction of newly flooded ones are accomplished. We present the experimental results using several MPEG test sequences in the last part of the paper. As a consequence, the proposed algorithm shows good segmentation results according to the thresholds applied by adding very small amount of calculations.

\* 正會員, 蔚山現代情報科學高等學校 電子計算機科  
(Department of Computer Architecture Hyundai  
Info\_Tech Highschool)

\*\* 正會員, 大邱未來大學 멀티미디어정보과학과  
(Department of Multimedia Information Science,  
Daegu Mirae College)

\*\*\* 正會員, 大邱保健大學 컴퓨터정보기술계열

(Taegu Health College, Dpt. Computer Information)

\*\*\*\* 正會員, 慶北專門大學 컴정보기술계열  
(Division of computer information and communication)

\*\*\*\*\* 正會員, 嶺南大學校 電子情報工學部

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 :  
104533) 지원으로 수행 되었습니다.

接受日字:2001年8月7日, 수정완료일:2001年10月22日

## 1. 서 론

영상 분할(video segmentation)은 영역기반(region-based) 영상부호화 및 기타 영상처리에 필수적인 과정이다. 여러 가지 영상 분할 방식이 있으나 그 중에서 경사 영상(gradient images)에서 영역을 성장시키는 분수령(watershed) 방식은 지역적 잡음(noise)에 구애받지 않고 전역적으로 올바른 영역을 추출하고 정확한 경계선을 구획할 수 있다. 그러나 이 방식은 매우 많은 미소한 영역들을 생성한다.

따라서, 분할된 영역을 다시 병합(merge)하거나 추출된 마커(marker)를 성장하여 영역의 개수를 제한하는 방법이 제안되었다. 그러나, 이러한 방법에서도 여전히 결과가 만족스럽지 못하거나 계산량이 많은 단점이 있다. 또한, 분할된 작은 영역들을 다시 병합하는 방식은 병합 과정에서 영역의 성장 과정에 관한 정보를 이용하지 못하므로 지역적 잡음이 전파되어 전역 오류를 초래할 수 있다. 마커 성장 방식은 분할된 영역이 전적으로 초기 마커(starting marker)의 위치에 종속적이므로 지역적 잡음으로 인한 마커 추출 오류가 분할 결과에 직접적인 영향을 미친다.

과분할(oversegmentation)의 원인은 영역의 성장 과정에서 인간이 분별하지 못할 정도의 깊이를 가진 집수지역(catchment basins)도 독립된 개별 영역으로 분할하는데 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 사실을 감안하여 담수(flooding) 진행 과정 동안에 임계값보다 얇은 집수분지를 깊은 집수분지에 병합하는 방식을 제안한다. 제안된 방식은 인간의 눈으로 인식 가능한 영역만 독립적 영역으로 분할되므로 그 결과가 인간의 인식 결과에 가까우며, 영역 성장 과정에서 병합이 수행되므로 지역적 잡음이 분수령에 의해 차단되어 정확한 경계를 구획할 수 있다.

## 2. 관련연구

영상 분할 알고리즘은 일반적으로 밝기(luminance)의 불연속성(discontinuity)에 근거를 둔 에지 기반(edge-based) 방법, 명암도 히스토그램을 근거를 둔 임계치 기반(threshold-based) 방법, 명암도의 유사성(similarity)에 근거를 둔 영역 기반(region-based) 방법, 움직임 벡터에 근거를 둔 움직임 기반(motion-based)

방법으로 나뉜다. 영역 기반 방법은 다시 화소들간의 유사성(homogeneity) 평가에 의한 임계치 방법(thresholding), 영역 성장(region growing), 영역 분할(region splitting), 영역 병합(region merging)으로 구분된다.<sup>[1,2]</sup>

분수령 알고리즘을 이용한 영상 분할 방법은 영역 성장 방식의 일종으로서 Lantuejoul와 Beucher<sup>[3]</sup>에 의해 소개되었으며 Vincent와 Soille<sup>[4]</sup>은 알고리즘의 빠른 수행을 위하여 순차적이며 병렬 계산을 이용하는 방법을 소개하였다. 영상의 공간적 경사도를 지형도로 보고, 지형도 상의 각 국부최소(local minima)에 구멍을 뚫고 담수하는 과정을 전개한다. 담수 과정에서 성장하는 두 개의 담수지역이 분수령에서 만나는 위치에 경계점을 세우면 이 경계점들의 연속이 담수지역을 구획하는 경계선이 된다. 따라서, 모든 국부 최소마다 독립된 영역을 갖게 되며 영역간의 경계선은 분수령에 의해 결정된다. 또한, 지역적 잡음이 분수령에 의해 차단되어 전역 오류로 전파되지 않는 효과가 있다. 그러나 초기의 이러한 방법들은 지역적인 최소에 의존하여 집수 분지를 생성하므로 과분할에 의한 복잡한 결과를 가져오며, 영역 병합 등의 후처리(postprocessing)에서 이러한 문제점을 최소화하기 위해서는 많은 수행 시간과 복잡한 처리로 인해 추가적인 문제가 뒤따르게 된다. 이러한 문제점을 최소화하기 위한 방법으로 선택된 근원지(source)로부터 범람을 시작하는 마커 기반 방법이 나오게 되었다.<sup>[5]</sup>

직접적인 분수령선(watershed line) 생성으로 인하여 생기는 과분할 현상은 모두 지역적 최소가 집수분지의 중심이 되기 때문이다. 그러나, 모든 지역적인 최소들은 동일한 중요도를 가지는 것은 아니며, 일부는 잡음에 의하여 생성되며 또 다른 몇몇은 영상의 의미 없는 부분에 의하여 생성된다. 따라서 만약 국부 최소들 중에서 어떠한 기준에 의해 선별적으로 선택된 국부 최소에 대해서만 침수를 수행한다면, 침수되는 주변 집수분지들은 인접한 집수분지의 범람에 의해 채워지게 되며, 이로 인해 과분할 현상은 크게 감소된다. 그러나 의미 있는 최소들을 선택하기 위해서는 많은 추가적인 정보가 필요하며 적용해야 하는 상황에 따라 적응적으로 그 기준을 알맞게 결정해야 한다. 이러한 이유로 마커에 기반한 분수령 영상 분할 방법들은 시스템에서 주어진 특정한 상황에서만 좋은 결과를 나타내고 예측한 상황을 벗어나는 영상에 대해서는 전혀 다른 엉뚱한

결과를 초래한다.<sup>[6,10]</sup>

위에서 언급한 방법들의 공통적인 문제점은 전송해야 할 정보량이나 영역의 수를 조절하기 위해 임계치 방법을 사용하는데 영상의 복잡도에 따라 최적의 임계치가 달라지기 때문에 이러한 최적의 값을 결정하기 위해 많은 계산이 필요하며, 잡음으로 인한 과분할 결과를 초래한다. 따라서, 본 논문에서는 영역 분할 과정에서 과분할 현상을 줄이기 위해 영역 성장 과정 중에 임계치를 적용하여 인간 시각이 분별하지 못할 정도의 얇은 깊이를 갖는 집수분지를 보다 더 깊은 인접한 집수분지에 병합함으로써 적은 계산량으로 영상 분할을 할 수 있는 개선된 분수령 알고리즘을 제안한다.

### 3. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 개선된 분수령 영상 분할 알고리즘의 기본 개념은 영역 성장(region growing) 과정 중에 임계치를 사용하여 얇은 집수분지를 깊은 집수분지와 병합함으로써 영역의 수를 감소시키며 분할된 영역들을 압착(compact)시킴으로서 영역의 수를 감소시켜 과분할 현상을 방지하는 것이다. 실질적인 영상 분할은 다음과 같은 두 단계로 수행되며, 각 단계에서 수행되는 세부내용은 이후의 절에서 설명한다.

- sort() : 픽셀들을 기울기값에 따라 오름차순으로 정렬한다.
- flooding() : 낮은 기울기값을 갖는 픽셀부터 한 수준씩 높여가면서 물을 채우는 과정으로, 이 단계에서 집수분지의 깊이에 따라 인접한 집수분지와의 병합 여부가 결정되어 영역 병합이 발생한다. 또한, 최종적으로 분할 또는 병합된 영역의 레이블을 조정하는 동적 영역 병합(dynamic region merging)을 이용한 영역압착(region compaction) 과정을 포함한다.

#### 3.1 정렬단계(Sorting step)

원 영상으로부터 경사 영상을 획득한 후, 영상내의 모든 픽셀들은 기울기 값에 따라 오름차순으로 정렬한다. 그 다음에 기울기 값에 따라 정렬된 순서로 픽셀들의 빈도수, 픽셀들의 좌표 등과 같은 픽셀 정보가 자료 구조에 저장된다. 또한, 해당 레벨의 첫 번째 픽셀의 메모리의 위치를 나타내는 누적 빈도수를 계산해서 자료 구조에 저장된다. 자료 구조에 저장된 정보는 다음 단계인 담수단계(flooding step)에서 이용되며, 처리 중인

특정 기울기 값을 갖는 픽셀들에 대한 정보의 직접 접근이 가능하다.

#### 3.2 담수단계(Flooding step)

담수단계에서, 영역 성장은 픽셀 기울기 값의 레벨에 따라 자료 구조에 정렬되어 저장된 정보를 이용해서 수행된다. 담수과정에 대한 알고리즘을 그림 1에 나타내었다. 가장 낮은 기울기 레벨에서부터 가장 높은 기울기 레벨을 갖는 모든 픽셀들이 알고리즘에 의해서 레벨 단위로 처리된다.

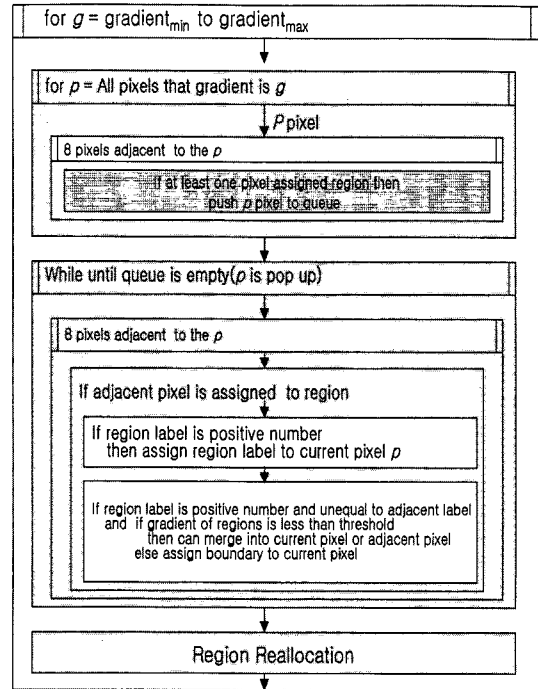


그림 1. 담수 알고리즘  
Fig. 1. The Flooding Algorithm.

먼저, 기울기  $g$ 를 갖는 픽셀들에 대해 MASK로 레이블이 할당되고, 각 픽셀들의 인접한 8개의 픽셀에 대해 레이블을 탐색한다. 만약 인접한 픽셀들 중에서 하나의 픽셀에 이미 레이블이 할당되어 있으면 그 중심 픽셀은 큐(queue)에 삽입된다. 이러한 작업은 기울기  $g$ 를 갖는 모든 픽셀에 대해 수행된 다음에 큐에 삽입된 요소(element)에 대해 이후의 작업이 수행된다. 먼저 큐에서 하나의 요소를 꺼내어 그 픽셀의 레이블을 MASK로 할당하고, 인접 픽셀의 레이블을 검사한다. 최소한 하나의 인접 픽셀에 레이블이 이미 할당되어 있으며 그 레이블을 MASK 레이블을 가지고 있는 기

준 픽셀에 할당한다. 그렇지 않으면, 기준 픽셀의 레이블은 영(zero)보다 큰 경우이다. 이 경우에 인접 픽셀의 레이블이 기준 픽셀의 레이블과 같지 않으면 조건을 비교하여 병합 여부가 결정된다.

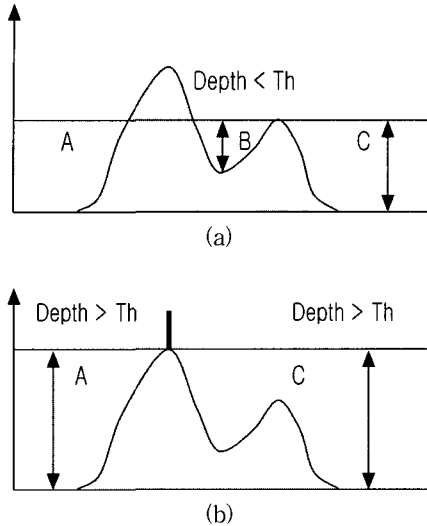


그림 2. 인접 집수분지와 병합 또는 분수령선을 결정하는 조건  
 Fig. 2. Determining Conditions for Merging or Watershed. (a) Merging Condition (b) Watershed Condition.

병합 여부를 판단하기 위한 기준은 그림 2에 보는 바와 같이 해당되는 두 개의 집수분지의 깊이를 사용한다. 각 집수분지의 깊이를 미리 정의된 임계값과 각각 비교하여 그 중에서 하나의 깊이가 임계값 이하이면 그 집수분지를 더 깊은 집수분지에 병합한다(그림 2a). 또한, 두 개의 깊이가 모두 임계값 이상일 경우에는 서로 독립된 영역으로 분할하기 위해(그림 2b) 그 기준 픽셀들은 실질적인 분수령선으로 간주하여 WSHED로 레이블을 할당한다. 이렇게 두 영역의 병합 여부를 결정하는 것은 인간의 눈으로 인지할 수 없는 아주 작은 집수분지를 인접한 깊은 집수분지에 병합함으로써 전체적으로 분할된 영역의 수를 줄이고자 하는데 있다. 영상에서 가장 낮은 높이의 기울기부터 가장 높은 기울기의 레벨까지 모든 픽셀들에 대해 담수과정이 수행되고 또한 큐가 비어 있으면 병합 과정은 끝나며, 모든 픽셀에는 레이블 할당이 완료된다.

담수 과정의 마지막에는 어느 영역이 병합되어 있는지를 나타내는 병합 테이블의 정보를 이용해서 영역

압착이 이루어지게 되며, 한 영역이 다른 영역으로 병합되었을 때는 영역 식별번호 즉, 테이블 인덱스가 영역의 레이블과 다르게 된다. 이 경우에, 병합 테이블에 저장되어 있는 내용을 참조하여 레이블을 치환함으로써 영역 레이블을 재 할당하여 레이블을 정리한다. 이러한 사항을 명백하기 설명하기 위해 그림 3과 같은 병합의 예를 나타내었다. 그림 4는 그림 3의 병합 테이블을 이용하여 영역의 레이블을 조정된 예를 나타낸다.

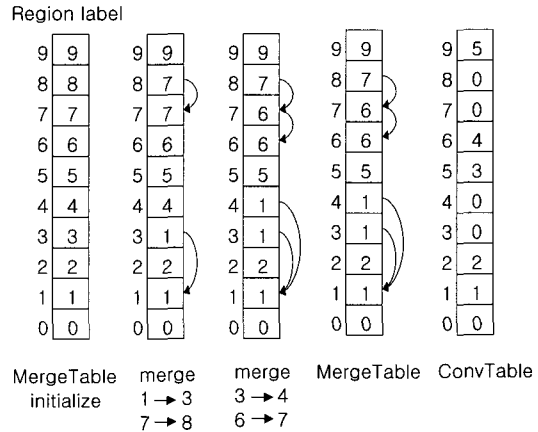


그림 3. 동적 영역 병합의 예  
 Fig. 3. Dynamic Region Merging.

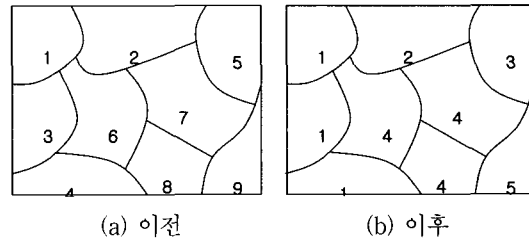


그림 4. 그림 3의 병합 테이블을 사용한 영역 압착의 효과  
 Fig. 4. The Effect of Region Compaction using Merge Table. (a) Before Region Compaction (b) After Region Compaction.

#### 4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 개선된 분수령 알고리즘의 효용성을 검증하기 위해 CIF 형태의 다양한 영상에서 각 10 프레임씩을 사용하여 시물레이션을 수행하였다. 실험에 사용된 각 영상은 영상의 복잡도와 움직임의 정도를 다양하게 가지므로 특정 영상에 대해서만 좋은

결과를 나타내는 오류를 배제하였다.

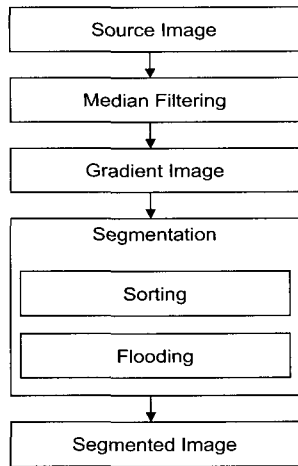


그림 5. 실험 절차  
Fig. 5. Experiment Procedure.

실험 과정은 그림 5에서와 같이, 먼저 원본 영상을 입력하여 메디안 필터를 사용하여 영상 전체에 분포되어 있는 잡음을 제거하였다. 그 다음에는 잡음이 제거된 입력 영상을 사용하여 실제 공간분할에 사용할 경사영상(gradient image)을 구하여 공간분할을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

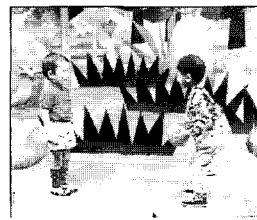
표 1. 임계치에 따른 영역의 수  
Table 1. The Number of Region on Thresholds.

Sequence Th	Children	Mobile	Stefan
Th = 0	2915	3997	3742
Th = 1	1708	2782	2384
Th = 2	1253	2266	1891
Th = 3	1017	1951	1768
Th = 4	827	1721	1589
Th = 5	714	1541	1437

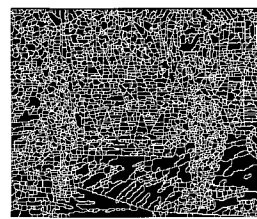
표 1은 Children, Mobile, Stefan 영상에 대해 실험을 수행한 결과를 요약하여 나타낸 것이다. 표에서 영역의 수는 실험에 사용된 각 영상의 10 프레임에 대한 결과를 평균하여 나타낸 것이다. 여기서, Th=0은 기존의 분수령 알고리즘을 이용한 방법과 동일하며, 이를 기준으로 하여 임계치가 높을 수록 분할된 영역의 수가 급격하게 감소함을 알 수 있다. 이러한 결과는 본 논문에

서 제시한 방법이 과분할을 효율적으로 개선한다는 것을 의미하며, 이러한 효과를 직관적으로 알 수 있도록 여러 가지 실험 결과 중에서 Children 영상의 0번 프레임에 대해 임계치에 따른 영상 분할 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림 6(a)는 원영상을 나타내며, (b)는 제안된 방식을 적용하지 않은 결과로 과분할 현상을 초래한다. (c)-(g)는 제안된 방법을 적용한 결과이며, 임계치에 따라 분할의 결과가 현저히 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

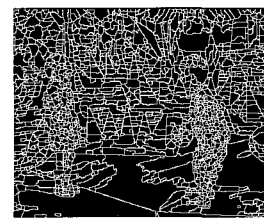
또한, 제안 알고리즘의 실행시간을 측정하기 위해



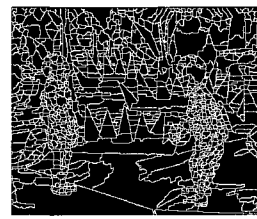
(a) 원영상 : Children 0번 프레임



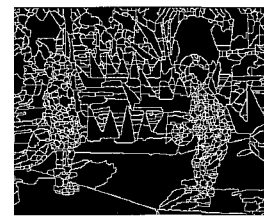
(b) Th=0(과분할)



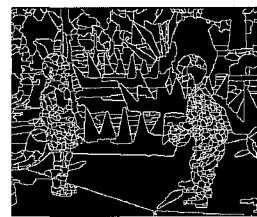
(c) Th=1



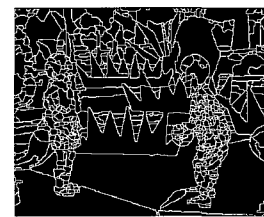
(d) Th=2



(e) Th=3



(f) Th=4



(g) Th=5

그림 6. Children 영상의 0번 프레임에 대한 분할 결과  
Fig. 6. An Example of Segmentation with Children Frame #1.

PentiumIII 667MHz CPU, 128MB 메모리를 갖는 Windows 98환경에서 실험을 수행하였다. 기존의 분수령 알고리즘과 비교해서 제안한 알고리즘의 유일한 부가 비용은 동적 병합에 필요한 시간이다. 실험결과, 실제 병합에 소요되는 시간은 무시해도 좋을 만큼 아주 적었으며, 주된 비용은 병합 테이블을 참조하는데 걸리는 시간이다. 따라서, 병합 테이블의 전체 참조에 대한 간접 참조의 비율을 산출하여 평균값을 표 2에 나타내었다. 종합적으로, 전체 접근에 대한 간접 참조 횟수는 약 0.25~0.3 정도로 나타났으며, 이것은 4번 중에서 1번 정도의 비율로 간접 참조된다는 것을 의미한다.

표 2. 병합 테이블에 대한 평균 간접 참조율  
Table 2. The Average Rate of Indirection for Merge Table.

Sequence Th	Average Indirection Rate		
	Children	Mobile	Stefan
Th = 0	-	-	-
Th = 1	0.13	0.12	0.13
Th = 2	0.18	0.17	0.19
Th = 3	0.21	0.20	0.21
Th = 4	0.25	0.22	0.28
Th = 5	0.28	0.23	0.29

표 3. 평균 실행 시간  
Table 3. The Execution Time on Threshold.

Sequence Th	Average Execution Time		
	Children	Mobile	Stefan
Th = 0	0.30	0.30	0.30
Th = 1	0.30	0.30	0.30
Th = 2	0.31	0.30	0.31
Th = 3	0.30	0.31	0.31
Th = 4	0.31	0.31	0.31
Th = 5	0.30	0.30	0.30

표 3에는 임계치에 따른 평균 실행시간을 나타내며, 여기서 영역병합에 의한 부가적인 실행시간은 3% 이하로 증가함을 확인하였다. 이러한 실행시간의 증가는 제안된 알고리즘의 과분할 억제 효과와 좋은 상충관계

(trade-off)가 될 수 있다.

## 5. 결 론

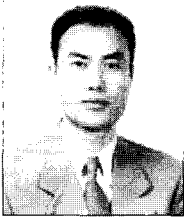
본 논문에서는 담수 진행 중에 깊이가 얇은 집수분지들은 임계치를 적용하여 보다 깊은 집수분지에 병합하는 개선된 분수령 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법의 효율성을 검증하기 위해 여러 가지 특징을 갖는 시험 영상을 사용하여 실험을 수행하였으며 그 결과를 제시하였다. 실험 결과에서, 제안한 방법은 경계가 모호한 일반적인 영상에 적용할 경우에도 영역의 수가 현저히 감소되었으며 비교적 정확한 분할 결과를 나타내었다. 그러나, 제안된 방식을 보완하여 보다 효율적으로 영상 분할을 수행하기 위해서는 영상의 특징에 따라 적응적으로 임계치를 자동으로 결정하여 적용해 주는 알고리즘에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, (1992).
- [2] Rober M. Haralick and Linda G. Shapiro, "SURVEY: Image Segmentation Techniques," Computer Vision Graphics and Image Processing, Vol. 29, (1985).
- [3] S. Beucher and C. Lantuejoul, "Use of watersheds in contour detection," Proceedings of the International Workshop on Image Processing, CCETT/IRISA, Rennes, France, (1979).
- [4] L. Vicent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces : an efficient algorithm based on immersion simulations," IEEE PAMI, 1(6), pp. 583~597, (1990).
- [5] F. Meyer, "Sequential algorithms cell segmentation : maximum efficiency?," Proceedings of the International Symposium on Clinical Cytometry and Histometry, Schloss Elmau, (1986).
- [6] 김경록, 채옥삼, "단계적인 Marker 영상을 적용한 Watershed 알고리즘에 의한 영상 분할," 2000년

- 한국멀티미디어학회 추계학술발표논문집, P183~186, (2000)
- [7] J. Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, New York, (1982).
- [8] J. Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology Vol. II : Theoretical Advances, Academic Press, London, (1988)
- [9] L. Vicent and P. Soille, "Watershed in digital space : An efficient algorithm based on immersion simulation," IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence. Vol. 13, No. 6, pp. 583~598, June (1991).
- [10] 박현상, 나중범, "형태론적 영상분할을 위한 마커 배양기를 이용한 머커의 추출" 대한전자공학회는 문지, 제 35권 S편 제 11호, pp 1568~1576, (1998).

저 자 소 개



金 相 坤(正會員)

1986년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1990년 2월 : 영남대학교 교육대학원 정보처리교육학과 졸업(교육학 석사). 2000년 2월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정 수료. 1986년 3월~현재 : 울산 현대정보과학고등학교 전자계산기과 교사. <관심분야> 동영상처리, 영상압축, 컴퓨터구조



田 大 成(正會員)

1991년 2월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1999년 2월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정 수료. 1996년 3월~1999년 2월 : 경동정보대학 겸임교수. 1999년 3월~현재 : 대구미래대학 멀티미디어정보과학과 전임강사. <관심분야> 동영상처리, 영상압축, 데이터통신, 컴퓨터구조 등



李 在 道(正會員)

1984년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1989년 2월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 석사. 1998년 12월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사. 1991년 3월~현재 : 대구보건대학 컴퓨터정보기술계열. <관심분야> MPEG, 영상처리, 멀티미디어

金 輝 源(正會員)

1984년 2월 : 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1987년 8월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 공학석사(전자계산기). 1997년 8월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학박사수료. 1990년~현재 : 경북전문대학 컴퓨터정보통신계열. <관심분야> 동영상처리, 영상압축, 컴퓨터구조



尹 英 雨(正會員)

1972년 : 영남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1974년 : 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1984년 : 영남대학교 대학원 전자공학과 박사. 1988년~현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수. <관심분야> 컴퓨터비전, 컴퓨터구조, 멀티미디어시스템