韓國 컴퓨터情報學會 論文誌
第11卷 第4號, 2006. 9.

2006-11-4-4-3

유전자 알고리즘을 이용한 반자동 영상분할 시스템 개발

임혁순*, 박상성**, 장동식***

Semi-automation Image segmentation system development of using genetic algorithm

Hyuk-Soon Im*, Sang-Sung Park**, Dong-Sik Jang***

요 약

현재 영상분할은 사용자가 원하는 영상을 분할하고, 분할된 객체에 다른 영상을 합성하는 기술에 대해 많은 연구가 진행되어왔다. 본 논문에서는 점진적 영역병합과 유전자 알고리즘을 이용하여 새로운 반자동 영상 분할 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 사용자가 원하는 객체를 선정한 후, 유전자 알고리즘을 이용해 객체의 경계를 검색한다. 검색된 경계를 기반으로 분수령 알고리즘을 이용하여 사용자가 원하는 객체의 영역을 분할하였다. 분할된 객체에서 불명확한 영역들을 점진적 영역 병합으로 배경과 객체를 분리하였다. 그리고, 알고리즘 개발을 효과적으로 수행하기 위해 GUI기반의 인터페이스를 만들어 사용자가 원하는 값을 적용할 수 있게 하였다. 실험에서는 제한된 방법의 우수성 입증을 위하여 다양한 영상을 분석하였다.

Abstract

The present image segmentation is what user want to segment image and has been studied for technology in composition of segment object with other images. In this paper, we propose a method of novel semi-automatic image segmentation using gradual region merging and genetic algorithm. Proposed algorithm is edge detection of object using genetic algorithm after selecting object which user want. We segment region of object which user want to based on detection edge using watershed algorithm. We separated background and object in indefinite region using gradual region merge from Segment object. And, we have applicable value which user want by making interface based on GUI for efficient perform of algorithm development. In the experiments, we analyzed various images for proving superiority of the proposed method.

▸ Keyword : 반자동 영상분할(Semi-Automatic Segmentation), 점진적 영역병합(Gradual Region Merging),유전자 알고리즘 (Genetic Algorithms)

• 제1저자 : 임혁순
• 접수일 : 2006.09.15, 심사일 : 2006.09.18, 심사완료일 : 2006.09.22
* 고려대학교 산업시스템정보공학과, ** 고려대학교 BK21 유비쿼터스 정보보호 사업단 연구전임 강사
*** 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수

I. 서 론

최근 멀티미디어 서비스의 형태는 다양한 서비스를 요구하는 수요자들을 위해 내용 기반 대화형 멀티미디어 서비스로 발전하는 추세이다[1]. 영상에서 자동적으로 의미 있는 객체를 추출하는 방법은 많은 연구가 진행되고 있지만 현재까지 만족스러운 결과를 내지 못하고 있다. 자동영상분할은 비디오 객체에 대한 정의가 주관적이기 때문에 사용자의 입장에서 만족할 만한 결과를 얻기가 어려우며 폐쇠된 영역만을 변화 영역으로 간주하는 문제점이 있고, 하나 이상의 움직이는 객체영역이 존재할 경우 자동으로 사용자가 요구하는 객체를 분류 할 수 없다. 그러나 사용자가 영상에서 부분적 혹은 전체적으로 영상 객체를 수동으로 정의하여 준다면 이후의 연속된 영상프레임에서 만족할 만한 영상분할 결과를 가지고 올 것이다. 최근에는 의미 있는 영역을 추출하기 위한 방법으로, 사람의 지식 기반의 도움을 받는 반 자동 영상 분할 방법들이 제안되고 있다[2][3]. 따라서 본 논문에서는 반자동 영상분할에 대한 점진적 영역병합과 유전자알고리즘을 이용한 에지 검출로 영상을 분할하는 새로운 알고리즘을 제안한다.

II. 기존의 영상분할 알고리즘

2.1 기존의 영상분할 방법

영상 분할이란 영상 및 비디오에서 객체[4](VOP, Video Object Plane)별로 분할 하는것을 말한다. 현재까지 영상분할이라는 용어는 단순히 영상을 동질성을 가진 영역들로 나눈다는 의미와 사람의 시각 시스템에서 의미 있는 객체를 추출해 내는 방법이 둘 다 사용되고 있다. 그러나 진정한 의미의 영상분할은 의미 있는 객체를 추출해 내는 것이다. 에지 검출에 기반한 영상 분할에서는 에지들을 연결하는 부가적인 과정이 반드시 필요하며 이러한 추가적인 과정을 사용하여 영상 내에서 국부적인 분할까지 수행해야 한다. 하지만 잡음에 의해 경계가 존재하지 않는데 에지가 검출되는 것은 에지를 이용한 영상 분할 방법의 문제점이다.

2.2 사용자 도움

사용자 도움은 사용자가 마우스를 이용하여 추출하고자 하는 영상 객체의 경계를 지정하여 주는 방법을 통해 보다 의미있고 정확한 객체를 추출 할수 있도록 한다. 사용자의 도움은 윈도우 환경에서 여러 가지 방법이 있다.

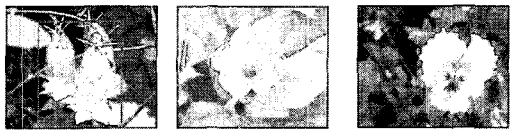


그림 1. 여러 가지 사용자 도움
Fig 1. Several user assistance

〈그림 1〉처럼 관심영역에 사각형을 그려주는 방법, 사용자가 직접 객체의 경계를 그려주는 방법, 중요한 객체의 경계를 점으로 찍어서 다각형을 만들어 주는 방법 등이 있다. 하지만 앞의 방법은 정밀성과 시간이 많이 걸려서 적절한 방법이라고 보기가 힘들다. 그래서 본 논문은 대략적인 객체의 경계를 사용자가 원하는 대로 폭의 영역을 조정하여 펜으로 그려주는 방법을 사용한다. 〈그림 2〉는 윈도우 환경에서 사용자가 경계를 그려주는 것을 보여준다.

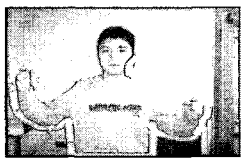


그림 2. 사용자 도움
Fig 2. User assistance

영상에서 지정된 경계를 구하기 위해서는 영역분할에서 사용자가 지정한 영역의 내곽 경계선 B_{in} 과 외곽 경계선 B_{out} 사이에 있는 객체 경계사이의 화소를 이용하여 객체에 포함 되는지 아닌지를 판단하여 영역 분류를해야한다. 〈그림 3〉은 영역에 들어가 있는 화소들을 분류하는 방법을 나타낸 것이다.

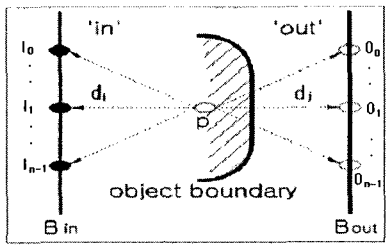


그림 3. 영역 내, 외곽 화소분류 방법
Fig 3. Pixel classification method of domain in,out

화소 p는 객체 경계를 나타내는 화소의 중심값으로 클러스터 중심 $\{I_0, I_1, \cdots, I_{n-1}\}$와 외부 클러스터 중심 $\{O_0, O_1, \cdots, O_{n-1}\}$ 에 있다. 내부 벡터 I_i와 외부 벡터 O_i는 각각 (r, g, b, x, y)의 다섯 가지 벡터로 구성된다. (r, g, b)는 칼라 요소이고, (x, y)는 화소의 좌표이다. B_{in}와 B_{out}사이에 있는 화소들을 내부 클러스터 중심에 있는 화소(내부 영역 화소)와 외부 클러스터 중심에 있는 화소(외부 영역 화소) 중 하나의 클러스터 중심에 있는 화소로 분류하는 방법은 다음과 같다. 먼저 B_{in}와 B_{out}사이에 있는 각 화소 p에 대해서 각 클러스터 중심과의 거리를 식(1)과 식(2)로 계산한다.

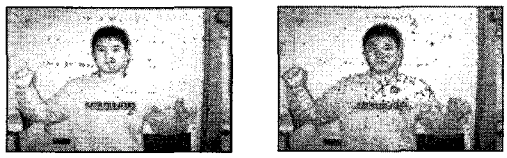
$$d_i = w_{color} \times (|r - r_i| + |g - g_i| + |b - b_i|) + w_{coord} \times (|x - x_i| + |y - y_i|), \quad 0 \le i \le m \quad \cdots\cdots (식\ 1)$$

$$d_j = w_{color} \times (|r - r_j| + |g - g_j| + |b - b_j|) + w_{coord} \times (|x - x_j| + |y - y_j|), \quad 0 \le j \le n \quad \cdots\cdots (식\ 2)$$

w_{color}와 w_{coord}는 color와 coordinate 정보에 대한 가중치이다. w_{color}와 w_{coord}의 합은 1이다. 화소 p가 $d_i > d_j$이면 내부 클러스터에 속하는 것이고, $d_i < d_j$이면 외부 클러스터에 속하는 것이다. 화소 p가 내부 클러스터에 속하면 객체 영역에 속하는 화소로 판별하고 그 반대이면 외부 영역에 속하는 화소로 판별한다. 내부와 외부 영역 화소들이 만나는 곳이 객체의 경계가 된다.

2.3 형태학적 영상분할

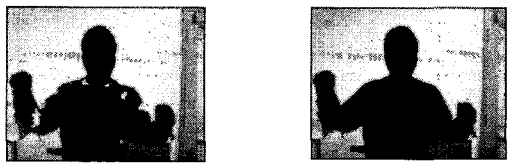
형태학적 영상분할의 특징은 영상내 물체의 형태, 크기, 대비 및 연결성 등을 이용하여 동질성과 연속성을 만족하는 영역들로 영상을 분리할 수 있다. 형태학적 영상분할은 영상의 단순화, 기울기 접근, 영역결정의 단계로 나눌 수 있는데, 먼저 단순화의 목적은 분할하기 용이하도록 영역의 경계선을 보존하면서 영역내부에 있는 노이즈를 제거하고 객체의 영역을 평탄화 하는 것이다[5]. 불필요한 부분들을 부드럽게 해주는 특징이 있기 때문에 본 논문에서는 단순화시키는 과정을 3X3에서 7X7까지의 다양한 필터를 사용하여 영상의 잡음을 제거한 다음 Sobel연산자를 이용하여 에지를 단순화 하였다. 다음 영역결정의 단계를 위해 분수령 알고리즘을 사용하였는데 비내림 기법의 분수령 알고리즘[6]을 사용하였다. 이 방법을 이용하여 〈그림 4〉(a)원영상에서 원하는 객체를 반자동으로 선택하여 유전자 알고리즘을 통해 최적의 경계를 나타낸다. 내부객체 안에는 경사도가 큰 화소 영역의 경계를 나타내며 경사도가 작은 화소는 집수(collecting basin) 지역 내의 한 부분을 나타낸다. 이 때 영역 내에 있는, 즉 경사도가 작은 모든 화소들은 같은 동질성을 띄게 된다. 분수령에 의해 외부객체와 분리되어 사용자가 원하는 객체로 분리되어진다.



(a)원영상 (b)결과영상
(a)Original image (b)Result image

그림 4. 분수령 알고리즘의 결과영상
Fig 4. Result image of watershed algorithm

분수령 알고리즘에 의해 객체의 영역을 분리하는 과정에서 객체가 원하는대로 분리되지 못하는 부분이 생긴다. 그런 부분을 공간적 동질성과 지형학적 관계를 이용해 영역을 병합한다. 〈그림 5〉는 객체 마스크의 영역병합 이전과 영역병합 이후의 불명확한 영역의 병합결과 마스크를 보여준다.



(a) 영역병합 이전 (b) 영역병합 이후
(a)Region merging before (b)Region merging after

그림 5. 점진적 영역병합
Fig 5. Gradual region merging

먼저 영상에서 사용자가 객체의 경계를 마우스로 그려주면 그것으로부터 객체 영역, 불명확한 영역, 배경영역의 3개 분류의 영역들로 구분된 객체 마스크 영상을 얻을 수 있다. 얻어진 객체 마스크로부터 외부경계(exterior boundary) B_{out}과 내부경계(interior boundary) B_{in}을 얻는다. 여기서 얻어진 내부경계와 외부경계로부터 불명확한 영역들을

점진적으로 병합해 들어간다. 이러한 점진적 병합결과로서 불명확한 영역들이 없는 객체 마스크를 얻는다. 영역 병합의 조건은 두개 영역의 평균 화소 값을 먼저 구하고 인접한 영역들 간의 평균값 차이가 문턱치 보다 작다면 병합 하는 것이다.

If $|M_{R_1} - M_{R_2}| < T$, then merge R_1 and R_2 ····· (식 3)

여기서 M_{R_1} 와 M_{R_2} 는 각각 영역R_1과 영역R_2의 평균 화소 값을, T는 문턱치 값을 나타낸다. 〈그림 5〉는 점진적 영역병합을 이루어 온전한 객체영역병합을 한다.

III. 제안하는 영상분할 알고리즘

3.1 제안하는 영상분할

배경에서 객체를 분리해 내는 방법을 제안하여, GUI(Graphical User Interface) 환경에서 사람의 도움으로 얻어진 대략적인 내부경계와 외부경계 영역기반에 형태학적 기법을 이용하여 영상을 단순화시키고 유전자알고리즘을 통해 최적의 에지를 찾아내어 공간적 동질성을 이용한 점진적 영역병합을 통해 객체의 경계를 배경과 분류한다. 〈그림 6〉은 제안하는 영상분할의 구조를 보여준다.

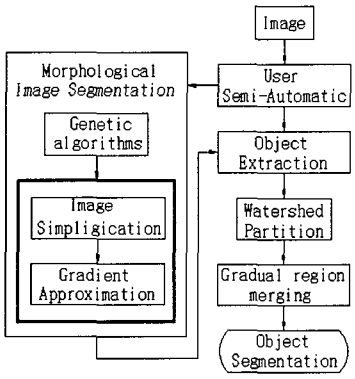


그림 6. 영상분할 시스템
Fig 6. Image segmentation system

3.2 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 자연 생태계의 적자생존의 원리를 모방한 이론으로 최적화 문제를 전역적인 탐색을 통해 해를 찾는 알고리즘이다. 고전적인 최적화 알고리즘들은 그 시스템에 대한 충분한 지식과 수학적인 해석에 의해 설계 되었음에도 불구하고 주어진 환경에 따라 국부 최소(Local minima)에 빠질 가능성이 있지만, 유전 알고리즘은 이에 비해 목적 함수에 대한 수학적 제약이 거의 없기 때문에 다양한 분야의 적용이 가능하며 최적의 해를 발견할 가능성이 높다. 또한 기존의 탐색과정에서 얻어진 정보를 이용할수 없지만 유전자 알고리즘은 탐색과정의 정보를 보관할 뿐만 아니라 이들 정보를 이용하여 새로운 탐색에 참고하는 기능과 주어진 판단기준에 따라 해를 탐색하는 적응기능을 가지고 있다. 유전자알고리즘[7]의 기본적인 구조방식은 〈알고리즘 1〉과 같다.

```
Begin GA
g: = 0 Generation counter
Initialize population p(g)
Evaluation population p(g)
While not done do
    g:=g+1
    Select p(g) from p (g-1)
    Crossover p(g)
    Mutation p(g)
    Evaluation p(g)
end
end GA
```

〔알고리즘 1〕 유전자알고리즘 개요
〔Algorithms 1〕 Genetic algorithms summary

먼저 각각의 염색체를 하나의 모집단으로 형성하여 나타내어 지정된 한세대의 객체들을 초기세대부터 시작하여 그 세대들을 Random하게 설정한후 미리 정해진 적합도 함수를 사용하여 적합하게 평가하여 선택 되어진 객체들을 각각 교배와 돌연변이 유전자 연산자를 이용하여 다음세대에 우수한 세대로 진화시킨다. 이런 식으로 종료조건에 맞는 횟수를 정하거나 종료시간을 정해 원하는 기준이 맞을때 까지 반복하여 결과가 나오도록 하는것이다. 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 선택되어진 일정한 폭에 외부와 내부 사이의 경계를 유전자 알고리즘으로 대상영역의 경계선을 검출한다. 경계선을 검출하기 위한 방법으로 다음과 같은 좌표노드의 구성을〈그림7〉과 같이 나타낸다.

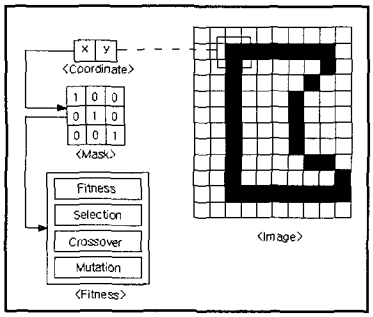


그림 7. 좌표 노드
Fig 7. Coordinate node

픽셀의 위치를 지정해주는 x,y좌표, 픽셀의 값을 정해주는 화상구조 형(Type), 정해진 값들을 적합하게 선택하는 에너지 값(Fitness)으로 구성되어 있다. 노드들이 모여서 윤곽선을 표현하는 경로를 나타낸다.

3.2.1 화상 구조형

화상구조 형은 3x3마스크에 속해있는 값에 의해 에너지 값을 부여한다. 이 구조형을 결정하기 위해서는 x,y좌표에 지정된 좌표의 값과 마스크 안에 있는 값을 비교하여 Threshold값이 낮으면 0을 나타내고, Threshold값이 높으면 1로 나타내었으며 &는 0과 1이 모두 포함한 값이다. 다음 〈그림 8〉은 후보 결정 마스크를 나타낸 것이다. 이외에 나타나는 화상구조는 표준화된 윤곽선 추출을 위해서 총 30개의 마스크만 사용하여 나머지는 잡음영역으로 간주하였다.

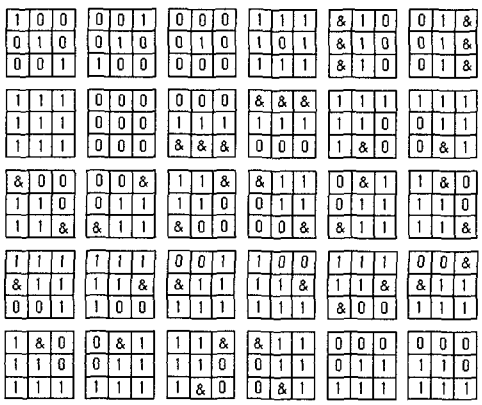


그림 8. 후보 결정 마스크
Fig 8. Sub decision mask

지정된 x,y좌표에 후보 결정 마스크의 값과 일치하게 되면 에너지를 높은 값으로 나타내고 일치하지 않으면 잡음영역이나 다른 영역으로 간주하여 낮은 값을 할당하여 다음 선택에서 도태 되도록 한다.

3.2.2 선택, 교배, 돌연변이연산자

선택연산자는 주어진 환경에 잘 적응하는 개체들은 살아남고 그렇치 못한 개체들은 도태되는 자연선택 현상을 모델링한 것이다. 이과정은 환경에 적응 정도를 수량적으로 나타내는 적합도에 의하여 개체가 선택 되어진다. 선택되어진 객체를 재생산하여 나온 객체들을 적합도[8]에 의해 가장 적합한 개체에 더 많은 기회를 주는 것이다. 재생산은 다시 만들어 진다는 의미로 선택에 의해 다시 재생산 되는 것이기 때문에 선택과 같이 적용되는 연산자이다. 일반적으로 선택연산자에서 가장 많이 사용되는 RWS(Routlette Wheel Selection)방법을 사용하였다. 앞에서 언급했듯이 유전자 알고리즘은 문제의 해를 결정하는 기준은 적합도 함수에 의해 결정된다. 전체 에너지 값에서 평균 에너지 $\overline{F}$에 상수와 표준편차의 곱을 빼면 다음 식(4)와 같은 높은 에너지값을 나타내는 F'를 표현할수 있다.

$$F' = F - (\overline{F} - C \cdot \sigma) \quad \text{(식 4)}$$

다음 식(5)(6)은 각각의 표준편차와 평균에너지를 나타낸 식이다. N은 각 영역에 해당하는 픽셀의 수를 말하고 σ의 값이 작아질수록 그 영역은 비슷한 픽셀들을 많이 포함하고 있으므로 σ의 값이 작아지는 방향으로 진화시켜야 한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N}(F_i - \overline{F})^2}{N-1}} \quad \text{(식 5)}$$

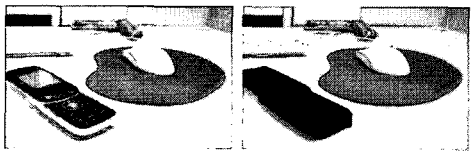
σ는 에너지 F'값의 변화되는 양을 줄여서 조기 수렴 방지와 원활한 수렴을 조절하여 사용된다. 에너지값이 0보다 작은 수가 나올 경우에는 그 값을 0으로 두고 다음 세대에 할당되지 않도록 버려둔다. $\overline{F}$는 분산을 하면 자료단위와 달라지므로 자료단위와 일치 시키기 위해 사용한다.

$$\overline{F} = \frac{\sum_{i=0}^{N} F_i}{N-1} \quad \text{(식 6)}$$

다음 두 개의 부모 개체로부터 새로운 자식을 생성해내는 교배연산자를 사용하여 선택 과정에서 두 염색체가 겹쳐지는 두점을 골라 서로 교환하여 새로운 염색체를 생성한다. 두 염색체가 여러 곳이 겹쳐지면 에너지가 낮은쪽을 버리는 방향으로 선택한다. 그리고 초기 조합에 적절한 해가 없을 경우 원하는 해를 구할수 있도록 돌연변이연산자를 사용하여 윤곽선을 검출하기 위해 염색체를 구성하는 각 좌표(x,y)값을 돌연변이를 통해 새로운 위치로 이동시킨다.

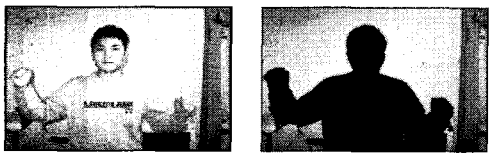
III. 실험 및 결과

실험은 Visual C++6.0을 이용하여 사용자가 편하게 사용할수 있는 객체 기반 편집시스템의 환경에서 개발 하였고 사용자 개입을 위한 작업 창을 제공한다. 개발한 프로그램은 영상보기와 영상분할기능으로 나눌 수 있으며, 영상분할 모듈에서는 전체적인 처리를 하여 영상 보기를 이용해 보여진다. 또한 테스트에서는 각 처리 단계에서의 결과 영상을 보여준다. 〈그림 9〉는 영상처리를 통하여 배경과 객체를 분리한 결과 영상을 나타낸 것이다.



(a) 원영상 (b)분할영상

(a)Original image (b)Segmentation image



(c) 원영상 (d)분할영상

(c)Original image (d)Segmentation image

그림 9. 결과영상

Fig 9. Result image

표 1. 실험영상의 영역수 및 병합수

Table 1. Region number and merging number of experiment image

	Watershed and Region merging		
	Mask	Watershed	Region merging
핸드폰 영상	3 x 3	1561	1428
	5 x 5	1035	977
	7 x 7	945	742
	9 x 9	512	384
사람 영상	3 x 3	2663	2587
	5 x 5	1608	1458
	7 x 7	1401	1099
	9 x 9	1278	890

제안한 방법의 결과를 〈표 1〉에서 보는것과 같이 비교하였다. 비교방법은 영역수와 병합수가 마스크의 의해 영상의 노이즈제거로 인해 마스크값이 커지면 커질수록 영역의 수가 줄어 드는것을 알수가 있다. 영역수가 적어진다고 해서 좋은 결과라고 말할수는 없지만 각각의 영역들이 균일하게 고루 분포되어 병합 된것을 알수가 있다. 좀더 균일하게 분할하기위해서는 좀더 정확한 영상분할 결과가 나오기 위해 적합함수를 개선하여 병합이 잘 이루어 지도록 영역병합설정을 조정하여야 한다.

IV. 결론

영상 분할은 MPEG-4에서 객체 기반 부호화나 양방향 대화식 서비스에 필수적인 전처리 요소이지만 영상 분할의 어려움 때문에 아직 표준이 정해지지 않았으며 현재 사용되고 있는 MPEG-4 관련 서비스 들은 객체 단위로 부호화하지 않고 있다. 실제 서비스에 응용 하려면 선결되어야할 연구가 어떠한 자연 영상이라도 자동 또는 반 자동으로 영상을 분할할 수 있어야 하지만 아직 만족할 만한 연구결과가 나오지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 반 자동 영상분할에서 정확한 객체 추출을 하는 새로운 알고리즘을 제시하였지만, 영상분할이 응용 서비스에 응용되기 위해서는 앞으로도 계속 처리시간, 의미있는 객체의 효과적인 추출 등이 연구되어야 한다. 이러한 영상분할 알고리즘이 만족할 만한 수준으로 완성되었을 때 서비스 현장에서 응용할 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] M.Bais, J. Cosmas, C. Dosch, A. Engelsberg, A. Erk, P.S. Hansen. P. Healey, G. K. Klungsoeyr, R. Mies, J. R. Ohm, Y. Paker, A. Pearmain, L. Pedersen, A. Sandvancd, R. Schafer, P. Schoonjans and P. Stammnitz, "Customized Television : Standards Compliant Advanced Digital Television." IEEE Trans. Broad, Vol.48, No2, pp.151-158, June, 2002.

[2] Chuang Gu, Ming-Chieh Lee, "Semiautomatic Segmentation and Tracking of Semantic Video Objects" IEEE trans. on Circuits and Systems for video Technology, vol.8,s No. 5, pp. 572-584, Sep 1998.

[3] 이인재, 김용호, 김준규, 이명호, 안치득, "정지영상/동영상에서 non-rigid object의 효율적인 영역 분할 방식에 관한 연구" 전자공학회논문지, 제 39권, 제 1호, January 2002.

[4] M. Kim, J.G. Choi, D. Kim, H. Lee, M.H. Lee, C. Ahn, and Y. Ho, "A VOP generation tool: Automatic segmentation of moving objects in image sequence based on spatio-temporal information" IEE Trans. CSVT, Vol. 14, pp.277-296, Feb. 1999

[5] P. Salembier and Montse Pardas, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding" IEEE Transactions on Image Processing, vol. 3, no. 5, pp. 639-651, 1994

[6] Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang and Liang-Gee Chen,"Predictive Watershed: A Fast Watershed Algorithm," IEEE Trans Circuits Syst, vol.13, no. 453-461, May, 2003

[7] 한학용, "패턴인식 개론" 한빛미디어, 2005

[8] Giosu Lo Bosco, "A genetic algorithm for image segmentation" IEEE trans. on Circuits and Systems for video Technology vol.3, No. 10, pp. 262-266, Oct 2001.

저 자 소 개

임 혁 순

2004년 3월 서울산업대학교 금형설계학과 졸업

2005년~현재 :고려대학교 산업시스템정보공학과 석사 과정

〈관심분야〉로봇비전, 패턴인식

박 상 성

2006년 2월 고려대학교 산업공학과 박사

2006년~현재 : BK21 유비쿼터스 정보보호사업단 연구전임강사

〈관심분야〉패턴인식, 컴퓨터 비전

장 동 식

1979년 2월 고려대학교 산업공학과 졸업

1985년 2월 텍사스 주립대 산업공학 석사

1988년 2월 텍사스 A&M 산업공학 박사

1989년~현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수

〈관심분야〉패턴인식, 컴퓨터 비전