

변이공간에서 스네이크 알고리즘을 이용한 객체분할에 관한 연구

유 명 준* · 김 신 형** · 장 종 환***

요 약

본 논문에서는 2차원 영상의 객체분할 방법으로 잘 알려져 있는 Snake 알고리즘을 스테레오 영상(Stereo Image)에 적용할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 기존의 2차원 단일영상에 적용한 Snake 알고리즘은 만족한 결과를 얻기 위해선 분할하려는 객체의 주변 배경이 단순하고, 다른 객체들과 중첩되어 있지 않으며, 초기 Snake 포인트를 객체의 윤곽(Boundary) 가까이 사용자가 설정해야 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 스테레오 영상에서 얻을 수 있는 변이정보(Disparity Information)를 이용하여 변이공간(Disparity Space)에서 새로운 Snake 에너지 함수를 정의하였으며, 정의한 에너지 함수를 사용하여 스테레오 영상에 적용할 수 있는 새로운 객체 분할 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 복잡도가 다양한 실험영상에 적용하여 성능을 분석하였다.

A Study on Object Segmentation Using Snake Algorithm in Disparity Space

Myeong-Jun Yu* · Shin-Hyoung Kim** · Jong Whan Jang***

ABSTRACT

Object segmentation is a challenging problem when the background is cluttered and the objects are overlapped one another. Recent development using snake algorithms proposed to segment objects from a 2-D image presents a higher possibility for getting better contours. However, the performance of those snake algorithms degrades rapidly when the background is cluttered and objects are overlapped one another. Moreover, the initial snake point placement is another difficulty to be resolved. Here, we propose a novel snake algorithm for object segmentation using disparity information taken from a set of stereo images. By applying our newly designed snake energy function defined in the disparity space, our algorithm effectively circumvents the limitations found in the previous methods. The performance of the proposed algorithm has been verified by computer simulation using various stereo image sets. The experiment results have exhibited a better performance over the well-known snake algorithm in terms of segmentation accuracy.

키워드 : 스네이크(Snake), 객체분할(Object Segmentation), 스테레오 영상(Stereo Images), 변이정보(Disparity Information)

1. 서 론

최근 멀티미디어 서비스의 형태는 다양한 서비스를 요구하는 수요자들을 위해 내용에 기반한 대화형(Content-Based Interactivity) 멀티미디어 서비스로 발전하는 추세이다[1]. 이에 발맞춰 2차원 영상에서 제공할 수 없었던 입체감을 실생활과 같이 느낄 수 있는 입체영상(Stereoscopic) 시스템이 주목 받기 시작하면서 입체영상을 대화형 멀티미디어 서비스로 제공하는 노력이 다양한 분야에서 진행되고 있다. 입체영상을 표현하는 방법으로는 스테레오 영상을 많이 이용하는데 멀티미디어 통신의 확장과 현실감 있는 시각표현으로 그 필요성은 매우 빠르게 인식되고 있고 3D-TV와 같

은 입체영상 시스템과 3D-멀티미디어 시스템 등에 많이 응용된다[2, 3]. 멀티미디어 정보를 사용자 중심의 대화형 멀티미디어 서비스에 제공하기 위해선 객체단위 부호화가 필수적이고 객체 부호화를 하기 위해선 먼저 객체를 성공적으로 분할(Object Segmentation)하여야 한다. 특히, 멀티미디어 표준안으로 제정된 MPEG-4[4, 5]에선 비디오 객체 평면(VOP: Video Object Plane)이란 개념을 소개하고 내용기반 부호화(Content-Based Coding) 방식을 채택함으로써 객체분할은 중요한 기술로 자리잡게 되었다.

일반적으로 2차원 영상에서의 객체분할에 관한 연구는 명암도의 유사성에 근거한 영역기반 방법, 히스토그램을 근거한 임계치 방법, 밝기값의 불연속성을 이용한 에지기반 방법[6-11], 정의된 에너지 함수를 최소화하는 과정을 통해 객체의 윤곽을 추출하는 능동윤곽모델(Active Contour Model)[12-15] 등이 있다. 능동윤곽모델은 Snake 알고리즘으로 더 잘 알

* 정 회 원 : 배재대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정 수료

** 준 회 원 : 배재대학교 대학원 정보통신공학과

*** 종신회원 : 배재대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 2004년 4월 24일, 심사완료 : 2004년 11월 2일

려져 있으며 Snake 포인트를 연결한 Contour가 폐곡선을 이루면서 객체를 분할함으로써 영역기반 방법에서의 과분할(Over-Segmentation)되는 문제점을 해결할 수 있다. 그러나 이 방법은 분할하려는 객체의 주변 배경이 단순하고 다른 객체들과 중첩되지 않는 간단한 영상에 적용되었고 또한, 주변의 영향을 최소화 하기 위해선 초기 Snake 포인트들을 객체의 윤곽 가까이에 설정하여야만 만족한 결과를 얻을 수 있는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해선 객체 주변의 영향을 제거하는 방법이 필요한데 본 논문에서는 스테레오 영상에서 얻을 수 있는 변이정보를 이용하여 주변의 영향을 받지 않고 객체분할을 성공적으로 할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 변이공간에서 새로운 에너지 함수를 정의하고 정의한 에너지 함수를 이용하여 스테레오 영상에 적용하는 새로운 객체분할 알고리즘을 개발한다. 새로운 알고리즘은 주변 배경이 복잡하거나 중첩된 객체들이 존재하는 복잡한 영상에서도 객체분할을 성공적으로 할 수 있다.

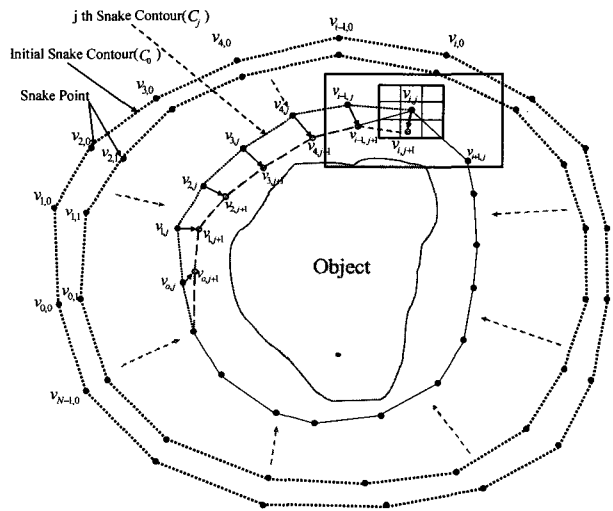
논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 연구의 필요성 및 관련 연구의 장단점을 설명하고 2장에서는 2차원 영상에서 적용한 기존의 Snake 알고리즘에 대해 설명한다. 3장에서는 스테레오 영상의 변이정보의 개념과 변이공간에서 새로운 에너지 함수를 정의하고 4장에서는 정의한 에너지 함수를 사용하여 스테레오 영상에서 성공적으로 객체를 분할할 수 있는 새로운 객체분할 알고리즘을 제안한다. 5장은 제안한 알고리즘을 실험을 통해 성능을 분석하고 6장에서는 결론을 기술한다.

2. 2차원 영상에 적용한 기존의 Snake 알고리즘

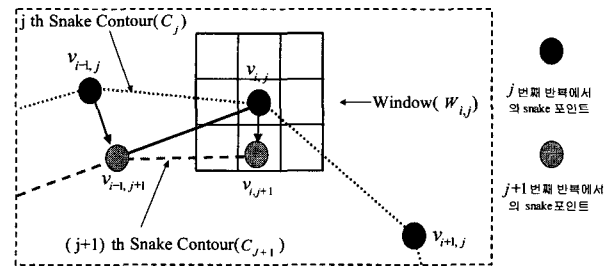
Kass[12]가 처음 제안한 Snake 알고리즘은 초기에 사용자가 입력한 Snake 포인트로부터 에너지 함수를 최소화하는 방향으로 반복적으로 움직이면서 객체의 윤곽(Boundary)을 찾아내는 방법이다. 그러나 Euler 방정식을 이용한 에너지 최소화 방법은 불안정한 문제가 발견되었고, 이를 해결하기 위해 Amini[13]는 Dynamic Programming 방법을 제안하였는데 연산량이 많아 처리시간이 많이 걸리는 단점이 있다. Williams[14]는 연산량을 줄이기 위해 Snake 포인트마다 가중치를 두어 빠르게 객체의 윤곽을 찾는 Greedy Snake 알고리즘을 제안하였고, Lan[15]은 Greedy Snake를 두 가지 형태의 4방향 연결요소 기법(4-Neighbor)을 교대로 사용하는 8방향 연결요소기법(8-Neighbor)을 제안하여 연산량을 상당히 줄인 Fast Greedy Snake 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이런 방법들은 2차원 단일 영상에서 객체의 주변 배경이 단순한 조건에서 적용되었고 그렇지 않은 경우는 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 스테레오 영상에서는 변이정보를 이용하여 이와 같은 문제를 해결하기 위해 스테레오 영상에서 새로운 에너지 함수를 4장에서 제안한다. 스테레오 영상에 적용하는 새로운 에너지 함수를 이해하기 위해 먼저 2차원 영상에 적용한 Snake 알고리즘의 에너지 함수에 대해 설명하면 다음과 같다.

(그림 1)은 Snake 알고리즘의 기본 개념을 설명한다. Snake 포인트를 $v_{i,j} = (x_{i,j}, y_{i,j})$ 라 하면 여기서 $i = 0, \dots, N-1$ 로 N 은 전체 Snake 포인트의 개수를 나타내고, $j = 0, \dots, M-1$ 로 M 은 알고리즘 반복 횟수를 나타낸다. $x_{i,j}, y_{i,j}$ 는 j 번째 반복의 i 번째 Snake 포인트의 x, y 좌표이다. $v_{0,0}, \dots, v_{N-1,0}$ 는 초기 Snake 포인트이고 초기 Snake 포인트를 순서적으로 연결하여 얻는 폐곡선은 초기 Snake Contour (C_0)이다. (그림 1)(a)는 Snake Contour가 객체의 윤곽으로 반복해서 이동하는 과정을 설명한다. (그림 1)(b)는 Snake 포인트의 이동을 자세하게 설명하기 위해 (그림 1)(a)에 있는 사각박스를 확대한 그림이다. Snake 포인트의 이동과정은 4단계로 설명한다.

- 1단계 : 현재 Snake 포인트 $v_{i,j}$ 의 윈도우 $W_{i,j}$ 내에 있는 모든 포인트에서 에너지 값을 계산한다.
- 2단계 : $W_{i,j}$ 내에 있는 Snake 포인트 중 최소 에너지 값을 가지는 포인트로 이동시킨다.
- 3단계 : 다음 Snake 포인트 $v_{i+1,j}$ 로 이동한다.
- 4단계 : 최대 반복 횟수가 되거나 더 이상 이동할 포인트가 없을 때 까지 1, 2, 3단계를 반복한다.



(a) Snake Contour 반복적인 이동 과정



(b) j+1번째 반복에서 Snake 포인트 $v_{i,j}$ 의 이동 과정

(그림 1) Snake 알고리즘의 기본 개념

(그림1)(b)에서는 j 번째 반복의 Snake Contour (C_j)를 나타내고 ---는 최소 에너지 값으로 이동하여 만들어지는 $j+1$ 번째 반복의 Snake Contour (C_{j+1})를 나타낸다.

Williams[14]가 제안한 방법을 기반으로 2차원 영상에서 Snake 포인트를 최소 에너지 값으로 이동하게 하는 에너지 함수 $E_{2D_snake}(v_j)$ 는 식 (1)과 같이 내부 에너지인 Continuity와 Curvature 에너지 항과 외부 에너지인 External 에너지 항의 합으로 나타낸다.

$$E_{2D_snake}(v_j) = \sum_{i=0}^{N-1} [\alpha \cdot E_{continuity}(v_{i,j}) + \beta \cdot E_{curvature}(v_{i,j}) + \gamma \cdot E_{external}(v_{i,j})] \quad (1)$$

Continuity 에너지는 $j+1$ 번째 반복에서 얻은 Snake 포인트간의 거리를 이전 j 번째 반복에서의 Snake 포인트간의 평균거리 \bar{d}_j 에 최소화하여 결국 N 개의 Snake 포인트간의 거리를 균등하게 한다.

Continuity 에너지는 식 (2)로 표현한다.

$$E_{continuity}(v_{i,j}) = |\bar{d}_j - \|v_{i,j} - v_{i-1,j+1}\|| \quad (2)$$

단, $v_{0,j} = v_{N,j}$

$$\bar{d}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \|v_{i+1,j} - v_{i,j}\| \quad (3)$$

$|\cdot|$ 는 스칼라 절대값, $\|\cdot\|$ 는 벡터의 길이(norm)를 나타낸다.

Curvature 에너지는 곡선의 휨 정도를 나타내는 변화율으로써 현재 Snake 포인트 $v_{i,j}$ 를 기준으로 이전 포인트 $v_{i-1,j+1}$ 와 이후 포인트 $v_{i+1,j}$ 를 사용하여 분할하려는 객체(OS : Object to be Segmented)의 윤곽 방향으로 이동하게 한다.

Curvature 에너지는 식 (4)로 나타낸다.

$$E_{curvature}(v_{i,j}) = \|v_{i-1,j+1} - 2v_{i,j} + v_{i+1,j}\|^2 \quad (4)$$

외부 에너지는 영상 $f(x, y)$ 의 에지(Edge)를 이용하여 경사도(Gradient)가 큰 곳에서 작은 값을 갖게 하여 Snake 포인트를 OS의 윤곽에 놓이도록 한다.

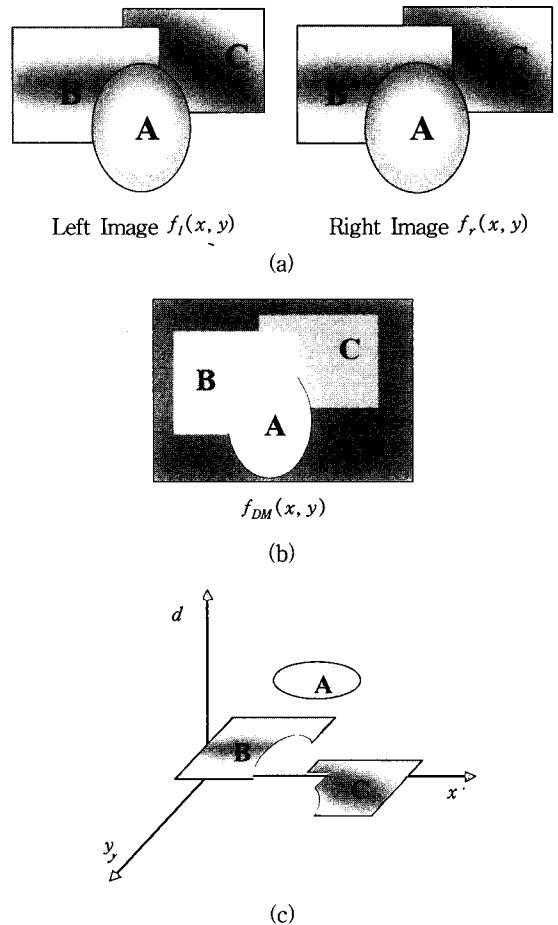
외부 에너지는 식 (5)로 나타낸다.

$$E_{external}(v_{i,j}) = -|\nabla f(v_{i,j})|^2 \quad (5)$$

∇ 는 Gradient를 나타내고 에너지 항의 매개 변수인 α, β 그리고 γ 의 가중치를 줌으로써 내부 및 외부 에너지 항의 중요도를 결정한다. 일반적으로 Snake 포인트가 객체의 윤곽에 놓이게 하는 것이 가장 중요하므로 γ 가 다른 두 값보다 크게 설정한다.

3. 변이공간에서 새로운 Snake 에너지 함수 정의

일반적으로 스테레오 카메라의 기하학적 구조는 두 대의 카메라가 하나의 물체를 바라보고 있는 구조이며 응용분야에 따라 다양한 기하학적 구조를 나타낸다. 기본적으로 평행하게 배치되어 있는 두 카메라에서 획득한 영상은 스테레오 정합을 통해 깊이(Depth)를 계산할 수 있는 변이정보 dis 를 얻을 수 있다[16-18]. dis 을 이용하여 객체를 성공적으로 분할하기 위해 변이공간에서 새로운 Snake 에너지 함수를 정의한다. 변이공간은 x, y 그리고 dis 을 나타내는 d 축으로 이루어 진다[19, 20]. 객체의 뒷부분이나 다른 객체에 가려져 보이지 않는 부분은 영상정보가 없기 때문에 두 장의 스테레오 영상으로 완전한 3D를 표현할 수 없다. (그림 2)(a)는 스테레오 영상의 좌우 영상 $f_l(x, y)$ 과 $f_r(x, y)$ 을 표현한다. (그림 2)(b)는 스테레오 정합을 사용하여 dis 로 구성된 변이지도(Disparity Map) 영상인 $f_{DM}(x, y)$ 을 나타낸다. (그림 2)(c)는 변이정보를 이용하여 객체 A, B, C를 변이공간에 표현한 영상을 나타낸다.



(그림 2) 변이공간에서의 영상 표현 : (a) $f_l(x, y)$ 및 $f_r(x, y)$ 는 스테레오 좌우 영상이다. 객체 A, B, C는 dis 가 다르다. (b) 변이지도영상 $f_{DM}(x, y)$ (c) 객체 A, B, C를 변이공간에서 표현

(그림 2)(c)와 같이 변이공간에서의 영상은 2차원 영상과 비교하여 객체들을 깊이에 따라 분리할 수 있기 때문에 이 특성을 이용하면 OS를 성공적으로 분할할 수 있다.

(그림 3)은 변이공간에서 객체의 윤곽을 얻기 위해 제안하는 새로운 Snake 알고리즘의 기본 개념을 설명한다. 변이공간에서 Snake 포인트를 $v_{i,j}^d = (x_{i,j}, y_{i,j}, d_{i,j})$ 로 표현하고 에너지 함수가 최소가 되는 Snake 포인트로 이동하는 과정은 2차원과 같이 4단계로 수행한다. 변이공간에서 사용되는 윈도우 $W_{i,j}^d$ 는 $3 \times 3 \times 3$ 사용한다.

변이공간에 적용하는 에너지함수는 식 (6)과 같이 정의한다. 식 (6)은 3개의 에너지 항의 합으로 나타낸다.

$$E_{stereo_snake}(v_{i,j}^d) = \sum_{i=0}^{N-1} [\alpha \cdot E_{continuity}(v_{i,j}^d) + \beta \cdot E_{curvature}(v_{i,j}^d) + \gamma \cdot E_{external}(V_{i,j}^d)] \quad (6)$$

제안하는 각각의 에너지항에 대한 설명은 다음과 같다.

(그림 4)는 x, y, d 로 구성된 변이공간에서 Continuity 에너지를 설명하기 위해 (그림 3)에서 $v_{i-1,j+1}^d$ 및 $v_{i,j}^d$ 의 부분을 확대한 그림이다. $v_{i,j}^d$ 와 $v_{i-1,j+1}^d$ 간의 거리가 j 번째 반복에서의 Snake 포인트간의 평균거리 $\overline{d_j^d}$ 에 최소화하여 N 개의 Snake 포인트간의 거리를 균등하게 하는 에너지이다. Continuity 에너지는 식 (7), 식 (8) 및 식 (9)로 나타낸다.

$$E_{continuity}(v_{i,j}^d) = | \overline{d_j^d} - \|v_{i,j}^d - v_{i-1,j+1}^d\| | \quad (7)$$

$$\|v_{i,j}^d - v_{i-1,j+1}^d\| = \sqrt{(x_{i,j} - x_{i-1,j+1})^2 + (y_{i,j} - y_{i-1,j+1})^2 + (d_{i,j} - d_{i-1,j+1})^2} \quad (8)$$

$$\overline{d_j^d} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \|v_{i+1,j}^d - v_{i,j}^d\| \quad (9)$$

(그림 5)는 변이공간에서 Curvature 에너지를 설명하기 위해 (그림 3)에서 $v_{i-1,j+1}^d$, $v_{i,j}^d$ 및 $v_{i+1,j}^d$ 부분을 확대한 그림이다. 변이공간에서 Curvature 에너지는 세 개의 Snake 포인트가 이루는 벡터의 길이로 나타낼 수 있고 그 벡터의 크기가 작은 쪽으로 Snake 포인트를 이동시킨다. Curvature 에너지는 식 (10)으로 나타낸다.

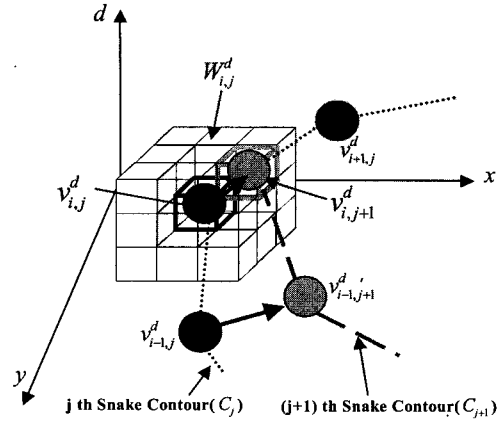
$$E_{curvature}(v_{i,j}^d) = \|v_{i-1,j+1}^d - 2v_{i,j}^d + v_{i+1,j}^d\|^2 = (x_{i-1,j+1} - 2x_{i,j} + x_{i+1,j})^2 + (y_{i-1,j+1} - 2y_{i,j} + y_{i+1,j})^2 + (d_{i-1,j+1} - 2d_{i,j} + d_{i+1,j})^2 \quad (10)$$

2차원에 적용한 Snake 알고리즘은 2차원 영상의 에지를 외부 에너지로 이용하여 객체들이 중첩되었거나 배경이 복잡한 경우에는 만족한 결과를 얻을 수 없었다. 본 논문에서

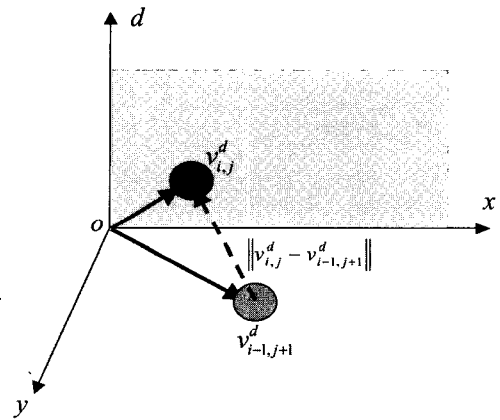
제안하는 새로운 외부에너지는 스테레오 영상에서 얻은 dis 을 이용하여 위와 같은 문제를 해결하였다. 제안하는 외부 에너지는 다음과 같이 설명한다.

스테레오 영상에서는 OS의 윤곽에 해당하는 에지만을 추출하기 위해 식 (11)과 같이 변이공간으로 사상(Mapping)시켜 외부에너지로 사용한다.

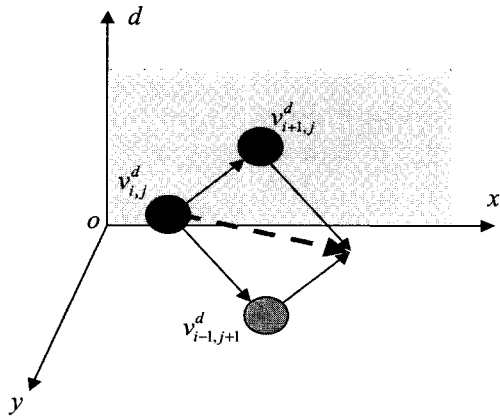
$$f: R^2 - R^3 \quad (11)$$



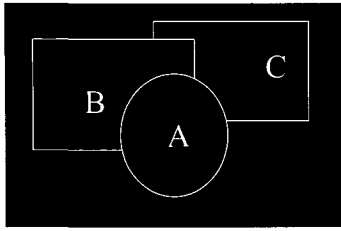
(그림 3) 변이공간에서 제안하는 새로운 Snake 알고리즘



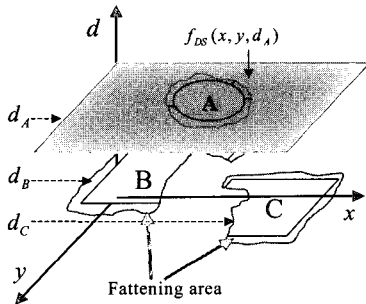
(그림 4) 변이공간에서 Continuity 에너지



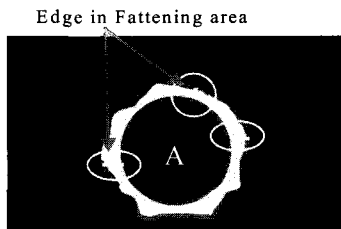
(그림 5) 변이공간에서 Curvature 에너지



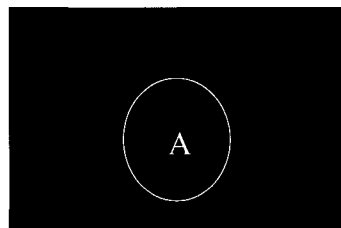
(a) Watershed 변환영상 $f_{ws}(x, y)$



(b) $f_{ws}(x, y)$ 를 변이공간에 사상한 영상 $f_{DS}(x, y, d)$



(c) 객체 A의 dis인 d_A 을 사용하여 얻은 평면영상 $f_{NDS}(x, y, d_A)$



(d) 패트닝 영역에 존재하는 에지를 제거한 영상 $f_{NDS}(x, y, d_A)$

(그림 6) 변이공간에서의 외부에너지

R^3 에서 에지를 얻기 위해 (그림 2)(a)의 스테레오 좌우 영상 중 하나의 영상을 선택하여 (본 논문에서는 좌측영상 $f_l(x, y)$ 을 선택) Watershed 변환하고 (그림 6)(a)처럼 Watershed 변환영상 $f_{ws}(x, y)$ 를 생성한다[11]. Watershed 변환은 과분할 되는 문제점을 갖고 있지만 객체들의 윤곽을 보존하며 항상 폐곡선으로 영역을 분할하는 장점이 있다. 과분할되는 문제는 영역병합을 통해 해결할 수 있다. $f_{ws}(x, y)$ 를 변이공간으로 사상하기 위해 (그림 2)(b)의 변이지도영상 $f_{DM}(x, y)$ 를 이용하면 2차원의 $f_{ws}(x, y)$ 를 식

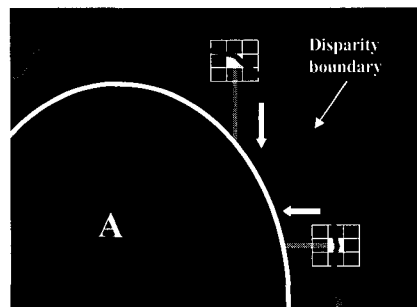
(12)와 같이 변이공간에서 $f_{DS}(x, y, d)$ 로 변환할 수 있다.

$$f_{DS}(x, y, d) = \begin{cases} f_{ws}(x, y) & d = f_{DM}(x, y) \\ 0 & d \neq f_{DM}(x, y) \end{cases} \quad (12)$$

$f_{ws}(x, y)$ 을 변이공간에 사상하면 2차원에서는 객체들의 에지가 중첩되어 있었지만 (그림 6)(b)와 같이 객체 A, B 그리고 C가 다른 dis값을 가지므로 변이공간에서 분리된다. 그러므로 OS에 해당하는 dis평면을 구하면 원하는 객체를 성공적으로 분할할 수 있다. (그림 6)(c)는 분할하려는 객체 A의 dis값인 d_A 에 해당하는 평면으로 구성된 영상 $f_{DS}(x, y, d_A)$ 이다. $f_{DS}(x, y, d_A)$ 를 보면 Watershed 변환을 적용하여 객체의 윤곽을 폐곡선으로 보전할 수 있지만 스테레오 정합 시 패트닝(Fattening)현상이 일어나 패트닝 영역내에 다른 에지들이 존재할 수 있다. 정합 윈도우의 크기에 따라 패트닝 영역의 크기가 좌우되지만 넓은 영역을 차지하지 않기 때문에 패트닝 영역내 에지들은 폐곡선을 이루지 않는다. 이런 에지는 간단한 연산을 통해 제거한다[21]. (그림 7)은 패트닝 영역에 있는 에지를 제거하여 객체 A의 윤곽을 얻는 과정을 간단히 설명한다.

패트닝 영역에 존재하는 에지를 제거한 영상은 (그림 6)(d)와 같이 $f_{NDS}(x, y, d_A)$ 가 되고 새로운 알고리즘의 외부에너지로 제안한다. 객체 A가 OS이므로 외부에너지 항은 식 (13)과 같다.

$$E_{external}(v_{i,j}^d) = -|f_{NDS}(x_{i,j}, y_{i,j}, d_{os})|^2 \quad (13)$$



(그림 7) 패트닝 영역내에 있는 에지 제거

4. 스테레오 영상의 새로운 객체 분할 알고리즘

3장에서 정의한 변이공간에서의 새로운 에너지 함수를 이용하여 스테레오 영상의 객체분할 알고리즘을 제안한다. 전체적인 알고리즘의 흐름도는 (그림 8)과 같다. 원하는 객체를 분할하기 위해 객체를 포함하는 사각형의 관심영역 (IR : Interested Region)을 설정한다. 설정된 IR 영역에 대해 변이지도를 생성하고 흐름도와 같이 수행한다.

본 논문에서 초기 Snake 포인트는 IR의 사각형을 설정하면 자동적으로 사각형의 네 변에 일정한 간격으로 초기 Snake 포인트가 설정되어 사용자가 Snake 포인트를 직접

설정할 필요가 없다.

4.1 스테레오 영상 획득

스테레오 영상은 평행하게 배치된 두 카메라를 이용하여 획득한다. 제안한 알고리즘의 성능을 높이기 위해 다음을 고려하였다. 두 카메라의 간격이 넓은 상태에서 획득한 영상의 경우 폐색(Occlusion) 부분이 넓어지는 문제가 있기 때문에 충분히 간격이 좁은 조건에서 획득하고, 단일 객체에서도 서로 다른 *dis*를 가질 수 있지만 본 논문에서는 단일 객체의 *dis*는 같다고 가정한다.

4.2 IR 설정

사용자는 왼쪽 $f_l(x, y)$ 또는 오른쪽 $f_r(x, y)$ 영상을 선택하여 OS를 성공적으로 분할하기 위해 OS 포함하는 사각형의 IR을 설정한다. IR은 식 (14)와 식 (15)로 표현한다. 전체 영상에서 IR을 선택하기 위해 IR에 해당하는 부분 영역을 1로 그 외의 영역은 0으로 하는 함수 $IR_l(x, y)$ 를 정의한다. IR에 해당하는 영상은 왼쪽영상 $f_l(x, y)$ 과 $IR_l(x, y)$ 를 논리곱 연산을 수행하여 $f_{IR}(x, y)$ 를 얻는다.

$$IR_l(x, y) = \begin{cases} 1 & (x, y) \in IR \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (14)$$

$$f_{IR}(x, y) = f_l(x, y) \wedge IR_l(x, y) \quad (15)$$

4.3 IR의 변이지도영상(Disparity Map Image)

관심영역의 영상 $f_{IR}(x, y)$ 을 $f_r(x, y)$ 와 스테레오 정합하여 변이지도 $f_{DM}(x, y)$ 를 생성한다[16-18]. 일반적으로

IR영역에 대부분을 OS가 차지하고 있기 때문에 OS의 *dis* 값인 d_{os} 는 쉽게 구할 수 있다.

4.4 외부에너지 함수

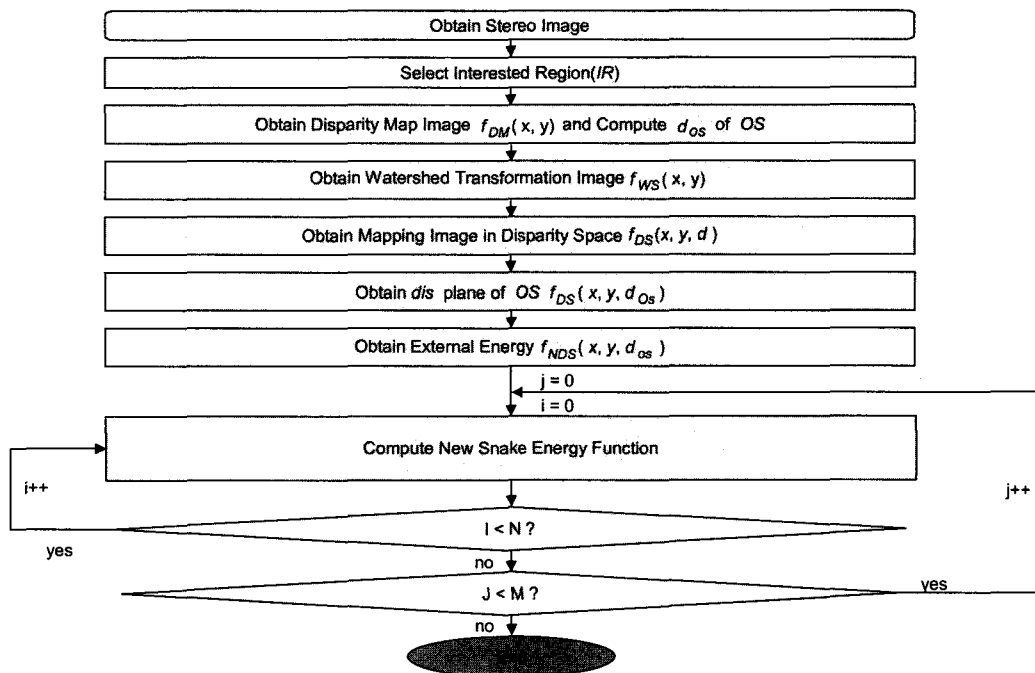
$f_{IR}(x, y)$ 을 Watershed 변환하고 식 (12)를 사용하여 변이공간으로 사상한 $f_{DS}(x, y, d)$ 을 얻는다. OS의 *dis* 값인 d_{os} 를 사용하여 $f_{DS}(x, y, d_{os})$ 을 얻고 패턴닝 영역에 잡음을 제거하여 새로운 외부에너지 함수 $f_{NDS}(x, y, d_{os})$ 을 얻는다.

4.5 새로운 Snake 에너지함수 계산

변이공간에서 제안하는 에너지 함수 식 (6)을 다시 표현하면 식 (16)과 같다. 에너지 함수는 3개의 항으로 구성되며 정규화 하고 초기 Snake 포인트의 d 를 d_{os} 로 초기화한다. 사용되는 윈도우는 $3 \times 3 \times 1$ 크기의 $W_{i,j}^d$ 를 이용한다. 윈도우 사이즈를 $3 \times 3 \times 1$ 로 사용한 이유는 OS의 d_{os} 를 알고 있기 때문에 그 깊이에서만 에너지함수를 계산하면 되기 때문이다. 내부 에너지의 d 항은 Snake 포인트의 d 가 모두 d_{os} 로 같기 때문에 그 값이 0이 되고 결국 식 (16)으로 나타낼 수 있다.

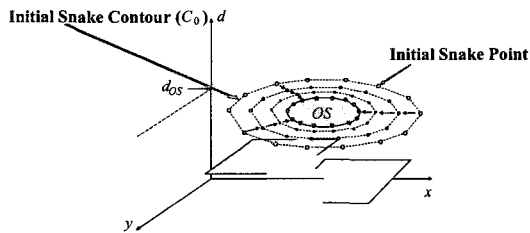
$$E_{new-snake}(x_{i,j}, y_{i,j}, d_{os}) = \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ \alpha \cdot |d_i^d - \sqrt{(x_{i,j} - x_{i-1,j+1})^2 + (y_{i,j} - y_{i-1,j+1})^2}| + \beta \cdot |(x_{i-1,j+1} - 2x_{i,j} + x_{i+1,j})^2 + (y_{i-1,j} - 2y_{i,j} + y_{i+1,j})^2| - \gamma \cdot |f_{NDS}(x_{i,j}, y_{i,j}, d_{os})|^2 \right\} \quad (16)$$

변이공간에서 정의한 새로운 에너지 함수는 최대 반복횟수까지 반복하여 계산한다.



(그림 8) 스테레오 영상에서 제안한 객체분할 알고리즘 흐름도(N : 최대 Snake 포인트 수, M : 최대 반복 횟수)

(그림 9)는 제안한 Snake 알고리즘에 의해 변이공간에서 Snake 포인트의 움직임을 보인 것이다. Snake 포인트를 연결하는 Snake Contour가 d_{OS} 깊이에서 제안한 알고리즘에 의해 OS의 윤곽에 수렴하는 모습을 나타내고 있다. 이는 OS의 주변의 B와 C 객체나 배경의 영향을 받지 않고 OS의 윤곽을 추출할 수 있어 2차원에서의 문제점을 해결할 수 있다.



(그림 9) 변이공간에서 Snake 포인트의 반복 이동 과정

5. 실험 결과

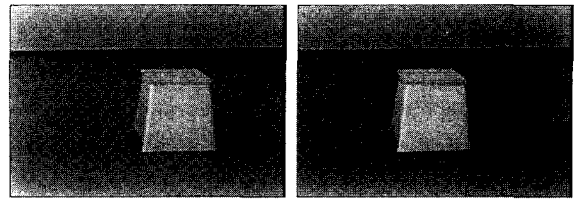
본 논문에서 제안한 객체분할 방법은 펜티엄-IV 2.0GHz, 메모리 512Mbyte, 윈도우 2000 환경에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다. 초기 Snake 포인트는 사용자가 사각형의 IR을 설정하면 IR의 네 변에 일정한 간격으로 초기 Snake 포인트가 자동으로 설정된다. 에너지함수의 매개변수 α, β, γ 는 실험에 의해 설정하였다. 실험에 사용된 스테레오 영상은 복잡한 정도에 따라 3종류의 스테레오 영상을 사용하였다. 실험영상은 (그림 10)에 설명한다. 제안한 알고리즘의 성능 분석을 위해 변이 공간에서 정의한 새로운 객체분할 알고리즘과 기존의 2차원 공간에서의 알고리즘을 구현하여 성능을 비교하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 DIF를 식 (17)에 새롭게 정의하였다. N 은 전체 Snake 포인트 수, $v_{i,f}$ 는 최종 반복의 Snake 포인트 좌표, o_i 는 OS의 실제 윤곽에서의 Snake 포인트의 좌표이다. DIF는 초기 Snake 포인트가 최종 Snake 포인트로 이동한 위치와 실제 OS의 윤곽에 해당하는 좌표와의 차의 절대값의 합에 평균을 나타낸다. DIF값이 작으면 Snake 포인트가 OS의 윤곽에 잘 수렴한 것이다.

$$DIF = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \|v_{i,f} - o_i\|}{N} \quad (17)$$

실험 결과는 (그림 11)에서부터 (그림 18)에 주어진다. DIF의 결과는 <표 1>에 주어진다.

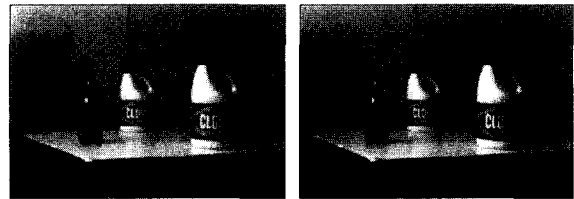
<표 1> 제안한 알고리즘의 성능 분석

스테레오 영상	Snake 포인트 수	기존의 알고리즘 DIF (pixel)	제안한 알고리즘 DIF (pixel)
실험 I	42	0.52	0.52
실험 II	31	7.6	0.45
실험 III	41	12.14	0.48
실험 IV	35	12.47	0.43



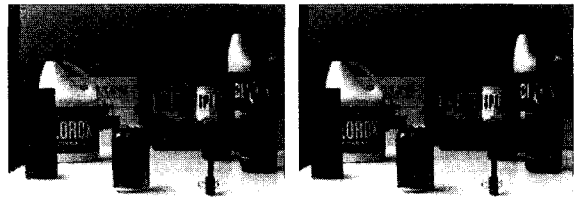
Left image Right image

(a) Stereo image I



Left image Right image

(b) Stereo image II



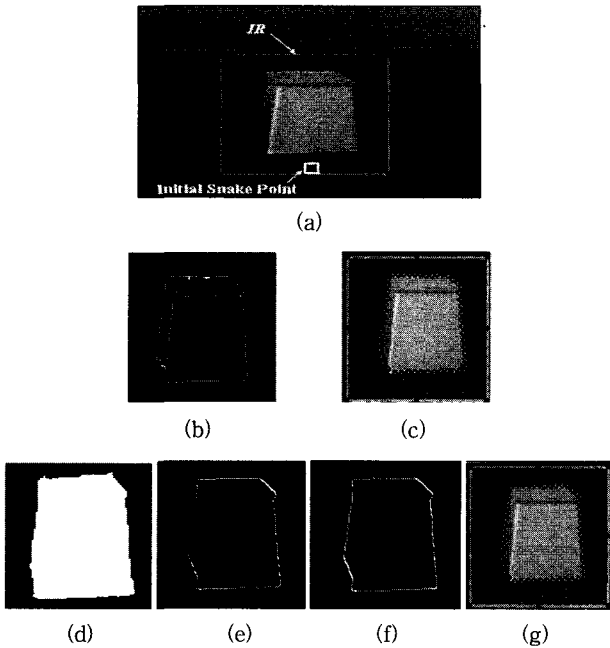
Left image Right image

(c) Stereo image III

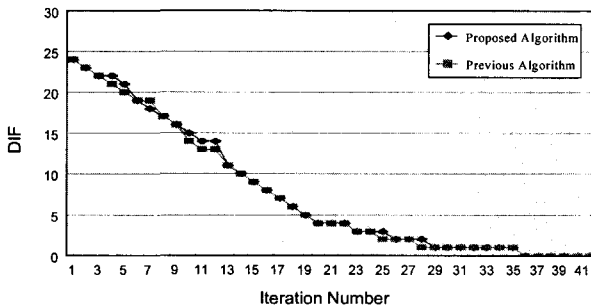
(그림 10) 스테레오 실험영상(좌우 영상크기 : 320 × 240) : (a) 단일 객체가 존재하고 객체 주변의 영향이 거의 없고 배경이 단순한 영상 (b) 객체들이 서로 중첩되어 있지는 않지만 주변의 영향이 존재하는 영상 (c) 객체들이 서로 복잡하게 중첩이 되어 있고 주변의 영향이 많은 영상

배경이 단순하고, 단일 객체가 존재하는 (그림 10)(a)의 스테레오 영상에 적용한 실험 결과는 (그림 11) 및 (그림 12)에 보여준다. (그림 11)(a)와 같이 사용자가 스테레오 영상의 좌 영상에서 분할하려는 객체를 포함한 사각형인 IR을 설정하면 초기 Snake 포인트는 사각형의 네 변 안쪽에 균일한 간격으로 자동으로 설정된다. (그림 11)(b)는 IR에 Sobel 연산자를 적용한 후 Thinning operation을 수행한 결과 영상이고 (그림 11)(c)는 2차원 영상에서 기존의 Snake 알고리즘을 사용한 결과 영상이다. (그림 11)(d)는 스테레오 정합으로 만든 변이지도영상 $f_{DM}(x, y)$ 이다. (그림 11)(e)는 Watershed 변환하고 변이공간에 사상한 영상 $f_{DS}(x, y, d_{os})$ 이다. (그림 11)(f)는 패턴링 영역내에 있는 에지를 제거한 영상 $f_{NDS}(x, y, d_{os})$ (그림 11)(g)는 제안한 알고리즘을 이용해 스테레오 영상에서 객체분할을 한 결과영상이다. 실험 I의 DIF의 그래프는 (그림 12)에 보여 준다. 실험 I의 결과를 보면 배경이 단순하고 다른 객체들의 영향이 없기 때문에 2차원에서 구한 에지영상 (그림 11)(b)와 제안한 방법에서의 에지 영상 (그림 11)(e)는 OS의 윤곽을 잘 나타내고 있다. 따라서 2차원 영상에서의 기존 알고리즘을 사용한 결

과영상과 스테레오 영상에서 제안한 알고리즘을 사용하여 얻은 결과영상은 (그림 11)(c)와 (그림 11)(g) 같이 거의 같은 결과를 보여주고 있다. 이는 배경이 단순하고 중첩되는 객체들이 없기 때문이다. (그림 12)의 *DIF*의 결과는 반복 횟수에 따라 그 값이 작아지면서 0에 수렴하기 때문에 *OS*의 윤곽에 일치하는 결과를 보였다. 그리고 두 알고리즘은 거의 같은 결과를 보여준다.



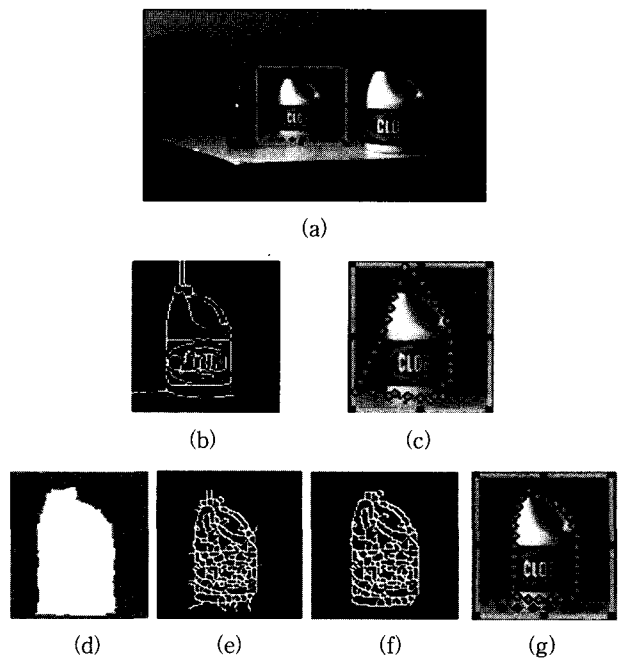
(그림 11) 실험결과 I : (a) 좌영상에 *IR* 설정 (b) Sobel 및 Thinning 연산을 적용한 영상 (c) 기존 알고리즘의 결과영상 (d) 변이지도영상 $f_{DM}(x, y)$ (e) Watershed 변환한 후 변이공간에 사상한 영상 $f_{DS}(x, y, d_{os})$ (f) 패턴닝 영역내에 에지를 제거한 영상 $f_{NDS}(x, y, d_{os})$ (g) 제안하는 알고리즘의 결과영상



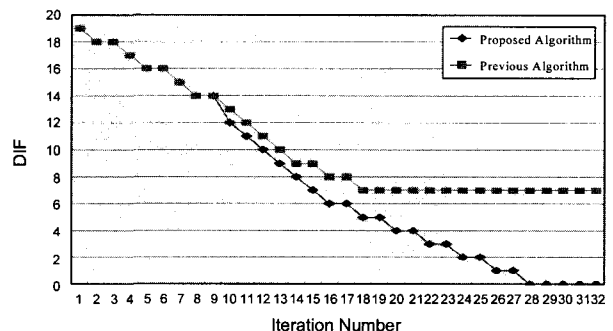
(그림 12) 실험 I의 그래프

실험 II는 배경이 비교적 단순하지만 벽에 있는 수직선 부분과 탁자의 왼쪽 직선부분이 분할하려는 객체의 영향을 주는 영상으로 (그림 13)과 (그림 14)에 결과를 보여주고 있다. (그림 13)(b)에 벽에 있는 수직 에지와 탁자의 왼쪽부분이 객체의 에지와 연결되어 있는 것을 볼 수 있다. 벽에 있는 에지와 탁자의 왼쪽부분은 *dis*가 다르기 때문에 변이공간으로 사상한 (그림 13)(e)는 이러한 에지를 대부분 제거하고

단지 패턴닝 영역에 포함된 에지들이 남아 있는 것을 보여준다. (그림 13)(f)는 패턴닝 영역내에 있는 에지를 제거한 영상이다. 2차원 영상에 기존 알고리즘을 사용할 경우 (그림 13)(c)와 같이 *OS* 주변의 다른 에지들이 Snake 포인트의 움직임에 영향을 주기 때문에 벽의 에지와 탁자의 왼쪽 직선부분에 수렴하게 되어 만족한 결과를 얻지 못하였다. 그러나 스테레오 영상에서 제안한 알고리즘은 (그림 13)(g)와 같이 좋은 결과를 얻는다. *DIF*는 (그림 14)에 보여준다. 기존 알고리즘은 반복횟수가 증가하면서 값이 감소하다가 약 7에서 일정하게 유지한다. 반면 제안한 알고리즘에선 *DIF*가 훨씬 큰 값으로 감소하면서 0에서 일정하게 유지함으로써 초기 Snake 포인트가 *OS*의 윤곽에 수렴한 것을 보여준다.



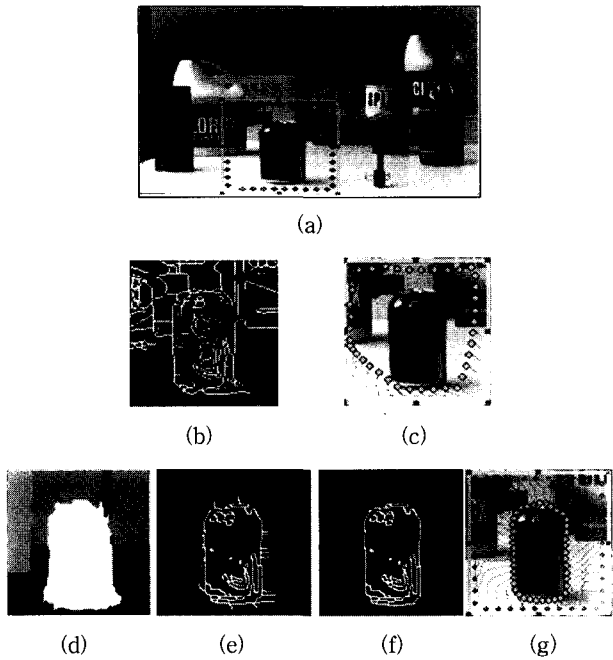
(그림 13) 실험결과 II



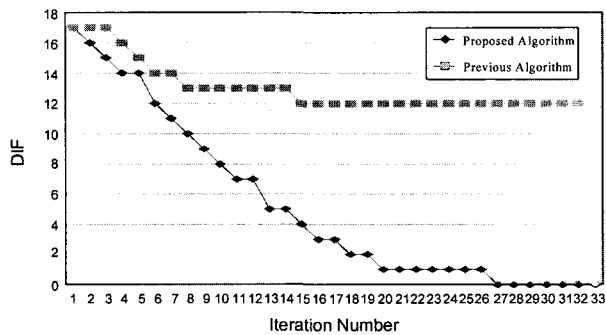
(그림 14) 실험 II의 *DIF* 그래프

실험 III은 *OS*가 여러 객체와 중첩되어 있어 주위 배경의 영향을 많이 받게 되는 영상으로 (그림 15)와 (그림 16)에 그 결과를 보여주고 있다. (그림 15)(b)에 나타난 에지를 보면 *OS* 주위에 다른 객체들의 에지가 복잡하게 존재하는 것을 볼 수 있다. (그림 15)(e)는 주변의 영향을 많이 받는

경우에도 *dis* 값을 이용하여 변이공간으로 사상하면 주변의 영향을 대부분 제거한 *OS*의 에지를 추출할 수 있다. 페트닝 영역에 있는 에지들을 제거하여 (그림 15)(f)를 얻을 수 있다. 기존 알고리즘을 사용한 결과는 (그림 15)(c)와 같이 *OS* 주위의 에지성분의 영향으로 원하는 객체의 윤곽을 얻을 수가 없다. 그러나, 제안한 알고리즘은 (그림 15)(g)와 같이 만족스런 결과를 얻을 수 있었다. *DIF*는 (그림 16)과 같이 기존 알고리즘은 주위 에지의 영향을 받아 *DIF*가 큰 값에서 일정하게 유지가 되었고 제안한 알고리즘은 작은 값으로 *OS*의 윤곽에 거의 일치하는 것을 볼 수 있었다.



(그림 15) 실험결과 III



(그림 16) 실험 III의 *DIF* 그래프

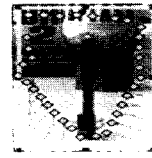
실험 IV는 객체가 가늘고 길면서 주위의 배경이 영향이 많아 객체의 윤곽을 추출하기가 가장 어렵다. 이러한 실험에도 성공적으로 객체의 윤곽을 추출한 결과영상을 (그림 17)과 (그림 18)에 보였다. (그림 17)(g)와 같이 제안한 알고리즘은 주위의 영향을 받지 않고 뾰족한 객체의 윤곽을 잘 찾았으며 2차원 영상에서는 (그림 17)(c)와 같이 주위의 객체들의 영향으로 *OS*를 찾지 못하였다.



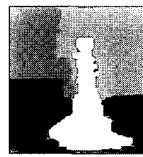
(a)



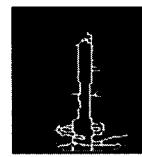
(b)



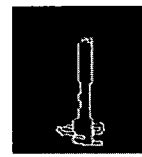
(c)



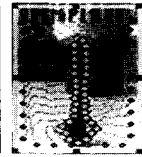
(d)



(e)

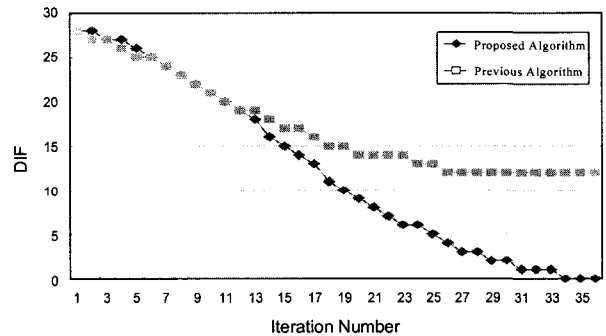


(f)



(g)

(그림 17) 실험결과 IV



(그림 18) 실험 IV의 *DIF* 그래프

6. 결 론

본 논문에서는 기존의 2차원 Snake 알고리즘을 스테레오 영상에 효율적으로 적용하기 위해 변이공간에서 새로운 에너지 함수를 정의하였다. 정의된 에너지 함수를 사용하여 관심 객체 *OS*가 다른 개체와 중첩되었거나 배경이 복잡한 영상에서도 객체를 성공적으로 분할하는 새로운 알고리즘을 제안하여 기존의 문제점을 해결하였다. 제안한 알고리즘은 현장감을 주는 3차원 객체기반의 여러 응용분야에 적용할 수 있다. 스테레오 영상을 사용자와 상호작용을 통해 현장감을 주는 응용시스템에 적용하기 위해선 스테레오 동영상에서의 실시간 객체 추적 및 3차원 모델링에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[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. Sandvaned, R. Schafer, P. Schoonjans and P. Stammnitz, "Customized Television : Standards Compliant Advanced Digital Television," *IEEE Trans. Broad.*, Vol.48, No.2, pp.151-158, June, 2002.

[2] D. R. Clewer, L. J. Luo, C. N. Canagarajah, D. R. Bull and M. H. Barton, "Efficient multiview image compression using Quadtree disparity estimation," *ISCAS 2001*, Vol.5, pp. 295-298, May, 2001.

[3] Y. J. Song, "Improved Disparity Estimation Algorithm with MPEG-2's Scalability for Stereoscopic Sequences," *IEEE Trans. Consumer Elect.*, Vol.42, No.3, pp.306-311, August, 1996.

[4] T. Sikora, "The MPEG-4 Video Standard Verification model," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* Vol.7, No.1, pp.19-31, Feb., 1997.

[5] ISO/IEC JTC/SC29/WG11/W4350 : "Information Technology-Coding of Audio-Visual Objects Part2 : visual," *ISO/IEC 14496-2*, July, 2001.

[6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing, Addison Wesley Publishing Company*, 1992.

[7] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, "SURVEY : Image Segmentation Techniques," *Computer Vision Graphics and Image Processing*, Vol.29, 1985.

[8] R. Adams and L. Bischof, "Seeded Region Growing," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.16, No.6, pp.641-647, June, 1994.

[9] G. T. Herman and B. M. Carvalho, "Multiseeded Segmentation Using Fuzzy Connectedness," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, No.5, pp.460-474, May, 2001.

[10] S. Beucher and C. Lantuejoul, "Use of Watershed in Contour Detection," *Proceedings of the International Workshop on Image Processing*, CCETT/IRISA, Rennes, France, 1979.

[11] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in Digital Spaces : An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.13, No.6, pp.583-598, June, 1991.

[12] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snake : Active Contour Models," *Int'l J. Computer Vision*, Vol.1, No.4, pp. 321-331, Jan., 1987.

[13] A. A. Amini, T. E. Weymouth and R. C. Jain, "Using Dynamic Programming for Solving Variational Problems in Vision," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.12, No.9, pp.855-867, September, 1990.

[14] D. J. Williams and M. Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours And Curvature Estimation," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol.55, No.1, pp.14-26, January, 1992.

[15] K. M. Lanand H. Yan, "Fast Greedy Algorithm for Active Contours," *Electron Letter*, Vol.30, No.1, pp.21-23, January, 1994.

[16] T. Kanade and M. Okutomi, "A Stereo Matching Algorithm with an Adaptive Window : Theory and Experiment," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.16, No.9, pp.920-932, September, 1994.

[17] S. Birchfield and C. Tomasi, "Depth Discontinuities by Pixel-to-Pixel Stereo," *International Journal of Computer Vision*, Vol.35, No.3, pp.269-293, December, 1999.

[18] A. Redert, E. Hendriks and J. Biemond, "Correspondence Estimation in Image Pairs," *IEEE Signal Processing Mag.*, Vol.16, No.3, pp.29-46, May, 1999.

[19] C. J. Tasi and A. K. Katsaggelos, "Dense Disparity Estimation with a Divide-and-Conquer Disparity Space Image Technique," *IEEE, Trans. Multimedia*, Vol.1, No.1, pp.18-29, March, 1999.

[20] C. L. Zitnick and T. Kanade, "A Cooperative Algorithm for Stereo Matching and Occlusion Detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.22, No.7, pp.675-684, July, 2000.

[21] V. A. Christopoulos, P. D. Munck and J. Cornelis, "Contour Simplification for Segmented Still Image and Video Coding : Algorithms and Results," *Signal Processing : Image Commun.*, Vol.14, No.4, pp.335-357, Feb., 1999.

유 명 준



e-mail : mjyu@metro.daejeon.kr

1993년 한밭대학교 전자계산학과(공학사)
1997년 한밭대학교 전자계산학과(공학석사)
1979년~현재 대전광역시청 정보화 담당관
2000년~현재 배재대학교 정보통신공학과
박사과정 수료

관심분야 : 영상처리, 비디오 편집

김 신 형



e-mail : zeros@mail.pcu.ac.kr

2001년 배재대학교 정보통신공학과(공학사)
2003년 배재대학교 정보통신공학과
(공학석사)
2003년~현재 배재대학교 정보통신공학과
박사과정

관심분야 : 영상처리, 멀티미디어, 컴퓨터비전

장 종 환



e-mail : jangjw@mail.pcu.ac.kr

1979년 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
1986년 North Carolina 주립대학교 전기
및 컴퓨터공학과(공학석사)
1990년 North Carolina 주립대학교 전기
및 컴퓨터공학과(공학박사)

1990년~현재 배재대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 검색, 비디오편집, 컴퓨터 비전