

스테레오 동영상에서 스네이크 포인트 수의 최적화를 이용한 객체 윤곽 추적 알고리즘

김 신 형[†] · 장 종 환^{**}

요 약

본 논문은 스테레오 동영상에서 스네이크를 이용해 객체 윤곽을 추적하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 스테레오 동영상에서 얻을 수 있는 변이 정보를 이용해 복잡한 배경을 제거하고, 객체의 윤곽에서 곡률이 심한 곳에는 부족한 스네이크 포인트를 추가하고 그렇지 않은 곳은 잉여 스네이크 포인트를 제거하여 윤곽을 잘 검출하도록 하였다. 제안한 방법은 객체의 오목한 윤곽 부분에서 스네이크 포인트 수 부족으로 인해 정확한 윤곽을 검출하기 힘들었던 문제를 해결할 수 있었고 복잡한 배경을 갖는 영상에서도 동작이 잘 되었다. 또한 폐색구간에서도 객체의 영역 변화에 따라 스네이크 포인트를 최적화하며 추적하였다. 제안한 방법은 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

키워드 : 스네이크, 윤곽추적, 스테레오 동영상, 변이정보

Object Contour Tracking Using Optimization of the Number of Snake Points in Stereoscopic Images

Shin-Hyoung Kim[†] · Jong Whan Jang^{**}

ABSTRACT

In this paper, we present a snake-based scheme for contour tracking of objects in stereo image sequences. We address the problem by managing the insertion of new points and deletion of unnecessary points to better describe and track the object's boundary. In particular, our method uses more points in highly curved parts of the contour, and fewer points in less curved parts. The proposed algorithm can successfully define the contour of the object, and can track the contour in complex images. Furthermore, we tested our algorithm in the presence of partial object occlusion. Performance of the proposed algorithm has been verified by simulation.

Key Words : Snake, Contour Tracking, Stereoscopic Images, Disparity Information

1. 서 론

객체 윤곽 추적은 감시시스템, 화상회의 그리고 로봇비전과 같은 다양한 분야에 중요한 연구내용이다. 특히 멀티미디어 정보를 사용자 중심의 대화형 멀티미디어 서비스에 제공하기 위해선 객체단위 부호화가 필수적이고 객체 부호화를 하기 위해선 먼저 객체를 성공적으로 분할하고 추적해야 한다[1]. 기존의 방법들은 2차원 영상에서만뿐만 아니라 스테레오 동영상에서 객체를 추적하는 방법들이 많이 소개되었다. 특히, 일정 포인트들 간의 에너지 최소화 방법을 통해 효과적으로 객체의 윤곽을 검출하고 추적하는 방법으로 스네이크가 널리 알려져 있다[2-4]. 이 방법은 포인트 및 선과

같은 특징에 대한 움직임정보를 에너지 항에 적용하여 객체의 모양이나 윤곽의 변화를 추적할 수 있는 장점이 있지만, 객체의 윤곽이 복잡하고 깊을 경우 에너지 부족현상으로 인해 정확한 윤곽 검출이 힘들고, 배경이 복잡한 경우 주위 에지들로 인해 국부 최소값(local minima)에 빠질 수 있는 단점이 있다.[2] 이러한 문제점을 해결하기 위해 2차원에서 GVF(gradient vector flow) 스네이크[5]와 스테레오 동영상에서 변이 정보(disparity information)를 이용한 방법[6-9]이 소개 되었다. GVF스네이크는 단순히 에지만을 이용하지 않고 에지의 공간확산을 통해 객체의 오목한 윤곽에 스네이크 포인트가 수렴하도록 하였다. 그러나 배경에 강한 에지들이 존재하거나 호리병 모양(gourd shape)의 윤곽을 갖는 객체에서는 잘 수렴되지 않는 문제가 있다. 스테레오 동영상에서 변이 정보를 이용한 추적방법은 변이 정보에 의해 전경과 배경을 효과적으로 분리할 수 있는 장점을 이용하는데

[†] 준 회원 : 배재대학교 정보통신공학과 박사과정

^{**} 종신회원 : 배재대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 2006년 3월 9일, 심사완료 : 2006년 5월 3일

Markovian 통계방법을 이용하여 변이 지도로부터 객체를 분할하여 추적하는 방법[6]과 계층적 블록정합과 적응적 윈도우를 적용하여 얻은 변이 지도를 이용하는 방법[7] 등이 소개되었지만, 이들 방법은 객체의 정확한 윤곽 추적보다는 객체의 영역 및 위치를 추적하고 있고 우리의 방법과는 달리 스네이크는 고려하지 않았다. 본 저자가 발표했던[8, 9] 방법은 변이 정보와 스네이크 포인트의 중범선벡터(binormal vector)를 이용해 객체의 윤곽을 잘 추적하였지만, 고정된 스네이크 포인트 수로는 객체 윤곽의 오목한 정도에 따라 정확한 추출이 힘든 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 스네이크 포인트 수의 최적화 방법을 적용하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 제안하였던 방법[9]을 개선하여 스네이크 에너지 함수를 개선시키고 객체의 윤곽의 곡률(curvature)의 심한 정도에 따라 새로운 포인트를 추가하거나 잉여 포인트를 제거하는 최적화 방법을 이용하여 객체의 윤곽을 추적하는 방법을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스네이크 알고리즘의 기본과 문제점을 설명하고, 3장에서는 제안하는 스네이크 에너지 함수와 스네이크 포인트 수를 최적화하여 객체 윤곽을 추적하는 방법을 설명한다. 4장에서는 제안한 알고리즘을 실험을 통해 성능을 분석하고, 5장은 결론을 기술한다.

2. 기본 스네이크 모델

스네이크는 처음 Kass [3]에 의해 소개되었고 사용자가 입력한 스네이크 포인트로부터 에너지 함수를 반복적으로 최소화하는 방향으로 움직이면서 객체의 윤곽을 찾아내는 방법이다.

스네이크 알고리즘을 이산적으로 표현하면 다음과 같다. 스네이크 포인트를 $v_i = (x_i, y_i)$ 라 하면, $i = 0, \dots, M-1$ 로 M 은 전체 스네이크 포인트의 개수이고, x_i, y_i 는 i 번째 스네이크 포인트의 x, y 좌표이다. 스네이크 포인트를 이동하게 하는 에너지 함수는 식 (1)과 같이 내부 에너지(internal energy) $E_{int}(v_i)$ 와 외부 에너지(external energy) $E_{ext}(v_i)$ 의 합으로 나타낸다.

$$E_{snake}(v) = \sum_{i=0}^{M-1} (E_{int}(v_i) + E_{ext}(v_i)) \quad \text{식 (1)}$$

내부 에너지는 스네이크 포인트의 1차 미분과 2차 미분의 합으로 이루어진다. 내부에너지의 역할은 스네이크 포인트들이 최소화 과정을 통해 부드럽게 연결되도록 한다. 외부 에너지는 경사도가 큰 곳에서 작은 값을 갖게 하여 스네이크 포인트가 관심객체(OOI : object of interest)의 윤곽에 놓이도록 하는 역할을 하게 된다. 일반적으로 영상의 에지 정보를 사용한다.

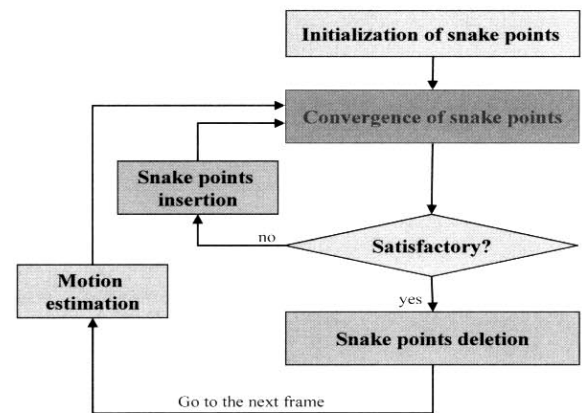
스네이크 포인트들을 연결한 윤곽선을 부드럽게 해주는 내부 에너지는 현재 포인트 v_i 와 이전 및 이후 포인트가 이루는 곡률이 최소가 되는 위치로 v_i 를 이동시킨다. 따라서,

세 포인트가 직선을 이룰 때 곡률이 0이 되어 가장 최소값을 갖게 된다. 이와 같은 성질에 의해 객체의 오목한 윤곽에 수렴하지 못하게 되는 문제점이 발생한다.[4] GVF 스네이크는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 외부에너지를 변화시켜 제안되어졌다.[5] 그러나 호리병 모양의 윤곽을 갖는 객체에서는 잘 수렴되지 않는 문제점을 나타냈고, 외부에너지를 계산하기 위해 상대적으로 많은 시간을 필요로 한다. 그리고 모션 정보를 스네이크 에너지 항에 추가하여 객체를 추적하는 방법은 배경이 복잡하거나 강한 에지가 존재할 경우에 국소 최소값에 빠지는 문제점이 있다.[2] 이러한 기존의 방법들을 해결하고 스테레오 동영상에서의 관심객체를 추적하는 방법을 다음 장에서 자세히 설명한다.

3. 제안하는 알고리즘

제안한 방법은 스테레오 영상을 통해서 얻어진 변이 공간에서 설명한다. 변이 공간은 3차원 공간으로써 x 와 y 축 그리고 변이정보를 나타내는 d 축으로 되어 있고, 변이 공간에서의 t 프레임에서의 i 번째 스네이크 포인트는 $v_{id}^d = (x_{id}, y_{id}, d_{id})$ 로 표현한다.[9]

(그림 1)은 제안하는 알고리즘 흐름도를 나타낸다.



(그림 1) 알고리즘 흐름도

3.1 제안하는 스네이크 모델

(1) 내부에너지

동영상의 첫 프레임에서 적당한 수의 스네이크 포인트를 사용자 입력으로 OOI 윤곽 근처에 설정한 후, 본 논문에서 제안하는 스네이크 모델을 이용해 1차 수렴과정을 수행한다. 제안하는 내부 에너지의 연속(continuity) 에너지는 식 (2)와 같이 정의 하였다. 기존의 방법은 스네이크 포인트들간의 평균거리를 이용하여 포인트들이 등 간격을 이루도록 했지만, 스네이크 윤곽선이 오그라들면서 평균거리는 작아지게 되는데 객체의 오목한 윤곽 부분에서는 오그라들었던 포인트들의 간격이 다시 넓어져야 하기 때문에 기존의 방법은 적합하지 않다. 제안한 방법은 전체 평균거리를 이용하지

않고 이웃한 포인트들간의 거리만을 비교하여 연속 에너지를 정의 하였다. con_{max} 는 이웃한 픽셀들 중 최대값을 나타낸다.

$$E_{con}(v_{i,t}^d) = \frac{\|v_{i-1,t}^d - v_{i,t}^d\| - \|v_{i,t}^d - v_{i+1,t}^d\|}{con_{max}} \quad \text{식 (2)}$$

곡률(curvature) 에너지 $E_{cur}(v_{i,t}^d)$ 는 [9]에 소개된 변이 정보와 중법선벡터를 이용하여 오목한 윤곽으로 스네이크 포인트를 수렴케 하는 방법을 이용한다. 식 (3)은 스네이크 포인트에서의 접선벡터(tangent vector)를 이산적으로 나타낸 것이고, 식 (4)와 (5)는 제안하는 방법에서 사용된 곡률 에너지를 나타내고 있다.

$$T(v_{i,t}^d) = v_{i+1,t}^d - v_{i,t}^d \quad \text{식 (3)}$$

$$E_C(v_{i,t}^d) = \left\| \frac{T(v_{i,t}^d)}{\|T(v_{i,t}^d)\|} - \frac{T(v_{i-1,t}^d)}{\|T(v_{i-1,t}^d)\|} \right\| \quad \text{식 (4)}$$

$$E_{cur}(v_{i,t}^d) = \beta(\lambda E_C(v_{i,t}^d) + (\lambda - 1)E_C(v_{i-1,t}^d)) \quad \text{식 (5)}$$

여기서 후보 스네이크 포인트가 OOI 내부 또는 외부에 존재하는지 확인하는 방법은 스테레오 동영상에서 얻은 변이 정보를 이용한다. 관심객체의 변이 정보를 알아내면 변이 지도에서 관심객체의 영역을 알 수 있기 때문에 스네이크 포인트가 객체 내부 혹은 외부에 있는지 결정할 수 있다. λ 는 후보 스네이크 포인트가 OOI 내부에 존재할 때 0으로, 밖에 존재할 때는 1로 설정된다. 여기서 β 의 부호는 현재 포인트에서의 중법선벡터 $B(v_{i,t}^d)$ 의 부호와 같게 '+' 부호 또는 '-' 부호로 설정된다.

(2) 외부에너지

외부 에너지는 스테레오 동영상으로부터 보다 정확한 변이 정보를 얻어야 그 성능이 향상되기 때문에 본 논문에서는 패치기반의 스테레오 정합방법[10]을 이용하여 변이 지도를 얻고 변이 공간으로 변환 후, OOI가 위치한 깊이($d_{OOI,t}$)에서의 레이어 영상(layer image) $f_{DS}(x_{i,t}, y_{i,t}, d_{OOI,t})$ 에 대해 경사도를 측정하여 사용하였다.[9]

본 논문에서는 스네이크 포인트가 객체의 모서리로 이동할 수 있게 새로운 코너(corner) 에너지를 정의 하였다. 스네이크 포인트가 수렴과정에서 객체의 모서리 부분을 검출한다면 더 적은 수의 스네이크 포인트를 이용해 객체를 묘사할 수 있는 장점이 있다. 제안한 에너지는 식 (6)과 (7)과 같다. $E_{edge}(v_{i,t}^d)$ 는 $v_{i,t}^d$ 와 $v_{i+1,t}^d$ 을 잇는 선분($v_{i,t}^d v_{i+1,t}^d$)상의 에지값들을 더하는 함수이고, $E_{cor}(v_{i,t}^d)$ 는 현재 포인트 $v_{i,t}^d$ 와 이웃한 포인트 $v_{i-1,t}^d$ 와 $v_{i+1,t}^d$ 사이에 에지가 많이 존재하는 쪽으로 포인트를 이동시키는 역할을 한다.

$$E_{edge}(v_{i,t}^d) = \sum_{v^d \in v_{i,t}^d v_{i+1,t}^d} |Vf_{DS}(v^d)| \quad \text{식 (6)}$$

$$E_{cor}(v_{i,t}^d) = - \left\{ \frac{E_{edge}(v_{i-1,t}^d) + E_{edge}(v_{i,t}^d)}{cor_{max}} \right\} \quad \text{식 (7)}$$

여기서, v^d 는 두 포인트 사이에 위치한 픽셀을 나타내고 cor_{max} 는 이웃한 픽셀들 중 최대값을 나타낸다. 전체 스네이크 에너지 함수는 다음과 같다. 여기서 ω 는 가중치를 나타낸다.

$$E_{tracking}(v_i^d) = \sum_{i=0}^{M-1} (\alpha E_{con}(v_{i,t}^d) + \beta(\lambda E_{cur}(v_{i,t}^d) + (\lambda - 1)E_{cur}(v_{i-1,t}^d)) + \omega E_{cor}(v_{i,t}^d) + \gamma E_{ext}(v_{i,t}^d)) \quad \text{식 (8)}$$

3.2 스네이크 포인트의 최적화

스네이크 포인트가 객체의 오목한 윤곽에 놓여있다면 그 윤곽을 잘 묘사하기 위해 부족한 포인트를 추가해주고 직선과 같은 윤곽에 존재한다면 포인트를 제거하여 포인트 수를 줄일 필요가 있다. 그 과정은 다음과 같이 설명한다.

(1) 포인트 추가 과정

초기 스네이크 포인트로부터 초기 객체 윤곽이 검출되면 각 포인트에서 곡률벡터 $T'(v_{i,t}^d)$ 는 다음과 같이 계산한다.

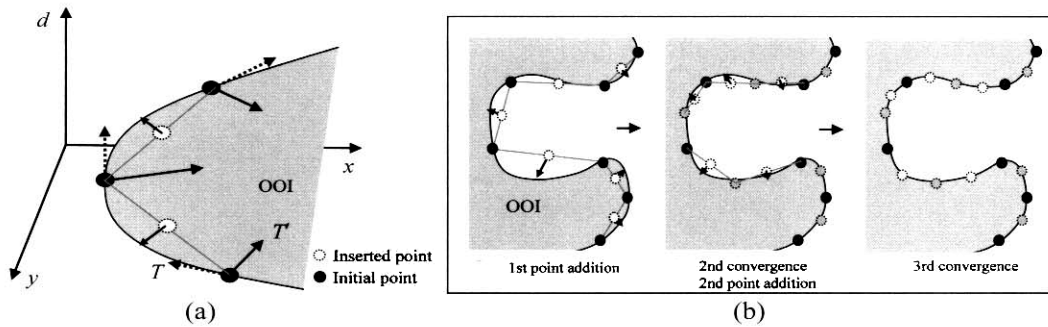
$$T'(v_{i,t}^d) = v_{i-1,t}^d - 2v_{i,t}^d + v_{i+1,t}^d \quad \text{식 (9)}$$

포인트 추가과정은 식 (10)과 같이 현재 포인트에서의 $\|T'(v_{i,t}^d)\|$ 를 측정하여 일정 임계값(th_T) 이상이고 $E_{edge}(v_{i,t}^d)$ 가 임계값(th_{edge}) 보다 작을 경우 식 (11)과 같이 현재 포인트와 다음 포인트의 중간 위치에 새로운 포인트를 생성한다. 곡률벡터의 크기 $\|T'(v_{i,t}^d)\|$ 의 값이 클 경우 현재 포인트에서의 곡률이 크기 때문에 윤곽을 잘 검출하기 위해선 스네이크 포인트가 추가되어야 한다. 또한 두 스네이크 포인트 사이의 에지 정보 $E_{edge}(v_{i,t}^d)$ 가 충분히 작다면 두 포인트 사이에 윤곽이 오목한 것이기 때문에 스네이크 포인트를 추가한다.

$$\|T'(v_{i,t}^d)\| \geq th_T \text{ AND } E_{edge}(v_{i,t}^d) \leq th_{edge} \quad \text{식 (10)}$$

$$c_{i,t}^d = \frac{v_{i,t}^d + v_{i+1,t}^d}{2} \quad \text{식 (11)}$$

생성된 포인트는 다시 수렴과정을 거쳐 객체의 윤곽을 검출한다. (그림 2)는 포인트 추가과정을 보인 것으로 (a)는 볼록면에 대한 수렴과정을 보여주고 (b)는 오목면에 대해서



(그림 2) 포인트 추가 과정

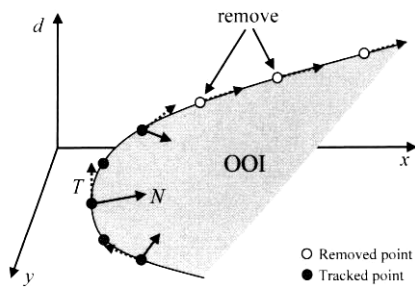
2번의 포인트 추가와 3번의 포인트 수렴과정을 각각 묘사하고 있다.

(2) 포인트 제거

만약 현재 포인트의 $\|T'(v_{i,t}^d)\|$ 가 0에 가깝다면 현재 포인트와 이웃한 포인트들이 이루는 윤곽선은 직선이라고 할 수 있고, 현재 스네이크 포인트인 $v_{i,t}^d$ 는 제거해도 객체의 윤곽을 충분히 표현할 수 있다. 따라서 다음과 같은 조건을 만족할 경우 제거를 한다.

$$\|T'(v_{i,t}^d)\| < th_T \quad \text{식 (12)}$$

(그림 3)은 잉여포인트 제거과정을 보인 것으로 직선 상에 놓여있는 포인트들은 식 (12)의 조건에 의해 제거된다. 잉여 포인트가 제거되고 남은 포인트들은 추적 포인트로 설정되어 다음 프레임에서 객체 추적에 사용한다.



(그림 3) 포인트 제거 과정

3.3 움직임 추정

t 프레임에서 획득된 추적 포인트에 대해서 모션을 예측하여 $t+1$ 프레임에서의 후보 포인트를 설정한다. 이때 포인트의 $\Delta x_{i,t}$ 와 $\Delta y_{i,t}$ 는 MCE(motion compensation error)를 이용해 얻는다. 또한, 매 프레임마다 관심객체의 변이 정보를 얻기 위해 $\Delta d_{i,t}$ 를 예측해야 한다.

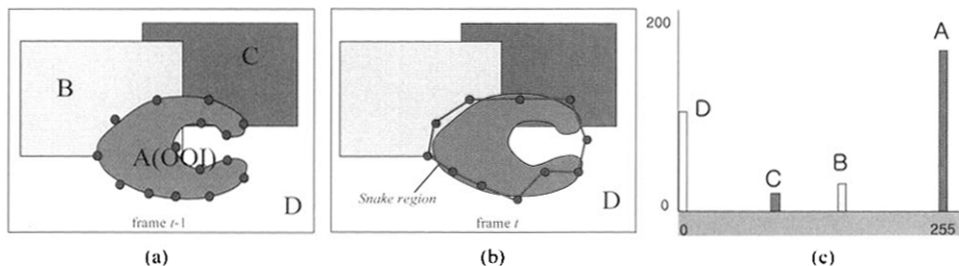
예측된 후보 스네이크 포인트를 연결한 스네이크 영역은 대부분이 관심객체의 변이 정보를 갖고 있기 때문에 변이 지도에서 스네이크 영역 내 히스토그램을 식 (13)과 같이 측정하여 변이 정보를 획득한다.

$$H_i(m) = \text{Card}\{p(x,y) \in R^s \mid f_{DM}(x,y) = m\} \quad \text{식 (13)}$$

R^s 은 스네이크 영역내 픽셀의 집합이고 $p(x,y)$ 은 R^s 내 픽셀 좌표를 나타낸다. 여기서, $\text{Card}\{\}$ 는 집합에서 원소의 총 개수를 얻는 함수이고, $H_i(m)$ 는 스네이크 영역의 히스토그램을 말한다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 객체 윤곽 추적 방법은 펜티엄-IV 3.0GHz, 메모리 1Gbyte, 윈도우 XP환경에서 Visual C++6.0을 이용하여 구현을 하였다. 실험에 사용한 동영상은 베이스라인이 5cm인 평행하게 배치된 두 대의 USB 카메라를 이용해 실제 영상을 획득하였고 영상은 초당 15프레임에 사이즈가 320*240인 영상을 이용하였다. 제안한 방법의 성능분석은 실제 OOI의 영역과 예측된 스네이크 영역을 이용해



(그림 4) 변이 히스토그램을 이용한 OOI의 변이 측정

RSD(relative shape distortion)를 계산하여 비교하였다. RSD는 예측된 영역이 실제 영역에서 비해 왜곡된 정도를 나타낸다.

실험결과는 (그림 5)에서 (그림 9)까지 나타나고 있다. (그림 5)는 GVF 스네이크와 기존의 스테레오 동영상에서의 방법[9] 그리고 제안한 방법을 이진 영상에 적용하여 그 결과를 보였다. GVF스네이크의 경우 호리병 모양의 윤곽 내부에까지 수렴하지 못하고 기존의 스테레오 동영상에서의 방법은 오목한 윤곽에서 스네이크 포인트수의 부족으로 객체 윤곽을 잘 표현하지 못한다. 그러나 제안한 방법은 오목한 윤곽까지 스네이크 포인트를 잘 이동시키면서 포인트가 부족한 오목한 윤곽에서는 제안한 방법으로 새로운 포인트를 추가하여 윤곽을 잘 표현하는 것을 실험을 통해 확인하였다.

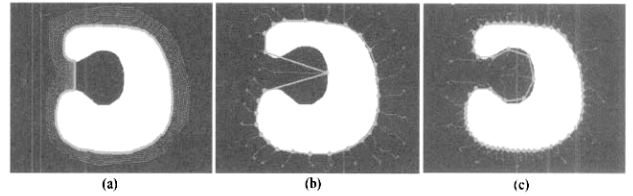
(그림 6)은 변이 히스토그램을 이용해서 OOI의 변이 정보를 측정된 결과를 보여주고 있다. (a)는 패치기반의 스테레오 정합을 통해 얻은 변이 지도를 보여주고 있고, (b)는 이전 프레임에서의 스네이크 포인트들을 MCE를 통해 현재 프레임에서 예측된 포인트들을 나타낸다. 정확한 윤곽을 찾지는 못했지만 예측된 영역을 관찰해 보면 대부분의 영역이 OOI의 영역임을 볼 수 있고 이 영역에서의 변이 히스토그램을 측정된 결과는 (c)에 나타난 것과 같다. OOI의 변이 값이 255 이기 때문에 변이 히스토그램에서 255위치에 가장 많은 4699 픽셀을 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다.

(그림 7)은 동영상에서 기존 방법들과 제안한 방법을 적용해 OOI의 윤곽을 추적하는 실험결과를 보여주고 있다. (a)는 스네이크 함수에 모션정보만을 적용한 방법[2]을 단일 동영상에서 적용한 결과로 배경에 존재하는 에지의 영향으로 스네이크 포인트들이 국소 최소값에 수렴하여 좋은 결과를 보여주지 못했다. 반면에 스테레오 동영상에서 프레네 방정식을 적용한 스네이크 모델[9]을 적용한 방법은 (b)와 같이 오목한 윤곽에 잘 수렴하지만 오목한 윤곽에서는 포인트 수의 부족으로 정확한 윤곽을 검출하지 못했다. 제안한 방법은 (c)에 그 결과를 보여주고 있다. 오목한 윤곽에 잘 수렴하면서 스네이크 포인트가 윤곽의 곡률 정도에 따라 최적화를 과정을 수행하여 보다 좋은 검출 성능을 보여주고 있다. 제안한 방법의 성능분석을 위해 (그림 7) 실험에 대한 RSD값의 비교표를 <표 1>에 보였다. 제안한 방법이 왜곡이 낮음을 확인할 수 있다.

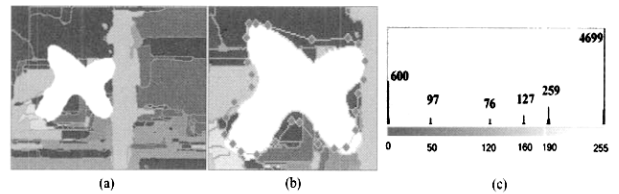
(그림 8)은 호리병 모양의 윤곽을 갖는 숫자 '3'에 대해 기존의 방법[9]과 제안한 방법에 대한 실험 결과이다. 두 방법 모두 초기 스네이크 포인트 수는 16개로 하였다. (a)의 경우 굴곡이 심한 윤곽부분에서 포인트 부족으로 인해 정확한 윤곽을 검출해내지 못하는 것을 볼 수 있다. 제안한 방법 (b)는 첫 프레임에서 초기 포인트 수가 (a)와 같이 설정되어 전체적으로 객체의 윤곽을 잘 표하지 못했지만 15프레임을 보면 객체 윤곽의 굴곡의 심한 정도에 따라 포인트를 추가 및 제거해 줌으로서 윤곽을 보다 잘 검출하는 것을 확인할 수 있다. 15프레임과 30프레임에서의 객체 윤곽은 각

각 33개, 32개의 스네이크 포인트로 검출 되었다.

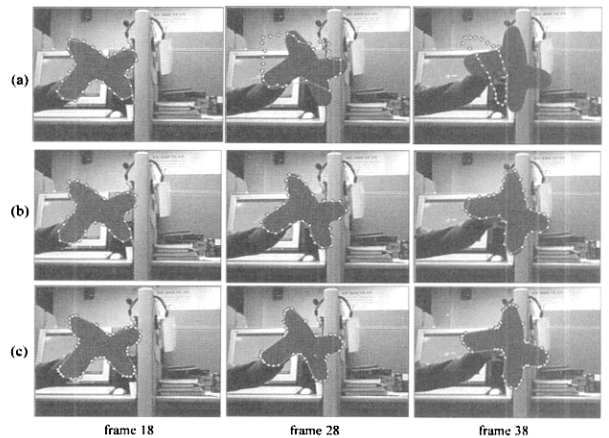
본 논문에서 제안한 방법은 객체가 다른 객체에 가리워지는 폐색구간에서도 잘 작동되는 것을 확인하였다. (그림 9)는 객체가 폐색되는 구간에서 스네이크 포인트처리를 보여주고 있다. 객체의 크기가 줄어들면서 생긴 잉여 스네이크 포인트를 제안한 방법으로 제거하면서 객체의 윤곽을 잘 추적하였다.



(그림 5) 이진영상에서 윤곽 추출 실험결과 : (a) GVF, (b) 기존 방법[9], (c) 제안한 방법



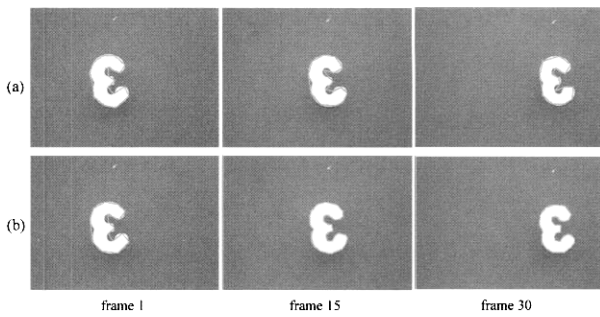
(그림 6) 변이 히스토그램을 이용한 OOI 변이 정보 측정 결과 : (a) 변이 지도, (b) 예측된 스네이크 영역, (c) 변이 히스토그램 (225에서 최대값)



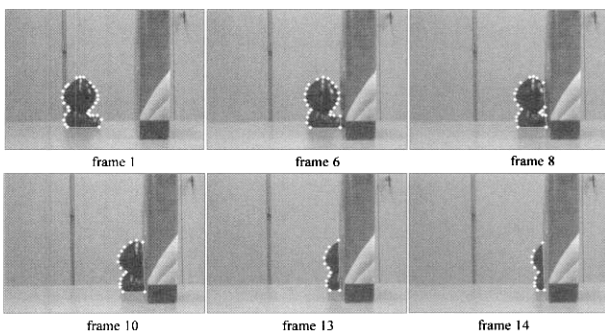
(그림 7) 객체 윤곽 추적 실험결과 1 : (a) 기존 방법[2], (b) 기존 방법[9], (c) 제안하는 방법

<표 1> RSD 비교 표

		RSD		
		frame 18	frame 28	frame 38
(그림 7)	(a)	(275/5113) 0.053	(2644/5113) 0.517	(5591/5113) 1.093
	(b)	(372/5113) 0.072	(469/4887) 0.095	(492/5231) 0.094
	(c)	(260/5113) 0.05	(219/4887) 0.044	(197/5231) 0.037



(그림 8) 객체 윤곽 추적 실험결과 II: (a) 기존 방법[9], (b) 제안하는 방법



(그림 9) 폐색구간에서의 스네이크 포인트 최적화를 적용한 객체 추적 실험결과

5. 결 론

본 논문은 스테레오 동영상에서 스네이크 포인트 수의 최적화 방법을 이용한 객체 윤곽 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 객체의 윤곽에서 곡률이 심한 정도에 따라 스네이크 포인트를 추가 및 제거하는 과정을 반복 수행하여 객체의 윤곽을 검출한다. 뿐만 아니라, 기존의 배경이 복잡한 경우와 객체의 오목한 윤곽에서 에너지 부족현상으로 인한 문제점들을 같이 다루고 있기 때문에 실험을 통해 기존의 방법보다 좋은 결과를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 제안한 방법의 성능평가는 RSD를 이용하여 정량화된 측정값으로 기존의 방법들과 비교하였고 실험영상은 두 대의 카메라로부터 얻은 실영상을 이용하여 수행하였다. 그러나, 스테레오 동영상을 이용하기 때문에 번이 지도를 얻는데 있어서 많은 시간을 필요로 하여 실시간 응용에는 적용하기 힘들다. 하지만, 하드웨어로 구현된 스테레오 정합 시스템을 이용한다면 실시간 응용도 가능하리라 기대된다.

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC JTC/SC29/WG11/W4350: "Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects Part2: Visual" *ISO/IEC 14496-2*, July, 2001.
 [2] M.Pardas and E. Sayrol, "Motion Estimation based Tracking of Active Contours," *Pattern Recognition Letters* 22,

pp.1447-1456, 2001.
 [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snake: Active Contour Models," *Int'l J. Computer Vision*, Vol.1, No.4, pp. 321-331, 1987.
 [4] D. J. Williams and M. Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours And Curvature Estimation," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.55, pp.14-26, 1992.
 [5] C. Xu and J. L. Prince, "Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.7, No.3, pp. 359-369, March, 1998.
 [6] E. Francois and B. Chupeau, "Depth-Based Segmentation," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.7, No.1, pp.237-239, February, 1997.
 [7] E. Izquierdo, "Disparity/Segmentation Analysis: Matching with an Adaptive Window and Depth-Driven Segmentation," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.9, No.4, pp.589-607, June, 1999.
 [8] S.H. Kim and J.W. Jang, "Object Contour Tracking Using Snakes in Stereo Image Sequences," *ICIP 2005*, Vol.2, pp. 414-417, Sept., 11-14, 2005.
 [9] 김신형, 장종환, "스테레오 동영상에서 스네이크를 이용한 객체 윤곽 추적 알고리즘" 정보처리학회 논문지 B권 제 12-B권 제 7호, pp.767-774, 2005.
 [10] Y. Deng, Q. Yang, X. Lin, and X. Tang, "A Symmetric Patch-Based Correspondence Model for Occlusion Handling," *ICCV 2005*, Vol.2, pp.1316-1322, Oct. 17-20, 2005.



김 신 형

e-mail : zeros@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@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
 2006년~현재 중소기업청 지정 배재대학교 창업보육센터 센터장
 2003년~현재 배재대학교 정보통신대학원 원장
 관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 검색, 비디오편집, 컴퓨터 비전