

Contour Extraction of Facial Features Based on the Enhanced Snake

Sung Soo Lee[†] · JongWhan Jang^{††}

ABSTRACT

One of typical methods for extracting facial features from face images may be snake. Although snake is simple and fast, performance is very much affected by the initial contour and the shape of object to be extracted. In this paper, the enhanced snake is proposed to extract better facial features from lip and mouth images as snake point is added to the midpoint of snake segment. It is shown that RSD of the proposed method is about 2.8% to 5.8% less than that of Greedy snake about 6 test face images. Since lesser RSD is especially obtained for contours with highly concavity, the contour is more accurately extracted.

Keywords : Snake, Contour Extraction of Facial Features, Snake Segment

개선된 스네이크를 이용한 얼굴 특징요소의 윤곽 추출

이성수[†] · 장종환^{††}

요약

얼굴 요소의 윤곽을 추출하는 대표적인 방법 중의 하나는 스네이크다. 스네이크는 간단하고 빠르지만 초기 윤곽 및 개체 형태에 따라 성능이 결정된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 스네이크 세그먼트의 중간 위치에 스네이크 포인트를 추가하는 방법으로 윤곽을 더 정확하게 추출할 수 있는 개선된 스네이크를 제안한다. 제안한 방법은 6개의 입과 눈 실험 영상에 적용하여 Greedy 스네이크보다 RSD가 2.8%에서 5.8% 정도 감소하였다. 특히 RSD 감소는 대부분 심한 굴곡이 갖는 윤곽 영역에서 얻었으므로 더 정확한 윤곽 추출을 실험을 통해 확인하였다.

키워드 : 스네이크, 얼굴 특징요소의 윤곽 추출, 스네이크 세그먼트

1. 서론

얼굴 특징을 나타내는 입, 눈 및 코 등의 윤곽을 성공적으로 추출하면 다양한 응용분야에 활용할 수 있어 많은 과학자들이 끊임없이 얼굴 특징의 윤곽 추출을 연구하고 있다 [1]. 예를 들면, 수작업으로 운영하는 출입국 관리시스템 및 범죄자 검색시스템을 효과적으로 사용할 수 있고, 전자상거래, 스마트폰, 줄임방지시스템, 스마트 로봇, 화상전화, 키보드 대신 컴퓨터와 사용자가 대화하는 HCI(Human Computer Interface) 시스템, 및 유비쿼터스 컴퓨팅 등에 적용하면 보안 강화 및 생활의 질을 크게 향상시킬 수 있다. 이와 같이 응용 범위가 무궁무진하게 다양하여 공학 및 의학 등에서 활발하게 연구를 진행하고 있다. 얼굴 특징의 윤곽 추출은 컴퓨터, 메모리 및 영상센서 등의 급속한 발전으로 많은 양의 영상 데이터를 고속으로 처리할 수 있는 시스템이 가능한 1990년대

부터 급속히 발전하였지만 얼굴 특징의 윤곽 추출을 이용하여 얼굴인식에 활용하기에는 인식률이 낮아 범용으로 사용하는 데 한계가 있다[2]. 그러나 지문 및 홍채인식과는 다르게 거리 및 환경에 제약 없이 비접촉으로 처리하기 때문에 저인식률에도 불구하고 사용자 편의성 면에서는 많은 장점을 가지고 있다. 인식률을 높이기 위해 얼굴 특징 검출, 조명인식, 포즈인식, 표정인식, 노화인식, 3차원 얼굴영상 복원 등의 많은 기술을 제안하였지만 아직까지 만족할 만큼의 인식률을 얻지 못하고 있다. 그러나 실생활에 사용할 만큼의 인식률을 갖는 방법이 성공적으로 제안되면 지문인식 및 홍채인식보다 광범위하게 다양한 분야에서 활용될 것이 분명하다[1-3].

영상으로부터 얼굴 특징의 윤곽 추출을 이용한 얼굴인식의 연구분야는 크게 3가지 분류로 나뉜다. 첫 번째 기술은 먼저 입력영상으로부터 얼굴영역을 검출하는 기술이다. 두 번째 기술은 얼굴영역이 검출되면 얼굴영역 안에 특징요소인 눈과 입 등의 영역검출을 한 후 그 영역 내의 존재하는 개체의 윤곽을 추출하는 기술이다. 세 번째 기술은 추출한 윤곽의 특징 값과 데이터베이스와 매칭하여 얼굴을 인식하는 기술로, 크게 3종류로 분류한다[2]. 얼굴영역과 얼굴 특징

[†] 준 회원 : 배재대학교 정보통신공학과 박사과정

^{††} 종신회원 : 배재대학교 정보통신공학과 교수

Manuscript Received : February 2, 2015

First Revision : July 6, 2015; Second Revision : July 27, 2015

Accepted : July 27, 2015

* Corresponding Author : JongWhan Jang(jangjw@pcu.ac.kr)

요소의 영역검출은 입력영상에서 특정 영역을 검출하는 것으로 개체 윤곽 추출보다 정확도가 덜 요구된다. 에지, 컬러, 상호관계, 히스토그램, 그라디언트 등의 특징을 이용한 방법들이 제안되었고 영역을 성공적으로 검출한다. 얼굴인식의 가장 중요한 요소는 사람마다 각기 다른 특성을 갖는 얼굴 특징 요소의 윤곽을 정확하게 검출하는 것이 중요하다. 신뢰성 있는 특징 값을 계산하면 데이터베이스와 매칭하여 성공적으로 인식률을 높일 수 있다.

본 논문에서는 얼굴인식 시스템의 3가지 분야 중에서 인식률에 가장 중요한 기술인 얼굴 특징요소의 눈과 입의 윤곽 추출에 관한 방법을 제안한다. 대표적인 개체 윤곽 추출 방법 중의 하나는 스네이크다[4-16]. 스네이크는 정의된 에너지 함수를 최소화하는 연산을 반복 수행하여 간단하고 빠르게 개체 윤곽을 추출하는 방법이지만 초기 윤곽 및 개체 형태에 따라 성능이 결정되는 단점이 있다. 첫째, 초기 스네이크 포인트 수를 증가시키면 계산시간이 많이 소요되고 개체 윤곽에 도달하기 전에 에너지 포화현상으로 스네이크 포인트가 개체 방향으로 더 이상 이동하지 못하고 정지하는 경우가 발생한다. 둘째, 스네이크 포인트 간격은 에너지 함수의 최소화 연산을 반복 수행하면 집진적으로 등 간격으로 수렴되지만 개체 윤곽을 정확하게 추출하기 위해서는 심한 굴곡을 갖는 영역에 스네이크 포인트가 더 많이 수렴되어야 한다. 스네이크는 간단하지만 위에서 설명한 단점 때문에 복잡한 형태의 얼굴 특징요소의 윤곽을 정확하게 추출하기 어렵다. Greedy 스네이크는 스네이크 포인트마다 가중치를 두고 반복 연산을 수행하여 속도 및 수렴의 안정도를 높이는 방법을 제안하였다[5].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 2단계로 구성된 개선된 스네이크를 제안하여 얼굴 특징요소의 윤곽을 추출하였다. 첫째, 에너지 포화상태 없이 성공적으로 개체 윤곽에 도달할 수 있도록 스네이크 포인트 수를 설정하고 에너지 함수의 최소화 연산을 반복 수행한다. 둘째, 스네이크 포인트를 연결한 세그먼트 중간에 스네이크 포인트를 삽입하고 추가된 스네이크 포인트를 개체 방향으로 이동시킴으로써 더 정확한 개체 윤곽을 추출한다. 2단계 연산은 에너지 함수의 최소화가 변함이 없을 때까지 반복 수행한다. 개선된 스네이크는 기존 스네이크보다 심한 굴곡이 있는 영역에서 개체 윤곽을 더 정확하게 추출한다. 먼저 2절에서는 일반적인 얼굴인식에 포함되는 단계별 기술 내용에 대해 설명하고, 3절에서는 개선된 스네이크를 이용한 얼굴 특징요소인 입과 눈의 윤곽 추출에 대한 방법을 논한다. 그리고 4절에서는 다양한 얼굴영상에 Greedy 및 개선된 스네이크를 적용한 결과영상을 통해 성능을 분석한다. 마지막으로 5절에서는 향후 연구 방향 및 결론을 논한다.

2. 간단한 얼굴인식 기술의 전체 구조

간단한 얼굴인식 기술의 단계별 구성도는 Fig. 1에 주어진다. 첫 번째 단계는 입력영상을 획득하면 영상을 변환한다. RGB 컬러입력 영상을 $YCbCr$ 영상으로 변환한 후 Y 성

분을 사용하여 얼굴 위치 및 얼굴 특징요소의 영역을 검출한다. 얼굴 특징요소의 영역을 성공적으로 분리하면 그 영역 내에 있는 눈과 입의 개체 윤곽을 추출한다. 얼굴 특징요소인 눈과 입의 윤곽을 추출하는 대표적인 방법 중의 하나가 스네이크다. 마지막 단계는 추출한 개체의 특징 값을 계산한 후 데이터베이스에 저장된 값들과 유사도를 계산하고 매칭 하여 얼굴을 인식한다.

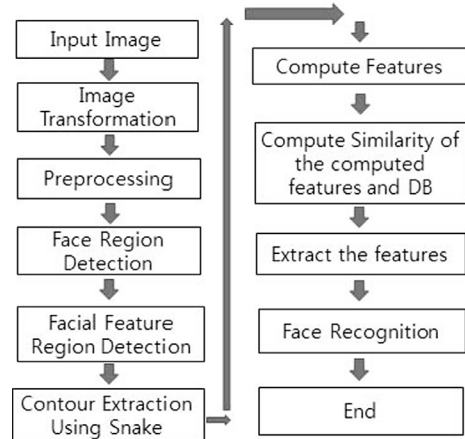


Fig. 1. The Overall System of Face Recognition Using Snake

3. 개선된 스네이크

3.1 기존 스네이크의 문제점 분석

스네이크는 처음 Kass[4]가 소개하였고, 사용자가 입력한 스네이크 포인트로부터 에너지 함수의 최소화 연산을 반복적으로 수행하여 개체 윤곽을 추출하는 방법을 말한다. Fig. 2에 스네이크를 이산적으로 표현하여 나타내었다. 스네이크 포인트를 $v_{t,i}$ 라 하면 t 는 시간, $i=0, \dots, M-1$ 이고 M 은 총 스네이크 포인트 수이다. $v_{0,k}$ 와 $v_{f,k}$ 는 각각 초기 및 최종 k 번째 스네이크 포인트를 나타낸다.

C_0 와 C_f 는 각각 초기 및 최종 스네이크 포인트를 연결한 초기 및 최종 윤곽이다. 스네이크 포인트를 개체 방향으로 이동시키는 에너지 함수는 일반적으로 Equation (1)로 주어진다.

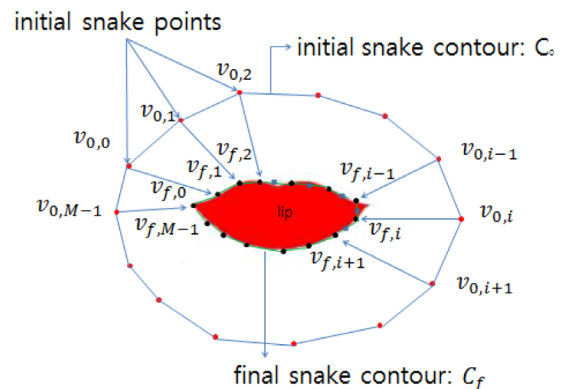


Fig. 2. Lip Contour Extraction Using Snake

$$E_{snake}(v_t) = \sum_{i=0}^{M-1} \{E_{internal}(v_{t,i}) + E_{external}(v_{t,i})\} \quad (1)$$

내부에너지($E_{internal}$)는 일반적으로 연속에너지($E_{continuity}$)와 곡률에너지($E_{curvature}$)의 합으로 구성된다. 연속에너지는 Equation (2)로 주어진다.

$$E_{continuity} = \alpha \left| \bar{d} - \|v_{t,i} - v_{t,i+1}\| \right| \quad (2)$$

여기에서 \bar{d} 는 스네이크 포인트의 평균거리, $\|\cdot\|$ 는 길이, α 는 1차 미분의 가중치를 각각 나타낸다.

Equation (2)에 주어진 연속의 최소화 연산을 반복 수행하면 스네이크 포인트 간격은 평균거리로 수렴하게 된다.

곡률에너지($E_{curvature}$)는 일반적으로 Equation (3)으로 주어진다.

$$E_{curvature} = \beta \left\| (v_{t,i-1} - v_{t,i}) + (v_{t,i+1} - v_{t,i}) \right\|^2 \quad (3)$$

여기에서 β 는 2차 미분의 가중치를 각각 나타낸다.

곡률에너지는 $v_{t,i-1} - v_{t,i}$ 와 $v_{t,i+1} - v_{t,i}$ 의 두 벡터의 합이 최소화되는 방향으로 스네이크 포인트가 이동하면서 수렴하게 된다. 그러므로 연속에너지 및 곡률에너지 함수는 각각 스네이크 포인트 간격과 이동경로를 결정한다. 외부에너지($E_{external}$)는 일반적으로 Equation (4)로 주어진 에지 정보를 사용하여 스네이크 포인트를 개체 윤곽에 정지시킨다.

$$E_{external} = -\gamma |\nabla f|^2 \quad (4)$$

여기에서 매개변수 α , β , 그리고 γ 는 연속, 곡률, 외부에너지의 가중치로 각각의 에너지 중요도를 결정한다. ∇ 는 그라디언트, f 는 영상함수이다. 일반적으로 γ 는 다른 두 변수보다 크게 설정함으로 스네이크 포인트가 개체의 윤곽에 놓이게 한다. 실험에서는 $\alpha=1.0$, $\beta=1.0$, $\gamma=1.3$ 을 사용하였다.

스네이크는 다른 방법보다 간단하고 빠르지만 초기 윤곽 설정이 성능에 많은 영향을 끼친다. 첫째, 초기에 설정한 스네이크 포인트 수가 많으면 개체 윤곽을 정확하게 추출할 가능성이 높지만 계산시간이 많이 소요되고 개체 윤곽에 도달하기 전에 에너지 포화현상이 발생하여 스네이크 포인트가 더 이상 개체 윤곽 방향으로 이동할 수 없는 상황이 발생한다. 반면에 스네이크 포인트 수가 적으면 에너지 포화현상 없이 빠르게 개체 윤곽에 도달하지만 스네이크 포인트가 부족하여 개체 윤곽을 정확하게 추출할 수 없다. 최적의 스네이크 포인트 수를 실험 전에 파악하는 것이 중요하지만 현재까지 연구를 진행하고 있다.

둘째, 스네이크 포인트의 간격은 스네이크 포인트가 개체 방향으로 이동하면서 점진적으로 등 간격을 갖게 되고 스네이크 포인트를 연결한 윤곽은 원 모양으로 수렴된다. 그러

나 스네이크 포인트가 복잡한 윤곽을 갖는 영역에 많이 수렴되거나 개체 코너에 수렴되어야 개체 윤곽을 훨씬 더 정확하게 추출할 수 있다. 개체 코너 검출을 위해 개체 코너의 사전 지식을 이용한 방법이 제안되었지만 다양한 개체에 대해 만족할만한 결과를 얻지 못하고 있다[17].

셋째, 스네이크 포인트가 개체 방향으로 이동하면서 간격이 너무 좁거나 스네이크 포인트를 연결한 세그먼트가 직선이면 에너지 포화현상이 발생하여 스네이크 포인트는 더 이상 이동하지 못하고 정지하는 경우가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결한 개선된 스네이크를 사용하여 기존의 방법보다 훨씬 더 정확하게 얼굴 특징요소의 윤곽을 추출하는 방법을 제안한다.

3.2 스네이크 포인트 추가 및 이동 방향 결정

Fig. 3과 같이 $v_{f,i}$ 와 $v_{f,i+1}$ 을 연결한 스네이크 세그먼트의 중간에 추가 스네이크 포인트($v_{mid,i}$)를 삽입하고 스네이크 세그먼트와 직각으로 교차한 직선 방정식은 Equation (5)로 주어진다.

$$y = mx - (v_{mid,i,x}) + v_{mid,i,y} \quad (5)$$

여기에서 m 은 -1/세그먼트 기울기, $v_{mid,i,x}$ 와 $v_{mid,i,y}$ 는 추가 스네이크 포인트의 x 및 y 의 좌표를 나타낸다.

$v_{mid,i}$ 의 이동방향은 $v_{f,i}$ 와 $v_{mid,i}$ 로 만들어진 벡터($\bar{N}_{mid,i}$)와 $v_{f,i}$ 와 a 또는 b 로 만들어진 벡터($\bar{T}_{mid,i}$)의 외적($\bar{B}_{mid,i}$)으로 결정한다. 추가스네이크 포인트가 개체 방향, 즉 b 로 이동하려면 $\bar{B}_{mid,i}$ 는 아래 방향으로 향하여야 한다. 방향이 결정되면 추가된 스네이크 포인트는 개체 윤곽에 도달할 때까지 이동한다.

$$\bar{B}_{mid,i} = \bar{N}_{mid,i} \times \bar{T}_{mid,i} \quad (6)$$

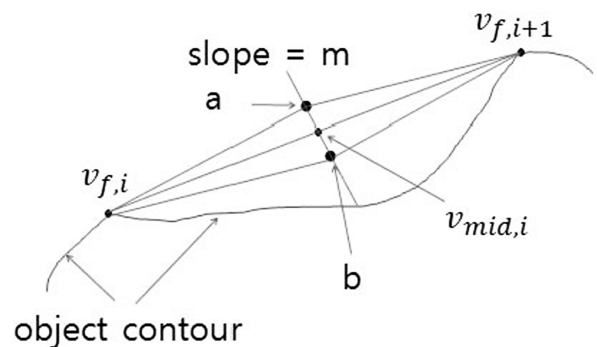


Fig. 3. Snake Point to be Added and Determination of the Moving Direction of the Snake Point

3.3 개선된 스네이크

개선된 스네이크의 알고리즘은 크게 3단계로 구성된다.

1단계 : 초기 윤곽을 설정하고 초기 스네이크 포인트를

에너지 함수의 최소화 연산을 반복 수행하여 개체 윤곽으로 이동시킨다.

2단계 : 스네이크 포인트를 연결한 스네이크 세그먼트의 중간 위치에 스네이크 포인트를 추가하고 추가된 스네이크 포인트를 외적으로 얻은 방향으로 이동시킨다.

3단계 : 스네이크 포인트를 추가해도 에너지 함수의 최소값이 변화가 없을 때까지 2단계를 반복한다.

4. 실험 결과

실험 환경은 Intel® Core(TM) i7-4790 CPU, 3.60 GHz의 PC에서 MS Visual Studio 2013으로 개발하였다. 제한한 알고리즘의 성능을 실험하기 위해 입과 눈의 모양이 다른 3 종류의 컬러 영상을 사용하였다. 얼굴 특징요소인 입과 눈의 개체 윤곽 추출을 위해 먼저 RGB 컬러영상을 $YCbCr$ 로 변환하여 그레이스케일 Y 영상을 얻는다. 입은 수평, 눈은 수직 성분의 에지가 많으므로 소벨(Sobel)연산자를 사용하여 수평 및 수직 에지의 히스토그램을 구하여 입과 눈의 영역을 찾는다. 입과 눈의 영역을 얻은 후 입과 눈의 이진영상을 구한 다음 개선된 스네이크를 적용하여 입과 눈의 윤곽을 추출하였다. Fig. 4와 Fig. 5과 같이 왼쪽, 가운데, 오른쪽 영상은 각각 입과 눈의 실험 영상, Greedy 스네이크 및 개선된 스네이크의 결과영상을 나타낸다. Fig. 4의 실험 영상은 위부터 입이 벌어지는 정도를 나타낸다. 첫 번째는 꼭 다문 입술, 두 번째는 자연스럽게 다문 입술, 세 번째는 입을 살짝 벌리고 치아가 보이는 입술의 3가지 유형의 실험 영상이다. Fig. 5의 실험 영상은 위에서부터 눈이 기운 정도를 나타낸다. 첫 번째는 아래로 향한 눈, 두 번째는 수평인 눈, 세 번째는 위로 올라간 눈의 3가지 유형의 실험 영상이다. 객관적 성능 평가를 위해 RSD(Relative Shape Distortion)를 사용한다.

$$RSD(R) = \{ \sum_{(x,y) \in f} R_{ori}(x,y) \oplus R_{result}(x,y) \} / \sum_{(x,y) \in f} R_{ori}(x,y) \quad (7)$$

여기에서 R_{result} 는 각각의 스네이크를 적용하여 얻은 결과 개체 영역이고, R_{ori} 는 실제 개체 영역이다.

Fig. 4에서와 같이 Greedy 스네이크를 적용한 가운데 결과영상은 심한 굴곡을 갖는 입의 왼쪽, 오른쪽, 위쪽 가운데 영역에서 RSD 값이 큰 반면, 추가 스네이크 포인트를 사용한 개선된 스네이크의 결과영상인 오른쪽 영상은 같은 영역에서 RSD 값이 적다. Fig. 5과 같이 눈은 왼쪽 및 오른쪽 부분에서 굴곡이 크므로 가운데 영상은 왼쪽 및 오른쪽 영역에서 RSD 값이 크다. 개선된 스네이크는 3종류의 영상에 RSD가 적어 눈의 윤곽을 정확하게 추출한 것을 보여준다. 객관적인 성능 평가를 위해 각각의 방법에서 초기 스네이크 포인트 수를 12개로 설정하였다. 초기 및 최종 스네이크 포인트 수 및 소요시간은 Table 1과 Table 2에 나타난다. 개선된 스네이크에서 스네이크 포인트 추가 및 에너지 함수 최소화 연산을 4회 반복하면 굴곡이 심한 영역에서 윤곽을

정확하게 추출하는 것을 보여준다. 개선된 스네이크의 최종 스네이크 포인트는 영상의 종류에 따라 44부터 48개로 초기 스네이크 포인트 수의 3배 정도 추가한다. Greedy 및 개선된 스네이크의 총 소요시간은 Table 2에 나타난다. 총 소요시간은 초기 스네이크 포인트 및 추가 스네이크 포인트가 개체 윤곽에 도달하는 시간이다. 초기 스네이크 포인트는 추가 스네이크 포인트에 비해 상대적으로 개체 윤곽에 멀리 떨어져있으므로 추가 스네이크 포인트의 이동하는 시간은 전체 소요시간에 크게 영향을 끼치지 않는다. Greedy 스네이크의 초기 스네이크 포인트를 개선된 스네이크 포인트의 최종 스네이크 포인트와 같은 44~48로 설정하면 초기 스네이크 포인트가 많아 개체 윤곽에 도달하지 전에 에너지 포화현상으로 개체 윤곽 전에 이동이 정지하는 현상이 발생한다.

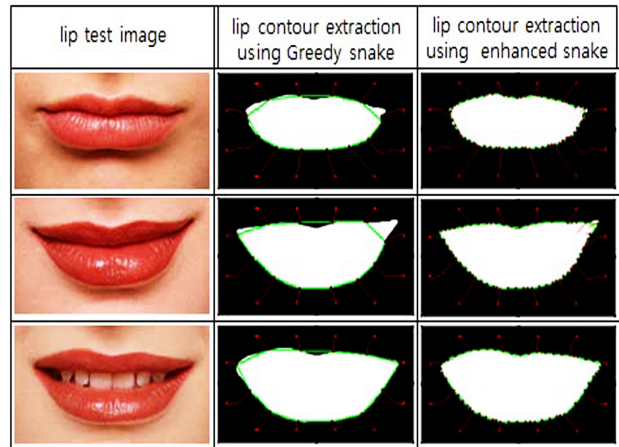


Fig. 4. The Left, Center, Right Images are the Lip Test Image, the Result Images Using Greedy Snake and Enhanced Snake Respectively

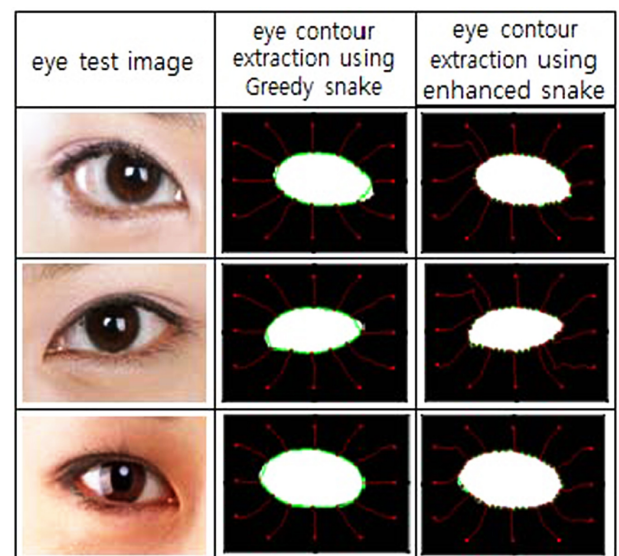


Fig. 5. The Left, Center, Right Images are the Eye Test Image, the Result Images Using Greedy Snake and Enhanced Snake Respectively

Table 2. Computation Time(CT) and RSD of Greedy and Enhanced Snakes

		Greedy snake		enhanced snake	
		CT	RSD	CT	RSD
lip	test image 1	1.50s	126/3245=0.039	1.72s	32/3245=0.010
	test image 2	1.53s	191/4047=0.047	1.73s	34/4047=0.008
	test image 3	1.53s	92/4294=0.021	1.73s	36/4294=0.008
eye	test image 1	1.40s	87/1011=0.086	1.51s	38/1011=0.038
	test image 2	1.41s	70/1205=0.058	1.53s	32/1205=0.027
	test image 3	1.43s	85/956=0.089	1.51s	30/956=0.031

Table 1. Initial and Final Numbers of Snake Points of Greedy and Enhanced Snakes. $N_{G,init}$, $N_{E,init}$, and $N_{E,final}$ are Initial Number of Snake Points of Greedy and Enhanced Snake, and Final Number of Snake Points of Enhanced Snake Respectively

		$N_{G,init}$	$N_{E,init}$	$N_{E,final}$
lip	test image 1	12	12	48
	test image 2	12	12	44
	test image 3	12	12	48
eye	test image 1	12	12	48
	test image 2	12	12	46
	test image 3	12	12	45

5. 결 론

본 논문은 개선된 스네이크를 얼굴영상에 적용하여 얼굴 특징요소의 윤곽을 추출하는 방법을 제안하였다. 기존의 스네이크는 눈과 입의 심한 굴곡을 갖는 영역에서 윤곽을 정확하게 추출하는 데 어려움이 있지만 스네이크 세그먼트의 중간 위치에 스네이크 포인트를 추가하는 개선된 스네이크를 제안하여 문제를 해결하였다. 개선된 스네이크는 10% 정도 수행시간이 더 소요되지만 굴곡이 심한 영역에서 적은 RSD 값을 얻음으로 윤곽이 더 정확하게 추출됨을 보여준다. 3개의 입 실험 영상은 위부터 입이 닫히는 정도가 크고 마지막 영상은 치아가 보일 정도로 입을 크게 벌리고 있다. 3개의 눈 실험 영상도 눈의 기운 정도에 위치 및 크기가 다르다. 이러한 특성을 검출하여 얼굴표정 인식 연구에 활용할 수 있다고 생각된다. 향후 연구 방향은 단일 영상으로 개체를 추출하는 것에 한계가 있어 스테레오 영상을 사용하여 보다 정확하게 개체를 추출하는 방법을 연구하고 또한 얼굴 특징요소의 다양한 윤곽 검출을 하여 얼굴표정 인식 연구를 진행하고자 한다.

References

[1] Kee Young Moon, "Special Report: Biometrics," *TTA Journal*, Vol.98, pp.38-47, Jun., 2014.

[2] Changbeom Lee, Dohynag Kim, JangsumBaek, and Hyukro Park, "A Study on Face Recognition based on Partial Least Squares," *Journal of Information Processing Systems*, Vol. 13-B, No.4, pp.393-400, Aug., 2006.

[3] H. Moon and S. H. Kim, "Face Recognition: A Survey," *Korea Information Processing Society Review*, Vol.20, No.3, pp.14-21, May, 2013.

[4] M. Kass, A. Wtkin, and D. Terzopoulos, "Snake: Active Contour Models," *International Journal of Computer Vision*, Vol.1, No.4, pp.321-331, 1987.

[5] 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.

[6] Kyunghee Lee and Hyeran Byun, "Facial Feature Detection and Facial Contour Extraction Using Snakes," *Journal of Computing Science and Engineering*, Vol.27, No.7, pp.731-735, Jul., 2000.

[7] Kap-Ho Seo, Won Kim, Changmok Ho, and Ju-Jang Lee, "Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color Snake," *Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Industrial Electronics(ISIE 2002)*, Vol.4, pp.457-462, Jul., 2002.

[8] Kyong-Pill Min, Jun-Chun Chun, and Koo-Rack Park, "Detection of Facial Region and Features from Color Images based on Skin Color and Deformable Model," *The KSII Transaction on Internet and Information Systems*, Vol.3, No.6, pp.13-24, Dec., 2002.

[9] Vytautas Perlibakas, "Automatic Detection of Face Features and Exact Face Contour," *Pattern Recognition Letters*, Vol.24, pp.2977-2985, 2003.

[10] Xiong Bing, Yu Wei, and Charayahphan Chareonsak, "Face Contour Extraction Using Snake," *2004 IEEE International Workshop on Biomedical Circuits and Systems*, pp.S3.2-5 S.3.2-8, 2004.

[11] Kwok-Wai Wan, Kin-Man Lam, and Kit-Chong Ng, "An Accurate Active Shape Model for Facial Feature Extraction," *Pattern Recognition Letters*, Vol.26, Issue.15, pp.2409-2423, Nov., 2005.

[12] Shin-Hyung Kim and JongWhan Jang, "A Snake-based

Segmentation Algorithm for Object with Boundary Concavities,” *Journal of Information Processing Systems*, Vol.13, No.4, pp.1-8, Aug., 2006.

- [13] SunHee Weon, KeunSoo Lee, and Gyeyoung Kim, “Contour Extraction of Facial Components Using Template based Snake Algorithm,” *International Conference on Computational Science and Its Applications(2007 ICCSA), LNCS 4705, Part 1*, pp.1034-1047, 2007.
- [14] Huang Hanmin and Jiang Zhen, “Application of an Improved Snake Model in Face Location Based on Skin-Color,” *Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, pp.6897-6901, Jun., 25-27, 2008.
- [15] Siew Wen Chin, Kah Phooi Seng, and Li-Minn Ang, “Enhanced Snake Model and Modified H_{∞} for Lips Contour Detection and Tracking,” *2010 International Conference on Computer Application and Industrial Electronics(ICCAIE 2010)*, pp.659-664, Kuala Lumpur, Malaysia, Dec., 5-7, 2010.
- [16] Qihui Wang, Lijun Xie, Bo Zhu, Tingjun Yang, and Yao Zheng, “Facial Features Extraction based on Active Shape Model,” *Journal of Multimedia*, Vol.8, No.6, Dec., 2013.
- [17] U. A. A. Niroshika and Ravinda G. N. Meegama, “Active Contours with Prior Corner Detection,” *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.6, pp.642-646, Feb., 2012.



이 성 수

e-mail : lss666666@gmail.com

1989년 육군사관학교 물리학과(이학사)

2000년 군사과학대학원 전자통신공학과
(공학석사)

2005년~현 재 배재대학교 정보통신공학과
박사과정

관심분야: 영상처리, C4I



장 종 환

e-mail : jangjw@pcu.ac.kr

1979년 한양대학교 전자통신공학과(공학사)

1986년 North Carolina State University,
전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1990년 North Carolina State University,
전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)

1990년~현 재 배재대학교 정보통신공학과 교수

관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전