

동적 윤곽선 모델을 이용한 PC 카메라 영상에서의 얼굴 윤곽선 추출

Facial Contour Extraction in PC Camera Images using Active Contour Models

김영원, 전병환*

공주대학교 대학원 컴퓨터공학과, 공주대학교 컴퓨터
공학부*

Kim Young-Won, Jun Byung-Hwan

Dept. of Computer Engineering, Graduate
School, Kongju National University
Division of Computer and Science
Engineering, Kongju National University*

요약

얼굴 추출은 휴먼 인터페이스와 생체 인식 및 보안을 위해 매우 중요한 분야이다. 본 논문에서는 동영상에서 얼굴의 윤곽선을 추출하기 위해, DCM(Dilation of Color and Motion) 필터와 동적 윤곽선 모델(Active Contour Model)을 적용한다. 먼저, 본 논문에서 제안된 DCM 필터는 모폴로지의 팽창 연산이 적용된 얼굴 색상영상과 차영상을 결합하고 이를 다시 팽창한 것으로 동영상에서 복잡한 배경을 제거하고 얼굴 영역을 검출하기 위해 사용된다. 동적 윤곽선 모델은 초기 곡선에 영향을 많이 받으므로, 얼굴과 눈, 입의 기하학적인 비율을 이용하여 회전정도를 구한 후, 이를 이용하여 초기 곡선을 자동으로 설정한다. 예지가 약한 부분에서의 윤곽선 추출을 위해, 스네이크의 영상에너지로 에지영상과 밝기영상을 함께 사용하였다. 복잡한 배경이 있는 실내 환경에서 총 5명으로부터 양 눈이 보이는 다양한 헤드 포즈 영상을 25장씩 샘플링하여 총 125장에 대해 실험한 결과, 얼굴 윤곽선의 평균 추출률은 98.1%, 평균 처리시간은 0.2초로 나타났다.

Abstract

The extraction of a face is a very important part for human interface, biometrics and security. In this paper, we applies DCM(Dilation of Color and Motion) filter and Active Contour Models to extract facial outline. First, DCM filter is made by applying morphology dilation to the combination of facial color image and differential image applied by dilation previously. This filter is used to remove complex background and to detect facial outline. Because Active Contour Models receive a large effect according to initial curves, we calculate rotational degree using geometric ratio of face, eyes and mouth. We use edgeness and intensity as an image energy, in order to extract outline in the area of weak edge. We acquire various head-pose images with both eyes from five persons in inner space with complex background. As an experimental result with total 125 images gathered by 25 per person, it shows that average extraction rate of facial outline is 98.1% and average processing time is 0.2sec.

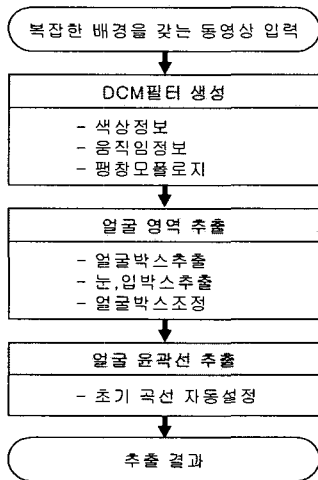
I. 서론

최근 컴퓨터를 이용한 신분확인 및 개인 사생활 정

보 보호를 위한 필요성이 급증하면서, 생체 특징을 이용하는 연구가 여러 응용 분야에서 활발하게 진행

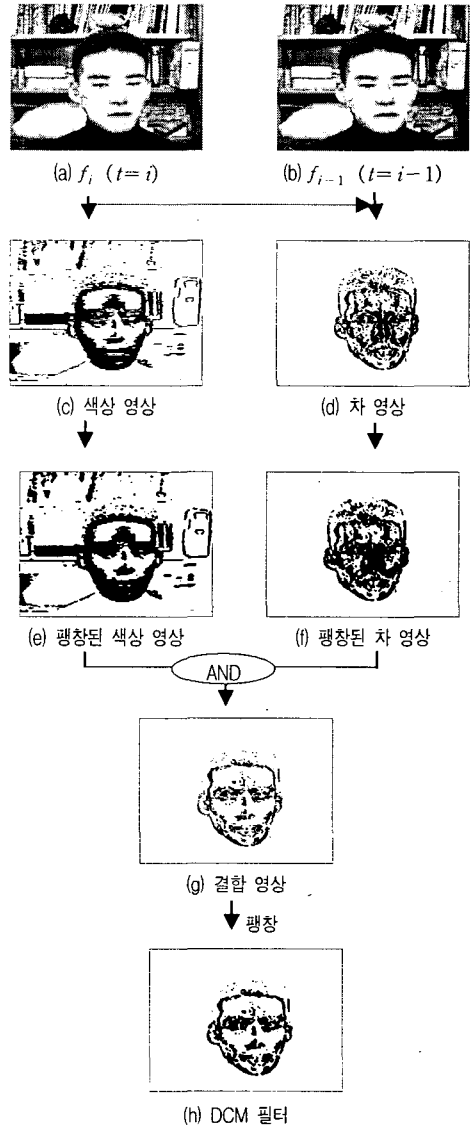
* 본 연구는 공주대학교 자체학술지원 연구사업으로 수행되었음

되고 있다. 얼굴 인식 기술은 크게 얼굴 검출, 특징 추출, 동일성 검증의 세 단계로 이루어지며, 얼굴의 검출 및 특징 추출은 얼굴 인식의 성능을 높이고 실시간 처리를 위해 매우 중요하다. 영상 내에서 얼굴의 검출은 배경, 조명 등 환경 변화뿐만 아니라, 각 개인별 특징의 차이, 얼굴의 상하좌우 각도, 얼굴 표정, 영상내의 얼굴 크기 변화 등으로 인하여 많은 어려움이 있다. 다양한 응용에서의 섬세한 조작을 위해서는, 단순히 얼굴 및 얼굴 요소의 위치나 대략적인 영역을 포착하는 것이 아니라 정교한 윤곽선 추출이 요구된다. 이를 위해서는 동적 형태 모델 방법이 가장 적합하다. 본 논문에서는 동영상에서의 움직임 정보와 얼굴 색 정보를 이용하여 복잡한 배경이 있는 컬러 동영상에서 얼굴영역을 찾기 위한 DCM 필터를 제안하고, William이 제안한 스네이크 알고리즘을 이용하여 얼굴의 윤곽선을 추출한 후, 잡음을 제거하는 후처리를 수행한다. 시스템의 전체 과정은 [그림 1]과 같다.



▶▶ 그림 1. 시스템의 구성

거된 얼굴 영역을 검출하기 위해 색상 정보와 움직임 정보를 이용하는 방법[1]에 잡음 제거 및 얼굴 영역의 확장을 위하여 모폴로지의 팽창 연산을 결합한 DCM(Dilation of Color and Motion)필터를 제안한다. [그림 2]는 DCM 필터 생성 과정을 나타낸다.



▶▶ 그림 2. DCM 필터 생성 과정

II. DCM 필터 생성

본 논문에서는 컬러 동영상에서 복잡한 배경이 제

2.1 색상 정보

YIQ 컬러 모델의 색상 성분인 I(in-phase)를 0~255로 나타낼 때 실험에 의해 130~150에 해당하는 곳을 최적의 얼굴색 구간으로 사용한다. 입력된 RGB 공간의 영상으로부터 YIQ 공간으로 변환은 식(1)과 같다. [그림 2]의 (a)는 입력된 원영상을 나타내고, (c)는 얼굴색 구간을 나타낸 영상이다.

$$I = (0.596R - 0.275G - 0.321B) \quad (1)$$

2.2 움직임 정보

동영상에서 입력된 현재 프레임 f_i 와 이전 프레임 f_{i-1} 간에 밝기 차이가 일정 임계치 이상인지 여부를 나타내는 이진 차 영상을 사용한다. 이때 전체 화소 수에서 밝기 차이가 발생한 화소의 수의 비율(15%)을 임계치로 사용하며, 임계치미만인 경우 그 이전 프레임 f_{i-2} 와의 차 영상을 구하는 방식으로 적응적인 움직임 정보를 구한다.

2.3 팽창 모폴로지

잡음 제거 및 얼굴 영역의 확장을 팽창 연산을 적용한다. 구축 요소 B에 의한 집합 X의 팽창은 식(2)과 같다. 여기서 X는 주어진 영상이고 B는 십자(+)형태를 사용한다. [그림 2]의 (e)와 (f)는 각각 색상 정보 영상과 움직임 정보 영상에 팽창 연산을 적용한 예이고, (g)는 (e)와 (f)를 AND결합한 결과이다. (h)는 (g)영상에 팽창은 적용한 결과로 제안하는 DCM 필터를 나타낸다.

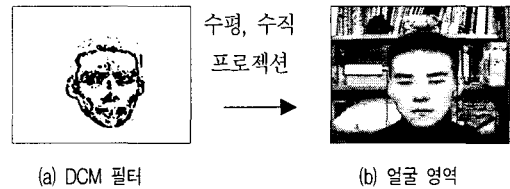
$$\delta_B = \{x \mid B_x \cap X \neq \emptyset\} \quad (2)$$

Ⅲ. 얼굴 영역 추출

3.1 DCM 필터 이용한 얼굴 영역 추출

복잡한 배경을 갖는 동영상에서 DCM 필터를 이

용하여 복잡한 배경 성분을 제거한 후 수평, 수직프로젝션을 적용하여 얼굴 영역을 추출한다. [그림 3]은 얼굴 영역 추출을 나타낸 예이다.



▶▶ 그림 3. 얼굴 영역 추출

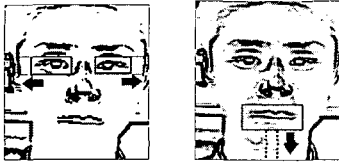
3.2 눈, 입 박스 추출

얼굴 영역 내에서 눈 영역검출을 위해, 두 눈이 얼굴 영역의 상반부에 위치하고 눈이 눈썹보다 아래에 위치한다는 기하학적 정보와 소벨 연산자에 의한 에지 영상을 이용한다. 이때, 에지 영상을 이진화하기 위해 자동으로 임계치를 설정하는 Robinson이 제안한 LAT(locally adaptive threshold)[2]를 이용한다. 입 박스 추출을 위해서는 입 영역의 후보높이는 추출된 눈 박스 하단과 얼굴 박스의 하단으로 설정하고, 입 영역 후보너비는 양 눈 영역의 바깥쪽에서 1/3지점을 각각 좌측단과 우측단으로 설정한 후, 수평, 수직 프로젝트에 의해 입 박스 영역을 추출한다.

3.3 귀와 목 제거에 의한 얼굴 영역 재조정

DCM필터를 이용하여 추출된 얼굴 영역 내에서 기하학적인 위치 정보를 이용하여 눈과 입의 영역을 추출한 다음 이를 이용하여 얼굴 영역을 조정한다. 먼저, 귀 부분을 제거하기 위해서는 각 눈 영역의 높이 구간에 대해 바깥쪽 경계부터 이진 에지의 수직 프로젝트 값이 임계치 이상 발생하는 곳을 얼굴의 좌우 경계로 재조정한다. 일반적으로 턱 선의 에지는 약하게 나타날 수 있으므로, 입 영역 중앙부분의 하단부터 아래쪽으로 탐색하여 수평 에지 성분이 가장 강하게 나타나는 지점을 턱 선으로 인정하여 얼굴의 하단부를 재조정한다. [그림 4]의 (a)는 얼굴 좌우 조정을

나타내고, (b)는 얼굴 하단부 조정을 나타낸다. [그림 5]는 얼굴 영역의 조정 결과를 나타낸다.



(a) 좌우 조정 (b) 하단 조정
▶▶ 그림 4. 얼굴 영역의 조정 과정



(a) 조정 전 (b) 조정 후
▶▶ 그림 5. 얼굴 영역의 조정 예

IV. 얼굴의 윤곽선 추출

본 논문에서는 에너지 최소화를 위해 Williams[3] 등이 제안한 Greedy 알고리즘을 사용한다. 이 방법은 Kass 등[4]과 Amini[5] 등이 제안한 동적 윤곽선 모델의 단점인 안정성과 유연성의 향상 그리고 강한 제한의 포함뿐만 아니라, Greedy 알고리즘으로 처리 속도를 향상시킨 방법이다. 얼굴의 윤곽선 추출을 위해 사용된 에너지 함수는 식 (3)과 같다.

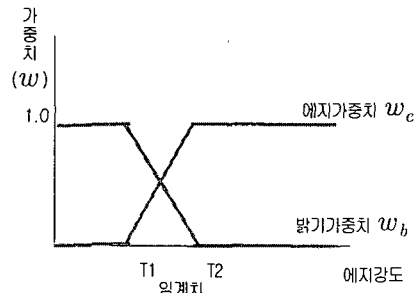
$$E = \int_0^1 \alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - (\gamma | \nabla \text{Img}(v) |) ds \quad (3)$$

4.1 영상에너지

윤곽선 추출을 위해 영상에너지로 에지 영상과 밝기 영상을 사용하였다. 에지정보가 임계치 이상인 경우는 에지영상만 임계치 이하인 경우는 밝기영상만을 사용하고 임계치 범위이내인 경우는 에지 영상과 밝기 영상을 결합하여 사용하였다. 영상 에너지는 함수는 식(4)과 같고, [그림 6]은 에지영상과 밝기영상

의 가중치를 나타내었다.

$$\nabla \text{Img}(v) = w_e E(v) + w_b I(v) \quad (4)$$



▶▶ 그림 6. 영상에너지 개선

스네이크의 영상에너지로 사용된 에지영상과 밝기 영상의 가중치는 [그림 9]와 이 경우는 턱 부분과 같은 에지정보가 약한 영상에서 좋은 결과를 나타내었다.

4.2 초기 스네이크 설정

윤곽선 추출 성능은 초기 설정에 영향을 받으므로, 추출된 얼굴 포즈에 따라 초기곡선을 자동으로 생성해준다. 이를 위해서는 먼저, 각 포즈의 참조 곡선을 생성한 다음 참조곡선들을 보간하여 추출된 얼굴 포즈에 맞는 초기곡선을 생성해준다. 먼저, 스네이크의 참조 곡선을 생성하기 위해서는 정면과 상, 하, 좌, 우의 영상들을 각각 샘플링한 후, 이를 이용하여 표준 얼굴 형태를 추정하여, 각 포즈에 맞는 참조 곡선을 생성한다. 다음 정면과 각각의 포즈에 대한 얼굴 영역내에서의 눈과 입의 기하학적인 위치 정보를 추출한다.

적응적인 초기 곡선을 자동으로 설정하기 위해서는 입력된 영상에서 얼굴 영역과 눈 및 입 영역을 추출한 후, 각각의 기하학적인 위치 정보를 이용하여 회전 방향 및 회전 정도를 추출한 후, 정면 참조 곡선과 회전방향을 참조곡선을 회전정도를 이용하여 선형으로 보간한다.

얼굴의 초기 스네이크는 44개의 정점으로 구성되

고 각 정점의 탐색 영역은 7×7 크기의 윈도우를 이용하여 비교적 넓은 지역을 탐색하도록 한다. 이때, 에너지 함수의 가중치는 $\alpha=1.5$, $\beta=1.0$, $\gamma=1.5$ 로 설정한다.

V. 실험 결과

실험을 위해, 복잡한 배경이 있는 실내 환경에서 총 5명으로부터 머리를 상하좌우로 움직이게 하면서 320×240 화소 크기의 칼라 동영상을 PC 카메라로 수집하였다. 이 중에서, 양 눈이 보이는 상태의 다양한 헤드 포즈 영상을 각각 5장씩 선택하여 실험에 사용하였다. 시스템 사양은 Pentium IV 3.0GHz이고, Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다.

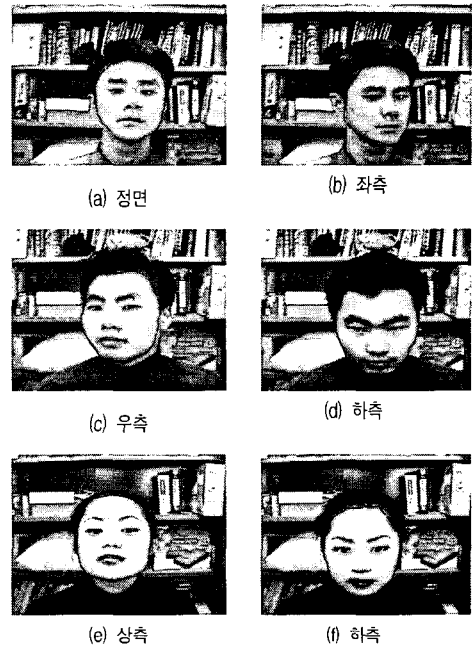
5.1 윤곽선 추출 결과

윤곽선의 평균 추출률은 식(6)과 같다. 먼저, 식(5)와 같이 윤곽선의 오추출률은, N 개의 스네이크 정점 v_i 에서 최단 거리에 위치하는 사용자가 지정한 실제 윤곽선 상의 점 p_j 까지의 거리를 실제 영역의 폭 W 로 정규화한 값의 평균으로 정의한다.

$$\xi_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\min_j |v_i - p_j|}{W} \right) \quad (5)$$

$$E_c = 1 - \xi_c \quad (6)$$

[그림 7]은 스네이크를 이용한 윤곽선 추출의 결과 영상들이다. (a)-(f)에서는 정면, 상, 하, 좌, 우 포즈에서도 각각 얼굴 영역이 정확하게 추출됨을 알 수 있다. [그림 8]은 윤곽선의 오추출한 예를 나타낸다. (a)에서는 턱선 보다 옷에서 에지 성분이 강해 목부분을 포함하여 얼굴 영역으로 추출되었고 (b)에서는 이마부분의 머리카락까지 포함되었으며, (c)와 (d)는 조명의 영향으로 턱선의 경계가 불분명하여 윤곽선이 오추출 되었다.



▶▶ 그림 7. 윤곽선 정추출 결과



▶▶ 그림 8. 윤곽선 오추출 결과

[표 1]은 정면과 상, 하, 좌, 우 방향에 대한 윤곽선 추출율을 나타낸다. 얼굴의 회전 정도에 따른 초기 곡선 설정에 다소 시간이 걸리고 좌 우 회전이 이마 부분에서 머리카락의 영향에 의해 다소 추출률이 낮게 나타났다.

[표 1] 윤곽선 추출률

	추출률(E_c)	처리시간(s)
정 변	98.8%	0.15
상 측	97.3%	0.25
하 측	97.9%	0.22
좌 측	98.4%	0.20
우 측	98.1%	0.19
평 균	98.1%	0.20

VI. 결 론

본 논문에서는 실내 환경에서 PC카메라를 통해 입력된 복잡한 배경이 있는 동영상에서 얼굴의 윤곽선을 추출하기 위해 DCM 필터와 동적 윤곽선 모델 적용을 하였다. 제안된 DCM 필터는 복잡한 배경 잡음을 효과적으로 제거하고 얼굴 영역을 검출하는데 사용하였다. 동영상에서 포즈에 따라 다양하게 변형되는 얼굴의 형태를 정교하게 추출하기 위해서는 회전되는 방향 및 회전정도를 이용하여 스네이크 초기곡선을 선형으로 보간하여 수작업에 의존하지 않고 자동으로 설정하였다. 또한, 스네이크의 영상에너지는 에지영상과 밝기 영상을 결합하여 사용함으로써, 에지가 약한 부분에서의 추출에 효과를 보였다. 향후에는 형태 정보를 스네이크의 새로운 에너지로 관리할 수 있는 방안에 대한 연구가 뒤따라야 한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 박형철, 전병환, “동영상에서 최적의 얼굴색 정보와 움직임 정보에 기반한 얼굴 영역 추출,” 한국정보과학회 논문지, 제27권 제2호, pp.193-200, 2000.
- [2] G. S. Robinson, “Edge Detection by Compass Gradient Masks,” Computer Graphics and Image Processing 6, pp.492-501, 1977.
- [3] D. J. Williams and M. Shah, “A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation”, CVGIP: Image Understanding Vol. 55, No. 1, pp.14-26, Jan. 1992.
- [4] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, “Snakes: Active Contour Models” Int’l Journal of Computer

Vision, pp.321-331, 1988.

- [5] A. Amini, S. Tehrani, and Terry E. Weymouth, “Using Dynamic Programming for Minimizing the Energy of Active Contours in the Presence of Hard Constraints,” Proc. of the IEEE, pp.95-99, 1988.