

논문 2006-43CI-4-7

DCM 마스크와 스네이크의 초기곡선 보간에 의한 동영상에서의 얼굴 윤곽선 추출

(Facial Contour Extraction in Moving Pictures by using DCM mask
and Initial Curve Interpolation of Snakes)

김영원*, 전병환**

(Young-Won Kim and Byung-Hwan Jun)

요약

본 논문에서는 복잡한 배경을 갖는 동영상에서 얼굴의 윤곽선을 추출하기 위해 DCM(Dilation of Color and Motion information) 마스크와 동적 윤곽선 모델(Active Contour Models; Snakes)을 적용한다. 먼저, 얼굴의 색상 정보와 움직임 정보를 모폴로지의 팽창과 AND 연산으로 결합한 DCM 마스크를 제안하여, 복잡한 배경이 제거된 얼굴 영역을 검출하고 영상 에너지의 잡음을 제거하기 위해 사용한다. 또한, 초기 곡선에 민감한 동적 윤곽선 모델의 단점을 극복하기 위해 얼굴 요소의 기하학적인 비율에 의해 추정된 회전정도에 따라 초기곡선을 자동으로 설정하고, 에지가 약한 부분에서의 윤곽선 추출을 위해 스네이크의 영상에너지로 에지강도와 밝기를 함께 사용한다. 실험을 위해, 복잡한 배경이 있는 실내 영상과 방송 영상으로부터 양 눈이 보이는 총 16명의 다양한 헤즈 포즈 영상을 총 480장 취득하였다. 결과적으로, 얼굴의 회전정도에 따라 보간된 초기곡선을 사용하고 에지강도와 밝기의 결합 영상에너지를 사용하는 경우에 평균 처리시간은 0.28초에서 보다 정교한 얼굴 윤곽선이 추출되는 것으로 나타났다.

Abstract

In this paper, we apply DCM(Dilation of Color and Motion information) mask and Active Contour Models(Snakes) to extract facial outline in moving pictures with complex background. First, we propose DCM mask which is made by applying morphology dilation and AND operation to combine facial color and motion information, and use this mask to detect facial region without complex background and to remove noise in image energy. Also, initial curves are automatically set according to rotational degree estimated with geometric ratio of facial elements to overcome the demerit of Active Contour Models which is sensitive to initial curves. And edge intensity and brightness are both used as image energy of snakes to extract contour at parts with weak edges. For experiments, we acquired total 480 frames with various head-poses of sixteen persons with both eyes shown by taking pictures in inner space and also by capturing broadcasting images. As a result, it showed that more elaborate facial contour is extracted at average processing time of 0.28 seconds when using interpolated initial curves according to facial rotation degree and using combined image energy of edge intensity and brightness.

Keywords: DCM 마스크(DCM mask), 얼굴검출(face detection), 윤곽선 추출(contour extraction), 스네이크(snakes), 동적윤곽선모델(active contour models)

I. 서론

생체인식 기술은 사람의 신체적, 형태학적 특징을 개인 식별에 이용한 기술로 보안을 유지해야 하는 여러 분야에서 필요성이 나날이 증가하고 있다. 생체인식에 관한 연구들 중에서 특히 얼굴 인식은 용도가 다양하며

* 정희원, 공주대학교 대학원 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Graduate School,
Kongju National University)

** 평생희원, 공주대학교 컴퓨터공학부
(Division of Computer Science and Engineering,
Kongju National University)

접수일자: 2006년1월19일 수정완료일: 2006년7월1일

직관적으로 인식을 적용할 수 있는 손쉬운 방법으로 출입통제, 범죄자검색, 개인용 정보단말기 인증시스템, 멀티미디어 검색시스템, 보안시스템 등의 분야에서 활발히 적용되고 있는 기술이다. 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.

얼굴 검출에 관한 연구는 크게 영상기반 방법과 특징기반 방법으로 나누어 볼 수 있다. 영상기반 방법에는 대표적으로 신경망을 사용하는 방법이 있다. Rowley^[1]의 특징은 다중 신경망과 중재자 개념의 도입이다. 얼굴 패턴의 검출을 위해 사용된 다중 신경망의 결과는 and, or 그리고 voting과 같은 중재를 통해 효과적으로 조합될 수 있음을 보였다. Sung과 Poggio^[2]는 훈련데이터의 분포학습에 기반을 둔 얼굴 검출 시스템을 제안하였다. 다량의 얼굴 배경과 훈련영상들로부터 고차원 공간상의 분포를 각각 모델링 한 후 검출단계에서는 클래스 판단의 근거로써 테스트 데이터와 모델링 된 분포간의 거리를 사용하였다. 이 방법들은 훈련뿐만 아니라 검출단계에서도 적용되는 연산이 많아 실시간 시스템 구축에 적절하지 못하다는 공통적인 문제점을 갖고 있다. 특징기반 방법은 모양정보를 이용해서 얼굴 영역을 검출하는 방법으로 모자이크^[3], K-L변환을 이용하는 방법^[4] 등이 제안되었다. 하지만 이들 방법들은 얼굴이 거의 정면인 경우 적용이 가능하고, 얼굴의 크기와 방향, 얼굴 이외의 배경에 대해 많은 영향을 받는 단점을 가지고 있다.

다양한 응용에서의 섬세한 조작을 위해서는, 단순히 얼굴 및 얼굴 요소의 위치나 대략적인 영역을 포착하는 것이 아니라 정교한 윤곽선 추출이 요구된다. 윤곽선 추출을 위해서는 스네이크라 불리는 동적 윤곽선 모델이 사용된다. 장재식^[5]은 활성 윤곽선 모델의 진화를 위해 자동적인 위상 변화가 가능하도록 레벨 셋 방법을 사용하고 곡선의 종료율을 위해 피부색 정보를 사용하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 잡음에 강건한 특징이 있으나 얼굴과 얼굴요소인 귀나 목 부분을 제거하지 못하며 초기곡선을 사용자의 입력으로 받는 반자동으로 설정한다. Gunn^[6]은 동적 프로그래밍과 스네이크를 사용하여 먼저 머리의 윤곽을 찾은 후 얼굴의 윤곽을 찾

는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 단순한 배경의 정면 영상에 국한된다. Yokoyama^[7]는 저주파 잡음에 영향을 덜 받으면서도 텍스처의 약한 에지 성분을 강조할 수 있도록 두 가지 크기의 필터로 에지를 추출하고 반복적인 초기화를 한 후 스네이크로 얼굴의 윤곽선을 추출하였다. 이 방법에서는 복잡한 배경은 허용하고 있지만 정면 얼굴의 대칭성에 의존하고 있다. 조용진^[8]은 에너지 함수의 최적화를 위해 동적 프로그래밍을 적용한 스네이크를 이용하여 움직임 예측하면서 동영상에서 머리의 윤곽선을 추출하였다. 그러나 이 방법은 비교적 단순한 배경에 있는 정면의 머리를 추출하고 있다. 이경희^[9]는 에지 영상의 프로젝션으로 구한 최소 포함 사각형(minimum enclosing rectangle; MER)에 초기 설정된 스네이크 모델을 이용하여 얼굴과 눈, 입, 눈썹의 윤곽선을 추출하였다. 그러나 단순한 배경에 있는 정면 얼굴에 국한된다. 이상과 같이, 대부분의 윤곽선 추출은 단순한 배경에 있는 정면 얼굴 영상에서 수행되었음을 알 수 있다.

본 논문에서는 복잡한 배경을 갖는 동영상에서 얼굴 윤곽선을 추출하기 위해 실시간으로 처리할 수 있는 특징기반 얼굴 검출 방식에 기반을 둔다. 먼저, 복잡한 배경을 제거하기 위해 DCM 마스크를 제안하고, 동적 윤곽선 모델을 적용한다. 동적 윤곽선 모델의 문제점을 해결하기 위해, 얼굴의 회전 방향 및 회전정도에 적응적인 초기곡선을 설정하고 스네이크의 영상에너지로 에지정보와 밝기정보를 결합한 복합영상 에너지를 사용한다. 그림 1은 얼굴 윤곽선을 추출하기 위한 전체 처리 과정을 나타낸다.

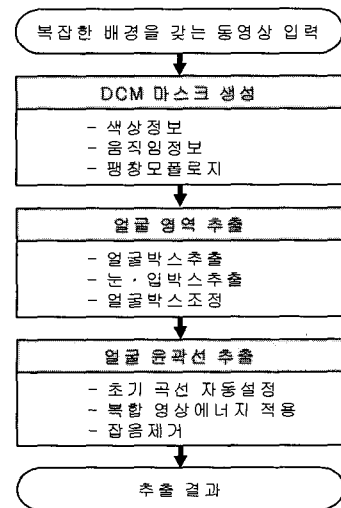


그림 1. 전체 처리 과정
Fig. 1. Flow of total process.

II. DCM 마스크를 이용한 얼굴 박스 추출

1. DCM 마스크 생성

본2 논문에서는 컬러 동영상에서 복잡한 배경이 제거된 얼굴 영역을 검출하기 위해 DCM(Dilation of Color and Motion information) 마스크를 제안한다.

제안하는 DCM 마스크는 얼굴 색상 정보와 움직임 정보에 형태학적 처리 방법인 모폴로지의 팽창연산을 적용한 후 이를 AND 결합하는 방법을 적용한 것으로 입력영상과 같은 크기인 320 × 240의 크기를 가지므로, 복잡한 배경성분을 제거하기 위해 입력영상과 프레임 처리 방식을 사용한다. 다음 식 (1)은 마스크 생성을 나타낸다.

여기서, I_i 는 임의의 영상을 나타내고, $Motion(I_i)$ 는 영상의 움직임 정보를 나타내며, Ψ 는 모폴로지의 팽창연산을 나타낸다. 그림 2의 (h)는 제안하는 방법으로 생성된 마스크를 나타낸 예이다.

$$M_{DCM} = \Psi(\Psi(Color(I_i) \cap \Psi(Motion(I_i))) \quad (1)$$

가. 색상 정보

최적의 얼굴색 구간을 설정하기 위해 YIQ의 I(in-phase) 성분을 0~255로 나타낼 때 실험에 의해 120 ~ 150에 해당하는 곳을 최적의 얼굴색 구간으로 사용한다^[10]. 그림 2의 (a)는 입력된 원 영상을 나타내고, (c)는 YIQ의 I 성분에 의한 얼굴색 구간을 나타낸 영상이다.

$$I = 0.596R - 0.275G - 0.321B \quad (2)$$

나. 움직임 정보

본 논문에서는 움직임이 적어 두 영상 간 명암도 차이가 적으면 얼굴 영역 추출이 어렵다는 단점을 보완하기 위해 적응적인 움직임 정보를 사용한다. 동영상에서 임의의 두 영상간의 명암도 차이는 식 (3)과 같다.

$$D_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{M \times N} |f_i(k) - f_j(k)|}{M \times N} \quad (3)$$

f_i : i 번째 프레임

M : 영상의 폭, N : 영상의 높이

영상 f_i 와 f_{i-1} 의 명암도 차이 D_{ij} 가 임계치 미만일 경우에는 그 이전 프레임인 f_{i-2} 와의 차 영상을 구한

다. 이와 같은 과정을 반복하여 적응적인 움직임 정보를 다음 알고리즘과 같이 구한다.

```

j = i - 1;
while (Dij < threshold)
    -- j;
Motion(Ii) = Dij;
    
```

다. 팽창 모폴로지

일반적으로 구축 요소 B에 의한 집합 X의 팽창은 식

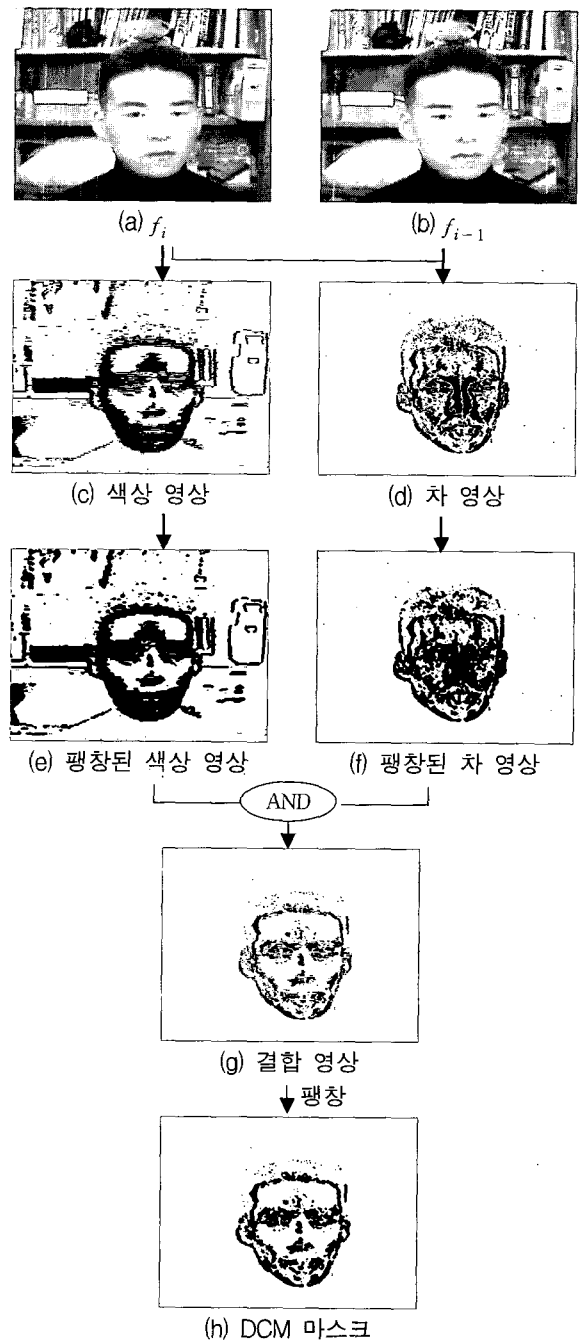


그림 2. DCM 마스크 생성
Fig. 2. Generation of DCM Mask.

(4)와 같다. 여기서, X는 주어진 영상이고 B는 십자(+) 형태를 사용한다.

$$\delta_B = \{x | B_x \cap X \neq \emptyset \text{ RIGHT} \} \quad (4)$$

그림 2와 같이, 얼굴의 색상 정보와 움직임 정보를 결합을 위한 AND 연산의 전과 후에 팽창 연산을 적용함으로써 얼굴의 윤곽선 부근에서 얼굴색상 영역과 차 영상 영역이 정확히 일치하지 않더라도 적절한 결합영역을 검출할 수 있다. 결과적으로, 그림 2의 (h)가 DCM 마스크 M_{DCM} 으로 사용된다.

2. 얼굴 박스 추출

복잡한 배경을 갖는 동영상에서 얼굴 영역의 검출을 위해서는 얼굴 색상정보와 움직임 정보를 결합하여 생성된 DCM 마스크를 이용한다. 이 DCM 마스크에 수평과 수직 프로젝션을 적용하면 얼굴 영역이 추출된다. 그림 3은 얼굴 영역 추출을 나타낸 예이다.

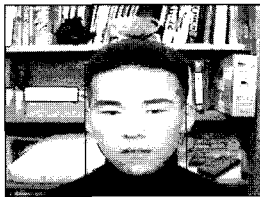


그림 3. DCM 마스크에 의한 얼굴 영역 검출
Fig. 3. Facial region detection using DCM mask.

3. 얼굴 박스 조정

얼굴 영역 박스는 얼굴 윤곽선 추출에 적용할 동적 윤곽선 모델의 초기 설정을 위해 중요하다. 얼굴 박스의 정교한 조정을 위해, 얼굴 박스 내에서 눈과 입의 요소를 추출한 후, 이들의 기하학적인 위치 정보를 이용하여 귀나 목 부분을 제거한다.

가. 눈·입 박스 추출

얼굴 영역 내에서 눈과 입 영역의 검출을 위해, 기하학적인 위치 정보와 소벨 연산자에 의한 에지 영상을 이용한다. 이때, 에지 영상을 이진화하기 위해 자동으로 임계치를 설정하는 Robinson이 제안한 LAT(locally adaptive threshold)^[11]를 이용한다.

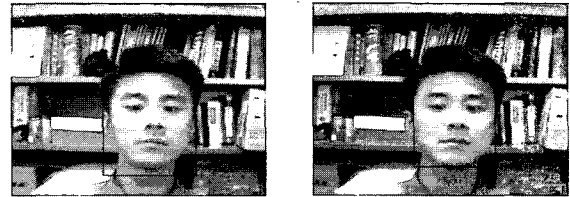
나. 귀와 목 영역 제거에 의한 얼굴 박스 조정

귀를 제거하기 위해서는 눈 영역의 좌우 끝에서부터 에지성분을 탐색하여 에지가 임계치 이상 발생하는 곳



(a) 좌우 조정 (b) 하단 조정

그림 4. 얼굴 영역의 조정 과정
Fig. 4. Process of facial region revision.



(a) 조정 전 (b) 조정 후

그림 5. 얼굴 영역의 조정 예
Fig. 5. Example of facial region revision.

을 얼굴의 좌우 쪽으로 재조정하게 된다. 텍선은 일반적으로 목과 얼굴의 피부색이 유사하여 에지성분이 약하게 나타나는 점을 고려하여 입의 영역 아랫부분의 수평 에지 성분이 강하게 나타나는 지점을 찾아 텍선으로 인정하여 얼굴의 하단부를 재조정한다. 그림 4의 (a)는 얼굴 좌우 조정을 나타내고, (b)는 얼굴 하단부 조정을 나타낸다. 그림 5는 얼굴 영역의 조정 결과를 나타낸 예이다.

III. 얼굴 윤곽선 추출

1. 초기 스네이크 설정

윤곽선 추출 성능은 초기 설정에 영향을 받으므로, 얼굴 박스 영역에 내접하도록 초기곡선을 설정한다. 다양한 포즈에 따라 적응적인 초기곡선 설정하기 위해 정면과 상, 하, 좌, 우 등의 각 포즈에 맞는 44개의 정점으로 구성된 참조 곡선을 정의하고 이들 패턴을 선형으로 보간한다. 먼저 각 포즈의 참조 곡선은 실험을 위해 취득된 열 여섯명의 얼굴 영상을 샘플링하여 표준 참조 곡선을 정의하였다. 그림 6은 각 포즈에 다른 참조 곡선을 나타내며 식 (5)와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \text{정면: } \mathbf{V}_0(s) &= (v_{F1}, v_{F2} \dots v_{Fn}), \\ \text{상측: } \mathbf{V}_U(s) &= (v_{U1}, v_{U2} \dots v_{Un}), \\ \text{하측: } \mathbf{V}_D(s) &= (v_{D1}, v_{D2} \dots v_{Dn}), \\ \text{좌측: } \mathbf{V}_L(s) &= (v_{L1}, v_{L2} \dots v_{Ln}), \\ \text{우측: } \mathbf{V}_R(s) &= (v_{R1}, v_{R2} \dots v_{Rn}) \end{aligned} \quad (5)$$

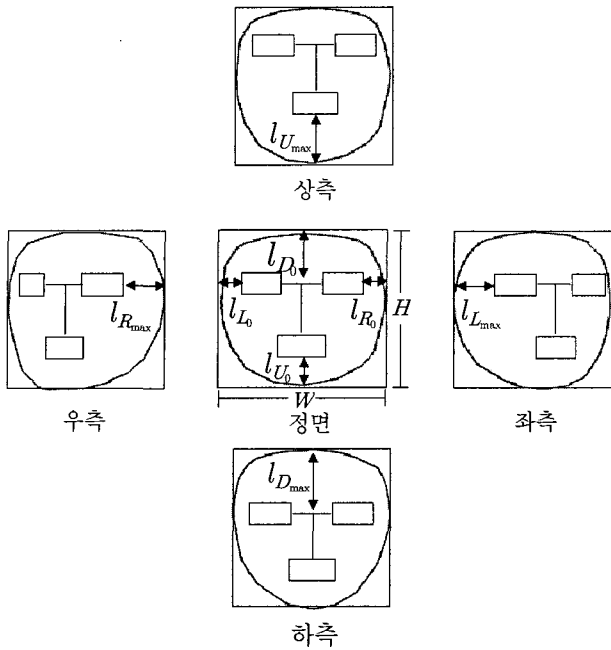


그림 6. 참조 곡선 설정
Fig. 6. Setting of reference curves.

참조 곡선에서 정면과 각각의 포즈에 대한 얼굴 영역 내에서의 눈과 입의 기하학적인 위치 정보를 이용하여 회전에 따른 최대 길이 차이를 계산한다. 길이 파라미터는 식 (6)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \text{상측: } \Delta l_{U_{max}} &= l_{U_0} - l_{U_{max}} & \text{하측: } \Delta l_{D_{max}} &= l_{D_0} - l_{D_{max}} \\ \text{좌측: } \Delta l_{L_{max}} &= l_{L_0} - l_{L_{max}} & \text{우측: } \Delta l_{R_{max}} &= l_{R_0} - l_{R_{max}} \end{aligned} \quad (6)$$

얼굴 윤곽선 추출을 위해 적응적인 초기곡선을 자동으로 설정하기 위해서는 입력된 영상에서 얼굴 영역과 눈 및 입 영역을 추출한 후, 각각의 기하학적인 위치정보를 이용하여 회전 방향 및 회전 정도를 추출하고, 정면 참조곡선과 해당방향의 참조곡선을 회전 정도에 따라 선형으로 보간한다. 식 (7)-(10)은 보간 곡선을 설정하기 위한 수식을 나타낸다.

- ① 회전에 따른 길이 차이 추출
 $i \in \{U, D, L, R\}$
 $\Delta l_i = l_{i_{max}} - l_i, \quad \Delta l_{i_{max}} = l_{i_{max}} - l_{i_0} \quad (7)$
- ② 회전 방향 및 회전 정도계산
 - 회전 방향: $\delta = \{i | \max(\Delta l_i)\}$ (8)
 - 회전 정도: $\rho = \frac{\Delta l_\delta}{\Delta l_{\delta_{max}}} \quad (9)$
- ③ 보간 초기곡선 계산 (10)
 $V = V_0 + \rho \cdot (V_\delta - V_0)$

2. 복합 영상에너지에 의한 탐색

본 논문에서 얼굴의 윤곽선 추출을 위해 사용한 스네이크의 에너지 함수는 식 (11)과 같다. 이때, 에너지 함수의 가중치는 $\alpha=1.5, \beta=1.0, \gamma=1.5$ 로 설정하고, 각 정점의 탐색 영역은 7×7 크기의 윈도우를 이용하여 비교적 넓은 지역을 탐색하도록 한다. 또한 식 (12)와 같이 DCM 마스크에 의해 복잡한 배경이 제거된 에지 성분과 밝기 성분을 함께 영상에너지로 사용한다.

$$E = \int_0^1 \alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - (\gamma \nabla \text{Img}(v) \text{RIGHT}) ds \quad (11)$$

$$\nabla \text{Img}(v) = w_e E(v) + w_b I(v) \quad (12)$$

그림 7은 DCM 마스크를 이용하여 복잡한 배경이 제거된 영상에너지를 나타낸 예이다.

일반적으로 에지가 분명한 경우에는 에지 에너지만으로도 윤곽선을 추출할 수 있지만, 에지가 약하거나 분명하지 않은 경우에는 영상에너지에 의존하는 것이 바람직하다. 이를 위해, 에지 강도에 따라 가변하는 가중치를 그림 8과 같이 정의하여 사용한다. 이때, 에지 강도에 따른 임계치는 실험에 의해 T_1 은 0.3을, T_2 는

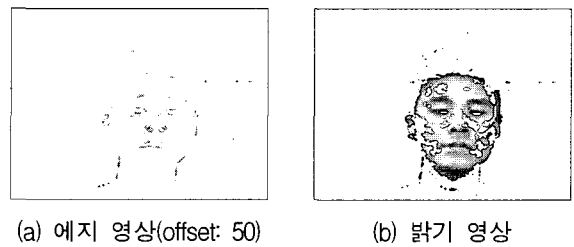


그림 7. 영상 에너지의 예
Fig. 7. Examples of image energy.

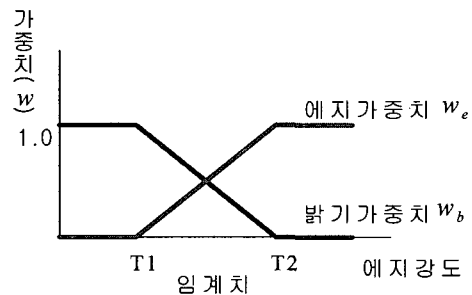


그림 8. 영상 에너지의 결합 가중치
Fig. 8. Weight of image energy.

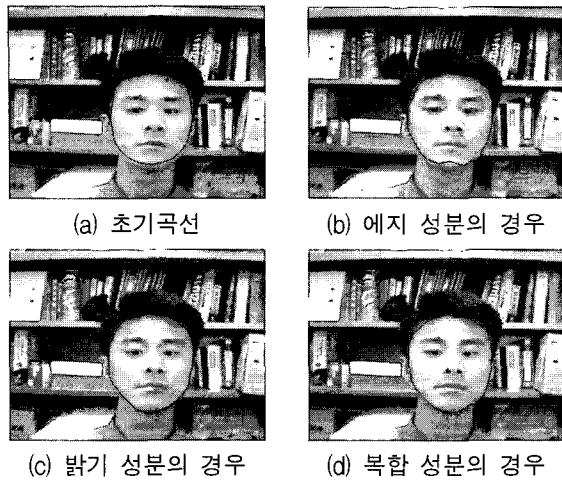


그림 9. 영상 에너지에 따른 추출 예
Fig. 9. Examples of extraction according to image energy.

0.7을 사용하였다. 그림 9는 영상에너지에 따른 추출 결과를 나타낸다.

3. 얼굴의 형태정보를 이용한 윤곽선 잡음 제거

얼굴은 타원형에 가깝다는 형태정보를 이용하여, 추출된 윤곽선에서 정점의 변화가 급격한 곳을 보정하여 잡음을 제거한다. 양 눈 박스의 가장자리를 기준선으로 정한 후, 바깥쪽에 해당하는 얼굴 옆면의 경우에는 식 (13)과 같이 정점의 x좌표를 보정하고, 기준선의 안쪽에 해당하는 얼굴 상하 부분에서는 식 (14)와 같이 y좌표를 보정한다. 그림 10은 잡음제거를 나타낸 예이다.

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad v_i = (x_i, y_i)$$

얼굴 옆면의 경우, $v_i = (x'_i, y_i)$

$$x'_i = mid\{x_{i-2}, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}\} \quad (13)$$

얼굴 상하 부분의 경우, $v_i = (x_i, y'_i)$

$$y'_i = mid\{y_{i-2}, y_{i-1}, y_i, y_{i+1}, y_{i+2}\} \quad (14)$$

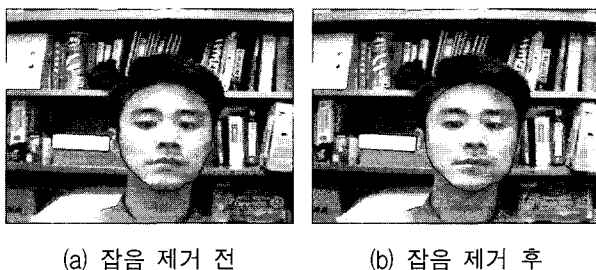


그림 10. 윤곽선 잡음 제거
Fig. 10. Contour noise reduction.

IV. 실험 결과 및 분석

실험 영상은 양 눈이 보이는 상태에서 상, 하, 좌, 우로 움직이면서 촬영된 동영상에서 다양한 포즈에 대해서 30장씩 샘플링 하였다. 영상의 종류는 방송영상과 실험실 영상을 대상으로 각각 8명분씩 총 16명분 480장에 대해 Pentium IV 3.0 GHz에서 초기곡선과 영상에너지에 따른 추출성능을 비교 실험하였다.

1. DCM 마스크 생성 실험

그림 11은 실험 영상에서 추출된 DCM 마스크 나타낸 것으로, (a)에서는 옷의 색상이 얼굴색과 유사하여 일부분을 포함하고 있으나 입영역의 추출한 후 얼굴 영역 재조정에 의해 얼굴 영역이 검출된다. (b)와 (c)에서는 머리카락 부분에 약간의 잡음이 남아있으나 비교적 정확하게 얼굴 영역을 검출하였다.

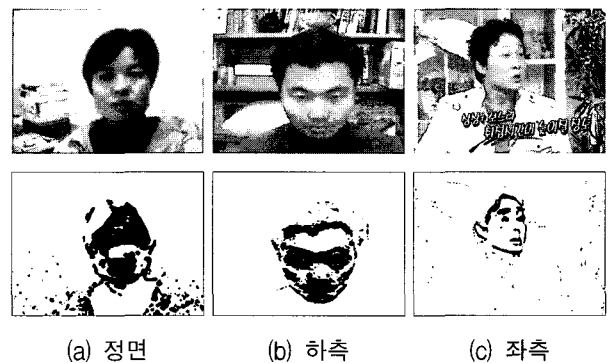


그림 11. DCM 마스크 생성
Fig. 11. Generation of DCM mask.

2. 얼굴 윤곽선 추출 실험

제안된 방법의 얼굴 윤곽선 추출의 성능을 평가하기 위해서 Chamfer distance를 사용한다^[12]. Chamfer distance를 구하기 위해서 입력영상에서 수동으로 정확하게 얼굴의 실제 윤곽선을 추출한다. 이 추출된 실제 윤곽선과 제안된 방법에 의해 추출된 얼굴의 윤곽선을 이용하여 얼굴 경계선간의 Chamfer distance를 식 (15)와 같이 계산한다.

$$C(F, G) = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^2} \quad (15)$$

이 때, F와 G는 각각 제안된 방법과 수동으로 추출한 얼굴 윤곽선 픽셀들의 집합이고, v_i 는 F의 각 픽셀

표 1. 초기곡선에 따른 추출률

Table 1. Extraction rate according to initial curve.

초기곡선 종류	Chamfer distance (화소 거리)	처리시간 (초)
고정 초기곡선	8.15	0.17
보간 초기곡선	1.36	0.28

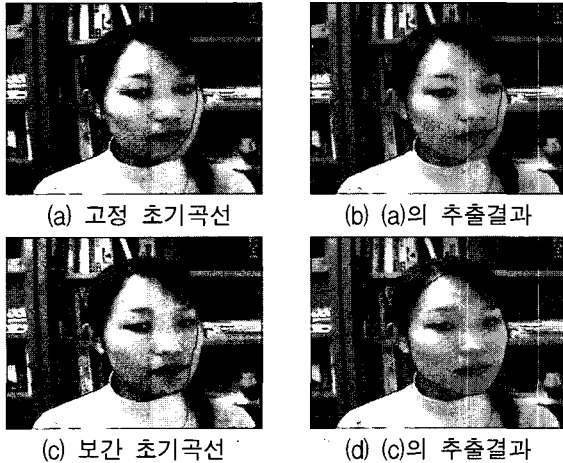


그림 12. 초기곡선에 따른 추출 예
Fig. 12. Examples of extraction according to initial curve.

로부터 G 상의 가장 가까운 픽셀까지의 거리를 나타내고, n 은 곡선상의 화소수이다.

가. 초기곡선 유형에 따른 추출 결과

초기곡선에 설정에 의한 얼굴 윤곽선의 추출률을 실험한다. 이를 위해 고정 초기곡선을 적용한 경우와 얼굴의 회전 방향 및 회전 정도에 따라 참조곡선을 선형으로 보간한 초기곡선을 적용한 경우를 비교한다. 영상 에너지는 에지성분과 밝기성분을 결합한 복합영상에너지를 사용하였고, 윤곽선 추출 후 잡음제거를 수행하였다. 그림 12는 초기곡선 유형에 따른 윤곽선 추출 예를 나타내고, 표 1은 초기곡선 유형에 따른 추출률을 나타낸다.

나. 영상 에너지에 따른 추출 결과

영상에너지의 종류에 따른 성능 차이를 비교하기 위해, 에지 성분과 밝기 성분을 단독으로 사용한 경우와 함께 사용한 경우를 비교하였다. 이때, 보간된 초기곡선을 사용하고, 잡음제거를 수행하였다. 그림 13은 영상에너지를 각각 달리 적용하여 추출한 결과를 나타낸 예이다. (a)와 같이 에지 성분만 적용한 경우 배경과 인접되는 부분에서 에지 정보가 미약할 경우 윤곽선이 다소 거칠게 추출되었다. (b)와 같이 밝기 성분만 적용한 경

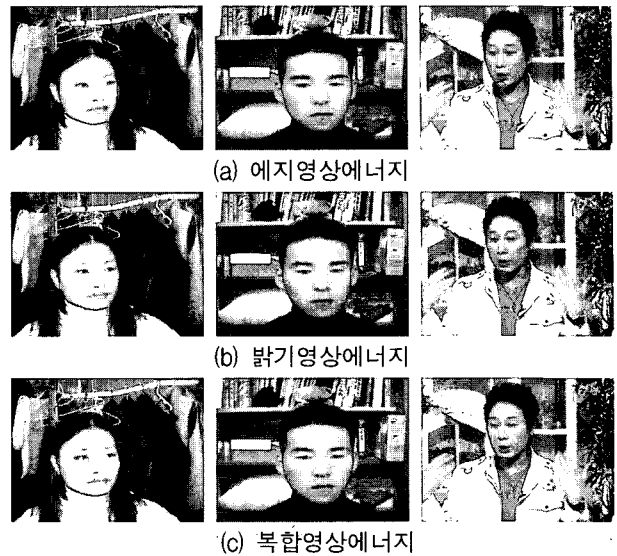


그림 13. 영상 에너지에 따른 추출 예
Fig. 13. Example of extraction according to image energy.

표 2. 영상 에너지에 따른 추출률

Table 2. Extraction rate according to image energy

영상에너지	Chamfer distance (화소 거리)	처리시간 (초)
에지영상에너지	2.45	0.21
밝기영상에너지	2.35	0.25
복합영상에너지	1.36	0.28

우 조명이 비취지는 부분에서 윤곽선이 다소 거칠게 추출되었다. (c)와 같이 복합 영상 에너지를 적용한 경우 얼굴의 윤곽선을 비교적 정확히 추출한 것을 볼 수 있다. 표 2는 영상에너지에 따른 얼굴 윤곽선의 추출률을 나타낸다.

다. 제안한 방법에 의한 얼굴 추출

그림 14는 보간 초기곡선과 복합 영상에너지를 사용하는 제안한 방법으로 얼굴의 윤곽선을 추출한 예이고, 표 3은 회전 방향에 대한 추출 성능을 나타낸다.

표 3. 얼굴 윤곽선 추출률

Table 3. Extraction rate of face contour.

회전방향	Chamfer distance (화소 거리)	처리시간 (초)
정면	1.26	0.18
상측	1.39	0.35
하측	1.40	0.32
좌측	1.37	0.29
우측	1.37	0.27
평균	1.36	0.28



그림 14. 제안한 방법에 의한 얼굴 윤곽선 추출 예
Fig. 14. Examples of facial contour extraction by the proposed method.

V. 결 론

본 논문에서는 복잡한 배경이 있는 동영상에서 신속하고 정확하게 얼굴의 윤곽선을 추출하기 위해, DCM 마스크와 개선된 알고리즘을 제안하였다. 복잡한 배경 및 잡음은 DCM 마스크를 이용하여 효과적으로 제거되었다. 또한, 얼굴의 회전 방향 및 회전 정도에 따른 보간 초기곡선 사용으로 동적 윤곽선 모델의 단점인 초기곡선에 의한 영향을 최소화하였고, 에지 성분과 밝기 성분을 함께 영상에너지로 사용함으로써 턱선 부분과 같이 에지 성분이 약하게 나타나는 영상의 경우에도 보다 정확하게 얼굴 윤곽선을 추출하였다.

향후에는 얼굴의 수평, 수직 방향뿐만 아니라 다양한 방향에 대해서도 윤곽선을 추출할 수 있도록 개선하는 연구가 필요하다. 또한, 눈이나 입과 같은 얼굴의 구성 요소에 대해서도 정교한 윤곽선을 추출하여, 이 정보를 기반으로 얼굴 표정 분석 등에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp.23-38, 1998.
[2] K. K. Sung and T. Poggio, "Example-Based Learning for View-Based Human Face

Detection", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp.39-51, 1998.
[3] G. Yang, T. Huang, "Human Face Detection in a Complex Background", IProc. of Int'l Conf. on Pattern Recognition, Vol. 27, No. 1, pp.53-63, 1994.
[4] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3, No. 1, pp.71-86, 1991.
[5] 장재식, 김은이, 김항준, "활성 윤곽선 모델을 이용한 얼굴 경계선 추출", 전자공학회논문지, 제42권, 제1호, pp.79-87, 2005.
[6] S. Gunn and M. Nixon, "Global and Local Active Contours for Head Boundary Extraction", International Journal of Computer Vision, Vol. 30, No. 1, pp.43-54, 1998.
[7] T. Yokoyama, Y. Yagi, and M. Yachida, "Active Contour Model for Extracting Human Faces", Proc. of Int'l Conf. on Pattern Recognition, Vol. 1, pp.673-676, 1998.
[8] 조용진, 양현승, "Snakes 모델을 이용한 얼굴 윤곽선 추적 시스템", 한국정보과학회논문지, B편, 제 24권, 제1호, pp.62-72, 1997.
[9] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출", 한국정보과학회논문지, 제27권, 제7호, pp.731-741, 2000.
[10] 박형철, 전병환, "동영상에서 최적의 얼굴색 정보와 움직임 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", 한국정보과학회 논문지, 제27권 제2호, pp.193-200, 2000.
[11] G. S. Robinson, "Edge Detection by Compass Gradient Masks," Computer Graphics and Image Processing 6, pp.492-501, 1977.
[12] G. Borgefors, "Hierarchical Chamfer Matching: A Parametric Edge Matching Algorithm", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 10, No. 6, pp. 849-865, 1988.

저 자 소 개



김 영 원(정회원)
 1997년 2월 한국방송통신대학
 전자계산학과 이학사
 2001년 2월 공주대학교 전자계산
 학과 이학석사
 2006년 2월 공주대학교 컴퓨터
 공학과 공학박사

<주관심분야 : 컴퓨터비전, 가상현실, 디지털원형
 복원>



전 병 환(평생회원)
 1989년 2월 연세대학교
 전자공학과 공학사
 1991년 8월 연세대학교
 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 연세대학교
 전자공학과 공학박사

1997년 3월~현재 공주대학교 컴퓨터공학부
 부교수

2000년~2001년 (주)모리아테크놀로지 연구소장
 2001년 MWW의 Who's Who in the World 등재
 2003년 대한전자공학회 학술연구위원
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 가상현실, 유비쿼터
 스>