

## 조명 변화에 견고한 얼굴 특징 추출

정성태\*

# Robust Extraction of Facial Features under Illumination Variations

Sung-Tae Jung\*

### 요약

얼굴 분석은 얼굴 인식, 머리 움직임과 얼굴 표정을 이용한 인간과 컴퓨터사이의 인터페이스, 모델 기반 코딩, 가상현실 등 많은 응용 분야에서 유용하게 활용된다. 이러한 응용 분야에서는 얼굴의 특징점들을 정확하게 추출해야 한다. 본 논문에서는 눈, 눈썹, 입술의 코너와 같은 얼굴 특징을 자동으로 추출하는 방법을 제안한다. 먼저, 입력 영상으로부터 AdaBoost 기반의 객체 검출 기법을 이용하여 얼굴 영역을 추출한다. 그 다음에는 계곡 에너지, 명도 에너지, 경계선 에너지의 세 가지 특징 에너지를 계산하여 결합한다. 구해진 특징 에너지 영상에 대하여 에너지 값이 큰 수평 방향의 사각형을 탐색함으로써 특징 영역을 검출한다. 마지막으로 특징 영역의 가장자리 부분에서 코너 검출 알고리즘을 적용함으로써 눈, 눈썹, 입술의 코너를 검출한다. 본 논문에서 제안된 얼굴 특징 추출 방법은 세 가지의 특징 에너지를 결합하여 사용하고 계곡 에너지와 명도 에너지의 계산이 조명 변화에 적응적인 특성을 갖도록 함으로써, 다양한 환경 조건하에서 견고하게 얼굴 특징을 추출할 수 있다.

### Abstract

Facial analysis is used in many applications like face recognition systems, human-computer interface through head movements or facial expressions, model based coding, or virtual reality. In all these applications a very precise extraction of facial feature points are necessary. In this paper, we presents a method for automatic extraction of the facial features points such as mouth corners, eye corners, eyebrow corners. First, face region is detected by AdaBoost-based object detection algorithm. Then a combination of three kinds of feature energy for facial features are computed: valley energy, intensity energy and edge energy. After feature area are detected by searching horizontal rectangles which has high feature energy. Finally, a corner detection algorithm is applied on the end region of each feature area. Because we integrate three feature energy and the suggested estimation method for valley energy and intensity energy are adaptive to the illumination change, the proposed feature extraction method is robust under various conditions.

▶ Keyword : 얼굴 특징 추출(Facial Feature Extraction), 얼굴 검출(Face Detection), 코너 검출(Corner Detection)

• 제1저자 : 정성태

• 접수일 : 2005.09.23, 심사완료일 : 2005.11.21

\* 원광대학교 컴퓨터공학과교수 \* 이 논문은 2005년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

## 1. 서론

컴퓨터 기술의 발전이 발전함에 따라 마우스나 키보드 같은 일반적인 입력장치에 의존하는 사용자 인터페이스를 탈피하여 보다 자연스럽게 편리한 사용자 인터페이스를 개발하려는 연구가 진행되고 있다. 그중에서도 얼굴의 움직임 및 표정 인식을 사용자 인터페이스에 이용하려는 연구가 근래에 들어 활발하게 진행되고 있다. 또한 가상현실 시스템이나 원격 화상 회의 시스템에서도 얼굴의 움직임이나 표정 인식을 이용하려는 연구가 수행되고 있고, 사용자 인증 및 범죄자 추적 등 여러 가지 응용에서 얼굴 정보를 이용하려는 연구가 수행되고 있다[1,2]. 여러 응용분야에서 얼굴 정보를 사용하기 위해서는 얼굴의 특징을 추출할 필요가 있다. 사람이 말을 하거나 표정을 바꾸면 얼굴의 특징이 변화하기 때문에 형체가 고정된 물체의 특징을 추출하는 것보다 더 어려운 작업으로 여겨지고 있다.

얼굴의 특징을 추출하는 방법으로는 템플릿 기반 방법, 외관 기반 방법, 능동적 외관 기반 방법, 영상 분석 등 여러 가지 방법들이 제안되었다. 템플릿 기반 방법[3,4]에서는 적절한 에너지 함수를 이용하여 템플릿과 얼굴 특징을 맞추으로써 특징을 추출한다. 외관 기반 방법[5,6,7]은 눈, 코, 입술 등 각 얼굴 특징들의 모습을 학습해 두었다가 입력 영상과 비교함으로써 얼굴 특징을 추출한다. 템플릿 기반 방법과 외관 기반 방법 모두 얼굴 영상 데이터와 직접 비교를 통해서 얼굴 특징을 추출한다. 따라서 얼굴 영상을 촬영한 환경이 템플릿이나 학습 데이터를 촬영한 환경과 유사하면 이들 방법은 잘 동작한다. 그러나 얼굴 영상은 조명, 카메라, 사람의 기분, 얼굴 표정 등 다양한 환경 요인에 의하여 변화되기 쉬운데, 이러한 경우에도 템플릿 기반 방법이나 외관 기반 방법이 잘 동작되도록 하기 위해서는 다양한 템플릿을 사용해야 하고 많은 양의 학습 데이터를 필요로 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 능동적 외관 기반 방법[8,9]은 3차원의 얼굴 모델을 입력 영상에 맞추으로써 얼굴 특징을 추출한다. 이 방법은 환경 변화에 잘 적용할 수 있지만, 3차원 얼굴 모델을 이용하기 때문에 프로

그램의 복잡도가 다른 방법에 비하여 더 높고, 초기화 단계에서 사람마다 개별적인 3차원 모델을 생성해야 한다는 문제를 가지고 있다.

템플릿이나 외관 기반의 방법과는 다른 접근 방법으로는 얼굴 특징이 갖는 고유의 명도를 분석함으로써 특징을 추출하는 방법이 있다[10,11,12]. 이들 방법에서는 얼굴 특징이 주위 피부보다 어둡다는 성질을 이용한다. 주위보다 어두운 영역을 찾기 위해서 모폴로지 연산에 기반한 계곡(valley) 검지기를 사용하고 있다. 본 논문에서 계곡 검지기를 조명 변화가 많은 영상에 적용해본 결과 안정성이 떨어지는 문제점을 발견하였다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 여러 가지 검지기를 결합함으로써 조명의 변화가 많은 경우에 얼굴의 특징의 견고성을 높일 수 있는 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 한 사람의 얼굴 영상이 가까운 거리에서 촬영되었다고 가정하고 입술의 양 끝 점이 보이는 데까지만 얼굴을 움직인다고 가정한다. 제안된 방법에서는 견고성을 높이기 위하여 일정 영역이 주위 영역보다 어두운 정도를 나타내는 계곡 에너지, 각 픽셀이 주위 픽셀보다 어두운 정도를 나타내는 명도 에너지, 경계선의 크기를 나타내는 경계선 에너지 세 가지를 결합함으로써 특징 추출의 견고성을 높일 수 있도록 하였다. (그림 1)에는 본 논문에서 제안된 방법의 흐름도가 나타나 있다.

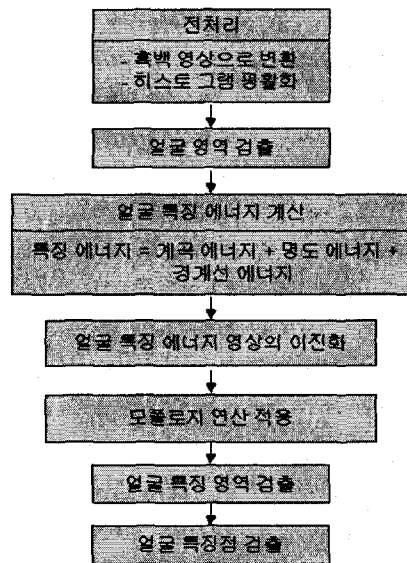


그림 1. 제안된 방법의 흐름도  
Fig. 1. Flow diagram of the proposed method

제안된 시스템에서는 먼저 얼굴 영역을 검출한 다음에 얼굴 영역에 대한 얼굴 특징 에너지를 계산하고, 이 에너지 이미지를 이진화한 다음에 모폴로지 연산을 적용하여 노이즈를 제거한다. 그 다음에는 이진 영상을 탐색하여 얼굴 특징 영역을 검출한 다음에 코너 검출기를 이용하여 얼굴 특징점을 추출한다. 본 논문에서 제안된 방법을 구현하여 달리는 자동차 환경에서 촬영된 영상에 대하여 적용해본 결과 제안된 방법이 기존의 계곡 검출기만을 이용한 방법에 비하여 얼굴 특징점 검출 오류를 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

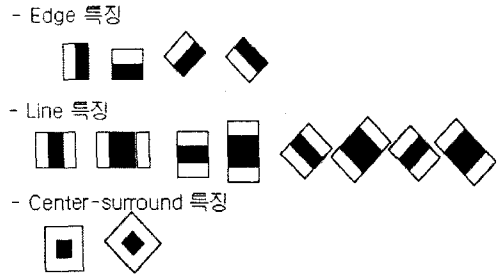


그림 2. Haar-like 특징  
Fig. 2. Haar-like features

(그림 3)에는 AdaBoost 기반 분류기에 의해 검출된 얼굴 영역의 예가 나타나 있다.

## II. 얼굴 영역 검출

본 논문에서는 내부적으로 흑백 영상을 이용하므로 컬러 영상이 입력되면 먼저 흑백 영상으로 변환하고 히스토그램 평활화를 수행하여 영상의 명암 대비를 높인다. 그 다음에는 입력 영상으로부터 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영역 검출을 위해서는 AdaBoost 기반 분류기법(13,14)을 이용하였다. 이 방법에서는 먼저 수백 장의 동일한 크기의 얼굴 영상과 얼굴이 아닌 입의 영상을 사용하여 분류기를 학습시킨다. 분류기가 학습된 다음에는, 탐색 윈도우를 전체 입력 영상위에서 움직이면서 탐색 윈도우의 영상을 분류기에 전달하여 얼굴 영상인지 아닌지를 판별한다. 입력 영상에서 얼굴의 크기가 고정되어 있지 않고 변화할 수 있으므로, 이 분류기는 다양한 크기의 얼굴 검출을 효과적으로 수행할 수 있도록 분류기 자체가 여러 스케일에서 얼굴을 검출할 수 있도록 계층적으로 설계되었다.

이 분류기에서는 얼굴 검출을 위한 특징으로 (그림 2)에 나타나 있는 간단하면서도 연산이 빠른 Haar-like 특징 사용하였다. 이 분류기는 단순한 분류기를 다단계 직렬 구조로 연결하여 구성되는데, 각 단계의 단순한 분류기는 주어진 영상에서 (그림 2)에 나타나 있는 특징이 특정한 위치에 존재하는지 아닌지를 분류할 수 있도록 학습된다.



그림 3. 얼굴 영역 검출 결과 예  
Fig 3. An Example of the Face Detection

## III. 얼굴 특징 검출

### 3.1 얼굴 특징 에너지 계산

얼굴의 특징은 조명과 같은 외부 환경에 영향을 받기 쉬우므로, 본 논문에서는 계곡 에너지, 명도 에너지, 경계선 에너지의 세 가지 에너지를 결합하여 사용함으로써 외부 환경 변화에 견고한 특징 추출 방법을 제안한다. 계곡 에너지는 (그림 4)와 같이 위와 아래는 밝고 가운데는 어두운 정도를 측정하는 에너지를 의미한다. (그림 4)와 같은 형태를 사용하는 이유는 눈, 눈썹, 입술이 모두 세로 방향 보다 가로 방향으로 길기 때문이다.

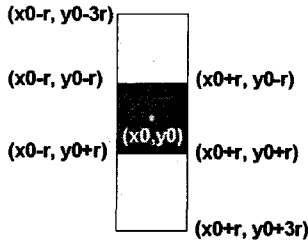


그림 4. 계곡 에너지 측정을 위한 패턴  
Fig. 4. The pattern for valley energy estimation

픽셀  $(x_0, y_0)$ 에 대한 계곡 에너지를 구하기 위해서는 먼저 식 (1)과 같이 가운데 사각형이 위와 아래의 사각형보다 어두운 정도를 나타내는 값  $V(x_0, y_0)$ 를 구한다. 여기서  $I(x, y)$ 는 픽셀  $(x, y)$ 의 명도값을 나타낸다. 기호  $\max$ 는 변수  $r$ 의 값이 1부터  $k$ 까지 변화할 때 괄호 안의 값의 최대값을 취하라는 의미이다. 그리고  $l$ 과  $k$ 의 값은 얼굴 영역의 크기에 따라 상대적으로 정해진다.

$$V(x_0, y_0) = \max_{r=l \text{ to } k} \left\{ \left( \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-3r}^{y_0-r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-r}^{y_0+r} p(x, y) \right) + \left( \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0+r}^{y_0+3r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-r}^{y_0+r} p(x, y) \right) - \left| \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-3r}^{y_0-r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0+r}^{y_0+3r} p(x, y) \right| \right\} \dots \text{식(1)}$$

전체 픽셀에 대해  $V(x_0, y_0)$ 를 구한 다음에는 계곡 에너지  $E_v(x_0, y_0)$ 를 식 (2)와 같이 구한다. 여기에서  $\text{Max\_val}$ 은 전체 픽셀에 대한  $V(x_0, y_0)$  중에서의 최대 값을 나타낸다. 식 (2)에서  $V(x_0, y_0)$  값에 255를 곱하고  $\text{Max\_val}$ 로 나눈 이유는 계곡 에너지의 값을 0에서 255 사이의 값을 갖도록 정규화하기 위한 것이다.

$$E_v(x_0, y_0) = \begin{cases} 0 & V(x_0, y_0) \leq 0 \\ \frac{V(x_0, y_0) \times 255}{\text{Max\_val}} & V(x_0, y_0) > 0 \end{cases} \dots \text{식(2)}$$

한 픽셀에 대해서 식 (1)을 계산하기 위해서는 많은 수의 사각형 영역의 픽셀 값들의 합을 계산할 필요가 있는데, 얼굴 영역의 모든 픽셀에 대해 식 (1)을 계산하는 것은 아주 많은 CPU 시간을 필요로 한다. 이 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 적분(integral) 영상을 이용함으로써 사각형 영역의 픽셀 값들의 합을 효과적으로 구할 수 있도록 하였다. 입력 영상과 적분 영상에서 픽셀  $(a, b)$ 의 값이 각각  $N(a, b)$ 와  $I(a, b)$ 라 할 때에, 적분 영상은 입력 영상으로부터 식 (3)과 같이 계산된다.

$$I(x, y) = \sum_{u=0v=0}^x y N(u, v) \dots \text{식(3)}$$

적분 영상은 식 (3) 대신에 식 (4)와 같은 재귀적인 방법을 사용하면 효과적으로 생성할 수 있다. 여기에서 초기 값은  $I(-1, y) = I(x, -1) = 0$ 이다. 변수  $x$ 와  $y$  값을 0부터 증가시켜 가면서 식 (4)를 한번씩만 계산해주면 적분 영상이 생성된다.

$$I(x, y) = I(x, y-1) + I(x-1, y) + N(x, y) - I(x-1, y-1) \dots \text{식(4)}$$

입력 영상에서  $w \times h$  크기의 사각형 내부의 픽셀 값들의 합을 구하는 것은  $w \times h$  번의 덧셈 연산을 필요로 하는데 반하여, 적분 영상을 사용하면 사각형의 크기에 무관하게 4번의 덧셈만을 필요로 한다. 입력 영상에서 사각형의 좌측 상단의 위치가  $(x, y)$ 이고 크기가  $w \times h$ 일 때에, 이 사각형의 넓이는 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$S(x, y, w, h) = I(x, y) + I(x+w, y+h) - I(x+w, y) - I(x, y+h) \dots \text{식(5)}$$

픽셀  $(x_0, y_0)$ 에 대한 명도 에너지를 구하기 위해서는 먼저 식 (6)과 같이 픽셀  $(x_0, y_0)$ 의 명도 값과 그 픽셀을 중심으로 한  $5 \times 5$  크기 영역의 평균값과의 차이를 구한다. 이 값이 크면 클수록 주위 보다 더 어둡다는 것을 나타낸다.

$$W(x_0, y_0) = \frac{\sum_{x=x_0-2}^{x_0+2} \sum_{y=y_0-2}^{y_0+2} p(x, y)}{25} - p(x_0, y_0)$$

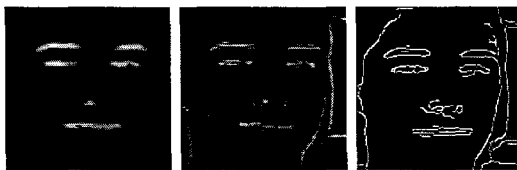
..... 식(6)

전체 픽셀에 대해  $W(x_0, y_0)$ 를 구한 다음에는 픽셀  $(x_0, y_0)$ 에 대한 명도 에너지  $E_i(x_0, y_0)$ 는 식(7)과같이 계산한다. 여기에서 Max\_val은  $W(x_0, y_0)$  값중에서 최대값을 나타낸다.

$$E_i(x_0, y_0) = \begin{cases} 0 & W(x_0, y_0) \leq 0 \\ \frac{W(x_0, y_0) \times 255}{Max\_val} & W(x_0, y_0) > 0 \end{cases}$$

..... 식(7)

픽셀  $(x_0, y_0)$ 에 대한 경계선 에너지  $E_e(x_0, y_0)$ 는 Canny의 경계선 검출 알고리즘[15]을 사용하였다. 이 알고리즘에서는 먼저 가우시안 필터를 이용하여 영상을 흐리게 한 다음에 1차 미분 연산자를 이용하여 픽셀 값의 변화율과 방향을 계산한다. 변화율이 가장 큰 값을 갖는 픽셀들이 연결되어 있는 부분이 경계선이므로, 픽셀 값의 변화 방향을 추적하여 경계선을 구한다. (그림 5)에는 (그림 3)의 얼굴 영역에 대한 특징 에너지 계산 결과가 나타나 있다.



(a) 계곡 에너지      (b) 명도 에너지      (c) 경계선 에너지

그림 5. 얼굴 특징 에너지  
Fig.5. Facial feature energies

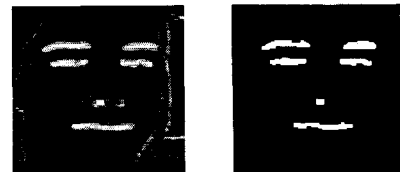
### 3.2 후처리

얼굴 특징 에너지를 계산한 다음에는 이들을 식 (8)과 같이 더해서 전체 에너지를 구한다. 여기에서  $\alpha_v, \alpha_i, \alpha_e$ 는 0에서 1사이의 값을 갖는 상수인데  $\alpha_e$ 값이 다른 두 값 보다 상대적으로 작게 하였다.

$$E(x_0, y_0) = \alpha_v E_v(x_0, y_0) + \alpha_i E_i(x_0, y_0) + \alpha_e E_e(x_0, y_0)$$

..... 식(8)

전체 에너지를 구한 다음에는 눈과 눈썹 영역을 먼저 검출하고 그 다음에 입술 영역을 검출하는데, 영역 검출을 용이하도록 하기 위해 전체 에너지 이미지를 이진화하고 모폴로지(morphology) 연산을 적용하였다. 이진화는 픽셀값 128을 기준으로 하여 128보다 작은 픽셀 값들은 0으로 바꾸었고 128이상인 픽셀 값들은 255로 바꾸었다. 모폴로지 연산은 먼저 닫힘(closing) 연산을 적용하여 노이즈에 의해 끊겼을 수도 있는 얼굴 특징들이 연결 될 수 있도록 했고 그 다음에 열림(opening) 연산을 이용하여 얼굴 특징이 아닌 작은 노이즈 들이 제거 될 수 있도록 하였다. 닫힘 연산에서는 먼저 팽창 연산을 적용한 다음에 축소 연산을 적용한다. 팽창 연산에서는 각 픽셀에 대하여 그 픽셀을 중심으로  $3 \times 3$  영역에 흰색 픽셀이 하나라도 있으면 그 픽셀 값을 흰색으로 변경하고, 축소 연산에서는 반대로  $3 \times 3$  영역 안에 검정색 픽셀이 하나라도 있으면 그 픽셀의 값을 검정색으로 변경한다. 따라서 열림 연산을 적용하면  $3 \times 3$  보다 작은 흰색 점들은 노이즈로 간주되어 제거된다. 반대로 닫힘 연산을 적용하면 한 픽셀 내지 두 픽셀 떨어져 있는 흰색 영역들은 서로 결합되어 한 영역이 된다. (그림 6)에는 전체 에너지 이미지와 모폴로지 연산이 적용된 이진 영상이 있다.



(a) 전체 에너지      (b) 모폴로지 연산이 적용된 이진 영상

그림 6. 모폴로지 연산 적용  
Fig. 6. Application of morphology operation

### 3.3 얼굴 특징 영역 검출

(그림 6)에 나타나 있듯이 에너지 영상에서 눈, 눈썹, 입술 영역은 가로 방향의 흰색 사각형으로 나타난다. 따라서, 에너지 영상을 스캔하면서 가로 방향 사각형을 탐색함으로써 얼굴 특징 영역을 검출한다. 가로 방향 사각형을 검출하기 위해서는 식 (1)과 유사하게 사각형 영역들의 합을 검사하는데, 식 (1)과는 달리 사각형 모양이 가로 방향으로 길게 변화되도록 하면서 픽셀 값의 합을 계산한다. (그림 7)에는 얼굴 특징 영역의 검출 결과가 나타나 있다.

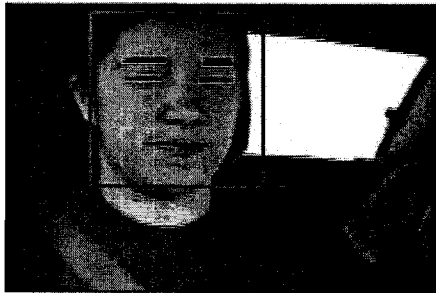


그림 7. 얼굴 특징 영역 검출  
Fig. 7. The detection of facial feature area

### 3.4 얼굴 특징점 검출

얼굴 특징 영역을 검출한 다음에는 눈과 눈썹 영역의 안쪽 경계 부분과 입술 영역의 양 끝 부분을 대상으로 코너를 검출한다. 눈과 눈썹의 경우에는 안쪽 코너만 추출했는데, 사람이 얼굴을 많이 돌리는 경우에 눈과 눈썹의 바깥 코너는 추출이 어려울 가능성이 많기 때문이다. 코너 검출을 위해서는 Harris 코너 검출 알고리즘(16)을 사용하였다. 코너 검출을 위해서는 먼저 경계선을 구한 다음에 경계선의 방향의 변화도를 계산하여 방향이 크게 변한 점을 코너로 검출한다. (그림 8)에는 검출된 얼굴 특징점들이 나타나 있다.



그림 8. 얼굴 특징점 검출  
Fig. 8. The detection of facial feature points

## IV. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법은 윈도우 환경에서 Visual C++를 이용하여 구현되었다. 본 논문에서는 달리는 자동차 환경에서 촬영된 영상에 대해 얼굴 특징 추출을 수행하였다. 이 영상은 미국 UIUC 대학에서 자동차 환경에서의 멀티모달 음성 인식을 위해 구축한 데이터베이스(17)에 포함되어 있다. (그림 9)에는 여러 가지 조명 환경에서 촬영된 영상에 대한 얼굴 특징점 검출 예가 나타나 있다. 그림에 나타나 있듯이 본 논문에서 제안된 방법은 조명 환경이 변화하더라도 얼굴 특징점을 잘 추출함을 알 수 있다.



그림 9. 다양한 조명에서의 얼굴 검출 예  
Fig. 9. Examples of facial feature extraction under various illumination conditions

본 논문에서는 사람이 수작업으로 검출한 얼굴 특징점의 위치와 프로그램에 의해 자동으로 추출된 특징점의 위치를 비교함으로써 제안된 방법의 성능을 테스트하였다. 그리고 기존의 방법 중에서 모폴로지 연산을 이용하여 얼굴 특징 영역을 검출하는 방법(9)을 구현하여 얼굴 특징 영역을 검출한 다음에 Harris 코너 검출기를 이용하여 얼굴 특징점을 검출해 봄으로써 기존의 방법과의 비교를 수행하였다. 실험에 사용된 영상의 수는 30장으로 하였고 비교적 다양한 조명 환경을 포함시킬 수 있도록 하였다. 얼굴 특징점의 위치를 검출한 다음에 사람이 수작업으로 검출한 위치와의 차이를 구하고 전체 특징점들에 대한 평균을 구하여 비교하였다. 본 논문에서는 계곡 에너지, 명암 에너지, 경계선 에너지 세 가지를 결합하여 얼굴 특징 영역을 검출하는 방법을 제안하였는데, 세 가지 방법을 결합함으로써 성능에 어떠한 변화가 있는지를 테스트하기 위해 각 에너지를 독자적으로 사용해서도 얼굴 특징점을 추출해 보았다. 그러나 경계선 에너지 단독으로는 얼굴 특징 영역의 추출이 불가능하여 제외시켰다. <표 1>에는 실험 결과가 나타나 있다.

표 1. 자동 검출과 수작업에 의한 검출과의 얼굴 특징점의 평균 위치 차이  
Table 1. Average location difference of facial feature points between automatic detection and manual detection

분류	평균 차이 값
기존의 모폴로지 연산	1.07
계곡 에너지	0.98
명암도 에너지	1.12
계곡 + 명암도 + 경계선 에너지	0.53

실험 결과에 의하면 각 에너지를 독립적으로 사용하는 경우와 기존의 모폴로지 연산을 이용한 방법 모두 비슷한 성능을 보였지만, 세 가지 에너지를 결합함으로써 평균 차이 값을 50% 정도 줄일 수 있었다. 수작업과 자동 추출과의 특징점 위치 차이의 주된 원인은 몇몇 영상에서 특징 영역의 추출에 오류가 발생하기 때문이었는데, 여러 가지 정보를 결합할 경우에 특징 영역의 경계가 보다 명확하게 표현됨으로써 오류가 줄어드는 것으로 분석된다.

## V. 결론

본 논문에서는 조명이 변화하더라도 눈, 눈썹, 입술 영역이 주위 피부보다 더 어둡다는 특성을 이용하여 조명 변화에 적응성을 갖는 계곡 에너지, 명도 에너지, 경계선 에너지를 결합함으로써 보다 견고한 얼굴 특징 추출 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 이용하여 자동차에서 촬영된 영상에 적용해본 결과 얼굴 특징을 견고하게 추출하는 것을 확인할 수 있었다. 제안된 방법은 얼굴 인식, 얼굴 포즈 추정, 얼굴 표정 인식 등에 활용 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 이희만, "스테레오 비전을 이용한 가상환경구현", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 9권 3호, pp.79-85, 2004
- [2] 문형득, 구자영, "HMM을 이용한 지휘 동작의 인식", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 9권 1호 pp. 25-30, 2004
- [3] M. Pardas, M. Losada, "Facial parameter extraction system based on active contours", Proceedings of International Conference on Image Processing pp.1058-1061, 2001
- [4] A. Yuille, P. Haallinan, and D. S. Cohen. "Feature extraction from faces using deformable templates", International Journal of Computer Vision, Vol. 8, No. 2, pp.99-111, 1992.
- [5] Yao, H. Li, G. Liu, X. Ye, W. Gu, Y. Jin, "A fast and robust face location and feature extraction system", Proceedings of International Conference on Image Processing, pp.157-160, 2002
- [6] A. Colmenarez, B. Frey, T.S. Huang, "Detection and tracking of faces and facial features", Proceedings of International Conference on Image Processing, pp.657-661, 1999

- [7] B. Menser, and F. Muller, "Face detection in color images using principal components analysis", 7th International Conference on Image Processing and Its Applications, pp. 620-624, 1999
- [8] F. Dornaika, F. Davoine, "Online appearance based face and facial feature tracking", Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, pp.814-817, 2004
- [9] F. Dornaika, J. Ahlberg, "Efficient active appearance model for real-time head and facial feature tracking", IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, pp.173 - 180, 2003
- [10] J.I. Choi, C.W. La, P.K. Rhee and Y.L. Bae, "Face and Eye Location Algorithms For Visual User Interface", IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 239-244, 1997
- [11] K.M. Lin and Y.L. Li, "An Efficient Approach for Facial Feature Extraction", Proceedings of International Conference on Signal Processing, pp. 1100-1103, 1998
- [12] K.H. Lin, K.M. Lam and W.C. Siu, "Locating the Eye in Human Face Images using Fractal Dimensions," IEE Proceedings on Vision, Image and Signal Processing, Vol. 148, No. 6, pp. 413-421, 2001
- [13] Paul Viola and Michael J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.
- [14] R. Lienhart and J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", IEEE ICIP, pp. 900-903, Sep. 2002.
- [15] J. Canny, A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, pp. 679-698, 1986.
- [16] C. Harris, "Geometry from visual motion", In Active Vision, pp. 263-284. MIT Press, 1992.
- [17] B. Lee, M. Hasegawa-Johnson, C. Goudeseune, S. Kamdar, S. Borys, M. Liu and T. Huang, "AVICAR: Audio-Visual Speech Corpus in a Car Environment", International Conference on Spoken Language Processing, pp. 2489-2492, 2004

저자소개



정 성 태

1994년 8월 서울대학교 컴퓨터공학 박사

1995년~현재 원광대학교교수

<관심분야> 컴퓨터 비전, 영상 처리, 컴퓨터 그래픽스