얼굴 특징 정보를 이용한 얼굴 방향성 검출☆

Detection of Facial Direction using Facial Features

박 지 숙* 동 지 연**
Ji-Sook Park Ji-Youn Dong

요 약

최근 멀티미디어 처리 기술과 광학 기술의 발달과 더불어 얼굴 영상 정보를 이용한 응용 시스템에 대한 관심이 증대되고 있다. 기존의 얼굴 정보와 관련한 연구들은 대부분 정면 영상을 해석하여 사람을 식별하거나 영상의 표정을 분석하는데 초점을 두어왔으며 임의의 얼굴 영상의 방향성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 한대의 카메라로 연속 촬영된 이미지들을 이용하는 기존의 방향성 검출 기법에서는 초기 영상이 정면 영상이어야 하는 제약점을 가진다. 본 논문에서는 얼굴의 특징 정보를 이용하여 임의의 얼굴 영상의 방향성을 검출하는 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 두 눈과 입술의 특징점을 기반으로 얼굴 사다리꼴을 정의하고, 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적을 비교한 통계 데이터를 이용하여 얼굴 영상의 좌·우 방향성을 계산하는 방향성 함수를 정의한다. 제안된 얼굴 영상의 검출 기법은 얼굴 영상의 방향성에 따라 얼굴 영상의 좌·우 여백을 안정적으로 설정하는 영상의 자동 배치 응용에 효과적으로 활용될 수 있다.

Abstract

The recent rapid development of multimedia and optical technologies brings great attention to application systems to process facial image features. The previous research efforts in facial image processing have been mainly focused on the recognition of human face and facial expression analysis, using front face images. Not much research has been carried out into image-based detection of face direction. Moreover, the existing approaches to detect face direction, which normally use the sequential images captured by a single camera, have limitations that the frontal image must be given first before any other images. In this paper, we propose a method to detect face direction by using facial features such as facial trapezoid which is defined by two eyes and the lower lip. Specifically, the proposed method forms a facial direction formula, which is defined with statistical data about the ratio of the right and left area in the facial trapezoid, to identify whether the face is directed toward the right or the left. The proposed method can be effectively used for automatic photo arrangement systems that will often need to set the different left or right margin of a photo according to the face direction of a person in the photo.

Keyword : facial feature, facial direction, facial trapezoid, automatic image arrangement

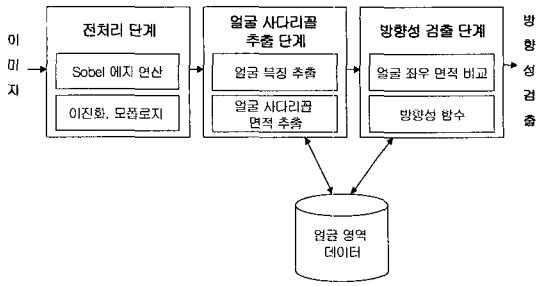
1. 서 론

멀티미디어 처리 기술과 광학 기술의 발달과 더불어 얼굴 영상 정보를 이용한 응용 시스템에 대한 관심이 증대되고 있다. 기존의 얼굴 영상 정보 처리에 관한 연구들은 크게 3가지 분야로 분류할 수 있다. 입력된 영상으로부터 얼굴의 특징 추출에 관한 연구[1,2,3,4,5], 얼굴 영상을 해석하여 영상 속의 사람을 식별하는 연구[6,7,8,9,10], 얼굴의 특정 부분들을 분석하여 표정을 알아내는 연구[11,12]로 나누어 볼 수 있다. 얼굴 특징 추출에 관한 연구는 얼굴 전체의 영역 추출에 관한 연구[1,3]와 얼굴의 주요소인 눈, 코, 입, 눈썹 영역 추출 및 윤곽선 추출에 관한 연구[1,2]로 다시 나누어 생각할 수 있다. 사람을 식별하는 연구는 얼굴 영역에서 얼굴 인식에 적합한 특징들을 추출하여 인식에 사용하는 통계적인 분석 방법 [7]과 얼굴의 구조와 얼굴 구성 요소들의 특징과 관계를 이용한 구조적 분석 방법, 신경망을 이용한

* 정 회 원 : 서울여자대학교 정보통신공학부 조교수
jspark@swu.ac.kr(제 1저자)
** 준 회 원 : 서울여자대학교 컴퓨터학과 석사과정
dongji79@swu.ac.kr(공동저자)
☆ 이 논문은 2003학년도 서울여자대학교 교내학술연구비에 의하여 수행된 것임.

(a) 정면영상 (b) 방향성 영상

(그림 1) 디지털 앨범에서 영상 배치의 예



(그림 2) 방향성 검출 단계

방법 [8] 등으로 나눌 수 있다. 얼굴 특정 부분들을 분석하여 표정을 알아내는 연구는 개개인 고유의 표정을 분석하여 아바타 및 캐리커처를 생성하는 응용을 들 수 있다[11,12,13,14,15]. 이 중 [14,15]의 경우 한 대의 카메라로 연속 촬영된 얼굴 영상의 회전 각도를 추론하는 방법을 제안하였으나, 최초의 입력 영상이 정면 영상이어야 하는 제약점을 지닌다. 따라서 임의의 좌·우 방향성을 가지는 얼굴 영상을 단독으로 처리하는 응용에는 이용할 수 없다. 예를 들면, 그림 1은 중학교 졸업 앨범 제작용으로 촬영된 얼굴 영상들이다. 이 중 그림 1(b)의 영상은 왼쪽을 향하고 있으므로 왼쪽의 여백을 상대적으로 더 넓게 설정해주는 것이 안정적인 배치 방법이라고 알려져 있다[16].

본 논문에서는 위와 같이 정면 영상만이 아닌 임의의 입력 영상에 대한 좌·우 방향성을 검출할 수 있는 기법에 대해 중점적으로 기술한다. 본 논문에서 제안하는 얼굴 영상의 방향성 검출 기법은 얼굴의 특징점을 이용하여 얼굴 사다리꼴을 정의하고, 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적을 비교한 통계 데이터를 바탕으로 얼굴의 좌·우 방향성을 검출하는 방향성 함수를 정의한다. 제안된 방향성 검출 기법은 영상 데이터베이스에서 기준 영상과 동일한 방향성을 가지는 영상을 찾거나 방향성을 고려하여 얼굴 영상을 자동으로 배치하는 응용에 효율적으로 이용될 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 영상의 좌·우 면적을 비교하기 위하여 얼굴 사다리꼴을 정의한다. 3장에서는 실험을 통해 얼굴의 좌·우 면적과 방향성과의 관계를 정의해주는 방향성 함수를 정의하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 얼굴 사다리꼴의 정의

본 장에서는 얼굴 영상의 좌·우 면적 비교하기 위하여 얼굴 사다리꼴을 정의하는 방법에 대해 설명한다.

2.1 얼굴 방향성 검출 기법의 개요

본 절에서는 본 논문에서 제안한 얼굴 이미지의 방향성 검출 기법의 개요를 설명한다. 그림 2는 얼굴 방향성 검출 기법을 단계별로 설명한다. 얼굴 방향성 검출 기법은 전처리 단계와 얼굴 사다리꼴 추출 단계, 방향성 검출 단계로 나눌 수 있다. 전처리 단계는 에지를 추출하기 위한 소벨 에지 연산 과정과 영상의 잡음을 제거하기 위한 이진화와 모폴로지 연산 과정으로 다시 분류되고, 얼굴 사다리꼴 추출 단계는 얼굴의 특징 추출과 얼굴 사다리꼴의 면적 추출로 분류된다. 얼굴의 특징 추출 단계에서는 전처리 단계를 통해 얻어진 영상의 입술 하단 중앙 점과 좌·우 눈썹의 상단 점을 이용하여 수직 벡터와 입술 및 눈썹의 수평 벡터를 추출한다. 얼굴 사다리꼴 추출 단계에서는 추출된 벡터와 얼굴 영역이 접하는 점을 연결하여 얼굴 사다리꼴을 정의하고, 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적 비율로부터 영상의 좌·우 방향성을 검출하는 방향성 함수를 정의한다. 방향성 함수를 이

용하면 정면 영상이 아닌 임의의 영상의 좌·우 면적 비율로부터 방향 각도를 유도해낼 수 있다.

2.2 전처리 단계

전처리 단계에서는 소벨 에지 연산과 이진화, 모폴로지 연산을 수행한다. 단, 본 논문에서는 그림 3(a)의 원 영상에서 그림 3(b)와 같이 YIQ 색상 모델의 표준 얼굴 색상을 기준으로 배경을 제거하고 이를 100×100으로 정규화한 것을 전처리 단계의 입력 영상으로 가정하였다.

(1) 에지 연산

입력 영상에서 얼굴 영역의 경계면을 추출하기 위하여 먼저 에지 연산을 이용한다. 에지 검출 기법은 편미분 연산자 (local derivative operator)의 계산을 이용하는데, 본 논문에서는 윤곽선 검출에서 범용적으로 이용되는 미분연산자인 소벨 마스크를 이용하였다. 소벨 마스크를 입력 영상에 적용하기 위해 식 1과 같이 입력 영상 I를 3×3씩 분리하였다. 3×3으로 분리된 영상 F_{ij}와 소벨 마스크 S_1, S_2가 식 1과 식 2와 같다고 가정할 때, 얼굴 영역의 에지는 정의 2.1과 같이 정의될 수 있다 [17]. 소벨 에지 연산을 수행한 영상은 그림 3(b)와 같다.

$I=\{P_{00}, P_{01}, P_{02}, \cdots\cdots P_{98}, P_{99}\}$이라 할 때,

$$F_{ij}=\begin{bmatrix} P_{i-1j-1} & P_{i-j} & P_{i-1j+1} \\ P_{ij-1} & P_{ij} & P_{ij+1} \\ P_{i+1j-1} & P_{i+1j} & P_{i+1j+1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$S_1=\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \; S_2=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

정의 2.1 [얼굴 영역 (FA)]

분리영상 F_{ij}와 소벨 마스크 S_1, S_2를 이용하여 얼굴 영역인 FA (Facial Area)를 얻는 공식은 식 3과 같이 정의된다.

$$FA=\left|\sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} F_{ij}\times S_1+\sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} F_{ij}\times S_2\right| \quad (3)$$

(2) 이진화 및 모폴로지

에지 연산의 결과 영상을 방향성 검출이 용이하도록 잡음을 제거하기 위해 이진화와 모폴로지 연산을 수행한다. 이진화 영상의 경우 히스토그램의 분포도로 정확한 임계값을 결정하기 힘들기 때문에, 본 연구에서는 경험론적 임계치 128을 사용하여, 정의 2.2와 같이 이진화 얼굴 영역을 정의한다 [17].

정의 2.2 [이진화 얼굴 영역 (BFA)]

입력 영상 I의 각 픽셀 명암값을 임계값과 비교하여 이진화 얼굴 영역 BFA (Binary Facial Area)를 얻는다. 이진화 얼굴 영상 BFA를 얻는 공식은 식 4와 같이 정의된다.

$P_{ij} \in$FA에 대하여

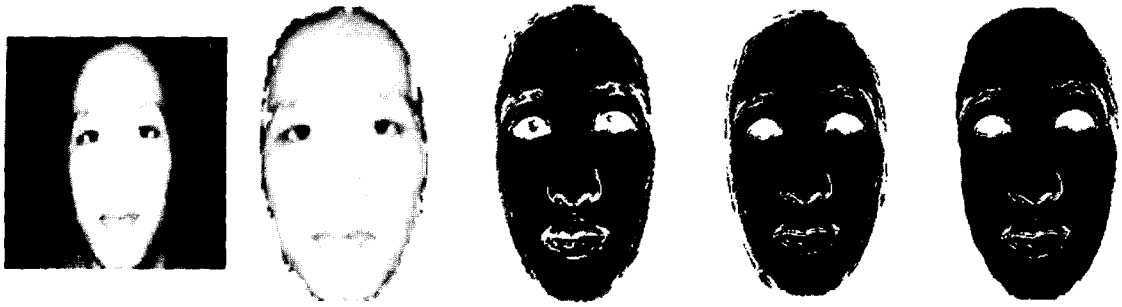
$$\text{BFA}=\sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} P_{ij}, P_{ij}=\begin{cases} 255 & (P_{ij}\geq 128) \\ 0 & (P_{ij}<128) \end{cases} \quad (4)$$

이진화 연산의 결과 영상에 이진화 과정 수행 후, 얼굴에 존재할 수 있는 잡음을 제거하기 위해 본 연구에서는 모폴로지 기법 중 팽창 연산을 사용한다. 모폴로지 얼굴 영역은 정의 2.3과 같이 정의된다.

정의 2.3 [모폴로지 얼굴 영역 (MFA)]

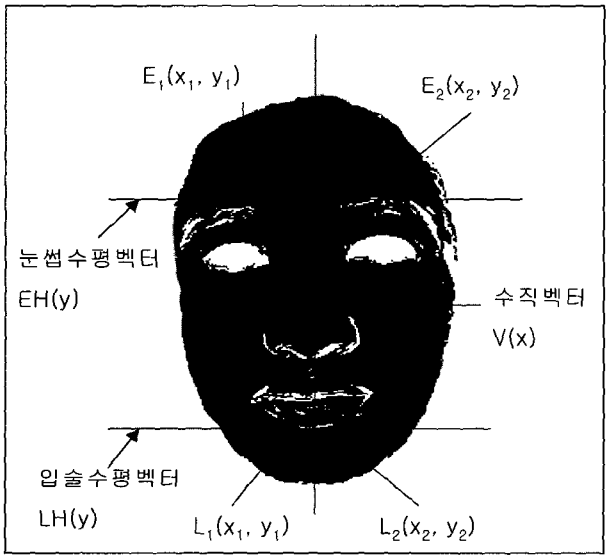
모폴로지를 이진화된 영상에 적용하기 위한 팽창 연산 마스크 M은 식 5와 같고, 팽창 연산에 적용하여 얻은 MFA (Morphology Facial Area)는 식 6과 같이 정의된다. 이때, f는 F_{ij}에 속하는 요소이며, m은 M에 속하는 요소이다.

$$\text{M}=\begin{bmatrix} 255 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \end{bmatrix} \quad (5)$$

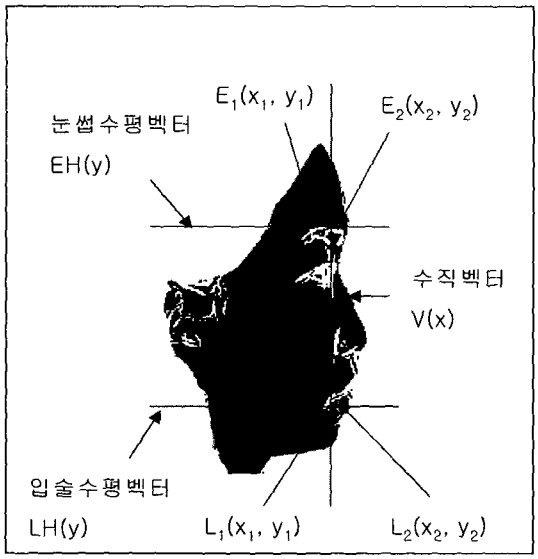


(a) 원영상 (b) 입력 영상 (c) FA (d) BFA (d) MFA

(그림 3) 전처리 과정



(그림 4) 정면 영상의 수평, 수직 벡터



(그림 5) 좌 75도 영상의 수평, 수직 벡터

$$MFA = \sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} F_{ij} \oplus M = \{Pij|Pij=f+m,\ f\in Fij,\ m\in M\}\ (0\leqq i\leqq 99,\ 0\leqq j\leqq 99) \quad (6)$$

그림 3은 원 영상 (a)와 전처리 단계의 입력 영상 (b), 소벨 에지 연산의 결과 영상 (c), 이진화 결과 영상 (d), 모폴로지 연산의 결과 영상 (d)의 순으로 전처리 과정을 보여준다.

2.3 얼굴 사다리꼴의 추출

본 절에서는 2.2절에서 설명한 전처리 과정의 결과 영상에서 얼굴 사다리꼴을 추출하는 방법을 설명한다. 얼굴 사다리꼴은 그림 4와 그림 5에서 보인 바와 같이 수직 벡터와 입술 및 눈썹 수평 벡터를 이용하여 정의할 수 있다. 이 벡터들은 입술 하단 점 두 개와 눈썹의 상단 점 두 개의 평균값을 이용해 구할 수 있다. 먼저, 입술의 하단 중앙 점을 검출하여 좌·우 면적의 기준이 되는 수직 벡터와 입술 수평 벡터를 정의할 수 있다. 입술 좌표의 하단 중앙 점 L(a, b)는 식 7과 같이 모폴로지 얼굴 영역 아래의 왼쪽부터 검색하여 처음 검출된 점을 $L_1(x_1, y_1)$, 오른쪽부터 검색하여

(표 1) 입술 좌표의 중점 비교

각도	입술 하단 중앙 점 x 좌표	x1	x2	a	오차
정면	48	43	50	46.5	1.5
우 15도	42	37	47	42	0
우 30도	44	42	44	47	-3
우 45도	42	40	50	45	-3
우 60도	28	32	28	30	-2
우 75도	42	42	49	45.5	-3.5
우 90도	31	32	33	32.5	-1.5
좌 15도	62	56	66	61	1
좌 30도	64	60	63	61.5	2.5
좌 45도	60	55	59	57	3
좌 60도	62	58	62	60	2
좌 75도	62	58	60	59	3
좌 90도	82	81	83	82	0
평균 오차					±2

알고리즘 1 수직 벡터 좌표 검출 알고리즘

```
1:  입력 : MFA (x,y)
2:  출력 : V(x), LH(y)
3:  begin program
4:  for (x=0; x<a; x--) // 수직 벡터 V(x)=a 일 때
5:      for (y=0; y<100; y++)
6:          if ((x, y) == 255) then //검은색 : 0, 흰색 : 255
7:              L1(x1, y1) = (x, y);
8:              break;
9:          end if
10:     end for
11: end for
12: for (x=99; x>a; x--) // 수직 벡터 V(x)=a 일 때
13:     for (y=0; y<100; y++)
14:         if ((x, y) == 255) then //검은색 : 0, 흰색 : 255
15:             L2(x2, y2) = (x, y);
16:             break;
17:         end if
18:     end for
19: end for
20: L(a,b) = ( (x1 + x2)/2 , (y1 + y2)/2 );
21: V(x) = a, LH(y) = b;
22: end program
```

검출된 점을 $L_2(x_2, y_2)$라 할 때, 두 점의 평균점으로 정의한다. 표 1은 영상의 실제 입술 하단 중앙 점 x 좌표 값과 L(a, b)을 비교한 결과를 보여준다. 단, 표 1의 실제 입술 하단 중앙 점은 코의 중점과 입술 하단 경계가 만나는 점의 좌표 값을 그래픽 툴을 이용하여 검출하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 L(a, b)는 약 ±2 픽셀의 오차 범위 이내에서 구해진다. 입술 좌표 L(a, b)를 이용하여 수직 벡터 V(x)와 입술 수평벡터 LH(y)를 정의 2.4와 정의 2.5와 같이 정의할 수 있으며, 해당 벡터의 좌표 값을 도출하는 과정은 알고리즘 1과 같다.

$$L(a, b) = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right) \quad (7)$$

정의 2.4 [수직 벡터 $V(x)$]

수직 벡터 $V(x)$ (Vertical vector)는 식 8과 같이 식 7에서 구해진 두 점의 평균점 L(a, b)의 x 좌표 값으로 정의한다.

$$V(x) = a \quad (8)$$

정의 2.5 [입술 수평 벡터 LH(y)]

입술 수평 벡터 LH(y) (Lip Horizontal vector)는 식 9와 같이 식 7에서 구해진 두 점의 평균점 L(a, b)의 y 좌표 값으로 정의한다.

$$LH(y) = b \quad (9)$$

알고리즘 2 눈썹 수평 벡터 좌표 검출 알고리즘

```
1: 입력 : MFA (x,y)
2: 출력 : EH(y)
3: begin program
4: for (x=0; x<a; x++) //a는 L(a, b)의 x 좌표값
5:     for (y=99; y>0; y--)
6:         if ((x, y) == 255) then //검은색 : 0, 흰색 : 255
7:             E1(x1, y1) = (x, y);
8:             break;
9:         end if
10:    end for
11: end for
12: for (x=99 ; x>a; x--) //a는 L(a, b)의 x 좌표값
13:    for (y=99; y>0; y--)
14:        if ((x, y) == 255) then //검은색 : 0, 흰색 : 255
15:            E2(x2, y2) = (x, y);
16:            break;
17:        end if
18:    end for
19: end for
20: sub = |y1-y2|;
21: min = min(y1, y2); max=max( y1, y2);
22: // 한쪽 눈썹만 존재하여 반대쪽 영역에서 코 부분의 점이
23: // 검출될 때에는 상단에서 검색된 점의 y 좌표로 정의
24: if (sub> min - b) then
25:    EH(y) = max;
26: //  양쪽 눈썹이 존재하는 경우 두 점의 평균값으로 정의
27: else
28:    EH(y) = (y1+y2)/2 ;
29: end if
30: end program
```

눈썹 수평 벡터는 정의 2.6과 같이 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 상단 점 두 개의 평균점으로 정의하는데, 어느 한 쪽 눈썹이 영상에 포함되지 않는 영상 (즉, 얼굴 영역의 대부분이 수직 벡터를 기준으로 어느 한 쪽에만 속할 경우)에서는 한 쪽 눈썹에서 한 개의 점만을 검출하여 수평 벡터를 정의한다. 알고리즘 2는 눈썹 수평 벡터의 좌표값을 도출하는 과정을 설명한다. 그림 4와 그림 5는 각각 정면과 좌 75도의 모폴로지 얼굴 영역에 알고리즘 1과 알고리즘 2를 적용하여 수직 벡터와 입술 및 눈썹 수평 벡터를 추출한 결과를 보여준다.

정의 2.6[눈썹 수평 벡터 EH(y)]

수직 벡터를 기준으로 MFA의 오른쪽을 검색하여 처음 검출된 좌표를 $E_1(x_1, y_1)$, 왼쪽을 검색하여 처음 검출된 좌표를 $E_2(x_2, y_2)$라고 할 때, 눈썹 수평 벡터 EH(y) (Eyebrow Horizontal vector)는 식 10과 같이 y 좌표 평균값으로 정의한다.

$$EH(y) = \begin{cases} \max(y_1, y_2), \\ \quad \text{if } |y_1-y_2| > (\min(y_1, y_2) - LH(y)) & (10) \\ \dfrac{y_1+y_2}{2}, \text{ otherwise} & (11) \end{cases}$$

앞에서 정의된 수직 벡터와 입술 및 눈썹 수평 벡터를 이용하여 정의 2.7과 같이 얼굴 사다리꼴 FT (Facial Trapezoid)를 정의한다. 얼굴 사다리꼴은 수직 벡터를 기준으로 얼굴의 좌·우 면적을 비교하기 위해 정의되는데, 이러한 방법을 사용하면 눈이나 입, 얼굴 경계면 등의 모든 요소들에 발생되는 잡음에 큰 영향을 받지 않고 방향성을 유도해낼 수 있다는 장점이 있다.

정의 2.7 [얼굴 사다리꼴 (FT)]

EH(y)//LH(y)일 때, 눈썹 수평 벡터, 수직 벡터, 입술 수평 벡터와 얼굴 영역이 접하는 점을 이어 만든 사다리꼴의 얼굴 사다리꼴 FA(Facial Trapezoid)는 다음과 같이 정의된다.

EH(y) = α, LH(y)= β, V(x) = γ라 할 때, EH(y), LH(y)와 모폴로지 얼굴 영역 MFA의 교집합인 선분 $\overline{EH}$와 $\overline{LH}$는 다음의 식 12, 13과 같이 정의된다.

$$\overline{EH}=\{(x_i, y_i) | \ y_i = \alpha, (x_i, y_i) \in FA\} \quad (\text{단, } 1 \le i \le n) \quad (12)$$

$$\overline{LH}=\{(xj, yj) | \ yj=\beta, (xj, yj) \in FA\} \quad (\text{단, } 1 \le j \le m, n \neq m) \quad (13)$$

선분 $\overline{EH}$의 좌표는 P_1, P_2와 같고, $\overline{LH}$의 좌표는 P_3, P_4와 같다. 이때, 얼굴 사다리꼴 FT={P_1, P_2, P_3, P_4}로 정의된다.

$P_1 = (x_1, y_1)\ (x_1 = \min\{x_1, x_2, \cdots, x_n\})$ (14)

$P_2 = (x_2, y_2)\ (x_2 = \max\{x_1, x_2, \cdots, x_n\})$ (15)

$P_3 = (x_3, y_3)\ (x_3 = \min\{x_1, x_2, \cdots, x_m\})$ (16)

$P_4 = (x_4, y_4)\ (x_4 = \max\{x_1, x_2, \cdots, x_m\})$ (17)

정의 2.7에서 정의된 선분 $\overline{EH}$, $\overline{LH}$와 수직 벡터 V(x)의 교점 P_5, P_6는 식 18에 의해 얻어지며, 이 두 점과 얼굴 사다리꼴 FT를 활용하면 정의 2.8과 같이 얼굴 좌·우 면적 LFTA (Left Facial Trapezoid Area)와 RFTA (Right Facial Trapezoid Area)가 정의된다.

$P_5 = (\gamma, \alpha),\ P_6 = (\gamma, \beta)$ (18)

정의 2.8 [좌 얼굴 사다리꼴 면적 (LFTA)과 우 얼굴 사다리꼴 면적 (RFTA)]

얼굴 사다리꼴의 면적은 좌 얼굴 사다리꼴과 우 얼굴 사다리꼴의 면적의 합인 식 19와 같이 정의된다.

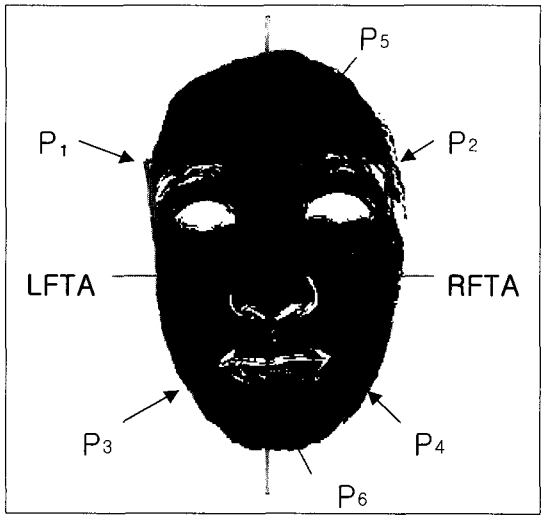
$FT = LFTA + RFTA$ (19)

식 13~17에서 정의된 좌표 값들을 이용하여 좌·우 사다리꼴의 면적을 계산하면 식 20, 21과 같다.

$$LTFA = \square P_1P_5P_6P_3 = \frac{1}{2}\times(P_5(\alpha)-P_6(\beta))\times\{(P_5(\gamma)-P_1(x_1))+(P_6(\gamma)-P_3(x3))\} \quad (20)$$

$$RFTA = \square P_5P_2P_4P_6 = \frac{1}{2}\times(P_5(\alpha)-P_6(\beta))\times\{(P_2(x_2)-P_5(\gamma))+(P_4(x_4)-P_6(\gamma))\} \quad (21)$$

그림 6은 눈썹 수평 벡터 EH(y), 입술 수평 벡터 LH(y)와 FE를 연결하여 생성된 얼굴 사다리꼴 FT의 좌·우 면적인 LFTA와 RFTA를 보여준다.



(그림 6) 얼굴 사다리꼴 (FT)

3. 방향성 함수의 정의

본 장에서는 얼굴 방향성 검출을 위한 실험 환경 및 방향성 함수에 대해 정의한다.

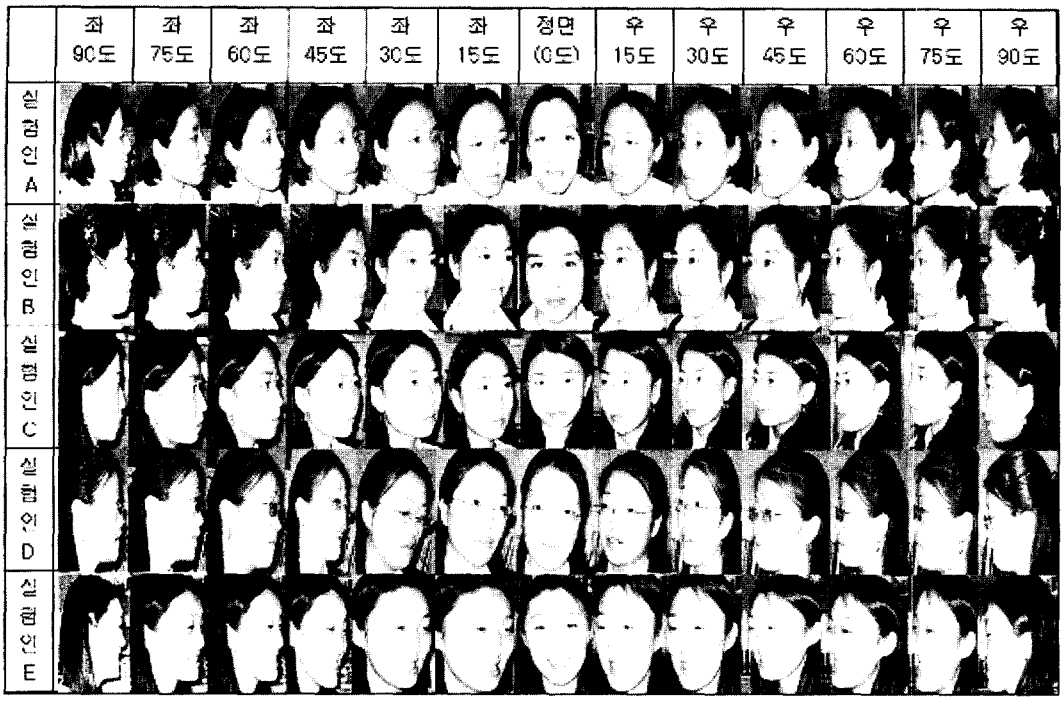
3.1 실험 환경

본 절에서는 본 연구에서 사용된 각도별 얼굴 영상 데이터베이스와 실험환경에 대해 소개한다. 얼굴 영상 획득을 위한 장비로는 캐논 IXUS 400 디지털 카메라를 사용하였고, 각도기를 사용하여 각도별 위치를 지정함으로써 좌·우 각도별 영상을 획득하였다. 눈썹 수평 벡터, 수직 벡터, 입술 수평 벡터, 얼굴 사다리꼴을 이용한 방향성 검출 기법을 구현하기 위해 Visual C++ 6.0을 이용하였으며, 5명으로부터 한 사람당 좌·우 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90도의 13개의 영상을 획득하여 총 65개의 영상을 실험 대상에 이용하였다. 표 2는 본 연구에서 처리한 각도별 영상을 보여준다.

3.2 방향성 함수

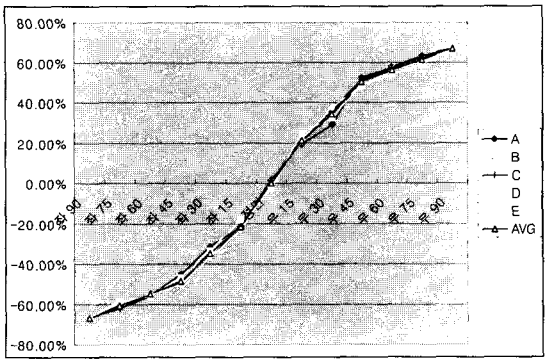
표 3은 한 사람당 13개의 영상을 획득하여 얻은

(표 2) 얼굴 영상 데이터



(표 3) 실험 결과

실험인 \ 얼굴 면적		좌90도		좌75도		좌60도		좌45도		좌30도		좌15도		정면 (0도)		우15도		우30도		우45도		우60도		우75도		우90도	
		LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA	LFTA	RFTA
A	면적	0	1102	264	1120	302	1057	316	838	442	845	465	720	845	815	824	557	814	445	872	272	908	244	940	214	1004	0
	비율	-100%		-61.9%		-55.7%		-45.2%		-31.3%		-21.5%		1.8%		19.3%		29.3%		52.5%		57.6%		62.9%		100%	
B	면적	0	1042	212	908	282	916	275	855	370	770	442	740	773	762	670	452	801	368	912	298	932	254	988	235	1064	0
	비율	-100%		-62.1%		-52.9%		-51.3%		-35.1%		-25.2%		0.7%		19.4%		37.0%		50.7%		57.2%		61.6%		100%	
C	면적	0	1126	248	1056	286	1014	324	948	370	812	482	738	802	778	721	464	818	388	824	266	845	232	858	202	935	0
	비율	-100%		-62.0%		-56.0%		-49.1%		-37.4%		-21.0%		1.5%		21.7%		35.7%		51.2%		57.0%		61.9%		100%	
D	면적	0	1120	264	1036	294	1029	314	938	352	764	404	648	702	716	632	408	756	344	916	320	938	268	996	246	1074	0
	비율	-100%		-59.4%		-55.6%		-49.8%		-36.9%		-23.1%		-0.9%		21.5%		37.5%		48.2%		55.7%		60.4%		100%	
E	면적	0	1034	262	991	278	987	328	899	420	843	498	717	741	784	702	422	734	376	885	306	893	271	930	242	1080	0
	비율	-100%		-58.2%		-56.1%		-46.5%		-33.5%		-18.0%		-2.8%		24.9%		32.3%		48.6%		53.4%		58.7%		100%	
평균	면적	0	1105	250	1022	298	1021	333	937	382	794	466	720	753	769	729	474	772	375	862	332	888	240	927	210	1021	0
	비율	-100%		-60.7%		-55.2%		-48.4%		-34.8%		-21.8%		0.1%		21.4%		34.3%		50.2%		56.1%		61.1%		100%	
	각도	좌90도		좌71.2도		좌58.8도		좌43.5도		좌33.0도		좌16.9도		0°(정면)		우19.5도		우28.6도		우47.4도		우59.1도		우77.2도		우90도	
표준편차		0	54.65	16.42	73.35	13.60	47.85	15.22	32.92	21.34	22.21	30.40	36.42	43.62	28.16	57.40	43.26	32.28	28.52	32.06	12.08	30.50	10.22	52.86	15.32	50.18	0



(그림 7) 좌·우 각도별 면적 비율

총 65개의 영상에 대하여 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적인 LFTA와 RFTA, 좌·우 면적의 비율 R, 평균, 표준편차 값을 얻은 결과를 보여준다. 얼굴의 좌·우 면적 비율은 $R=\frac{LFTA-RFTA}{LFTA+RFTA}$와 같이 계산되는데, 각도 x가 변화할 때 면적 비율 y의 변화를 그래프로 나타내면 그림 7과 같은 sin 파형의 그래프를 얻을 수 있다. 이 sin 파형의 그래프 기울기는 식 22와 같이 계산되고, 좌·우 면적 비율 R과 얼굴 영역의 방향 θ의 관계는 식 23과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{기울기} = \left(\sum_{i=1}^{13}\frac{R_i}{\sin\theta_i}\right)/13 \fallingdotseq \frac{2}{3} \quad (22)$$

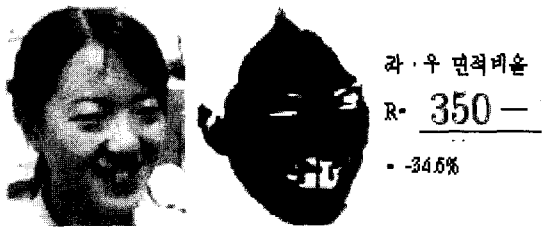
(단, θ_i는 좌·우 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90도를 나타내며, R_i는 θ_i일 때의 얼굴 좌·우 면적의 비율을 나타낸다.)

$$R = \frac{2}{3}\sin\theta \quad (23)$$

다음은 식 22와 23을 이용하여 정의 3.1의 방향성 함수 f(R)을 정의한다.

정의 3.1 [방향성 함수 f(R)]

입력 영상의 좌·우 면적 비율 R로부터 얼굴의 방향성을 구하는 함수 f(R)은 식 24와 같이 정의된다.



(그림 8) 방향성 검출 기법 적용 예

$$f(R)=\frac{3}{2}\arcsin R \quad \text{or} \quad f(R)=\frac{3}{2}\sin^{-1}R \quad (24)$$

얼굴의 좌·우 면적과 방향성과의 관계를 정의 3.1에서 방향성 함수로 정의하였는데, 실험 결과 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적의 비율 R은 약 ±0.085%의 오차 범위 내에서, 좌·우 방향성 θ는 ±1.67도 이내에서 구할 수 있었다. 정의된 방향성 함수를 이용하면 임의의 영상의 방향성을 예측할 수 있다. 그림 8(b)는 그림8(a) 입력 영상의 좌·우 면적 비율을 비교한 결과를 보여준다. 그림 8(b)에서의 좌·우 LFTA와 RFTA는 각각 350, 720이고, 면적의 비율 R은 약 -34.6%이며, 방향성 함수에 적용한 결과 식 25와 같이 그림 8(a)의 입력 영상은 약 30°의 방향성을 가지는 것을 예측할 수 있다.

$$f(R)=\frac{3}{2}\sin^{-1}R=\frac{3}{2}\sin^{-1}\times(-34.6)\fallingdotseq 30(^\circ) \quad (25)$$

예측된 방향성에 따라 그림 8(a)의 영상을 디지털 앨범에 배치한다면 얼굴 영상의 왼쪽 여백을 오른쪽보다 상대적으로 더 넓게 설정하여야 함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적 비율을 이용하여 얼굴 영상의 방향성을 검출하는 기법에 대해 기술하였다. 먼저, 얼굴 영상으로부

터 수직 벡터와 입술 및 눈썹 수평 벡터를 추출하고, 추출된 벡터와 얼굴 영역이 접하는 점을 연결하여 얼굴 사다리꼴을 정의하였다. 또한, 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적을 비교한 통계 데이터를 이용하여 얼굴 영상의 좌·우 면적으로부터 영상의 좌·우 방향성을 검출하는 방향성 함수를 정의하였다. 제안된 방향성 검출 기법을 실험용 영상 데이터에 적용한 결과 약±0.085%의 오차 범위 이내에서 좌·우 면적의 비율을, ±1.67도 이내에서 좌·우 방향성 θ를 구할 수 있었다.

기존의 회전 각도에 대한 연구에서는 정면 영상으로부터 눈, 입 등의 요소들의 정확한 영역을 추출한 후, 시간대별로 변화된 요소의 위치를 추적함으로써 회전 각도를 유추하였으나, 본 논문에서는 임의의 입력 영상에서 얼굴 사다리꼴을 정의하고 수직 벡터를 기준으로 좌·우 면적을 비교함으로써 방향성을 알아낼 수 있다는 장점이 있다. 제안된 얼굴 방향성 검출 기법은 영상 데이터베이스에서 기준 영상과 동일한 방향성을 가지는 영상을 찾는 질의를 처리하거나 방향성을 고려하여 얼굴 영상을 자동으로 배치하는 응용에 효율적으로 활용될 수 있을 것이다. 현재 본 논문의 결과를 디지털 앨범 응용에 적용하여 임의의 얼굴 영상을 방향성에 따라 영상을 안정적으로 배치하는 실험을 진행 중이다. 향후 얼굴 영상의 좌·우 방향성뿐만 아니라 상하의 기울기를 가지고 있는 영상에 적용할 수 있도록 확장하는 방법에 대해 연구할 예정이다.

참고문헌

[1] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출", 정보과학회 논문지, 제27권, 제7호, pp. 731~741, 2000.

[2] 윤호섭, 소정, 왕민, 민병우, "고립 영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출", 정보과학회논문지, 제23권, 제7호, pp. 752~765, 1996.

[3] G.Yang and T. S. Huang, "Human face detection in a complex background" Pattern Recognition, Vol. 27, No. 1, pp. 53~63, 1994.

[4] 민경필, 전준철, 박구락, "스킨컬러와 변형 모델에 기반한 컬러영상으로 부터의 얼굴 및 얼굴 특성영역 추출", 인터넷정보학회논문지, 제3권, 제6호, pp. 13~23, 2002.

[5] Yongsheng Gao and Leung, M.K.H, "Face recognition using line edge map", Pattern Analysis and Machine Intelligence IEEE Transactions on, Vol. 24, No. 6, pp. 764~779, 2002.

[6] 이찬호, 박주철, 최형일, "정규화된 웨이블렛 특징에 의한 얼굴 인식", 정보과학회논문지, 제27권, 제10호, pp. 1046~1053, 2000.

[7] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: Features versus Templates", IEEE Trans. PAMI., Vol. 15, pp. 1042~1052, 1993.

[8] 김희승, 김종호, "면함수를 적용한 얼굴인식", 정보기술연구소논문집, 제4집, pp. 79~86, 2002.

[9] 박세제, 박영태, "얼굴인식을 위한 PCA, LDA 및 정합 기법의 비교", 정보과학회논문지, 제30권, 제4호, pp. 372~378, 2003.

[10] 정재모, 배현, 김성신, "특징정보 분석을 통한 실시간 얼굴인식", 퍼지 및 지능시스템학회논문지, 제11권, 제9호, pp. 822~826, 2001.

[11] 김용균, 이옥경, 이창수, 오해석, "얼굴 캐리커쳐 생성 시스템", 정보처리학회 추계학술대회, 제8권, 제1호, pp. 887~890, 2001.

[12] 이옥경, 박연출, 오해석, "얼굴 특징 정보를 이용한 캐리커처 생성 시스템", 정보과학회 추계학술대회, 제27권, 제2호, pp. 404~406, 2000.

[13] Steve Lawrence, C. Lee Giles, Ah Chung Tsoi, Andrew D. Back, "Face Recognition: A Hybrid Neural Network Approach", Technical Report UMIACS-TR-96-16 and CS-TR-3608, University of Maryland, 1996.

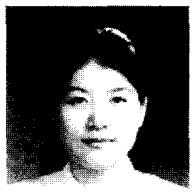
[14] 김호영, "얼굴 회전 각도의 정량적 추론", 숭실대학교 석사학위 논문, 1998

[15] 장대식, 김계영, 최형일, "모델에 기반한 이

동 물체의 추적", 정보과학회논문지(B), 제23권, 제12호, pp. 1298~1308, 1996.
[16] http://megalam.co.kr/www_megalam/school/001_lecture/009_youn/main005.htm
[17] 장동혁, 디지털 영상처리의 구현, pp. 162~227, 정보게이트, 서울, 2001.

◐ 저 자 소 개 ◑

박 지 숙
1990년 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학사)
1992년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1998년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
1999.5~2000.4 한국전자거래진흥원 EC진흥부 팀장
2000.5~2002.2 삼성SDS Biz. Modeling팀 과장
2002.3~현재 : 서울여자대학교 정보통신공학부 조교수
관심분야 : 멀티미디어 시스템, 전자상거래
E-mail : jspark@swu.ac.kr



동 지 연
2002년 서울여자대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
2002년~현재 : 서울여자대학교 컴퓨터학과 석사과정
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스
E-mail : dongji79@swu.ac.kr