이미지 자동배치를 위한 얼굴 방향성 검출

동지연*, 박지숙**, 이환용***

DetectionofFacialDirectionforAutomaticImageArrangement

Jiyoun Dong*, Jisook Park**, Hwanyong Lee***

Abstract

With the development of multimedia and optical technologies, application systems with facial features have been increased the interests of researchers, recently. The previous research efforts in face processing mainly use the frontal images in order to recognize human face visually and to extract the facial expression. However, applications, such as image database systems which support queries based on the facial direction and image arrangement systems which place facial images automatically on digital albums, deal with the directional characteristics of a face. In this paper, we propose a method to detect facial directions by using facial features. In the proposed method, the *facial trapezoid* is defined by detecting points for eyes and a lower lip. Then, the *facial direction* formula, which calculates the right and left facial direction, is defined by the statistical data about the ratio of the right and left area in facial trapezoids. The proposed method can give an accurate estimate of horizontal rotation of a face within an error tolerance of ±1.31 degree and takes an average execution time of 3.16 sec.

KeyWords : 얼굴 특징, 얼굴 방향성, 영상 자동 배치,
facial feature, facial direction, automatic image arrangement

논문접수일 : 2003년 10월 20일 논문게재확정일 : 2003년 12월 11일

* 서울여자대학교 정보통신공학부 석사과정
** 서울여자대학교 정보통신공학부 조교수
***서울여자대학교 정보통신공학부 겸임교수

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 주요 소인 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 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].

(a) 정면영상 (b) 방향성 영상

(그림 1) 디지털 앨범에서 영상 배치의 예

본 논문에서는 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 전처리 과정을 통해 얼굴 영역을 추출하고, 얼굴의 특징점을 이용하여 얼굴 사다리꼴을 정의한다. 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 영상의 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 영상의 잡음을 제거하기 위한 미디안 필터링 과정과 영상 이진화, 모폴로지 연산, 레이블링 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 수직선과 입술 및 눈썹의 수평선을 추출한다. 얼굴 사다리꼴 추출 단계에서는 추출된 선과 얼굴 영역이 접하는 점을 연결하여 얼굴 사다리꼴을 정의하고, 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적 비율로부터 영상의 좌·우 방향성을 검출하는 방향성 함수를 정의한다. 방향성 함수를 이용하면 정면 영상이 아닌 임의의 영상의 좌·우 면적 비율로부터 방향각도를 유도해낼 수 있다.

2.2 전처리 단계

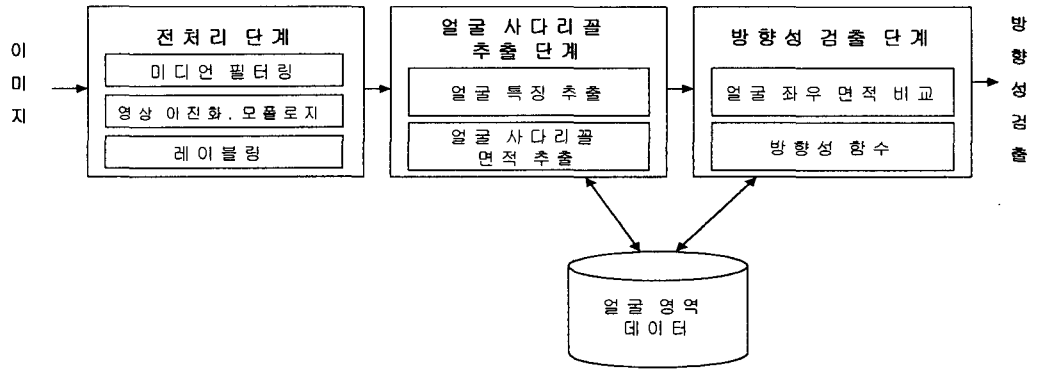
전처리 단계에서는 미디언 필터링 과정과 영상 이진화, 모폴로지 연산, 레이블링을 수행한다. 단, 본 논문에서는 그림 3(a)와 같이 100×100으로 정규화한 것을 전처리 단계의 입력 영상으로 가정하였다.

2.2.1 미디언 필터링(Median Filtering)

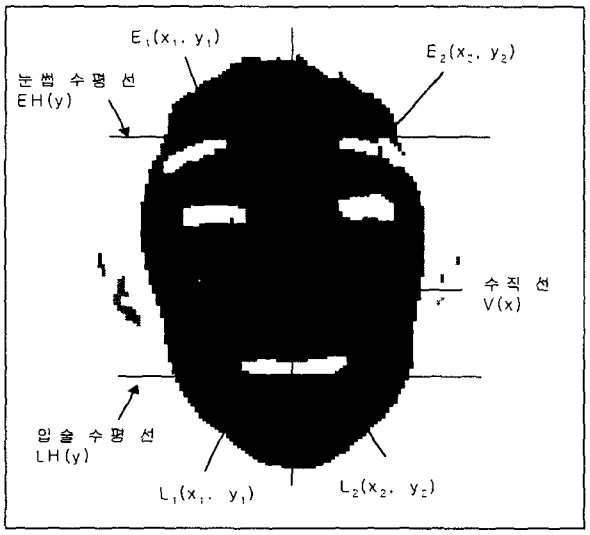
입력 영상에서 잡음을 제거하기 위해 먼저 미디언 필터링을 이용한다. 잡음 제거를 위한 필터링 방법 중에서, 본 논문에서는 입력 영상의 강한 에지를 보존하고 기존의 에지들을 좀더 상세하게 보존할 수 있다는 장점 때문에 미디언 필터링 방법을 이용하였다. 미디언 필터를 입력 영상에 적용하기 위해 식 1과 같이 입력 영상 I를 3×3씩 분리하였다. 3×3으로 분리된 영상 F_{ij}와 미디언 필터 M이 각각 식 1과 식 2와 같다고 가정할 때, 미디언 필터를 적용한 얼굴 영역은 정의 2.1과 같이 정의될 수 있다 [17, 18]. 미디언 필터링을 수행한 영상은 그림 3(b)와 같다.

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

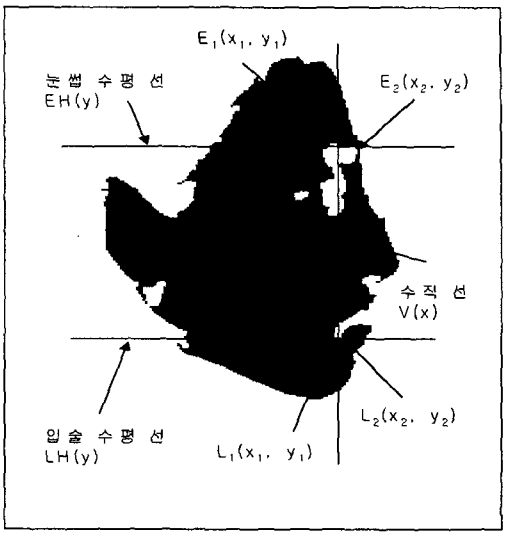
$$F_{ij} = \begin{Bmatrix} P_{i-1j-1} & P_{i-j} & P_{i-1j+1} \\ P_{ij-1} & P_{ij} & P_{ij+1} \\ P_{i+1j-1} & P_{i+1j} & P_{i+1j+1} \end{Bmatrix} \quad (1)$$



(그림 2) 방향성 검출 단계



(그림 4) 정면 영상의 수평, 수직선



(그림 5) 좌 75도 영상의 수평, 수직선

$$M = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{pmatrix} \quad (2)$$

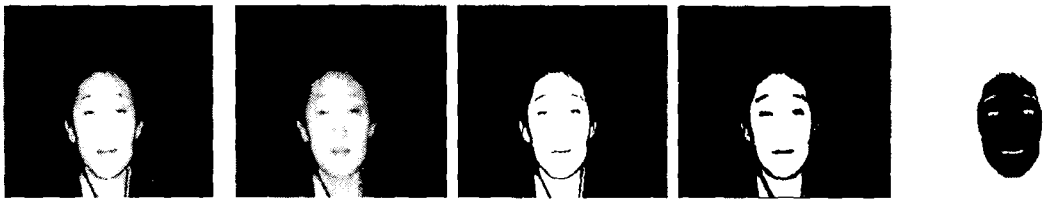
정의 2.1 [미디언 필터링 얼굴 영역 (MFFA)] 분리영상 F_{ij}와 미디언 필터 M을 이용하여 미디언 필터를 적용한 얼굴 영역 MFFA (Median Filtering Facial Area)은 식 3과 같이 정의된다.

$$MFFA = \sum_{i=1}^{n} |x_{med} - x_i| \leq \sum_{i=1}^{n} |y - x_i| \quad (3)$$

(단, x_{med}는 M원소의 중앙값, y는 M에서 임의의 값, n은 데이터 집합에서 원소의 수로 3×3 미디언 필터의 경우 9임.)

2.2.2 영상 이진화 및 모폴로지

미디언 필터링을 수행한 후 영상의 배경부분과 얼굴 영역을 분리하기 위한 방법으로 영상을 이진화 시키는 작업이 필요하다. 원본 입력 영상은 밝기 값이 0~255 사이의 값이므로 임의의 상수 기준 값(임계치)을 잡아서 이 값보다 밝기 값이 작은 것은 0으로, 큰 것은 255로 바꿔주는 처리과정이 필요하다. 본 논문에서는 임계치 (threshold value)를 150으로 하여 얼굴 영역과 배경을 분리하는 과정을 수행한다. 영상을 이진화 시킨 이진화 얼굴 영역은 정의 2.2와 같이 정의한다 [17].



(a) 입력 영상 (b) MFFA (c)BFA (d) MFA (e) LFA

(그림 3) 전처리 과정

정의 2.2 [이진화 얼굴 영역 (BFA)]

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

$P_{ij} \in$MFFA에 대하여

$$BFA = \sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} P_{ij},$$

$$P_{ij} = \begin{cases} 255 & (f(i,j) > 150) \\ 0 & (f(i,j) \le 150) \end{cases} \quad (4)$$

(단, f(i,j)는 점(i, j)의 명암도)

영상 이진화의 결과 얼굴에 존재할 수 있는 잡음을 다시 제거하기 위해 본 연구에서는 모폴로지 기법 중 침식 연산을 사용한다. 모폴로지 얼굴 영역은 정의 2.3과 같이 정의된다.

정의 2.3 [모폴로지 얼굴 영역 (MFA)]

모폴로지를 이진화된 영상에 적용하기 위한 침식 연산 마스크 E는 식5와 같고, 침식 연산에 적용하여 얻은 MFA (Morphology Facial Area)는 식 6과 같이 정의된다. 이때, f는 F_{ij}에 속하는 요소이며, e은 E에 속하는 요소이다.

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

$$MFA = \sum_{i=0}^{99}\sum_{j=0}^{99} F_{ij} \ominus E = \{P_{ij} | P_{ij} = f + e,\ f \in F_{ij},\ e \in E\} \quad (6)$$

$(0 \le i \le 99,\ 0 \le j \le 99)$

2.2.3 레이블링(Labeling)

영상 이진화 및 모폴로지 연산을 수행한 후에도 영상 중 배경 부분에 얼굴과 유사한 영역이 있어 얼굴 영역과 함께 추출되는 경우가 있다. 이러한 잡음을 제거하기 위해서 레이블링을 수행한다 [18]. 레이블링을 수행하면 식 7과 같이 임의의 수 n개의 레이블 R_i $(1 \le i \le n)$가 생성되며, 각각의 R_i는 식 8~11까지의 조건을 만족한다.

$$\bigcup_{i=1}^{n} R_i = R = MFA \quad (7)$$

R_i는 하나의 연결된 영역이다. (for $1 \le i \le n$) (8)

$R_i \cap R_j = \varnothing$ (for $1 \le i, j \le n, i \ne j$) (9)

$P(R_i)$ = TRUE (for $1 \le i \le n$) (10)

$P(R_i \cup R_j)$= FALSE (for $1 \le i, j \le n, i \ne j$) (11)

정의 2.4는 가장 큰 영역을 가지는 레이블 즉, 얼굴 영역을 정의한다.

정의 2.4 [레이블링 얼굴 영역 (LFA)]

레이블링 얼굴 영역 LFA(Labeling Facial Area)는 레이블링의 수행 결과로 얻어진 레이블 가운데 영역의 크기가 가장 큰 레이블을 나타내며 식 12와 같이 정의된다.

$$LFA = \max(S(R_i)) \text{ (for } \forall R_i,\ 1 \le i \le n) \quad (12)$$

(단, $S(R_i)$는 레이블 R_i의 영역의 크기)

그림 3은 원 영상 (a)과 미디언 필터링의 결과 영상 (b), 이진화 결과 영상 (c), 모폴로지 연산의 결과 영상 (d), 레이블링 결과 영상 (e)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 수직선과 입술 및 눈썹 수평선을 이용하여 정의할 수 있다. 이 선들은 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 수직선과 입술 수평선을 정의할 수 있다.

입술 좌표의 하단 중앙 점 L(a, b)는 식 13과 같이 레이블링 얼굴 영역 아래의 왼쪽부터 검색하여 처음 검출된 점을 $L_1(x_1, y_1)$, 오른쪽부터 검색하여 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 ±1.5 픽셀의 오차 범위 이내에서 구해진다. 입술 좌표 L(a, b)를 이용하여 수직선 V(x)와 입술 수평선 LH(y)를 정의 2.5와 정의 2.6과 같이 정의할 수 있다.

$$L(a,b) = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right) \quad (13)$$

정의 2.5 [얼굴 수직선 $V(x)$]

얼굴 수직선 $V(x)$ (Vertical line)는 식 14와 같이 식 13에서 구해진 두 점의 평균점 L(a, b)의 x 좌표 값으로 정의한다.

$$V(x) = a \quad (14)$$

정의 2.6 [입술 수평선 LH(y)]

입술 수평선 LH(y) (Lip Horizontal line)는 식 15과 같이 식 13에서 구해진 두 점의 평균점 L(a, b)의 y 좌표 값으로 정의한다.

$$LH(y) = b \quad (15)$$

눈썹 수평선은 정의 2.7과 같이 왼쪽 눈썹과 오른쪽 눈썹의 상단 점 두 개의 평균점으로 정의하는데, 어느 한 쪽 눈썹이 영상에 포함되지 않는 영상 (즉, 얼굴 영역의 대부분이 수직선을 기준으로 어느 한 쪽에만 속할 경우)에서는 한 쪽 눈썹에서 한 개의 점만을 검출하여 수평선을 정의한다. 그림 4와 그림 5는 각각 정면과 좌 75도의 레이블링 얼굴 영역에 수직선과 입술 및 눈썹 수평선을 추출한 결과를 보여준다.

정의 2.7 [눈썹 수평선 EH(y)]

얼굴 수직선을 기준으로 LFA의 오른쪽과 왼쪽 영역을 검색하여 처음으로 검출된 좌표를 각각

<표 1> 입술 좌표의 중점 비교

각도	입술 하단 중앙 점 x 좌표	x1	x2	a	오차
정면	50	44	54	49	1
우 15도	44	38	48	43	1
우 30도	46	44	50	47	-1
우 45도	44	45	48	46.5	-2.5
우 60도	32	32	33	32.5	-0.5
우 75도	40	43	45	44	-4
우 90도	33	35	36	35.5	-2.5
좌 15도	60	58	62	60	0
좌 30도	62	61	65	63	-1
좌 45도	62	60	65	62.5	-0.5
좌 60도	64	60	63	61.5	2.5
좌 75도	66	62	71	66.5	-0.5
좌 90도	75	68	76	72	3
평균 오차					±1.5

$E_1(x_1, y_1)$, $E_2(x_2, y_2)$라고 할 때, 눈썹 수평선 EH(y) (Eyebrow Horizontal line)는 식 16, 17와 같이 y 좌표 평균값으로 정의한다.

if $|y_1-y_2| > (\min(y_1, y_2) - LH(y))$

$$EH(y) = \max(y_1, y_2) \quad (16)$$

otherwise,

$$EH(y) = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (17)$$

앞에서 정의된 수직선과 입술 및 눈썹 수평선을 이용하여 정의 2.8과 같이 얼굴 사다리꼴 FT (Facial Trapezoid)를 정의한다. 얼굴 사다리꼴은 수직선을 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 2.8 [얼굴 사다리꼴 (FT)]

눈썹 수평선, 수직선, 입술 수평선과 얼굴 영역이 접하는 점을 이어 만든 얼굴 사다리꼴 FT(Facial Trapezoid)에서 EH(y) = α, LH(y)= β, V(x) = γ라 할 때, EH(y), LH(y)와 레이블링 얼굴 영역 LFA의 교집합인 선분 $\overline{EH}$와 $\overline{LH}$는 다음의 식 18, 19와 같이 정의된다.

$$\overline{EH}=\{(x_i, y_i) | y_i=\alpha, (x_i, y_i)\in LFA\}$$

(단, $1 \leqq i \leqq n$) (18)

$$\overline{LH}=\{(x_j, y_j) | y_j=\beta, (x_j, y_j)\in LFA\}$$

(단, $1 \leqq j \leqq m, n \neq m$) (19)

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.

$$P_1 = (x_1, y_1) \ (x_1 = \min \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}) \quad (20)$$

$$P_2 = (x_2, y_2) \ (x_2 = \max \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}) \quad (21)$$

$$P_3 = (x_3, y_3) \ (x_3 = \min \{x_1, x_2, \cdots, x_m\}) \quad (22)$$

$$P_4 = (x_4, y_4) \ (x_4 = \max \{x_1, x_2, \cdots, x_m\}) \quad (23)$$

정의 2.8에서 정의된 선분 $\overline{EH}$, $\overline{LH}$와 수직선 V(x)의 교점 P_5, P_6는 식 24에 의해 얻어지며, 이 두 점과 얼굴 사다리꼴 FT를 활용하면 정의 2.9과 같이 얼굴 좌·우 면적 LFTA (Left Facial Trapezoid Area)와 RFTA (Right Facial Trapezoid Area)가 정의된다.

$$P_5 = (\gamma, \alpha), \ P_6 = (\gamma, \beta) \quad (24)$$

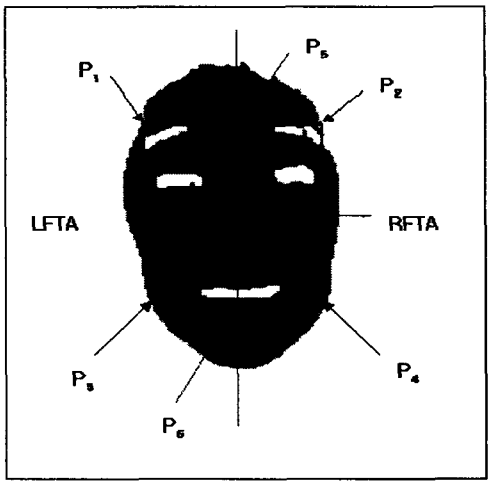
정의 2.9 [좌 얼굴 사다리꼴 면적 (LFTA)와 우 얼굴 사다리꼴 면적 (RFTA)]

얼굴 사다리꼴은 좌 얼굴 사다리꼴과 우 얼굴 사다리꼴의 면적의 합은 식 25와 같이 정의된다.

$$FTA=LFTA+RFTA \quad (25)$$

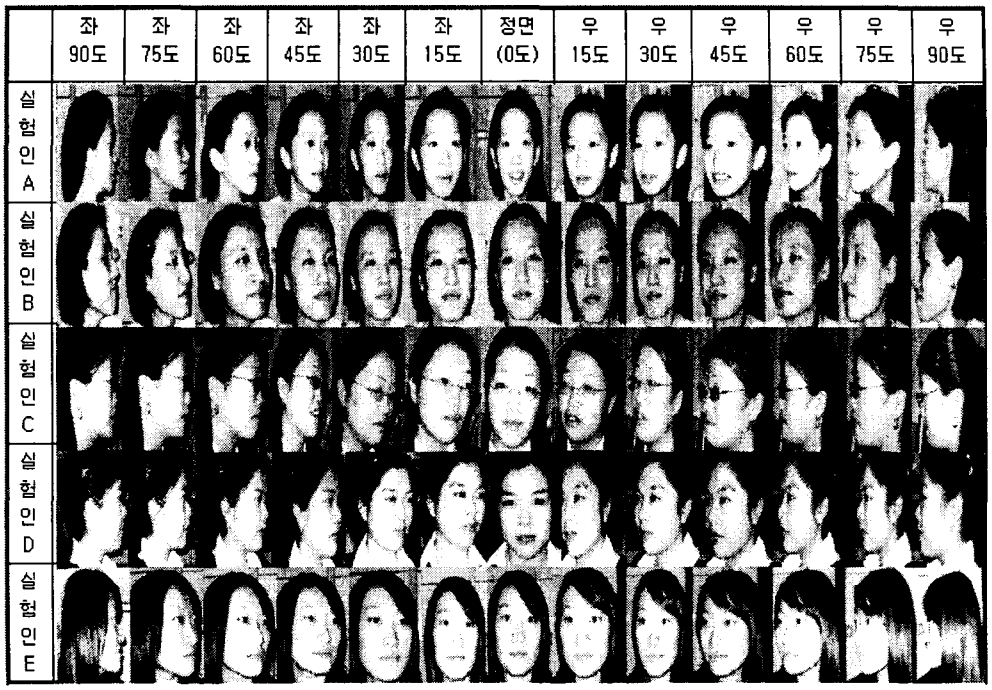
(단, LTFA = $\square P_1P_5P_6P_3$, RFTA = $\square P_5P_2P_4P_6$)

그림 6은 눈썹 수평선 EH(y), 입술 수평선 LH(y)와 얼굴 영역을 연결하여 생성된 얼굴 사다리꼴 FT의 좌·우 면적인 LFTA와 RFTA를



(그림 6) 얼굴 사다리꼴 (FT)

<표 2> 얼굴 데이터



보여준다.

3. 방향성 함수의 정의

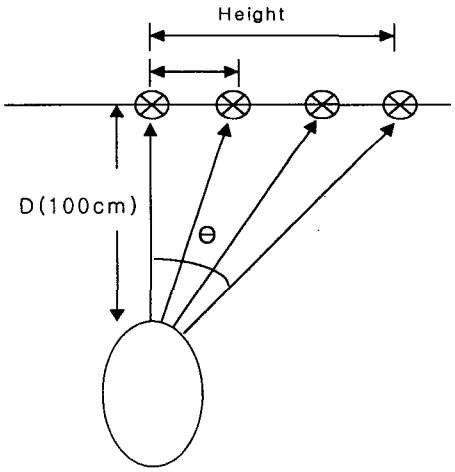
본 장에서는 얼굴 방향성 검출을 위한 실험 환경 및 방향성 함수에 대해 정의한다.

3.1 실험 환경

본 절에서는 본 연구에서 사용된 각도별 얼굴 영상 데이터베이스와 실험 환경에 대해 소개한다. 얼굴 영상 획득을 위한 장비로는 캐논 IXUS 400 디지털 카메라를 사용하였고, 각도별 위치를 지정하기 위해 그림 7과 같이 좌·우 각도별 응시점과 거리를 지정하고 높이를 측정하여 각도별 영상을 획득하였다. 각도별 거리에 대한 높이를 획득하기 위한 식은 26과 같다.

$$\tan\theta = \frac{H}{D},\ H = \tan\theta \times D \qquad (26)$$

눈썹 수평선, 수직선, 입술 수평선, 얼굴 사다리꼴을 이용한 방향성 검출 기법을 구현하기 위해 Visual C++ 6.0을 이용하였으며, 5명으로부터 한 사람당 좌·우 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90도



(그림 7) 좌·우 각도별 거리 측정

<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	1104	285	1140	331	1057	330	900	450	790	465	720	825	795	824	557	794	455	895	295	910	256	962	236	1060	0
	비율	-100%		-60%		-52.3%		-46.3%		-27.4%		-21.5%		1.8%		19.3%		27.2%		50.4%		56.1%		60.6%		100%	
B	면적	0	1035	236	922	282	916	285	875	328	792	473	740	785	762	670	460	833	375	840	315	945	276	1008	235	1022	0
	비율	-100%		-59.2%		-52.9%		-50.8%		-41.4%		-22%		1.4%		18.6%		37.8%		45.5%		54.8%		62.1%		100%	
C	면적	0	1136	268	1078	302	1059	328	958	392	816	482	750	802	778	721	444	834	406	844	339	865	250	990	236	998	0
	비율	-100%		-60.2%		-55.6%		-48.9%		-35.1%		-21.7%		1.5%		23.7%		34.7%		42.6%		55.1%		61.5%		100%	
D	면적	0	1098	264	1058	294	1029	314	938	352	820	404	648	702	716	632	408	754	344	916	320	938	268	996	246	1072	0
	비율	-100%		-60%		-55.6%		-49.8%		-39.9%		-23.1%		-0.9%		21.5%		37.5%		48.2%		55.6%		60.4%		100%	
E	면적	0	1011	260	986	286	994	308	896	428	826	498	717	756	794	735	422	744	400	862	286	896	252	906	220	1028	0
	비율	-100%		-58.2%		-55.3%		-48.8%		-31.7%		-18%		-2.4%		27%		30.3%		50.2%		56.1%		60.9%		100%	
평균	면적	0	1077	263	1037	299	1011	313	913	390	809	464	715	774	769	716	458	794	396	871	311	911	260	972	235	1028	0
	비율	-100%		-59.6%		-54.4%		-48.9%		-34.9%		-21.2%		0.3%		21.9%		33.4%		47.4%		55.5%		61.1%		100%	
	각도	좌 90도		좌 73.4도		좌 62.1도		좌 44.1도		좌 28.9도		좌 13.5도		0° (정면)		우 17.8도		우 32.6도		우 46.8도		우 61.1도		우 76.6도		우 90도	
표준 편차		0	54.32	16.62	75.47	13.75	48.07	16.27	31.99	20.34	22.49	30.21	35.21	41.58	28.02	56.2	43.22	30	27.59	31.03	14.05	30.65	10.08	54.08	16.48	50.18	0

의 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 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 8과 같은 sin 파형의 그래프를 얻을 수 있다. 이 sin 파형의 그래프 기울기는 식 27과 같이 계산되고, 좌·우 면적 비율 R과 얼굴 영역의 방향 θ의 관계는 식 28과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{기울기} = \left(\sum_{i=1}^{13} \frac{R_i}{\sin\theta_i}\right)/13 \fallingdotseq \frac{2}{3} \tag{27}$$

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

$$R = \frac{2}{3}\sin\theta \tag{28}$$

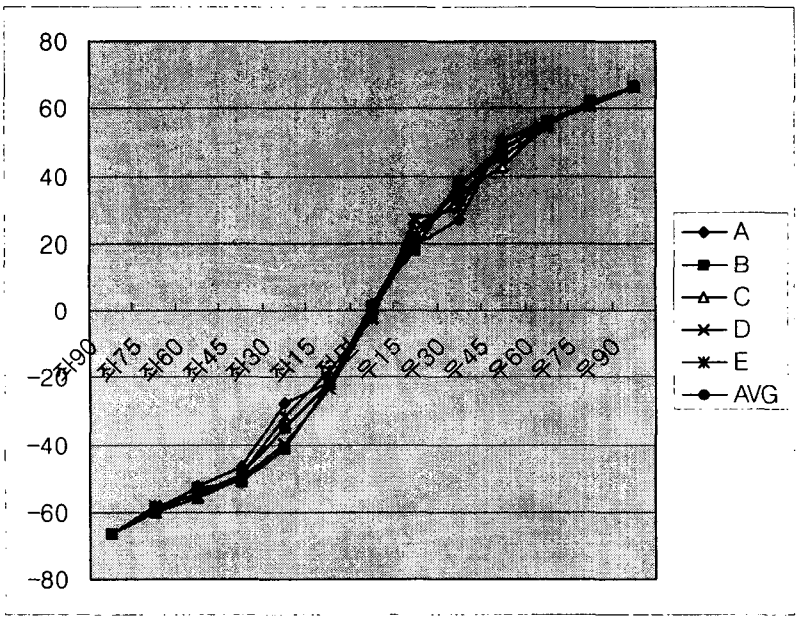
다음은 식 27과 28을 이용하여 정의 3.1의 방향성 함수 f(R)을 정의한다.

정의 3.1 [방향성 함수 f(R)]
입력 영상의 좌·우 면적 비율 R로부터 얼굴의 방향성을 구하는 함수 f(R)은 식 29와 같이 정의된다.

$$f(R) = \frac{3}{2}\arcsin R \text{ or } f(R) = \frac{3}{2}\sin^{-1} R \tag{29}$$

3.3 실험 결과 분석

얼굴의 좌·우 면적과 방향성과의 관계를 정



(그림 8) 좌·우 각도별 면적 비율

<표 4> 수행 시간

	전처리 과정				얼굴 사다리꼴 면적 검출	방향성 검출	평균
	미디언 필터	이진화	모폴로지	레이블링			
A	2.5	2.3	2.6	2.6	4.2	3.6	2.97
B	2.7	2.6	2.7	2.3	3.9	4.3	3.8
C	2.6	2.5	2.9	2.5	3.7	3.9	3.02
D	2.3	2.8	2.5	3.0	3.4	4.1	3.01
E	2.8	2.6	2.4	2.8	3.8	3.6	3
평균	2.58	2.56	2.62	2.64	3.8	3.9	3.16

의 3.1에서 방향성 함수로 정의하였는데, 실험 결과 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적의 비율 R은 약 ±0.056%의 오차 범위 내에서, 좌·우 방향성 θ는 ±1.31도 이내에서 구할 수 있었다. 또한 얼굴 방향성 함수의 시간 복잡도는 $O(n^2)$이며, 표 4에서 설명된 바와 같이 전처리 과정은 약 2.6초, 얼굴 사다리꼴의 면적 검출은 약 3.8초, 얼굴 방향성 검출은 약 3.9초의 수행시간이 소요된다. 전처리 과정을 포함하는 총 수행시간은 평균 3.16초가 소요됨을 알 수 있다.

3.4 방향성 함수의 적용

그림 9(b)는 그림9(a) 입력 영상의 좌·우 면적 비율을 비교한 결과를 보여준다. 그림 9(b)에서의 좌·우 LFTA와 RFTA는 각각 372, 759이고, 면적의 비율 R은 약 -34.22%이며, 방향성 함수에 적용한 결과 식 30과 같이 그림 9(a)의 입력 영상은 약 30°의 방향성을 가지는 것을 예측 할 수 있다.

$$f(R)=\frac{3}{2}\sin^{-1}R$$

$$=\frac{3}{2}\sin^{-1}\times(-34.22)\fallingdotseq 30(^\circ) \quad (30)$$

예측된 방향성에 따라 그림 9(a)의 영상을 디지털 앨범에 배치한다면 얼굴 영상의 왼쪽 여백을 오른쪽보다 상대적으로 더 넓게 설정하여야 함을 알 수 있다.

4. 결론

좌·우 면적 (759, 372)

$$R=\frac{372-759}{372+759}$$

$$=-34.22\%$$

(a) 입력 영상 (b) 좌·우 면적 비율 검출

(그림 9) 방향성 검출 기법 적용 예

본 논문에서는 얼굴 사다리꼴의 좌·우 면적 비율을 이용하여 얼굴 영상의 방향성을 검출하는 기법에 대해 기술하였다. 먼저, 얼굴 영상으로부터 수직선과 입술 및 눈썹 수평선을 추출하고, 추출된 선과 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.

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 수직선을 기준으로 좌·우 면적을 비교함으로써 방향성을 알아낼 수 있다는 장점이 있다.

제안된 방향성 검출 기법을 실험용 영상 데이터에 적용한 결과 약 ±0.056%의 오차 범위 이내에서 좌·우 면적의 비율을, ±1.31도 이내에서 좌·우 방향성 θ를 구할 수 있었고, 전처리 과정을 포함한 총 수행시간은 평균 3.16초가 소요되었다. 또한, 안경을 쓴 경우와 머리카락이 이마를 덮는 등 얼굴 특징 정보를 추출할 때 오류를 발생시킬 수 있는 경우에 대해 실험한 결과 안경을 쓴 영상은 ±0.06%, 머리카락이 이마를 덮는 영상은 ±0.15%의 오차범위 내에서 좌·우 면적 비율을 구할 수 있었다.

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, N0.6, 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 캐리커쳐 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 이동 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.

[18] 하영호, 임재권, 남재열, 김용석, 디지털 영상처리, pp.417-487, 그린, 서울, 1998.

▣ 저자소개

* 동 지 연

2002년 서울여자대학교 컴퓨터학 과 졸업 (학사)

2002~현재 서울여자대학교 컴퓨 터학과 석사과정

관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터 그 래픽스

E-mail : dongji79@swu.ac.kr

** 박 지 숙

1990년 한국과학기술원 전산학과 졸업(학사)

1992년 서울대학교 대학원 컴퓨터 공학과 졸업(석사)

1998년 서울대학교 대학원 컴퓨터 공학과 졸업(박사)

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

*** 이 환 용

1990년 KAIST 전산학과 졸업 (학사)

1992년 포항공과대학교 대학원 컴퓨퓨터공학과 졸업 (석사)

1995년 포항공과대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정 수료

1995~1999 포항공과대학 정보통신연구소 연구원

1999~현재 액트시스템주식회사 대표이사.

2003년~현재 서울여자대학교 정보통신대학 겸임교수

관심분야 : 가상현실, 컴퓨터 비젼, 컴퓨터 그래픽스

E-mail : hylee@acts.co.kr

◈ 이 논문은 2003년 10월 20일 접수하여 1차 수정을 거쳐 2003년 12월 11일 게재확정되었습니다.