

논문 2009-4-11

## $\lambda$ -퍼지척도를 이용한 얼굴특징의 윤곽선 검출

### An Edge Detection for Face Feature Extraction using $\lambda$ - Fuzzy Measure

박인규\*, 안보혁\*\*, 최규석\*\*\*

In-Kue Park, Bo-Hyeok Ahn, Gyoo-Seok Choi

요 약 얼굴특징의 윤곽선 검출을 위하여  $\lambda$ -퍼지척도를 이용하는 방법을 제안하였다. 기존의 방법에는 계곡, 명도, 경계선과 같은 특징점을 이용하여 얼굴 특징점을 찾는다. 이방법에는<sup>[1]</sup> 여러가지 특징점을 이용하기 때문에 주변잡음과 기타환경에 민감하다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는  $\lambda$ -퍼지척도를 이용하여 이러한 단점을 해결하였다. 해당 화소에 대하여 각각의 가중치를 구성함으로써 이들에 대한 평가를 무게중심을 적용하여 종합적으로 평가 하였다. 따라서 인접정보를 유지하여 경계선의 연속성을 확보할 수 있었다. 실험을 통하여 기존의 방법에 비하여 알고리즘의 단순화로 인한 계산량의 감소를 보였으며, 항목간의 중요도에 대한 무게 중심을 검출하여 각도변화와 조명에 보다 강한 경계선을 추출 할 수 있었다.

**Abstract** In this paper the method was proposed which uses  $\lambda$ -fuzzy measure to detect the edge of the features of the face region. In the conventional method the features was founded using valley, brightness and edge. This method had its drawbacks that it is so sensitive to the external noises and environments. This paper proposed  $\lambda$ -fuzzy measure to cope with this drawbacks. By considering each weight of the pixels the integral evaluation was considered using the center of area method. Thus the continuity of the edge was kept by way of the neighborhood information and the reduction of time complexity was resulted in.

**Key Words :**  $\lambda$ -fuzzy measure, feature detection

## I. 서 론

얼굴 인식 기술은 사용자가 특별한 기계와 접촉 행위에 대한 요구없이 개인 신원을 확인할 수 있기 때문에 편리성 있는 생체 인식 기술로 평가 받고 있다

얼굴 정보에 관련한 연구는 크게 3가지 분야로 분류할 수 있다. 입력된 영상으로부터 얼굴에 관한 특징 추출에 관한 연구, 얼굴 영상을 해석하여 영상 속의 사람을 식별하는 연구<sup>[2,3]</sup>, 얼굴의 특정 부분들을 분석하여 그 사람의 표정을 알아내는 연구<sup>[4]</sup>로 나누어 볼 수 있다.

그중 얼굴의 특징 추출에 관한 연구는 다시 얼굴 전체의 영역 추출<sup>[5,6,7,8]</sup> 및 윤곽선 추출에 관한 연구<sup>[9,10]</sup>와 눈, 입 등의 얼굴 주요소의 영역 추출 및 특징점 또는 윤곽선 추출에 관한 연구로 다시 나누어 생각 할 수 있다.

얼굴 영역의 윤곽선 추출은 얼굴 인식의 가장 기본이 되는 단계이기 때문에 가장 오차없는 결과를 나타낼수 있어야 한다. 각각의 얼굴 요소의 특징점을 추출하여 해당 얼굴 영상의 사람이 누구인지 판별하거나 얼굴 영상 속의 사람의 여러 가지 정보 즉 감정 혹은 건강상태 기타 여러 가지 내적상태를 추정할 수 있다 그 밖에 사진 검색, 추적, 감시 등의 다양한 분야에 적용할 수 있는 기술로써 수많은 연구가 진행중이다 그러나 얼굴영상은 여러 가지 어려움을 가지고 있다 예를 들어 표정, 조명, 시점변화

\*\*정회원, 중부대학교

\*\*\*중신회원, 청운대학교(교신저자)

접수일자 2009.5.3, 수정완료.2009.6.8

에 심하게 왜곡되면 또한 머리 모양, 화장, 안경 등에 의해 큰 변화가 생기게 되므로 배경으로부터 얼굴 영역을 분리해 내는데 분명히 한계가 있다 또한 얼굴 영역을 완벽하게 추출했다고 해도 시간이 흐름으로 인한 얼굴이 조금씩 달라지는 문제 또한 가지고 있다 그러나 고성능의 안정적인 얼굴 인식 성능을 갖기 위해서는 이와 같은 문제점들을 시스템의 인식 단계에서 자체적으로 해결할 수 있어야 하고, 그와 동시에 인식 속도에 있어서도 응용 분야에 적합한 수준이 보장되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 연구들에서 중요한 얼굴 영역의 윤곽선 추출에서의 주요 요인 눈, 눈썹, 입의 윤곽선 검출에 대하여 중점적으로 기술하였다. 얼굴요소의 윤곽선 추출에 기본이 되는 것은 특징점 검출을 사용하였다. 특징점이란 얼굴 특징 이 주위 피부보다 어둡다는 성질을 이용하였다. 주위보다 어두운 영역을 찾기 위해서 모폴로지 연산에 기반한 특징 검지기를 사용하고 있다. 특징 검지기를 사용하여 얼굴 영역인 눈과 눈썹 그리고 입을 부각 시킨 다음 무게중심법인 팽창 연산을 이용하여 특징 에너지를 세밀하게 팽창을 시킨후 경계선 검출을 사용하여 얼굴 영역의 윤곽선추출에 관한 연구를 한다.

## II. 얼굴 특징 영역 검출

얼굴 특징 영역 추출이란 전체적인 얼굴에서 사람을 구별할때 가장 많이 사용하는 부분 즉 눈, 눈썹, 입 부분을 따로 추출해 내는 것을 말한다. 그래서 본 논문에서는 특징점 영상을 사용하여 얼굴 특징 영역을 검출한다.

### 2.1 특징점 추출

화소(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)에 대한 특징점을 구하기 위해서는 먼저 식 (1)과 같이 가운데 사각형이 위와 아래의 사각형보다 어두운 정도를 나타내는 값 V(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)를 구한다. 여기에서 p(x,y)는 화소(x,y)의 명도값을 나타낸다. 기존의 특징 에너지에서는 식(1)과같이 변수 r의 값이 1부터 k까지 변화할때에 괄호안의 값들중 가장 큰값을 사용하였지만 본 논문에서 제안한 방법은 특징에너지를 좀더 강하게 나타내 주기위하여 최대값이 아닌 모든 값들을 누적 시켜서 사용하였다. 그리고 1과 k의 값은 얼굴 영역의 크기에 따라 상대적으로 정해진다.

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

전체 화소에 대해 V(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)를 구한 다음에는 특징 에너지 E<sub>v</sub>(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)를 식 (2)와 같이 구한다. 여기에서 식 (2) 연산이 필요한 이유는 특징에너지의 값을 0에서 255 사이의 값으로 만들어 주기 위해서 이다.

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

Max\_val은 전체 화소에 대한 V(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>) 중에서의 최대값을 나타낸다. 그림 1은 특징점 추출방법 결과가 나타나 있다.



(a) 입력 영상 (b) 검출된 특징점

그림 1 특징점 추출

Fig. 1 The Extraction of the features

## III. 얼굴 영역 윤곽선 검출

### 3.1 형태학을 이용한 윤곽선 검출

제안한 방법은 무게중심 형태학 기법을 썼으며 가중치와 영상의 화소값을 사용하였다. 영상의 화소가 가지는 값은 양의수로 정의한다. 퍼지 구성요소(structure element)은 λ-퍼지척도를 이용하여 가중치로 구성된 퍼지집합을 구축하고 구성요소에 해당하는 영상으로 구성된 퍼지집합을 구축한다. 다음으로 이 두 개의 퍼지집합

에 대하여 확장의 원리를 이용하여 두 집합간의 유사도를 계산한다. 마지막으로 유사도에 대하여 무게중심법 과정을 통하여 형태학의 네 가지의 연산자, 용기와 침식, 개방과 폐쇄를 정의한다. 결국 무게중심값은 다음의 식 (3)에서와 같이 퍼지 구성요소의 모든 화소에 대하여 λ-퍼지척도를 적용하면 영상에 대한 용기(dilation)와 같은 효과를 볼수있다.

$$F_E(h_i, g_\lambda^*(\cdot)) = COA\{I(T(1 - g_\lambda^*(A^*_i); x), h_i)\},$$

$$A^*_i = \{x_j | h_j \leq h_i\}$$

(3)

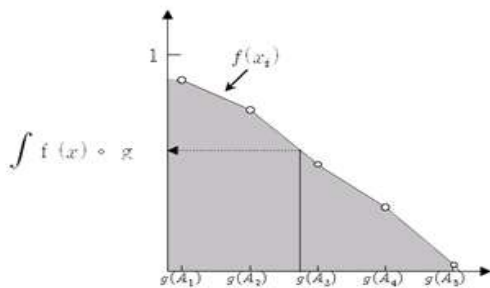


그림 2 무게중심법  
Fig. 2 The center of area

식(4)의 공식에서의 m은 가중치를, u는 영상의 화소를 의미한다. 3x3 크기의 가중치와 그와 같은 크기의 영상의 화소값과의 곱으로 넓이를 구하고 무게 중심 값을 구하게 되면 중심 영상의 화소값은 모든 3x3 크기에 영상의 값들을 합하여 나오는 평균값을 구할수 있게 된다. 이때 중요한 것은 가중치 값은 가운데 값이 가장 크고 중심점과 멀어지면서 값들이 점점 작아지는 즉 피라미드 형식으로 만들어져야 한다. 이유는 가운데 값의 수치를 좀더 많이 부여하여 연결성을 좋게 만들기 위해서다. 이렇게 만들어진 무게중심법 형태학은 다른 형태학보다 주위 값들을 잃지 않기 때문에 연결성이 좋게 나오며 세밀하다는 장점을 가지게 된다.

$$u_o = \frac{\sum_{i=1}^l u_i m_{c^o}(u_i)}{\sum_{i=1}^l m_{c^o}(u_i)}$$

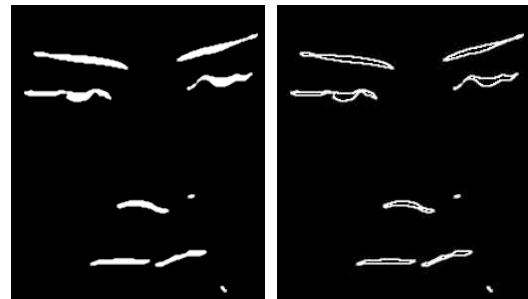
(4)

특징점을 팽창(dilation) 하는 이유는 특징점을 한번 팽창 하므로써 외곽선 부분에 명확하게 끊어지는 부분을 최소화하기 위하여 사용하였다. 특징점에서 무게중심 팽창을 사용하는 이유는 일반 형태학 팽창을 사용했을 경

우 누적 특징점 모양이 팽창되면서 모양이 변하는 경우가 있지만 제안한 방법은 얼굴영역이 커지지만 무게 중심법을 사용하여 주위 값들에 정보를 가지고 있기 때문에 얼굴 영역의 모양 그대로를 유지하면서 연결성을 견고하게 할 수 있다. 이렇게 나온 영상을 경계선 검출을 하면 얼굴 특징영역 윤곽선을 검출하게 된다. 그림 3에는 그림 2에서 설명한 무게중심법에 의한 윤곽선 추출 결과가 나타나 있다.



(a) 입력 영상 (a) input image  
(b) 특징점 이진화 (b) the binarization of the feature



(c) 무게중심을 이용한 팽창 (c) the dilation by center of area  
(d) 윤곽선 검출 (d) the detection of the edges

그림 3. 무게중심을 이용한 윤곽선 검출  
Fig. 3 The detection of edge by center of area

#### IV. 실험 결과 및 고찰

얼굴의 주요소인 눈과 눈썹 그리고 입의 윤곽선 추출을 실험하였다. 실험 환경은 Visual C++를 이용하여 구현되었다. 본 논문에서는 동영상의 한 배우에 얼굴을 다양한 각도로 편집해서 얼굴 영역 윤곽선 검출 실험영상으로 사용하였다. 그림 4는 본 논문에서 제안된 방법의 동정도를 나타내었고 그림 5는 기존방법과 본 논문에서 제안된 방법의 실험영상을 보여준다. 그림 5에서와 같이 (a)영상과 (b)영상을 비교해보면 윤곽선의 연결성뿐만

아니라 잡음제거 면에서도 제안된 방법이 기존방법 보다 개선되었다는 것을 볼 수 있다.

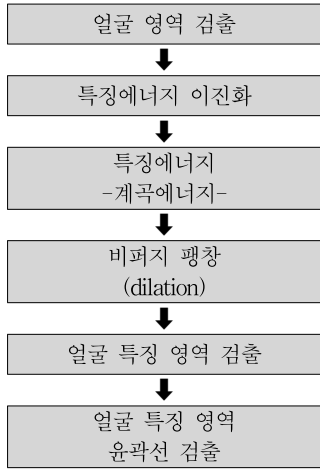
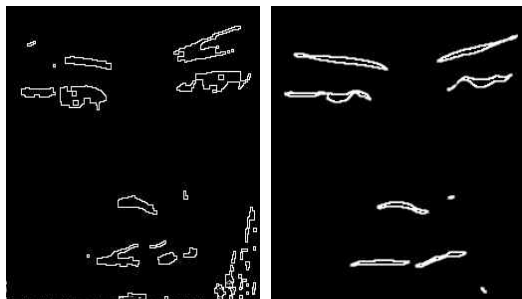


그림 4 제안된 방법의 동정도  
Fig. 4 The identification of the proposed method



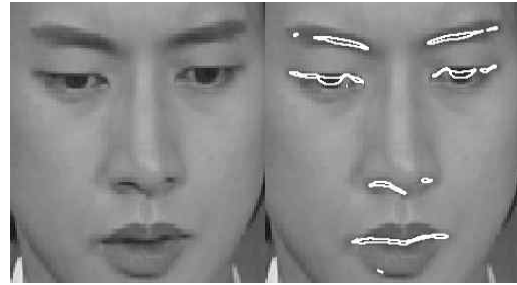
(a) 기존방법의 윤곽선 (a) the edge of the conventional method  
(b) 제안된 방법의 윤곽선 (b) the edges of the proposed method

그림 5 기존방법과 제안방법의 윤곽선 추출 비교  
Fig. 5 The comparison of edge extraction by the proposed method

기존 방법으로 구현된 실험영상 같은 경우 여러 가지 에너지를 사용하였기 때문에 조명에 강한 특징을 가지게 되지만 영상에 필요 없는 잡음이 강하게 나오면서 얼굴 특징영역 윤곽선이 끊어지는 단점이 있다. 그러나 본 논문에서는 제안한 특징점만을 사용했기 때문에 필요 없는 잡음이 적으며  $\lambda$ -퍼지척도 상에서 무게중심을 사용하여 얼굴 특징 윤곽선이 끊어지는 경우가 기존 방법보다 적고 더욱 선명하게 나온다는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다. 표 1에서는 30장의 각기 다른 사람의 증명사진을 이용하여 기존방법의 윤곽선 검출률과 본 논문에서 제안한 방법의 윤곽선 검출률을 비교하였다.

표 1. 얼굴 특징점 윤곽선 검출 비교  
Table 1 The comparison of edge detection of the face region

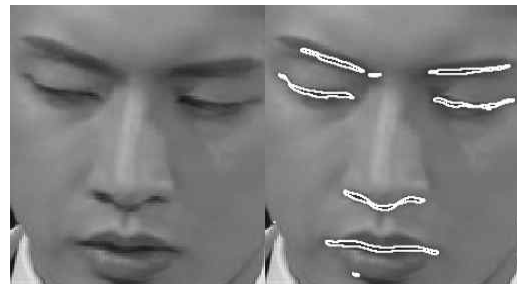
검출	눈썹	눈	코	입
기존 방법	65%	85.8%	73.3%	68.3%
제안된 방법	86.6%	96.6%	93.3%	90%



(a) 정면 영상 (a) the front image  
(b) 특징점의 윤곽선 (b) the feature edge



(c) 우측 영상 (c) the right image  
(d) 특징점의 윤곽선 (d) the feature edge



(e) 좌측 영상 (e) the left image  
(f) 특징점의 윤곽선 (f) the feature edge

그림 6 다양한 각도에서 추출한 윤곽선 검출  
Fig. 6 The edge detection extracted at various angles

제안한 방법을 통하여 나온 특징점 윤곽선을 원영상과 결합하여 보면 눈과 눈썹 그리고 입까지 정확하게 일치하여 나오는 것을 볼 수 있다. 특징점만을 사용할 경우 얼굴영역의 중심일수록 강하게 나오지만 영역외각으로 갈수록 영상이 희미하게 나오게 되며 다시 이진화를 하면 영역외각이 지워진다. 따라서 모양이 끊어지기 때문

에 이 문제를 보완하기 위하여 무게중심을 사용한 팽창을 쓰게 되고 특징점이 커지면서 지워진 외각 값들을 희미하게 연결해주기 때문에 연결성이 높아진다는 것을 볼 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 기존의 방법과는 달리 특징점과 λ-퍼지척도상에서 무게중심법만을 사용한 단순한 알고리즘을 통하여 좀 더 조명에 견고하고 강인한 얼굴의 특징점 윤곽선추출 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 통하여 동영상과 다른 조명 배경에서 촬영한 증명사진등으로 실험해 본 결과 얼굴 특징의 윤곽선을 견고하게 추출한다는 것을 알 수 있었다. 제안된 방법은 얼굴인식 분야와 얼굴표정 인식 등의 분야에서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

[1] 정성태, "조명 변화에 견고한 얼굴 특징 추출"  
한국컴퓨터정보학회논문지, 제10권 6호

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

[3] Ching-Liang Su and Chidchanok Lursinsap, "Face Recognition by Feature Orientation and

FeatureGeometry Matching," IEEE Proceedings of ICPR'96, pp.401-405, 1996

[4] Irfan A. Essa and Alex P. Pentland, "Facial Expression Recognition using a Dynamic Model and Motion Energy." IEEE ICCV'95, pp.360-360, 1995

[5] Guangzheng Yang and Thomas S. Huang, "HumanFace Detection in a Complex Background," PatternRecognition, Vol.27, No.1, pp.53-63, 1994

[6] Ying Dai and Yasuaki Nakano, "Extraction of FacialImages from Complex Background Using ColorInformation and SGLD Matrices," InternationalWorkshop on AFGR, pp.238-242, 1995

[7] 유태웅, 일석, 색채분포정보 기반한 영역추출"  
정보과학회논문지, 제324권, 제32호, pp.180-192, 1997

[8] 김남호, 함상진, 안상철, 김형근, "색상움직임을 이용한 실시간 얼굴 손 추적알고리즘", HCI'98학술대회 발표논문집, pp.9-14, 1998

[9] Xiaobo Li and Nicholas Roeder, "Face ContourExtraction From Front-View Images," PatternRecognition, Vol. 28, No. 8, pp.1167-1179, 1995

[10] Taro Yokoyama, Yasushi Yagi and MasahikoYachida, "Facial Contour Extraction Model," IEEEProceedings of ICAFGFR, pp.254-259, 1998

## 1 저자 소개

### 안 보 혁(준회원)



- 2008년 중부대학교 컴퓨터학과 공학사
  - 2009년 중부대학교 일반대학원 정보과학과 재학중
- <주관심분야 : 영상처리, 인공지능>

### 박 인 규(정회원)



- 1985년 원광대학교 전기공학과 공학사
- 1987년 연세대학교 일반대학원 전기공학과 공학석사
- 1997년 원광대학교 일반대학원 전자공학과 공학박사
- 2009년 현재중부대학교 컴퓨터학과 부교수.

<주관심분야 : 영상처리, 인공지능>

### 최 규 석(중신회원)

- 제9권 2호 참조
- 현 청운대학교 컴퓨터학과 교수

<주관심분야 : 인공지능, 이동통신, ITS, 이동컴퓨팅>