

커넥티드 콘포넌트 라벨링을 적용한 얼굴 영역 추출 임베디드 시스템

심명환*, 한태규*, 김영섭**, 이상범*

*단국대학교 전자컴퓨터공학과

**단국대학교 전자컴퓨터공학부

e-mail:kajami@kornet.net

Embedded System for Face Space Detection in Connected Component Labeling

Shim Myoung-haan*, Tae-Kyu Han*, Young-Seop Kim**, Sang-Burm Rhee*

*Dept of Electronics & Computer Engineering, Dan-Kook University

**Dept of Electronics & Computer Engineering, Dan-Kook University

요 약

본 연구에서는 모바일 단말기를 활용할 수 있는 얼굴 영역을 추출 하는 시스템을 구현을 제안한다. 임베디드 프로세서에 커넥티드 콘포넌트 라벨링을 이용하여 PDA와 핸드폰, 스마트폰에서 얼굴 영역 추출이 가능한 시스템을 설계 하였다. 얼굴 영역을 추출한 결과 빠른 처리 속도와 높은 추출율을 보였다.

1. 서론

정보통신의 발달은 개인용 컴퓨터의 보급을 촉진시켰으며, 개인용 컴퓨터의 보급과 더불어 핸드 PC(HPC), 개인 휴대 단말기(PDA)와 핸드폰 등이 널리 보급되었다[6,7]. PDA와 핸드폰을 이용하여 금융거래나 상품거래가 활발히 이루어지면서 보안이 중요해졌다. 현재 많이 사용되는 방법은 비밀번호와 주민등록번호를 통한 인증이 보편화 되고 있다. 하지만 이것은 주민등록번호와 비밀번호의 유출에 따른 문제점이 생기게 된다[6]. 이런 보안을 위한 인증에서 요즘 대두가 되고 있는 것이 생체인식을 통한 인증이다. 생체인식은 현재 많은 연구를 통해 개선 및 적용이 되고 있다. 지문 인식, 홍채 인식 등 많은 영역에 걸쳐 접근이 되고 있다[1,2].

얼굴 인식은 인식과정에 있어서 거부감이 적어 생체 정보를 추출하는데 있어서 많은 장점을 가지고 있다. 보안 인증적인 측면과 각종 영상 매체를 통한 개인 정보를 얻기 위해서 얼굴정보를 기반으로 하는 방식은 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 PDA나 핸드폰에서 안면 생체인식을 위해서는 정확한 얼굴 영역 추출과 추출 시간이 같이 고려되어야 할 것이다.

본 연구에서는 PDA와 핸드폰과 같은 임베디드 기반의 시스템에서 효과적인 안면생체인증을 위한 얼굴 추출 시스템을 설계하는 것을 제시하고자 한다. 먼저 2장에서는 시스템 설계를 위한 시스템 구성을 살펴보고 3장에서는 얼굴 영역 추출을 위한 알고리즘을 보고 4장에서는 결과 5장에서 결론 및 향후과제를 알아보겠다.

2. 시스템 구성

기존 생체인식은 일반 PC나 큰 규모의 컴퓨터를 기준으로 개발 되었으나 최근 PDA나 핸드폰에 생체인식을 위한 시스템이 개발되고 있다. 지문인식은 PDA와 핸드폰은 지문을 인식을 위해 기존 PDA와 핸드폰에 지문 인식 센서가 추가 장착되었다. 따라서 그에 따른 추가 비용이 생기게 된다. 하지만 얼굴 인식을 위한 시스템은 최근 출시되고 있는 PDA와 핸드폰에는 디지털 카메라를 기본 내장하여 출시하고 있기 때문에 이를 이용하여 얼굴 추출에 필요한 다른 추가 장치 필요 없이 얼굴 인증을 위한 얼굴 정보를 디지털 카메라를 통하여 얻을 수 있다.

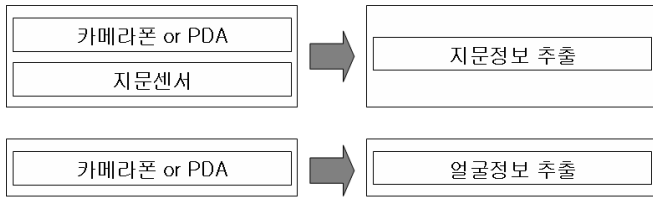


그림1. 생체추출을 위한 시스템

임베디드 프로세서는 모바일환경을 기반으로 하기 때문에 일반 PC 보다 연산 매우 느리다. 따라서 본 연구에서는 실수연산을 시프트 기법을 활용하여 실수를 정수형으로 변환하여 수식을 계산하여 연산에 따른 지연을 최소화 하도록 했다.

본 시스템을 설계하기 위해서 사용한 프로세서는 인텔에서 개발한 X-Scale PXA255-400Mhz를 사용하였다. X-Scale 은 인텔에서 ARM코어를 사용하여 만든 프로세서로 현재 PDA와 다른 임베디드 시스템에서 많이 사용되고 있다[6,7,8].

개발보드는 휴인스에서 공급하는 PXA255-PRO1 보드를 사용하였다. 개발보드의 사양은 다음과 같다.

표1. 개발보드 사양

CPU	PXA255-400Mhz
SDRAM	128MByte(100Mhz)
FLASH	32MByte
USB	USB v1.1 host
TFT LCD	240*320 65K Color
Ethernet	10Mbps

개발환경은 개발보드에 임베디드 리눅스를 포팅하여 리눅스환경에서 개발 하였다. PC에서 리눅스의 크로스 컴파일러를 통해 컴파일 한 후 개발보드에 시리얼 또는 이더넷을 통하여 전송하였다.

표2. 개발환경

Host PC	Red hat 9.0
개발보드	Linux 커널 2.4.19

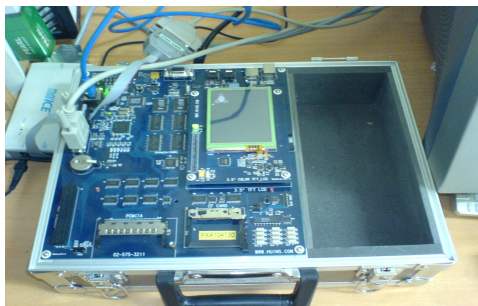


그림2 개발보드

3. 얼굴 영역 추출

3.1 칼라 영역 변환(Color Space Transform)

얼굴 후보 영역을 추출하기 위해 첫째 단계는 바로 칼라 영역 변환이다. 카메라를 통해 들어오는 RGB형식의 영상 데이터를 YCbCr 형식으로 변환하는 것이다. 이 변환은 얼굴 후보 영역을 추출하기 위해 필요하다.

입력된 영상은 RGB 24비트형식의 영상 데이터를 전제로 하였으며 이것을 YCbCr형식의 데이터로 변환 하는 수식은 다음과 같다.[2]

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

위의 수식은 소수점연산이 들어가기 때문에 플로팅 연산이 되는 프로세서가 아닌 이상 일반 프로세서는 많은 지연시간이 걸리게 된다. 따라서 위의 수식을 시프트를 사용하여 정수형으로 변환하여 다음과 같이 변환 한다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 19595 & 38470 & 7471 \\ -11095 & -21709 & -32768 \\ 32768 & -27439 & -5329 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

위의 수식은 (1) 수식을 16비트 왼쪽으로 시프트 하여 소수점을 정수형으로 변환하여 최종값에서 다시 오른쪽으로 16비트 쉬프트 하여 사용하여 정수형의 데이터를 얻을 수 있다.

3.2 영상 보정 (Lighting Compensation)

영상 보정은 입력된 영상 luma(nonlinear gamma corrected luminance)영역의 상위 5%에 해당하는 영역을 참조 화이트(reference white)영역이라 가정하고 상응하는 각 R, G, B 영상 데이터 값을 0부터 255까지 8비트 정수형으로 보정처리 해준다.

입력된 영상에서 참조 화이트인 영상 픽셀 수가 100개 이상인 경우 참조 화이트 범위에 들어있는 화소들의 R, G, B 각 성분들의 평균값을 계산 후 각 성분의 최대 값에 대한 상대 비율을 계산한다. 각 평균값을 R_m, G_m, B_m 이라고 가정하고, R, G, B의 최대 값은 255이므로 각각의 성분비를 구한다면 그 비율을 아래와 같다.

$$R_{ratio} = \frac{255}{R_m}, G_{ratio} = \frac{255}{G_m}, B_{ratio} = \frac{255}{B_m} \quad (3)$$

식에 의해 계산하여 원영상 화소의 각 R, G, B에 곱하여 새로운 R, G, B값을 얻음으로써 영상을 평활화 할 수 있다. 영상 보정을 통해 외부의 조명의 영향에 따라 잘못 분류 된 영역의 오류를 일정 보정 할 수 있다.

3.3 비선형칼라변환 (Nonlinear Transform)

색상정보 영역은 휘도영역에 독립적인 성향을 가지고 있다고 많은 논문연구에서 제시하고 있다[4]. 어둡거나 밝은 살색에 강한 얼굴 영역 추출을 위해서 휘도와 색상정보의 의존적인 관계를 이용하였다. YCbCr 영역에서 Cb와 Cr은 Y의 함수로써 표현할 수 있다.

3.4 얼굴 살색 모델링 (Facial Candidate Extraction)

본 연구에서는 인종별 영향에 따른 차이가 없고 높은 살색 영역을 추출하는 살색 모델링을 적용하였다 [2,3]. 수식은 다음과 같다.

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} - \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1,$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'b - c_x \\ C'r - c_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서 $ec_x=1.60$, $ec_y=2.41$, $c_x=109.38$, $c_y=152.02$, $a=25.39$, $b=14.03$ 의 데이터를 갖는다. $C'b$, $C'r$ 은 상기 비선형변환(nonlinear transform)과정에서 얻어진 corrected Cb, Cr의 값이다.

3.5 CCL (Connected Component Labeling)

추출된 얼굴 후보영상을 이치화 처리하여 0과 255의 값만으로 바꾼다. 이중 서로 연결된 인접화소 영역은 픽셀들의 값이 동일한 하나의 번호로 라벨링 되고 다른 인접영역은 다른 번호로 라벨링 된다. 이 라벨링된 영상 중 그 영역이 가장 큰 부분을 얼굴영역으로 추출하게 된다.

이치화된 영상을 라벨링하는 가장 간단한 방법이 Glassfire 알고리즘이다. 이 알고리즘은 계속적인 반복 연산을 하기 때문에 알고리즘 구현에 있어 느리다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 연산시간 비용이 적은 CCL(Connected Component Labeling)

을 적용하였다[5]. CCL은 기존 알고리즘과 달리 이웃한 픽셀을 비교하여 라벨링 하기 때문에 연산시간이 기존 알고리즘보다 빠르다는 장점이 있다.

일반 PC에서 두 알고리즘을 비교해본 결과 기존의 Glassfire 알고리즘보다 CCL 알고리즘이 약 1000배 정도 빠른 처리 속도를 보여 주었다. 임베디드 시스템의 경우 연산하는데 걸리는 시간이 오래 걸리면 저력소모와 리얼타임이라는 두 조건에 부합하기 때문에 기존에 라벨링은 임베디드 시스템에서 부적절하다.

CCL은 픽셀들과의 연결을 이용한 알고리즘이다. 좌표(x,y)의 픽셀 P에 대하여 수평과 수직, 대각으로 연결된 픽셀의 좌표의 집합을 $N_8(p)$ 이라 하고 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{matrix} (x-1, y-1) & (x-1, y) & (x-1, y+1) \\ (x, y-1) & (x, y) & (x, y+1) \\ (x+1, y-1) & (x+1, y) & (x+1, y+1) \end{matrix}$$

만약 두 개의 픽셀이 서로 이웃하다면 그때 구개의 픽셀은 서로 인접되었다고 정의한다. 픽셀의 인접 정의는 두 개의 픽셀 p와 q에서 만약 q가 $N_8(p)$ 의 원소라면 인접이라고 가정한다. 어떤 픽셀 p가 다른 픽셀 q에 인접되었다면 p는 q에 연결되었다고 한다.

두 개의 픽셀이 서로 연결되었다면 그때 두 개의 서로 다른 픽셀들에게 같은 레이블을 부여 한다. 같은 레이블이 부여된 픽셀들의 집합이 영상에서의 연결된 컨포넌트이다.

00000001	00000002
01101001	03303002
01111011	03333022
11000110	33000220
01110000	03330000
00001111	00004444
00001100	00004400
00001111	00004444
(a) 라벨링 전	(b) 라벨링 후

그림3 CCL

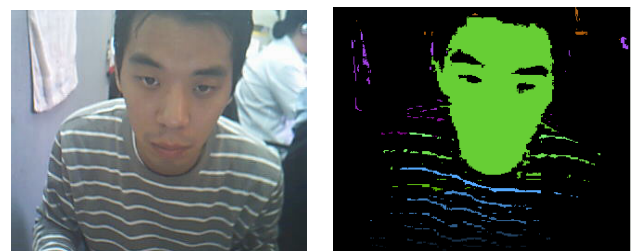


그림4 CCL 적용 영상

3.6 얼굴 영역 추출(Facial Area Extraction)

CCL을 통한 영상을 다음 단계를 거쳐 얼굴 영역을 추출하게 된다.

- 1) 영상을 위에서 아래로 스캔한다.
- 2) 영상 중 추출된 얼굴 후보영역이 제일 처음 시작되는 부분의 포인트 값과 가장 마지막 포인트 값을 찾아낸다.
- 3) 영상을 좌에서 우로 스캔한다.
- 4) 2) 과정을 반복한다.
- 5) 각 포인트 값을 참고로 사각 영역을 추출한다.

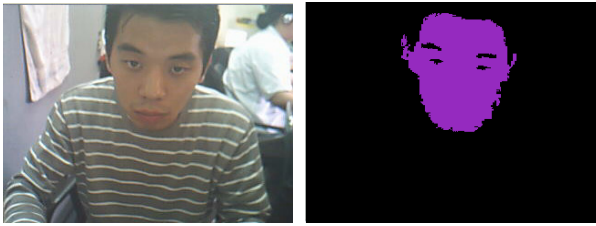


그림5 CCL중 얼굴영역 추출

4. 실험결과

본 연구는 임베디드 Linux 운영체제와 128MByte를 갖는 휴인스 PXA255-PRO1보드와 320*240 이미지를 가지고 실험했다. 일반 웹 카메라를 통하여 입력받은 얼굴영상 50개를 RAW이미지로 저장하여 타겟 보드에 전송한 후 타겟 보드에서 얼굴 영역 추출 후 다시 PC로 전송하여 그 결과를 확인 하였다. 그에 따른 결과는 표3과 같다.

표3 실험결과

	설계 시스템
얼굴 영역 추출율(%)	94%(47/50)
평균시간	1.5sec



그림6 얼굴 영역 추출 결과

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 Connected Component Labeling 알고리즘을 이용한 얼굴 영역 추출 임베디드 시스템 설계를 제안 하였다. 본 연구는 칼라영상 기반으로

하여 연산시간의 단축으로 임베디드 프로세서에 적합한 시스템을 구축하였다.

기존에 나와 있는 지문 센서를 통한 지문 인식은 센서를 추가 장착해야 하기 때문에 추가 비용이 들지만 본 연구에서 제안한 시스템은 추가 비용 없이 기존의 PDA와 핸드폰에 적용 가능하다. 제안한 시스템은 개인휴대단말기(PDA)나 핸드폰에 적용 가능하여 금융거래나 상품거래에 생체인식을 인증시스템에 적용 가능할 것이다.

이번 연구에서는 정지된 얼굴 이미지만 가지고 실험 했으나 다음 연구에서는 디지털카메라를 통하여 입력되는 동영상을 기반으로 연구를 진행 할 것이다.

참고문헌

- [1] Demas Sanger, Yoichi Mlyake, Hideaki Haneishi, Norimichi Tsumura, "Algorithm for Face Extraction Based on LipDetection", Journal of Imaging Science and Technology, 41(1),pp.71-80, 1997.
- [2] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb, Anil K.Jain. "Face Detection in Color Images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.24, no.5, pp.696-706, May 2002.
- [3] Filipe Tomaz, Tiago Candeias, Hamid Shahbazkia, "Improved Automatic Skin Detection in Color Images", Proc. 7th Digital Image Computing: Techniques and Applications, pp.419-427, Dec., 2003.
- [4] E. Saber and A.M. Tekalp, "Frontal-view Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color, Shape and Symmetry Based Cost Functions," Pattern Recognition Letters, vol. 19, pp. 669-680, 1998.
- [5] Mariusz Jankowski, Jens-Peer Kuska "Connected components Labeling - algorithms in Mathematica, Java, C++ and C#"
- [6] (주)휴인스 기술연구소 "Intel PXA255 와 임베디드 리눅스 응용"
- [7] Andrew N. Sloss, Domminic Symes, Chris Wright "ARM System developer's User's Guide"
- [8] intel "Intel Pxa255 Processor Developer's Manual"