

눈영역 추출과 개폐상태 인식에 관한 연구

*김도형^U *이학만 **박제현 *차의영

*부산대학교 일반대학원 전자계산학과

**부산대학교 일반대학원 영상정보공학과

{dhkim, berserk, jinsal69, eycha}@harmony.cs.pusan.ac.kr

A Study on The Extraction of the Region and The Recognition of The State of Eyes

*Do-Hyung Kim^U *Hack-Man Lee **Jae-Hyun Park *Eui-Young Cha

*Dept. of Computer Science, Pusan National University

**Dept. of Image Information Engineering, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 다양한 배경을 가지는 얼굴 영상에서 눈의 위치를 추출하고 눈의 개폐 상태를 인식하는 방법에 대하여 제시한다. 얼굴 요소 중에서 눈은 얼굴 인식 분야에 있어서 중요한 특징을 나타내는 주 요소이며, 눈의 개폐 상태 인식은 인간의 물리적, 생체적 신호 감지 및 표정인식에도 유용하게 사용될 수 있다. 본 논문에서는 후보영역을 강조하기 위한 전처리 과정을 수행하고 템플릿 매칭 방법을 사용하여 후보 영역을 추출한다. 추출된 1차 후보영역들은 설정된 병합식을 사용하여 병합되며, 기하학적 사전지식과 Matching Value를 기반으로 최종 후보 영역을 추출한다. 검출된 눈 후보 영역은 검출영역 전처리와 특징점 산출 과정을 거쳐 최종적으로 개폐 판별식을 통해 눈의 개폐상태를 인식하게 된다. 제안한 방법은 눈위치 추출과 개폐인식에서 모두 높은 인식률을 보였으며 향후 운전자의 졸음인식 및 환자 감시장치 등 여러 응용에서 사용될 수 있다.

1. 서 론

예전부터 얼굴 구성요소 추출 및 인식은 관심있는 연구대상 이 되어왔다. 최근들어 하드웨어의 급속한 발달과 더불어 컴퓨터 비전, 패턴인식, 신경망 같은 다양한 분야에 걸쳐 활발히 연구되고 있으며 많은 응용 분야를 가지고 있다.

얼굴인식과 관련된 연구분야를 분류해 보면 다음과 같다. 얼굴이 포함된 영상에서 얼굴 영역을 추출하기 위한 연구, 얼굴을 구성하는 주요소 추출에 관한 연구, 얼굴영상 해석에 따른 얼굴 인식에 관한 연구와 표정 연구등이 있다. 이 중에서도 얼굴 구성 요소 추출에는 주로 히스토그램 분석법, 신경회로망을 적용한 연구, 주성분 분석법, 얼굴 구성요소를 이용하는 방법 등이 있다.

히스토그램을 이용하는 방법[1]은 각 얼굴요소의 수평, 수직 누적분포를 계산하고, 얼굴의 사전지식을 기반으로 하여 각 기관의 위치를 계산하는 방법으로 비교적 안정된 결과를 얻을 수 있지만 얼굴의 기울기와 조명등에 영향을 받기 쉽다. 신경회로망을 이용한 방법[2]은 얼굴인식에 폭 넓게 적용되고 있는 방법으로, 신경망을 통해 표본 데이터를 학습하여 입력 영상을 인식하는 방법으로 학습정도가 인식률에 많은 영향을 주며, 구성요소 추출에는 이용하기 어렵다는 단점이 있다.

주성분 분석법[3]은 얼굴영상을 하나의 통계적인 데이터로 다루어 여러 얼굴 데이터를 수집하여 통계적인 수법에 의해 개인을 식별해 내는 방법으로, 얼굴영상집합의 생성이 인식결과에 큰 영향을 미친다. 하지만 이 방법도 다양한 배경과 조명의 변화에 따른 문제가 크다고 할 수 있다.

얼굴 구성요소를 이용하는 방법[4]은 얼굴이 눈,코,입등의 구성요소 조합으로 이루어진다는 사실을 근거로 각 구성요소와 얼굴모델과의 기하학적 지식과 통계적인 제약을 계산하여 얼굴영역을 판정하는 방법으로 bottom-up방법이라고 할 수 있다. 이 방법 또한 구성요소 탐색시 배경의 복잡도가 그 결과에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

본 논문에서는 다양한 배경과 명암을 가지는 얼굴영상에서, 얼굴 요소 중에서 가장 중요한 정보를 가지고 있는 눈요소의 추출에 관한 방법을 제시하고, 추출된 눈 영역을 분석하여 그 개폐 상태를 인식하는 방법에 대하여 제시하고자 한다. 추출하고자 하는 눈요소는 다른 얼굴 구성요소 보다는 그 특징이 명확하기는 하나 그 형태의 변화가 심하다. 따라서 추출의 정확도를 높이고자 템플릿 매칭법[5], 신경회로망, 그리고 눈요소의 기하학적 고찰에 따른 사전지식을 병행하여 사용한다. 추출된 눈 영역은 정확한 개폐인식을 위해 재 정제되고, 특징점 산출결과 개폐 판별식에 의해 최종적으로 눈의 개폐상태를 인식하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 다양한 배경과 명암을 가지는 정지영상에서 눈영

f 본 논문은 정보통신연구진흥원 대학 S/W연구센터 지원사업비 지원으로 수행되었음.

역을 추출하는 알고리즘을 제안하고, 3장에서는 개폐상태 인식 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 실험 환경 및 결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 눈 영역 추출

2.1 전체 시스템 구성

얼굴 정지영상에서 눈의 위치를 검출하고 개폐를 인식하기 위한 전체 시스템 구성도는 [그림1]과 같다. 320×240 8bit gray 얼굴영상이 입력되면 2개의 모듈에 의해 최종적으로 눈의 개폐를 인식하게 된다. 눈위치 결정모듈은 얼굴영상에서의 눈영역을 추출하고, 개폐인식 모듈은 최종 후보 영역을 입력으로 하여 눈의 개폐 상태를 판정하는 모듈로서 일련의 과정을 거쳐 개폐 상태를 인식하게 된다.

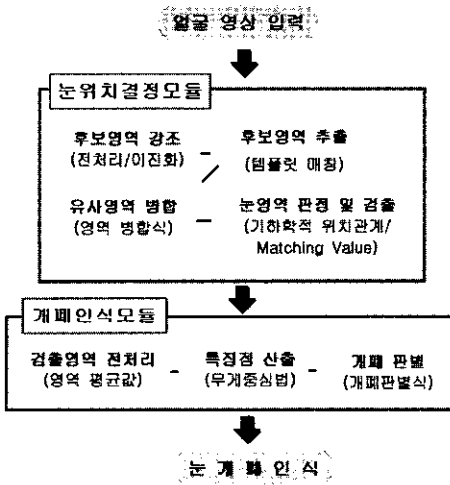


그림 1. 눈 개폐인식 시스템 구성도

2.2 검출 알고리즘

정확한 눈의 위치 결정과 처리시간의 감소를 위해서는 눈 영역을 잘 부각할 수 있도록 이진화를 하는 전처리 과정이 필요하다. 본 논문에서는 얼굴의 명암 변화를 최소화하기 위해서 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)과정을 거치고, Sharpening Filter를 사용하여 눈 영역의 모양 및 경계선을 강화한다. 일련의 과정을 거친후 반복 임계치 설정방법을 사용하여 임계치를 설정하면 명암의 변화에도 비교적 잘 적응할 수 있는 임계치가 선정되며 이러한 임계치는 대부분의 경우 일정한 값으로 수렴하게 된다.

전처리 된 얼굴 영상에서 눈 영역일 가능성이 있는 후보 영역은 형판에 의한 유사도 비교방법을 사용하여 추출하게 된다. 유사도를 측정하기 위해 사용된 눈 형판은 전체영상 크기와 얼굴영상 크기를 기반으로 평균적 눈의 크기를 고려하여 30×15 크기의 이진 형판으로 구성된다. 유사도[6]는 형판과의 Matching Value값을 계산하여 측정하게 되며 눈 영역으로 추정되는 영역의 상하좌우에서 이러한 후보영역이 집중하게 되는 현상이 발생한다. 집중된 후보 영역부에서 그 무게중심에 위치하는 후보영역이 제일 유사도가 큰 영역이다. 따라서 이러한 무게중심 후보영역을 검출하기 위해 다음과 같은 영역 병합 알고리즘을 사용한다.

표 1. 후보 영역 병합 알고리즘

```

if ||X - Cj|| < ρ
    Cj = (X + Cj) / (||Setj|| + 1)
    ||Setj|| = ||Setj|| + 1
else
    Ck = X
    ||Setk|| = ||Setk|| + 1
    
```

X : 입력좌표
 ρ : Set의 반경
 C_j : X와 최소거리인 Set_j의 중심값
 ||Set_j|| : Set_j의 원소개수

병합된 최종 눈 후보 영역은 기하학적 고찰에 따른 사전지식을 바탕으로 후보영역들간의 위치관계를 고려하여 눈 영역을 판정하게 된다. 먼저, 눈아래의 중심부에 있는 영역들은 대부분 흰색소로 구성되어 있다는 사전 지식을 바탕으로 후보영역들을 검증한다. 이 과정에서 배경영역에서 일부 눈과 비슷한 모양으로 검증된 후보영역과 눈썹 부분이 제거될 수 있다. 위 과정을 거치면 눈을 제외한 거의 모든 후보영역들이 제거되지만, 미제거된 후보영역들에 대해서는 눈의 기하학적 위치정보를 이용하여 눈영역을 검출한다. 두 눈 사이의 간격은 후보영역 폭의 약 2배에서 3배 사이이다. 따라서 현재 검증되는 후보영역은 일정 영역내에 다른 후보영역이 있어야만 눈 영역으로 인정할 수 있다. 이러한 사전지식을 바탕으로 검증과정을 거치면 고립된 후보영역이 제거될 수 있다. 위에서 언급된 두가지 과정을 거쳤을 때 기하학적 사전지식만으로 대부분 두 개의 눈영역을 검출할 수 있었다. 그러나, 배경이 복잡하거나 얼굴이 기울어진 영상일 경우 눈의 위치관계만으로는 불충분할 경우가 발생할 수 있다. 즉 위 과정을 거친 후 3개 이상의 후보원도우가 검출되었을 때는 후보영역들간 유사도 검출 기법을 병합하여 눈 영역을 추출한다.



그림 2. 얼굴영상에서의 눈영역 추출
 (a) 원영상 (b) 1차 후보 영역
 (c) 최종 눈 후보 영역 (d) 검출된 눈 영역

3. 개폐 인식

최종 눈 영역이 추출되면 그 영역에 대해서만 전처리 과정을 거친다. 임계치는 명암의 다양함을 고려하여 전체 영역의 평균

값으로 설정 이진화 과정을 수행하였다. 이진화된 눈 영상에서의 특징점(X,Y)은 식 (1)(2)에 의해 무게중심을 계산하여 설정 하였으며, 그 결과는 [그림 3]과 같다.

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B[i,j] \quad (1)$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m jB[i,j]}{A} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m iB[i,j]}{A} \quad (2)$$

A = Area for a binary image

B[i,j] = Binary image of eye window

(X, Y) = Center of Area

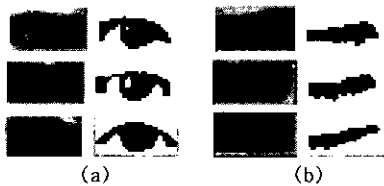


그림 3. 검출된 눈 영역과 특징점
(a) 개방된 경우 (b) 폐쇄된 경우

특징점 중심에서의 수직길이는 개방상태가 폐쇄상태보다 더욱 길다는 것을 알 수 있다. 이 성질을 이용하여 다음 식 (3)을 만족할 때만 개방상태로 인식하였다.

$$Ratio(v) = \frac{Leng(v)}{Box(v)} > 50 \% \quad (3)$$

Leng(v) = Vertical Length of eye pixels

Box(v) = Vertical Length of eye window

4. 실험환경 및 결과

실험에서 사용된 얼굴영상은 320×240 8bit Gray Scale로 구성되며, 눈 형판은 30×15의 이진형판으로 설정하였다. 얼굴영상은 안경 착용자와 미착용자 모두를 대상으로 하였고, 조명 밝기는 오전, 오후, 저녁등 다양한 밝기에서 실내 촬영하여 실험하였다. 본 알고리즘은 Pentium 450MHz, Memory 128Mbyte, Window98 ME환경에서 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현되었다.

총 200개의 얼굴을 포함한 영상에서 눈영역 검출 알고리즘의 성능을 실험하였고, 그 검출 결과는 표 2.와 같다.

표 2. 눈영역 검출 결과

개폐 상태	입력영상	검출성공	검출실패	성공률
개 방	100	96	4	96 %
폐 쇄	100	93	7	93 %
합	200	189	11	94.5 %

눈 영역 검출에 성공한 189개의 영상을 사용하여 눈 개폐상태 인식 알고리즘의 성능을 실험한 결과 인식률은 98.4%였고 표 2., 표 3.에 의해 전체 시스템의 인식률은 93% 였다.

표 3. 개폐상태 인식 결과

개폐 상태	입력영상	인식성공	인식실패	인식률
개 방	96	94	2	97.9 %
폐 쇄	93	92	1	98.9 %
합	189	186	3	98.4 %

위의 표에서 보는 바와 같이 전체 시스템의 인식률은 정확한 눈 영역 검출에서 좌우된다고 볼 수 있다. 눈 영역 검출의 주된 오류의 원인은 1)얼굴이 너무 기울어진 경우(약 25°), 2)얼굴 크기가 너무 작은 경우, 3)조명의 불균형이 심한 경우 등이 있었다.



그림 4. 눈 영역 검출 실패 영상

(a) 25° 이상 기울어진 경우 (b) 얼굴크기가 너무 작은 경우
(c) 조명의 불균형이 심한 경우

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 가변템플릿과 병합식을 사용하여 후보 영역을 추출하고 기하학적 위치관계와 유사도를 병합하여 눈 영역을 추출하는 방법을 제시하였다. 또한 추출된 눈영역의 특징점을 산출하고 눈의 개폐상태를 인식하는 방법에 대하여 설명하였다. 이러한 방법은 실험결과에서 보는바와 같이 다양한 배경을 가진 얼굴영상에서의 눈 영역에 대한 추출과 개폐인식을 가능하게 하였다. 향후 연구과제로는 위에서 언급한 오류원인의 개선과 교통사고 방지 시스템의 하나인 운전자 졸음방지 시스템의 개발이다.

참 고 문 헌

- [1] V.Starovoitov and D.Samal, "Matching of Faces in Camera Images and Document Photographs," *Proc. IEEE Int'l Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol.IV, pp.2349-2352, June, 2000.
- [2] Henry A. Rowley, Shumeet Baluja, and Takeo Kanade, "Rotation Invariant Neural Network-Based Face Detection," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.38-44, June, 1998.
- [3] A. Pentland, B.Moghaddam, T.Starner, and M.Turk, "View-Based and Modular Eigenfaces for Face Recognition", *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.84-91, 1994.
- [4] X. Song, C.Lee, X.Gang, and T.Saburo, "Extracting Facial Features with Partial Feature template," *Proc. ACCV'93*, pp.751-754, 1993.
- [5] Froba,B. and Kublbeck,C., "Orientation template matching for face localization in complex visual scenes," *Proc. Int'l conf. Image Processing*, vol.2, pp.251-254, Jan, 2001.
- [6] S.Santini and R.Jain, "Similarity Measures," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.21, no.9, pp.871-882, Sep. 1999.