제20회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제10권 제2호 (2003. 11)

Watershed Algorithm 과 Object Grouping 을 이용한 얼굴영역분할

황 훈, 최영관, 최 철, 이정아, 박장춘
건국대학교 컴퓨터·정보통신공학과
e-mail : mannerhh@cse.konkuk.ac.kr

Face Region Segmentation using Watershed Algorithm And Object Grouping

Hoon Hwang, Young Kwan Choi, Chul Choi, Jeong A Lee, Chang Choon Park
Konkuk University

요 약

얼굴영역을 분할하기 위해서 Watershed Algorithm 와 Object Grouping 을 이용한 얼굴영역 분할기법을 제안한다. 영상분할에 단점은 단일 알고리즘으로 영역분할이 어렵고, 또한 복잡한 영상에서 정확한 영역을 분할하기가 어렵다는 것이다. 그래서 본 논문에서는 Watershed Segmentation 기법과 Grouping 작업을 통한 병합, 그리고 색상의 선형회귀분석을 이용한 분석법을 적용하여 분할하고자 한다. 얼굴영역 분할방법을 전처리 과정과 영역 병합 그리고 얼굴 부분을 추출하는 3 단계의 과정으로 나누고, 전처리 과정에서는 수리형태학적(Mophological) 연산자를 이용한 영상 분할기법을 이용하여 분할한 후 얼굴 후보 영역을 검출, 영역병합과정에서 기존의 학습데이터와의 유사도를 측정, 얼굴객체추출 조건에 맞지 않는 객체들을 모두 제거함으로써, 정확한 얼굴부분을 분할해 낸다. 실험결과 제안한 방법을 통해 비교적 정확한 얼굴영역을 분할 할 수 있었다.

1. 서론

영상의 추적이나 검색 그리고 인식에 있어서 영상의 전처리 과정인 추출기법은 상당히 중요한 의미를 가지며, 특히 생체인식에 있어서 매우 중요한 문제로 대두 되고 있다.

현재 인터넷 뱅킹(Internet Banking), 전자상거래(Electronic Commerce) 등에서의 패스워드(Password), PIN(Personal Identification Number) 번호를 대신한 개인인증(personal authentication) 뿐만 아니라 지불부인 방지(non-repudiation)를 목적으로 그 효용성을 인정 받고 있다. 최근 발생한 미국 무역센터 테러사태의 영향으로 신원확인 및 출입통제를 위하여 더욱 많은 분야에서 관심을 보이고 있으며, 얼굴인식 등의 생체인식 기술이 광범위하게 응용되고 있다.

생체인식 분야에 있어서 얼굴 인식 분야는 얼굴영역을 추출하는 것이 가장 중요하고 어려운 과정중의 하나이고, 여러 기법을 이용하여 추출하는 노력이 이루어지고 있으며, 대표적인 기법으로는 신경망을 이용한 방법, 주성분 분석을 이용한 방법, 색상 정보를 이용한 방법, 국소 휘도치 변환을 이용한 방법 등이 있다.

본 논문에서는 얼굴의 색상과 영역분할기법을 이용하여 보다 정확한 얼굴영역을 추출하고자 하며 획득한 결과를 분석 및 검증해 보았다.

2. 관련연구

영상분할은 입력 영상을 특정 척도 하에서 균일한 영역으로 나누는 과정, 즉 의미 있는 영역을 분리해 내는 과정을 말한다. 그러므로 영상분할은 컴퓨터 비젼과 같은 영상의 이해가 필요한 분야에서 영상내의 객체를 해석하고 응용하기 위해 연구되어 왔고, 이로 인해 얻어진 영상은 인식 시스템이나 객체 기반 부호화 방식의 전처리 단계에 중요하게 쓰인다.[1]

2.1 명암도의 불연속성 기반

명암도의 급격한 변화에 기반하여 영상을 분할하는 것으로 주로 사용되는 방법들은 영상에서 분리되어

있는 점들의 검출과 선 및 외곽선(Edge Detection)이다.

2.2 명암도의 유사성 기반

2.2.1 임계치(Threshold) 방법
영상 분할에 있어서 가장 중요한 방법 중 하나인 임계치 방법은 영상의 히스토그램이 각 영역에 해당되는 많은 수의 피크(peak)를 가짐을 이용하는 방법이다.[2]

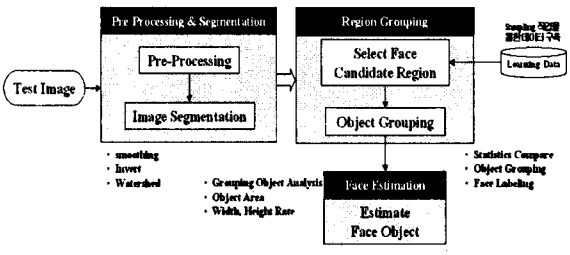
2.2.2 영역 성장(Region Growing) 방법
영역 성장은 처리되고 있는 소 영역 과 그것에 인접하는 소 영역이 서로 간에 같은 특징을 갖고 있는 경우에 그것들을 한 개의 영역으로 통합하는 즉, 특징이 같은 영역을 조금씩 성장시켜 최종적으로는 영상전체의 영역 분할을 하는 방법이다.[3]

2.2.3 영역 분할(Region Segmentation) 방법
영상에 대한 누적 분포도를 분석하여 적절한 임계치를 결정한 후 임계치를 이용하여 영상을 분할하는 방법을 말하는데, 이 방법은 하나의 임계치를 사용하여 영상을 물체와 배경으로 분리하는 2 단계 임계치 방법과 여러 개의 임계치를 설정하여 다수의 영역으로 분할하는 다중 임계치 방법으로 나눌 수 있다.[4] 영역 분할방법은 영상 분할 결과가 선택된 임계치에 매우 민감하게 영향을 받는다는 단점이 있으므로, 임계치를 적절하게 결정하는 것이 중요하다.

2.2.4 영역 분할통합(Region Segmentation & Grouping) 방법
분할법과 비슷하나 영상 전체를 시작점으로 하지 않고 중간적인 계층 레벨로 분할된 영상에서 처리를 개시하여 인접 영역의 통합 및 부분 영상의 분할 처리를 같이 시행하는 점이 다르다.

3. 시스템 구조

본 논문의 전체적인 시스템 구조는 크게 전처리 과정과 얼굴 병합 그리고 얼굴추출의 3 단계로 나눌 수 있다. (그림 1)은 논문의 전체적인 구조를 나타낸다.



(그림 1) 시스템 구조도

1 단계에서는 배경이 있는 영상을 입력 받고 입력된 영상을 전처리 과정에서 잡음 등을 제거한 한 후 입력된 영상을 Watershed algorithm 기법을 이용하여 분할 한다. 2 단계에서는 기존의 학습데이터(데이터 베이스 영상)와의 유사도를 측정하여 얼굴 후보영역을 검출하고, 마지막 단계에서는 얼굴인지 아닌지를 추정(판단)하게 되는 시스템이다.

4. Pre-Processing & Segmentation

전처리 과정에서 영역분할 및 경계정보 추출에 용이하도록 잡음 제거를 해주고, Watershed Algorithm 를 적용하여 영상을 분할한다.

4.1 Pre-Processing

전처리 과정에서는 과분할 현상을 방지하기 위해 Smoothing 과 Invert 기법을 이용한다.

(그림 2) Smoothing & Invert

Demin Wang[5]이 제안한 기울기와 Watershed Algorithm 을 그대로 사용할 경우 과도한 분할 영상이 나타나기 때문에 여기서는 과분할의 원인이 되는 국부적 최소점들을 감소시키기 위해 전처리 과정에서 잡음제거 및 Invert 를 시켜줌으로써, 잡음으로 인한 국부적 최소점들의 수를 억제, 과분할 현상을 줄일 수 있다.

4.2 Segmentation

전처리 과정을 거친 영상을 가지고 Watershed Algorithm 를 적용하여 영상을 분할한다.

(그림 3) Watershed Image according to Smoothing Effect

위의 (그림 3)과 같이 적절한 Smoothing 효과로 인해 정확하게 영상분할이 된 Watershed 영상을 얻을 수 있다. 즉, 단순히 영역들을 분리하는 것이 아니라 연산의 비용을 감소시켜 원하는 객체를 분리하게 된다. Watershed Algorithm 에 분할 방법은 먼저, 에지 강도가 낮은 최소 영역들로부터 수위가 높아지면서 범람이 일어나게 되고, 영역을 침범하는 지점에 댐을 건설하게 되는데, 바로 이 부분이 분수경계선(Watershed line)이 된다. 범람과정이 끝나면 분수경계선으로 둘러 쌓

인 유일한 라벨들을 갖는 영역들이 만들어지게 됨으로써[6][7] 영역을 분할하게 된다.

5. 영역통합(Region Grouping)

분할되어 Labeling 된 영역과 학습 데이터를 선형회귀분석(Linear Regression)을 이용하여 얼굴 후보영역을 검출 한 후 후보 영역의 지역적 관계를 이용 병합한다.

5.1 Select Face Candidate Region

Sampling 작업을 통해 구축된 학습데이터와 Test Image 를 비교하여 얼굴 후보영역을 검출하게 된다. 비교방법은 색상정보를 이용하여 선형회귀분석 즉, 학습데이터와 Labeling 데이터의 유사도를 측정하게 된다.

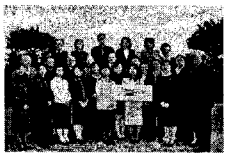
$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \qquad \text{<식 1>}$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \qquad \text{<식 2>}$$

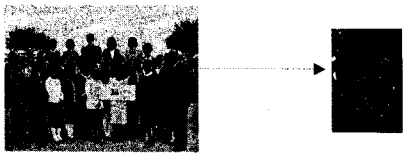
$$y_i = \alpha + \beta X_i \qquad \text{<식 3>}$$

y : 종속변수, X : 독립변수
α : y 의 절편, β : 선의 기울기

<식 1>과 <식 2>의 기울기와 회귀 직선을 구하고 <식 3>의 단순회귀분석을 이용 학습데이터와 Test Image 의 인과관계를 분석하여 얼굴의 색상정보가 얼마나 회귀선에 유사하게 분포되었는지를 비교 하여 얼굴 후보영역을 검출한다.[8] 본 논문에서는 사람의 피부색을 기준으로 하여 기울기와 거리를 가지고 임계치를 50%안에 포함되는 영역을 얼굴 후보영역으로 검출하게 된다.



(a)Test Image



(b)Face Candidate Image

(그림 4) 검출된 얼굴 후보영상

(그림 4)는 Watershed 된 영상에서 피부색을 기준으로 검출된 얼굴 후보영상과 그것을 확대한 영상을 보고 있다. 본 논문이 제안한 방법을 통해서 자동적으로 얼굴 후보영상을 추출 할 수 있었다. 하지만 얼굴 외에도 피부색은 존재하기 때문에 위의 영상과 같이 얼굴 외의 다른 부분(팔, 다리 등의 피부부분)도 같이 검출되게 된다.

5.2 Object Grouping

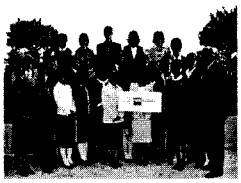
현재의 영상은 Labeling 된 영역에서 사람의 피부색만으로 검출된 영상이므로 추출하고자 하는 객체를 완벽히 하나의 영역으로 구분 지을 수 없다. 영상의 공간적인 특성을 병합하면 보다 간단하고 효율적으로 객체를 추출 할 수가 있다. 검출된 얼굴 후보영역의 분할된 영역들을 인접 영역과의 유사성을 평가하여 유사도가 있는 영역들을 병합하는 과정으로써 가장 근접한 영역을 병합한다. 즉, 조건에 만족하는 이미지 객체들만 남게 되고, 결국엔 병합된 얼굴 후보영역을 부분만을 검출하게 된다.

$$S = \{x_{ij} \mid x_{ij} \in A or x_{ij} \in B\} \qquad \text{<식 4>}$$

$$T = \{S_0, S_1, S_2, \Lambda\Lambda, S_n\} \qquad \text{<식 5>}$$

S : Boolean Union(small lump)
T : lump gathering

<식 4>와 <식 5>를 이용 특정 거리에 존재하는 분할된 조각을 병합하게 되고, 여기서는 Watershed Algorithm 과 Flood-fill Algorithm 을 적용시켜 병합된 얼굴 후보영상을 추출한다.



(그림 5) 병합된 얼굴 후보영상

영상을 병합하기 위해 변형된 Flood-fill Algorithm 을 적용하였는데 주위를 검사할 때 입력된 위치의 색과 비교하는 것이 아니라 주위의 값이 피부 영역인가를 검사하는 방식으로 위의 결과 영상과 같이 특정 거리에 존재하는 분할된 조각들을 Grouping 하게 된다.

6. Face Estimation 및 실험 분석

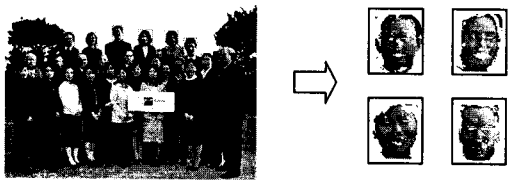
검출된 영상에서 얼굴 후보영역만을 분리하고 Facial feature 을 측정하여 얼굴을 검증함으로써 결과적으로는 얼굴영역만을 분리하게 된다.

6.1 Face Estimation

Labeling 된 얼굴 후보영역에서의 계산된 영역정보(Skin Color, Color 유사성)와 Face feature 을 측정하게 되는데, 여기서는 얼굴을 구성하는 특징으로서 눈과 입을 사용하여 얼굴 같은 덩어리를 밝기값이 어두운 픽셀을 연결하여 눈과 입을 찾고, 눈과 입의 위치를 통해 얼굴을 검증하게 된다. 특히 Face feature 을 구하는데 있어 임계치(Threshold) 적용이 신뢰성을 결정짓

는 중요한 요소가 되기 때문에 적절한 임계치 설정이 중요하고 여기서는 선형회귀분석을 통해 분포를 분석함으로써 최적의 임계치를 설정할 수 있다.

아래 (그림 6)은 얼굴을 검증하기 위해 얼굴 후보 영역에서 얼굴영역만을 분리를 하고 (그림 7)은 Face feature 을 찾기 위해 임계치를 적용하여 최종적으로 얼굴을 검증해내는 과정이다.



(그림 6) 얼굴 후보 영역 분리

(a) 후보얼굴영상 (b) Threshold 적용 (c) Face feature

(그림 7) Face Estimation

6.2 실험 분석

제안한 알고리즘을 통한 실험 분석 결과 얼굴후보 영상에 얼굴부분만을 정확히 분할 할 수 있었고, 또한 얼굴부분 이외에 다른 부분 즉, 조건에 만족하지 않는 이미지 객체들은 거의 추출되지 않았다. 아래 (그림 8)은 입력영상에서 얼굴부분만을 추출한 영상을 나타낸 것이다.

(그림 8) 입력영상과 결과영상

위의 결과를 통해 얼굴 부분만을 정확히 분리할 수 있었고, 얼굴영역만을 추출하기 위해서 객체 하나하나를 분석, 즉 얼굴 만을 따로 분리해서 객체들에 대해 검증을 통한 비교적 정확한 얼굴 영역을 추출 할 수 있었다.

7. 결론 및 향후 과제

지금까지 얼굴분할방법을 3 단계에 걸쳐 살펴보았다. 얼굴만을 분할하는 과정은 여러 알고리즘 기법을 적용하여 시도되고 있으며 얼굴영상을 정확히 분할하는 과정은 영상인식이나 분석을 위해서 필수적인 단계가 된다. 그래서 본 논문에서는 정확한 얼굴영역을 분할하고자 전처리 단계에서는 Smoothing 과 Invert 변환을 하여 영역을 분할하였고, 통계적인 기법을 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출하고, 선형회귀분석법을 적용하여 유사도를 측정, 얼굴영역을 추출한 후, 영역 병합을 통해 객체화 및 검증 단계를 거쳐 얼굴영역을 정확히 분할 하였다. 본 논문에서는 일반적인 영역분할 기법으로 영역에 일부를 유실(Loss)하는 단점을 보정하며 얼굴 분할의 방법론을 제시하였다.

향후 연구과제로는 복잡한 배경이나 유사한 배경영상 즉, 다양한 얼굴 색상에서도 정확한 얼굴 추출이 가능하도록 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

[1] David A.Forsyth, Jean Ponce, "Computer Vision A Modern Approach" Prentice Hall. 2003.

[2] 천인국 · 윤영택 "영상처리", 기한재, 1998.

[3] IEEE Computer Society Conference on "Computer Vision and Pattern Recognition" IEEE Computer Society. 2000.

[4] I.Pitas, "Digital Image Processing Algorithms And Applications" Wiley Inter Science. 2000.

[5] Rowley, Henry.A.; Baluja, S.; Kanada, T. "Neural Network-Based Face Detection ", Computer Vision and Patten Recognition, 1996.

[6] Chengjun, Liu ; Wechslet, Hatty "Learning the Face the space-Representation and Recognition", Patten Recognition ICPR, 2000.

[7] Eli Saber, A. Murat Tekalp, "Face Detection and Facial feature Extraction from Color Images," Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition

[8] Jinshan Tang, Shinjiro Kawato and Jun Ohya "Face Detection From A Complex Back Ground" ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, 2000.