

Wavelet Packet Analysis를 이용한 3단계 얼굴 영역 추출

안미선⁰ 송호근
한서대학교 컴퓨터정보학과

lina795@hanmail.net, hksong@hanseo.ac.kr

Three Step Face Region Detection Using Wavelet Packet Analysis

Mi-Sun An⁰ Ho-keun Song

Dept. of Computer & Information Science, Hanseo University

요 약

본 논문에서는 컬러 정지 영상을 대상으로 상반신 인물 영상이 입력되었을 때, 얼굴 영역을 추출하고 검증하는 방법을 제안한다. 본 논문의 얼굴 추출과정은 1단계로 영상 내 피부색 영역을 추출한 다음, 후보 영역들에 대한 공간적 제한조건을 이용하여 1차 얼굴 후보 영역을 결정한다. 2단계에서는 얼굴 구성 요소 중 가장 두드러진 특징으로서 눈 영역을 탐색하고, 눈 영역을 기준으로 한국인의 얼굴에 대한 구조적 통계값을 적용한다. 이로써 얼굴 포함 최소 사각형 후보 영역을 결정한다. 마지막 3단계에서는 영상 내 색상 정보와 공간 정보 그리고 구조적 통계치로부터 결정된 얼굴 후보 영역에 대하여 얼굴 영역의 텍스처(texture)를 Wavelet Packet Analysis를 이용해 조사함으로써 얼굴 영역을 확정하게 된다. 일반적으로 2단계에서 대부분의 얼굴 영역이 결정되지만 3단계에서 얼굴 내 텍스처 정보를 활용하면 보다 적절한 얼굴 포함 사각형의 범위를 결정할 수 있었다.

1. 서 론

멀티미디어의 급격한 발달로 영상 정보의 검색과 활용이 매우 중요해졌다. 특히 얼굴 영상 인식은 원거리 화상 회의에서의 얼굴 추적 시스템, 눈동자 추적을 통한 운전자의 시야 조절 시스템, 얼굴 인식을 통한 출입 통제 시스템, 헤드 제스처 인식을 이용한 컴퓨터 또는 로봇 제어시스템등 많은 분야에서 활용되고 있다.

한편 얼굴 영역 추출과 얼굴 특징 요소의 추출은 얼굴 영상 처리 분야에서 기본적으로 매우 중요한 부분이다. 그러나 얼굴의 모양, 크기, 색상, 방향, 머리스타일, 복잡한 배경과 조명등 다양한 요소들로 인하여 추출 방법이 쉽지 않다.[1][2][3]

얼굴 인식을 하기 위한 얼굴 영역 추출에 관한 연구는 90년초반부터 수행되었다. 이 중에서 대표적인 얼굴 영역 추출 방법은 동영상에 대상으로 움직임 부분을 추출하고 이를 바탕으로 얼굴의 경계를 추출하는 연구, 영상의 해상도를 줄여가면서 눈, 코, 입 부분의 명암 특징을 사용하여 얼굴 영역을 추출한 연구, 눈, 코, 입의 명암 특징을 이용하여 얼굴 영역을 추출하는 시스템을 개발한 연구, 계층적 영상에서 후보 영역을 추출하고 삼각형 구조 모델을 이용한 얼굴 영역을 추출하는 연구 등이 있다. [4][5]

본 논문에서는 컬러 정지 영상을 대상으로 상반신 인물 영상이 입력되었을 때, 얼굴 영역을 추출하고 검증하는 방법을 제안한다.

본 논문의 얼굴 추출과정은 1단계로 영상내 피부색 영역 추출하고나서, 후보 영역들에 대한 공간적 제한조건을 이용하여 1차 얼굴 후보 영역을 결정한다. 2단계에서는 얼굴 구성 요소 중 가장 두드러진 특징으로서 눈 영역과 입영역을 탐색하고, 눈과 입 영역을 기준으로 한국인의 얼굴에 대한 구조적 통계값을 적용한다. 이로써 얼굴

포함 최소 사각형 후보 영역을 결정한다. 마지막 3단계에서는 영상 내 색상 정보와 공간 정보 그리고 구조적 통계치로부터 결정된 얼굴 포함 최소 사각형에 대하여 얼굴 영역의 텍스처(texture)를 Wavelet Packet Analysis를 이용해 조사함으로써 얼굴 영역을 확정하게 된다. 일반적으로 2단계에서 대부분의 얼굴 영역이 결정되지만 3단계에서 얼굴 내 텍스처 정보를 활용하면 보다 적절한 얼굴 포함 사각형의 범위를 결정할 수 있었다.

2. 피부색 영역 추출

2.1 YCbCr 색상계로 변환

본 논문에서는 YCbCr 좌표계를 이용하여 피부 색상 정보를 표현하였다. HSI 좌표계와 비교했을 때 YCbCr 좌표계의 경우 HSI 좌표계보다 피부색 분포가 집중되어 나타나는 경향이 있다.[4] 이를 바탕으로 피부색이 집중된 영역을 선정, 얼굴 영역의 대략적 범위를 설정하였다.

2.2 피부색상 후보 영역의 검출

피부색상을 추출하기 위해 입력 영상을 YCbCr 좌표계로 변환한 후 Cb와 Cr 성분만을 이용하여 피부 색상 후보 영역을 추출한다. 이때 Cr성분은 붉은색 계통을 표현하므로 Cb 성분보다 피부색 영역의 범위값이 넓게 분포되어 있음을 실험을 통하여 알 수 있었다. 한편 본 논문에서는 여러 입력 영상들에 대한 피부색을 조사하고, 아래와 같은 일반적인 피부색 분포 범위를 찾아내었다.

황백색	황갈색	적갈색	적색	
0	16	32	48	64

표1. 피부색영역에서 Cr값의 변화

진노랑	황갈색	연갈색	황백색
-64	-48	-32	-16 0

표2. 피부색영역에서 Cb값의 변화

2.3 공간적 제약 특성을 이용한 얼굴 후보 영역 결정

피부 색상 후보 영상내에는 얼굴 피부 색상과 유사하게 염색된 갈색 머리카락이나 유사 색상의 배경 물체나 영역 등도 함께 검출된다.

따라서 피부 색상 후보 영역들 중 얼굴 후보 영역을 분리해 내기 위하여 다음과 같은 공간적 제약 특성을 사용한다.

먼저 후보 색상 영역의 면적을 조사한다. 본 논문에서 대상으로 하는 입력 영상은 증명 사진이나 상반신을 포함하는 인물 영상이다. 이때 얼굴 영역이 전체 영상에서 차지하는 최소 비율이 존재하므로 피부 색상 후보 영역들중 일정 면적비율(30%) 이하의 영역을 후보에서 탈락시키는 전략을 사용한다.

둘째, 피부 색상 후보 영역중 얼굴 영역은 일반적으로 가로와 세로의 비율(Asspect Ratio)이 일정 범위내에 존재한다는 조건을 활용한다. 동양인의 얼굴은 보통 1:1.4의 비율을 가진다. 그러나 개인적인 차를 수용하기 위하여 최대 1:1.2에서 1:2까지의 범위 영역내의 후보영역을 얼굴 후보로 선정한다. [4][5]

셋째, 피부 색상 후보 영역들에 대하여 최소 외접 사각형을 구하고, 사각형 내부에 포함되는 피부 색상 화소의 개수를 조사한다. 그리고나서 최소 외접 사각형 면적에 대한 피부 색상 화소 영역의 면적 비율을 계산한다.

이것은 정상적인 얼굴 후보 영역인 경우 사각형 내부에서 피부 색상 화소가 차지하는 비율이 일정 비율이상일 것이라는 지식을 사용하는 것이다. 본 논문에서는 85%이상일 때 얼굴 후보 영역으로 선정하였다.

그림 2에서는 피부 색상 후보 영역에 대한 공간적 제약 특성을 이용하여 얼굴 후보 영역을 결정한 예이다. 얼굴 영역 이외의 후보 영역들이 일부 제거된 모습을 볼 수 있다.



(a)면적조사결과 (b)AR조사결과 (c)피부화소비율조사
그림 2. 피부색 영역 추출

3. 구조적 통계값 특성을 이용한 얼굴 포함 최소 사각형 후보 선정

3.1 수평, 수직 투영을 이용한 최대 군집 영역 선정

공간적 제약 특성을 이용한 1차 얼굴 후보 영역은 얼굴 구성 요소들과 함께 귀 영역이나 목 영역등이 함께

포함될 수 있다. 따라서 구조적 통계값을 적용하기 전에 1차 얼굴 후보 영역중에서 최대 군집 영역을 선정하기 위하여 피부색 영역을 2진화하고 수평, 수직 투영한 뒤 평균 투영값 이상의 영역을 선택하여 최대 군집 영역을 선정한다.[5]

3.2 눈과 입술의 위치 탐색

위 단계에서 선정된 영역 내에서 소벨 에지 영상에서 얼굴의 구조적 통계치를 적용하여 눈과 입의 위치를 탐색한다.

우선 영역 내에서 수직 소벨 에지 영상을 구한뒤, 수평 투영값을 구하고, 최대값을 탐색하여 눈의 y 좌표를 구한다. 구해진 눈 위치에서 눈동자 유효성 검증을 통하여 양쪽 눈의 x 좌표를 구하였다. 탐색된 눈의 위치로부터 얼굴의 구조적 통계치를 기반으로 입후보 영역을 탐색한다. (그림3-b) 그 후에 두눈의 거리와 눈과 입까지의 수직거리를 기준으로 다시 구조적 통계치를 적용하여 얼굴포함 최소 사각형 후보 영역을 실행한다.(그림3-c)



(a)첫번째 눈의 위치 (b)입술위치 (c)최소 사각형후보
그림 3. 얼굴 구성 요소와 최소포함 사각형 후보

4. Wavelet Packet Analysis를 이용한 얼굴영역검증

탐색된 얼굴 후보영역에 대하여 얼굴의 텍스처 정보를 조사하고 표준 얼굴 텍스처 정보와의 매칭 과정을 통하여 얼굴 후보 영역에 대한 검증을 수행하였다.

4.1 Wavelet Packet Analysis(W.P.A.)

웨이블릿 패킷 분석방법(WPA)은 1단계는 일반 웨이블릿 변환과 동일하나, 2단계 이후에서 근사 영상뿐만 아니라 상세 영상들 각각에 대해서도 동일한 변환을 수행하게 된다. 이로서 보다 풍부한 신호 분석을 제공하게 된다. 따라서 본 논문에서는 WPA를 사용하여 얼굴의 텍스처 정보를 표현하고 이를 얼굴 영역 검증에 활용하였다. [3][6][7]



그림 4. 얼굴 영역에 대한 WPA 결과

4.2 WPA의 각 분해영상의 분산을 이용한 비교

추출된 얼굴 영역을 2단계 WPA로서 1개의 근사 영상과 15개의 상세 영상들로 분해한 뒤,

$$Var = \frac{1}{i \times j} \sum_i \sum_j |W(i,j)|^2 \quad (3)$$

(3)식을 이용하여 각 영상들에 대한 분산을 구한다.[8] 여기서 W(i,j)는 WPA분해 영상의 평균값에 대해 화소위치(i,j)에서의 화소값의 차이를 의미한다. 분산을 구한 후, 얼굴 영상 데이터베이스에서 미리 추출한 얼굴 영역에 대하여 평균 분산값들을 저장한 뒤 입력 영상으로부터 추출된 분산값들과의 차이를 조사한다.[4] 이들 값들이 한계값 이내일 때 얼굴 영역을 확정한다.[8]

5. 실험결과 및 고찰

그림 5는 제안한 알고리즘을 사용하여 추출된 얼굴 영역들이다. 얼굴 요소를 포함하는 최소 사각형 영역이 만족할 만하게 추출되었다. 반면에 조명이나 잡음등의 영향으로 그림5-(d)에서 보듯이, 얼굴 영역 추출이 실패하는 경우도 있었다.

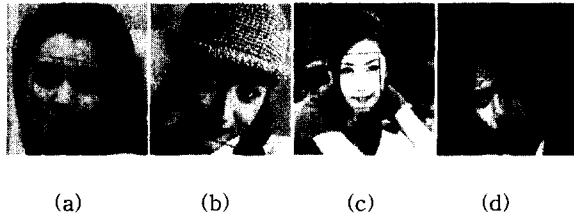


그림 5. 추출된 얼굴 영역들.

일부 특이한 경우를 제외하고 대부분의 실험 영상에서 얼굴 영역이 정확히 추출됨을 확인하였다. 본 논문에서는 얼굴의 피부색상 범위와 최소 포함 사각형 영역의 조건을 되도록 얼굴 영역이 손상되지 않는 범위로 설정하고자 하였다.

최소 포함 사각형이 얼굴 요소를 모두 포함하고 있을 경우 포함 사각형 영역 내에서 다시 검색하여 얼굴 영역의 범위를 축소하였다. 눈과 입 부분의 위치를 기준으로 통계적 얼굴 크기를 적용하여 얼굴 후보범위를 재조정하였다. 이 영역 내 텍스처 값의 비교시 얼굴의 구성요소 부분이 WPA의 각각 다른 영역에서 차이를 보였다.

WPA를 이용하는 경우 특히 얼굴 영역과 비슷한 피부 색상영역의 배경이나 옷 등의 잡음이 남아있는 있을 때 단순히 에지를 이용한 추출방법보다 얼굴 영역을 더 정확히 찾아내는 것을 알 수 있었다.

그러나 얼굴의 기울기 차이에 따라 추출이 어려운 경

우도 있었다. 이는 2단계에서 얼굴 후보 영역에 대한 보정이 필요할 것으로 보여진다. 이러한 점이 개선된다면 WPA를 이용한 얼굴 영역 추출의 전체적인 정확도가 향상될 것으로 예상된다.

6. 결론

제안된 알고리즘에서는 먼저 피부 색상 영역에 대해 얼굴포함 최대사각영역을 탐색하였다. 그리고 눈과 입영역을 기준으로 한국인의 얼굴 통계치를 적용하여 얼굴포함 최소 사각영역을 결정하였다. 마지막 단계에서 WPA를 얼굴 텍스처 템플릿을 정합하여 얼굴영역의 확인과 보정을 시도하였다.

실험 결과를 통하여 정면얼굴을 포함하는 상반신 영상에 대하여 훌륭한 검출 결과를 확인할 수 있었다. 그러나 일부 영상에 대해서는 조명영향, 얼굴의 기울어짐에 대한 보다 세밀한 보정이 필요하였다.

추후 보다 다양한 영상에서 얼굴 추출을 적용할 수 있는 방법에 관한 연구가 요구된다.

7. 참고 문헌

[1] 조영원, 조경은, 조형제, “위치 변화가 다양한 얼굴에서의 특징 요소 추출,” 정보처리학회지, 제6권, 제2호, pp. 148-152, 1999년

[2] 반가운, 유기형, 박정호, 최재호, 박훈성, “웨이브렛 변환을 이용한 내용기반 검색 시스템,” 전자공학회지, 제21권, 제1호, pp. 733-763, 1998년 6월

[3] 채영심, 위성두, 강현철, 김정규, “내용기반 검색을 위한 웨이브릿 변환을 이용한 텍스처 특징 추출,” 정보과학회지, 제28권, 2001년 4월

[4] Christophe Garcia, Georgios Tziritas, “Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis”, IEEE Trans. Multimedia, Vol. 1, No. 3, pp. 264-277, Sep. 1999

[5] 김정일, 김정훈, 이용주, “HSI 정보와 얼굴 특징자들의 기하학적 특징각을 이용한 얼굴 인식 알고리즘”, 정보처리학회지, 제8권, 1호, pp. 859-862, 2001년

[6] C.Carcia, G.Zikos, G.Tziritas “Wavelet packet analysis for Face recognition”, Image and Vision Computing, 18권, pp. 289-297, 2000

[7] 강영미, 정성환, “Wavelet과 신경망을 이용한 내용기반 검색 시스템”, 컴퓨터전산교육학회 논문지, Vol.2, No. 3, March

[8] CONSTANTINE PAPAGEORGIU, TOMASO POGGIO, “A Trainable System for Object Detection”, International Journal of Computer Vision 38(1), pp. 15-53, 2000