

피부 색상 및 아다부스트 알고리즘을 이용한 안정적 얼굴감지

최유주¹ 변재희^{2,0}

¹서울벤처정보대학원대학교, ²덕성여자대학교
yjchoi@suv.ac.kr, bjah@duksung.ac.kr

Stable Face Detection using Skin-tone and AdaBoost Algorithm

Yoo-Joo Choi¹ Jae-Hee Byeon^{2,0}

¹Seoul University of Venture and Information, ²Duksung Womens University

요 약

본 논문은 RGB 24bit 컬러 영상으로 전달되는 카메라 원영상에 대해 사람의 얼굴을 안정적으로 감지할 수 있는 알고리즘을 제시한다. RGB 입력영상을 HSI 기반의 컬러모델로 변환하여 피부 색상을 추출하고 그리드 영상을 기반으로 CCL (Connected-Component Labeling) 알고리즘을 적용하여 피부 블러를 검출한 뒤, 아다부스트 알고리즘을 이용하여 얼굴 영역과 얼굴이 아닌 다른 피부 영역을 구분한다. 제안 방법은 일반적으로 얼굴 감지를 위하여 폭넓게 사용되고 있는 아다부스트 알고리즘만을 적용하였을 때 보다 얼굴감지 오류를 줄일 수 있다.

1. 서 론

최근 들어 사회적 약자들에 대한 유괴나 성범죄가 날로 증가함에 따라 이들을 보호하기 위한 실시간 위치추적 시스템과 감시카메라, 호신용 장비의 수요가 급격히 늘고 있다. 이 중에서 특히 감시카메라는 범죄 사각지대를 실시간으로 감시·관찰할 수 있다는 이점이 있어 설치 보급률이 급격하게 높아지고 있다. 현재 감시카메라는 범죄 발생 전 사전 위험 감지 보다는 주로 범죄가 발생한 사후 검증의 목적으로 사용되고 있다. 최근에는 감시카메라로 실시간 입력되는 영상을 분석하여 위험한 이벤트, 위험인물을 감시하는 연구가 진행되고 있는데 이러한 보안 연구에서 가장 중요한 점은 위험한 이벤트나 사람이 감시 영역 내에 있을 때 얼마나 정확하게 감지할 수 있는가이다. 특히나 사람의 경우, 위험인물인지를 실시간으로 판단하기 위해서는 얼굴을 안정적으로 인식할 수 있어야 하는데 이러한 얼굴을 인식하기 전에 얼굴영역을 정확히 감지해낼 수 있어야 한다.

얼굴 감지(face detection)기술은 일정한 보안감시 구역에 사람의 접근 여부를 판별할 수 있는 영상 감시 기술의 핵심기술로 입력된 영상으로부터 얼굴의 후보영역을 검출하고, 검출된 후보영역으로부터 눈의 위치를 찾아 정확한 얼굴의 위치를 찾고 검증하는 과정을 포함한다. 이 기술이 중요한 이유는 여러 환경적인 요인, 즉 조명변화, 복잡한 배경, 얼굴형태의 변화 등으로 얼굴영상이 변화가 심하여 얼굴정보를 정확하고 빠르게 검출하는 것이 어렵기 때문이다.

본 연구에서는 그리드 기반의 얼굴 감지 방법과 아다

부스트 알고리즘을 사용하였다. HSI기반의 컬러모델로 피부영역을 추출한 뒤, 그리드 영상을 기반으로 배경영상과 전경을 분리해 내고 CCL 알고리즘을 적용하여 피부 블러를 검출한 뒤 아다부스트 알고리즘을 이용하여 얼굴영역 여부를 판별하였다.

2. 관련연구

얼굴 검출에 대한 많은 문제점들을 극복하기 위해 다음과 같은 연구들이 진행되어 왔다. 얼굴 영역을 검출하는 기법에는 신경망을 이용한 탐색방법, 색상을 이용하여 검출하는 기법, 움직임 감지하여 검출하는 차영상 기법, 얼굴영상을 통한 훈련과 약한 분류기의 결합을 통해 강한 분류기를 얻는 아다부스팅 기법 등이 있다.[1]

2.1 지식 기반(Knowledge-based)방법

지식 기반 방법은 사람의 얼굴은 두 개의 눈, 한 개의 코와 입으로 구성되어 있고, 각 요소들은 기하학적 위치 관계로 구성됨을 전제로 하여 얼굴을 검출하는 방법이다. 지식 기반 방법의 대표적인 방법은 이미지내의 히스토그램을 이용하는 방법이다. 가로 축의 히스토그램을 이용하여 얼굴의 좌우 특성을 찾아내고, 세로 축의 히스토그램을 이용하여 눈, 코, 입의 위치 정보를 찾아내는 방법이다. 지식 기반의 방법은 정면 얼굴로 제한하고 있어 포즈의 변화, 각 구성요소의 존재 유무, 표정, 얼굴 상태, 이미지 방향, 해상도, 조명, 카메라 등의 외부 환경에 민감한 단점을 지니고 있다.[2]

2.2 특징 기반(Feature-based) 방법

특징 기반 방법은 얼굴 요소, 색깔, 모양, 크기와 같은 얼굴 고유의 특징을 이용해서 얼굴 크기 및 위치를 추론하여 얼굴 영역을 검출하고, 얼굴 요소의 거리나 위치 등을 통해 얼굴 인지 아닌지를 판단한다. 특징 기반 방법의 주요 접근 기술로는 이목구비(facial features), 텍스처(texture), 피부색(skin color) 임계값, 복합 특징(multiple features)을 이용하는 방법이 있다. 특징 기반의 방법은 빠른 속도의 장점이 있지만, 조명에 따른 피부색의 변화, 기울어짐에 따른 얼굴 모양 변화, 카메라 위치, 잡음에 영향을 많이 받는 단점이 있다.[3]

2.3 형판 정합(Template-matching)방법

형판 접합 방법은 얼굴에 대한 표준 형판을 생성한 다음, 입력 영상과의 차이를 이용하여 얼굴 영역을 검출하는 방법이다. 얼굴 요소를 찾는 과정이 필요 없고 복잡한 배경에서도 수행이 가능한 장점을 지니고 있지만 개인의 얼굴 마다 차이가 크기 때문에 표준 형판의 생성에 따라 영향을 많이 받는다.[4]

2.4 외형 기반(Appearance-based) 방법

외형 기반 방법이란 학습 영상 집합에 의해 학습된 모델을 이용해서 얼굴을 검출하는 방법이다. 얼굴의 주성분 분석(PCA)을 이용하는 방법, 신경망을 이용하는 방법, 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine : SVM)을 이용하는 방법 등이 있다. 외형 기반 방법은 얼굴과 비얼굴의 훈련 이미지 집합을 만들어 학습시킨 후, 입력 영상에 대하여 학습된 정보를 이용하여 검출하는 방법이다. 외형 기반 방법은 다른 방법 보다 좋은 성능을 보이고 있지만 학습을 위한 과정에 대한 시간과 특징의 추출의 과정에 따라 연산 속도가 영향을 받는다.[5]

3. 제안 얼굴 감지

3.1 영상포맷 변환기

RGB 24bit 컬러 영상으로 전달되는 카메라 원영상을 HSI 컬러 영상으로 변환한다. HSI 컬러모델은 인간의 색인지에 기반을 둔 사용자 지향성의 컬러모델로, 색상(HUE)정보 H, 채도(Saturation)정보 S, 명도(Intensity) 정보 I로 구성된다. HSI 컬러모델은 그림 1과 같이 원통 모양의 좌표계로 모형화 되어있다. 색상성분 H는 0도에서 360도의 범위를 가진 각도로 표현된다. 채도는 0에서 1까지의 범위를 가지는 반지름에 해당한다. 명도는 z축에 해당하는 데 0일 때는 검정색을, 1일 때는 흰색을 나타낸다. 본 시스템에서는 색상은 0에서 360, 채도와 명

도는 0에서 255 구간값으로 변환하여 사용하였다.

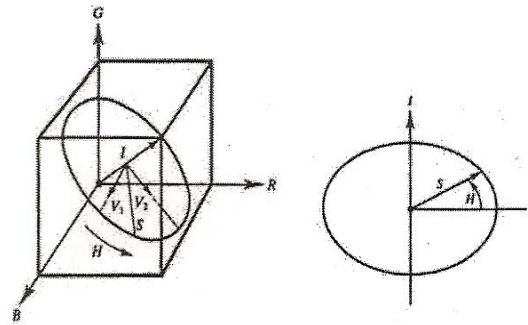


그림 1. HSI 컬러모델

3.2 그리드 영상 생성기

입력영상에서 배경 영상과 전경의 동작자 영역을 구분하기 위하여 배경 차감법을 적용한다. 배경 차감법의 결과로 얻어진 전경 이진 영상의 전경 픽셀과 대응되는 HSI 영상 영역에서 피부색 영역과 비 피부색 픽셀을 구분한다. 색상(H)을 0에서 360, 채도(S)와 명도(V)를 0에서 255의 구간의 값으로 정의하였을 때 피부색 범위는 다음 식 (1)과 같다. 피부와 비 피부 전경 픽셀을 구분한 결과는 그림 2와 같다. 비 피부영역은 붉은색으로 피부영역은 노란색으로 표시하였다.

$$P_{ij} = \text{if}(((0 < H < 65) \parallel (300 < H < 360)) \& \& (30 < S < 119) \& \& (0 < V < 255))?$$

skin pixel : non - skin pixel ; (1)



그림 2. 648*468 해상도의 배경차분 영상.

피부와 비피부로 구분된 전경 이미지는 8x8 픽셀로 정의된 격자패치로 구획되며 각각의 격자에 포함되는 전경 픽셀과 피부픽셀의 수가 세어진다. 격자 패치 F_{ij} , S_{ij} 는 식 (2)와 같이 구한다. 격자(F_{ij})에 포함되는 64개의 픽셀 중 전경 픽셀의 비율과 격자(S_{ij})에 포함된 피부 픽셀의 수의 비율이 각 패치의 특징 값으로 사용된다.

$$F_{ij} = \frac{\text{Patch}(i)\text{의 전경픽셀수}}{64}$$

$$S_{ij} = \frac{\text{Patch}(i,j)\text{의 피부픽셀수}}{\text{Patch}(i,j)\text{의 전경픽셀수}} \quad (2)$$

격자패치는 F_{ij} , S_{ij} 의 두 가지 패치 특징 값을 기본으로 하여 배경부분, 일반적인 비 피부영역 그리고 피부영역으로 분류된다. 즉, 3가지로 분류된 패치의 집합을 만들어낸다. 전경과 배경 정보를 저장하고 있는 격자 이미지는 주어진 원 영상의 1/64에 해당하는 해상도를 갖는다. F_{ij} 가 0.45 이상인 경우 전경 격자로 정의하고, 이중 S_{ij} 값이 0.40 이상이 되는 격자는 피부 격자로 구분한다. 원영상을 그리드 영상으로 줄이는 이유는 스킨 영역에 대한 블립 정의 시 영상 노이즈에 의한 오류를 줄이고, 처리 영상의 해상도는 낮춤으로써 수행 효율성을 높이기 위함이다. 그림 3은 객체가 카메라로부터 서로 다른 거리에서 획득된 이미지이다. 그림 3의 (a)와 (b)는 각각 10.73%와 20.2%의 전체 픽셀에 대한 전경픽셀 비율을 갖는다. 전경픽셀에 대한 피부픽셀의 비율은 그림 3의 (a)와 (b)가 각각 3.5%와 11.2%이다.

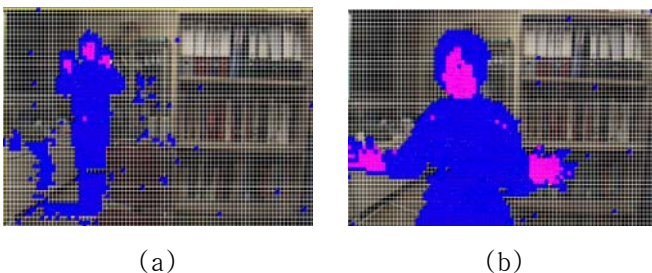


그림 3. 81*54의 해상도 영상에서 추출된 그리드 이미지

3.3 얼굴 및 몸통 영역 분리기

그리드 영상을 기반으로 같은 클래스로 분류된 인접 전경화소의 연결성을 추적하여 의미있는 블립을 검출하기 위하여 CCL(Connected-Component Labeling) 알고리즘을 적용하여 연결된 피부 블립을 검출한다. 이때, 화소단위의 영상에 레이블링 수행하는 경우, 배경 차감 시 생성된 영상 노이즈에 의해 원하지 않는 레이블링 결과를 얻을 수 있다. 그래서 배경차분의 결과 이미지를 일정 격자로 나누어 격자 이미지로 정의한 후 레이블링을 수행하여 블립 구성 요소를 검출하였다. 검출된 피부 블립보다 일정 크기 큰 관심영역을 정의하고 해당 관심영역 내에 얼굴 특성을 가진 부분이 있는지 아다부스트 알고리즘을 이용하여 체크한다. 그림 4에서는 블립 레벨 검출에서 추출한 블립의 집합에

서 관심 객체인 얼굴과 손 영역을 검출하기 위하여 아다부스트 알고리즘을 적용한 예를 보여주고 있다. 검출 블립 중 얼굴 특성을 높게 보인 블립을 얼굴 블립으로 정의하고, 나머지 블립들은 손 혹은 팔 블립으로 구분한다. 얼굴 객체가 검출되었으면 얼굴 영역의 위치 및 크기에 대비한 얼굴을 포함한 상체 영역과 화소 레벨에서 추출한 전경 격자를 포함하는 전체 ROI 영역을 관찰자 전체 영역으로 구분한다. 얼굴영역이 발견된 경우, 검출된 얼굴영역의 크기로 피부 블립의 크기를 조절하고, 얼굴 블립을 포함한 영역으로 얼굴 폭의 두 배, 얼굴 높이의 두 배에 해당하는 사각 영역을 정의 하고 이를 몸통 영역으로 정의한다.

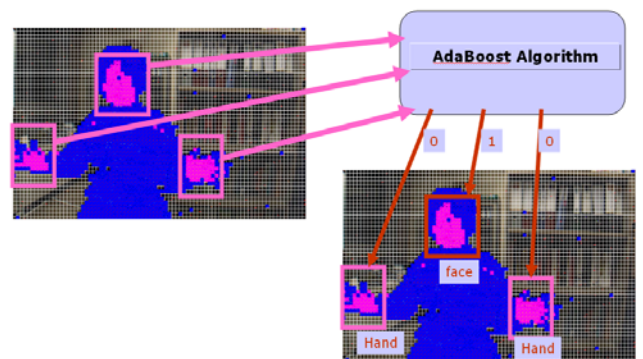


그림 4. 검출 블립의 집합으로부터 관심 객체 영역 검출

얼굴 영역과 몸통영역 사이의 간격은 얼굴 높이의 1/4에 해당하는 값만큼 떨어져 있다. 그림 5는 사람의 얼굴, 몸통 객체를 구분하여 검출한 결과를 보여주고 있다.



그림 5. 얼굴, 몸통 객체 구분

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 얼굴 감지를 위하여 18가지 이미지에 대하여 5장씩 연속적으로 찍은 이미지를 입력받아 총 90개의 이미지에 대하여 얼굴 감지를 수행하였다. 실험은 기

존에 제시하였던 아다부스트 알고리즘만을 적용한 방법과 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용한 프로그램으로 수행하였다. 아다부스트 알고리즘만을 적용한 방법으로 얼굴 감지를 실험한 결과보다 제안한 알고리즘을 수행한 결과 얼굴 감지 성공률이 증가하였다. 그림 6의 (a)는 아다부스트 알고리즘만을 적용한 결과이고, (b)는 제안한 알고리즘을 적용한 결과이다. 그림 (a)의 경우 전체 영역에 대해 얼굴 특성을 가지는 부분을 검색하기 때문에 안경 착용의 경우 이중의 얼굴 영역이 검출 되는 경우가 다수 발생하였다.



(a) 아다부스트 알고리즘 기반 (b) 제안 방법 기반
그림 6. 그리드 기반 방법과 제안 알고리즘 비교

표 1은 아다부스트 알고리즘만을 적용한 경우와 과 제안 알고리즘의 얼굴 감지 성공률을 비교한 것이다. 18명의 사람에 대해 각각 5 장씩의 서로 다른 각도에서 촬영된 영상을 입력으로 각각의 방법을 적용하였을 때의 정확한 얼굴감지의 결과를 보여 준 경우를 체크하였다. 아다부스트 알고리즘만을 적용한 방법으로 얼굴 감지를 실험한 결과 77.8%의 성공률이 나왔고, 제안한 알고리즘을 수행한 결과 97.8%의 성공률이 나와 얼굴 감지 성공률이 20% 증가하였다.

5. 결론

본 논문에서는 그리드 기반의 얼굴 감지방법과 아다부스트 알고리즘을 결합하여 얼굴 감지 성공률 증가시켰다. 얼굴 감지를 위하여 폭넓게 사용되어 온 아다부스트 알고리즘을 적용한 방법에서 이중의 영역을 얼굴로 감지하는 문제점을 해결하기 위하여, 그리드 기반 피부영역 검출기법과 결합함으로써 이중적인 얼굴감지의 오류율을 줄일 수 있었다.

향후 연구로는 마스크나 모자등으로 얼굴감지가 어려운 상황에서 머리 영역과 몸통 영역을 구분하고, 관찰 대상자의 의상 특성을 실시간으로 처리하는 연구를 진행

하고자 한다.

표 1. 아다부스트 알고리즘과 제안 알고리즘의 얼굴 감지 성공률

Method Image Group	아다부스트 알고리즘	제안방법
1	40%	100%
2	80%	100%
3	80%	100%
4	20%	100%
5	40%	100%
6	100%	100%
7	100%	100%
8	100%	100%
9	100%	100%
10	100%	100%
11	80%	80%
12	60%	100%
13	60%	100%
14	100%	80%
15	100%	100%
16	40%	100%
17	80%	100%
18	100%	100%
Average	77.8%	97.8%

참고문헌

[1] 노태정 외 5인, AdaBoost 기반의 실시간 고속 얼굴 검출 및 추적시스템의 개발, 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제13권, 제11호, pp.1074-1081, 2007

[12] M.H.Yang, D.J.Kriegman, and N.Ahuja, Detecting face in images : a survey, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 1, pp.34-58, 2002

[3] Pengyu Hong, M Turk, TS Huang, Gesture Modeling and Recognition using Finite State Machines, Proc. of Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.410-415, 2000

[4] 한영환, 홍승홍, 연속 영상에서의 얼굴표정 및 제스처 인식, 대한의용생체공학회:의공학회지, 제20권, 제4호, pp.419-425, 1999

[5] D. James, Recognizing Movement using Motion Histograms. MIT Media lab. Technical FReport, 487, 1999