

영상의 깊이 정보와 컬러 정보를 이용한 효율적인 얼굴 검출 알고리즘

*배윤진 **최현준 *서영호 *유지상 *김동욱

*광운대학교, **안양대학교

*zauroum@kw.ac.kr

Efficient Face Detection Algorithm using Depth and Color Information

*Bae, Yun-Jin **Choi, Hyun-Jun *Seo, Young-Ho *Yoo, Ji Sang *Kim, Dong-Wook

*Kwang-woon University, **An-Yang University

요약

Viola와 Jine가 제안한 AdaBoost를 이용한 얼굴 검출 알고리즘은 빠른 얼굴 검출 속도와 뛰어난 성능으로 인해 최근 여러 분야에서 널리 사용되고 있는 알고리즘 중 하나이다. 하지만 AdaBoost를 이용하여 얼굴을 검출함에 있어 오검출이 존재하며, 이를 줄이기 위해서는 많은 연산이 요구되며, 실시간 얼굴 검출이 필요한 분야에 적용되기에는 속도 면에서 단점으로 작용한다. 기존의 Adaboost의 얼굴 검출기는 그레이스케일 영상만을 사용하므로, 영상의 컬러 정보와 부가적인 정보를 사용하면 더 적은 연산으로 오검출률을 감소시킬 수 있고, 올바른 얼굴을 검출이 된 다음 추적 알고리즘에 적용을 시키면 동영상으로 입력 되는 영상에 대해 실시간으로 얼굴을 검출 할 수 있게 된다. 본 논문에서는 얼굴 추적을 위한 사전단계로 컬러 정보와 부가적인 정보로 깊이 정보를 사용하여 얼굴을 효율적으로 검출하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

얼굴 검출 방법은 얼굴 추적 또는 얼굴 인식의 선행 단계로서, 획득된 영상 내에 존재하는 얼굴의 위치와 크기를 찾아내는 방법이다. 정확한 얼굴 검출이 수행이 되지 않으면 정확한 얼굴 추적과 인식이 수행될 수 없으므로 얼굴 검출은 매우 중요한 기술이며, 다양한 응용 분야와 연관성을 가지고 있다. 하지만 획득된 영상에서 사람의 얼굴은 배경이나, 조명의 변화, 포즈 등과 같은 많은 파라미터의 변화에 의해 다양하게 나타나기 때문에 얼굴을 정확히 검출하는 것은 많은 어려움이 있다.

얼굴 검출을 위한 연구들은 크게 지식 기반(Knowledge-Based), 특징 불변 방법(Feature invariant approaches), 템플릿 기반(Template-Based), 외형 기반(Appearance-Based)방법으로 나눌 수 있다[1]. 지식 기반 방식은 얼굴의 구성 요소인 눈, 코, 입 등에 존재하고, 그 요소들은 일정한 거리 관계를 가진다는 가정을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법이다[2]. 특징 불변 방법은 얼굴의 변하지 않는 특징(피부색, 질감, 얼굴요소)을 이용하여 얼굴을 검출한다[3,4]. 템플릿 기반 방식은 수동적으로 미리 정의하거나 규칙에 의해 생성된 표준 얼굴 패턴을 생성하여 이를 입력영상과 비교하여 얼굴을 검출하는 방법이다[5]. 마지막으로 외형 기반 방법은 템플릿 기반 방법과는 달리 미리 정의한 표준 패턴을 사용하는 것이 아니라 얼굴과 비 얼굴 영상으로 구성된 다양한 학습 영상 집합을 입력받아 훈련과정을 통해 얼굴과 비 얼굴을 분류해 낼 수 있는 분류기를 생성하고 이를 이용하여 영상에서 얼굴을 찾아내는 방법이다.

기존의 다양한 얼굴 검출 연구 방법들 중에서 Viola와 Jones가 제안한 Adaboost 알고리즘은 속도와 검출 성능에서 가장 우수한 평가를

받고 있다[6]. Adaboost 알고리즘은 많은 특징 집합으로부터 약한 분류기를 구성하고 이를 선형적으로 조합하여 복잡한 패턴을 분류할 수 있는 강한 분류기(Strong classifier)를 학습하는 방법이다. 또한 학습된 강한 분류기를 계산량이 적은 분류기를 앞에, 계산량이 많은 분류기를 뒤에 배치하는 방식으로 분류기의 복잡도에 따라 단계적(Cascade)으로 배열하여 비 얼굴 패턴을 초기 단계에서 제거하게 되어 알고리즘의 속도를 크게 향상 시켰다. 그리고 적분 이미지(Integral image)을 이용하여 빠르게 특징을 추출하여 개별 분류기의 계산 시간도 단축시켰다. 하지만 입력 영상의 크기가 커지거나, 영상 내에 다수의 사람이 존재하는 경우 검출 정확도를 높이기 위해서는 많은 계산량을 필요로 할 뿐만 아니라 오검출률도 높아지는 문제점이 있다. 또한 기존의 방법들은 대부분 그레이스케일 영상만을 이용하고 있으며, 컬러 정보는 사용하지 않고 있다. 컬러 정보는 얼굴과 비 얼굴을 구분하는데 중요한 정보로 사용될 수 있다. 하지만 컬러 정보는 조명의 변화나 배경에 민감하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 컬러 정보에 부가적인 정보로 조명에 민감하지 않은 깊이 정보를 사용하여 얼굴 후보가 존재하는 영역의 범위를 제한시킨 다음 기존의 Adaboost를 이용하여 얼굴 검출하는 방법을 제안한다.

이 방법은 얼굴 후보가 존재하는 영역의 범위를 전처리 단계에서 필터링을 통하여 제한을 시킬 수 있기 때문에, 계산량을 줄일 수 있으며, 오검출도 감소시킬 수 있다.

2. 본론

Adaboost는 간단한 분류기(Weak Classifier)들을 조합하여 강한 성능의 분류기(Strong Classifier)를 학습하는 알고리즘으로 Boosting

알고리즘의 일종이다. 본 논문에서는 Viola와 Jones가 제안한 Adaboost 기반의 얼굴 검출 방법을 사용하였다. 본 논문에서 제안하는 얼굴 검출 알고리즘은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 컬러 영상과, 깊이 영상을 입력으로 받는다. 깊이 영상의 경우 사람의 존재 여부를 파악하기 위하여 초기 배경 깊이 정보를 저장한다. 저장된 배경의 깊이 영상과 입력되는 깊이 영상의 차영상을 구하여 사람의 존재 여부를 파악한다. RGB 색상 모델을 가지는 컬러 입력 영상은 조명의 변화에 민감하기 때문에, 조명의 영향을 줄이기 위하여 RGB 입력 영상을 YCbCr 색 공간으로 변환 시키고 조명에 의한 영향이 적은 Cb와 Cr의 성분에서 식 (1)을 이용하여 얼굴색 영역만을 따로 분리하여 이진화시켜 얼굴 색상 영역을 검출한다. 식 (1)은 Chai가 제안한 피부색 참조 맵으로 Cb와 Cr 값이 식에서의 범위 내에 들어 있을 경우 피부색으로 간주하여 '1'로 설정하고 그렇지 않을 경우에는 '0'으로 설정하여 이진화된 영상으로 변환된다[7].

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (77 \leq C_b \leq 127) \cap (133 \leq C_r \leq 173) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

깊이 영상의 차영상과 얼굴 색상 검출 영역에는 많은 잡음들이 포함되어 있다. 따라서 필터링을 통하여 잡음 및 작은 영역을 제거하고, AND 연산을 수행하여 중첩되는 영역을 검출한다. 그리고 검출된 영역을 x-축, y-축으로 누적 연산을 통하여, 최종 Adaboost를 적용할 후보영역의 범위를 검출한 다음 얼굴 후보 영역의 영상만을 Adaboost의 입력영상으로 들어가게 되고 최종 얼굴 검출을 수행하게 된다.

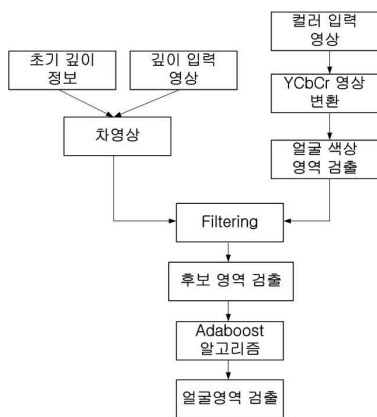


그림 1. 제안하는 얼굴 검출 알고리즘 블록도

그림 2에서는 초기 깊이 영상과 입력 깊이 영상을 보여주고 있다. 이 2장의 영상을 이용하여 실시간으로 차영상을 구한다. 깊이 영상을 획득하는 카메라의 한계로 검정색 부분으로 표현이 되는 깊이 정보를 가지지 않는 영역은 차영상을 구할 시에 고려하지 않았다.

깊이 차영상은 그림 3(a)에서 보여주고 있다. (b)는 필터링을 수행하여 배경 영역의 잡음을 제거한 영상이다. 필터링은 모폴로지 연산을 이용하여 배경영역의 잡음을 제거하고, 우리가 원하는 객체를 뚜렷히 하였다. 컬러 입력 영상에 대해서 식(1)을 이용하여 얼굴 색상 영역을 검출하고 이진화된 영상으로 변환을 수행한 영상을 (c), (d)에서 나타내었다. 배경 부분의 잡음, 에지를 제거하기 위하여 필터링을 수행한 영상을 (f)에서 보여주고 있으며, 컬러 영상과 깊이 영상으로부터 이진

화된 영상을 획득하고 두 영상(b), (f)을 And 연산을 수행하여 얼굴 후보 영역을 제한하도록 하였다. 제한된 얼굴 후보 영역을 기존의 Adaboost의 입력으로 넣어주고 최종 얼굴 검출을 수행한다. 제한된 얼굴 후보 영역은 (g)이고, (h)는 Adaboost를 이용하여 검출된 최종 얼굴 영역이다.

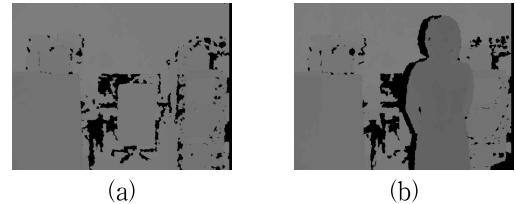


그림 2. 깊이 영상 (a)초기 깊이 영상, (b)입력 깊이 영상

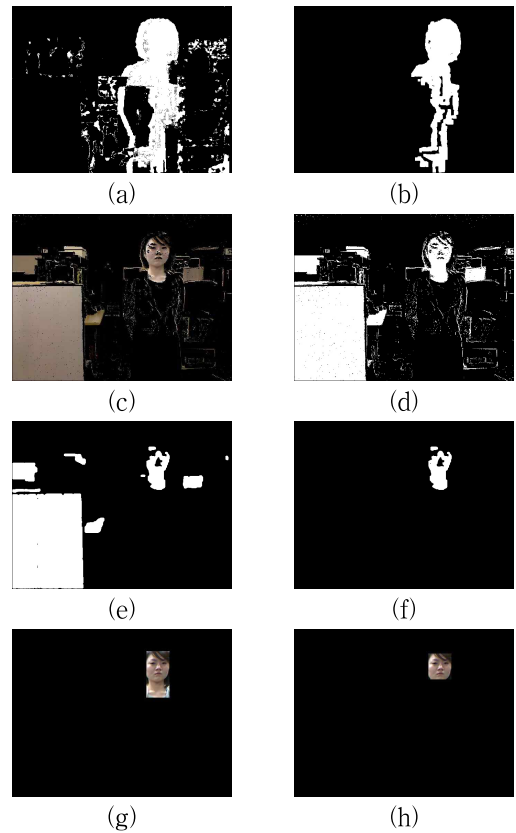


그림 3. 단계별 결과 영상 (a)깊이 차영상, (b) 필터링된 깊이 차영상, (c)얼굴 색상 검출 영상, (d)이진화된 얼굴 색상 검출 영상, (e)필터링 된 얼굴 색상 검출 영상, (f)필터링된 깊이 차영상과 얼굴 색상 검출 영상의 and 연산, (g)얼굴 후보 영역 영상, (h)Adaboost 알고리즘을 이용하여 검출된 얼굴영역

3. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위하여 Intel Core i5 CPU의 2GB RAM의 하드웨어, Microsoft window7 운영 체제에서 Microsoft visual studio 2008과 OpenCV Library 2.1[8]을 이용하여 알고리즘을 구현하였다. 또한 컬러 영상과 깊이 영상은 XBOX 360으로부터 획득되며 해상도는 640x480이다.

본 논문은 기존의 Adaboost를 이용한 알고리즘의 경우 속도 및

검출률에 있어서 높은 성능을 가진다고 평가되어 지고 있지만, 복잡한 배경 영상이나 높은 해상도의 영상에 대해서는 오검출률과 연산속도가 떨어지는 단점이 있기 때문에 이 단점을 보완하기 위하여 컬러 영상과 깊이 영상을 사용하여 오검출률을 줄이고 빠른 속도로 얼굴을 검출하는 데 목적을 두고 있다. 기존의 Adaboost를 이용하여 얼굴을 검출 하였을 경우 그림 4(a)에서 보여지는 것과 같이 배경영역에서 얼굴 영역으로 검출되는 부분이 존재한다. 하지만 제안하는 알고리즘을 이용하면 Adaboost에 입력되는 영상의 영역을 제한 할 수 있으므로 이러한 오검출을 줄일 수 있다. 또한 수행속도를 비교해 보면 기존의 알고리즘은 20f/s정도로 얼굴을 검출 하였고, 제안하는 알고리즘은 17f/s로 얼굴을 검출 하는 것을 확인하였다.

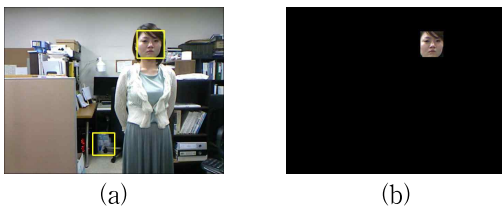


그림 4. 성능비교 (a)기존의 Adaboost 얼굴 검출 영상, (b)제안한 알고리즘의 얼굴 검출 영상

4. 결론

본 논문에서 제안하는 방법은 고해상도 영상등에 다수의 사람이 존재할 경우 기존의 Adaboost 알고리즘의 검출 효율이 떨어지는 문제점을 극복하기 위하여 영상의 컬러 정보와 깊이 정보를 사용하여 전처리 과정에서 비얼굴 후보 영역을 제거하고, Adaboost에 적용되는 얼굴 후보 영역을 제한시킴으로써 더 적은 연산으로 얼굴을 검출하게 하고, 오검출률을 감소시키는 방법을 제안하였다. 수행속도를 비교하여 보았을 경우 기존의 알고리즘보다 제안하는 알고리즘의 속도가 조금은 낮게 나오는 것을 확인 할 수 있다. 하지만, 이 결과는 입력 영상에서 비얼굴인 부분을 제거하기 위하여 수행하는 전처리에 의한 결과이며, 정확한 얼굴 영역을 이용하여 추적과정을 적용을 시키면 초기에 얼굴 판단 시 시간이 조금 걸린다 할지라도, Adaboost를 매번 적용시키는 것보다 프로세싱 시간이 적게 걸릴 것으로 판단된다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법을 이용하여 검출된 얼굴 영역을 저장하여 얼굴 추적 알고리즘에 적용을 시키면 실시간으로 높은 정확도를 가지는 얼굴 추적 시스템에도 적용이 될 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호 처리 요소 기술 및 SoC 개발]

참고문헌

[1] C. Liu, "A Bayesian discriminating features method for face detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence,

vol. 25, 6, pp. 725-740, June, 2003

[2] G. Yang and T.S Huang, "Human Face Detection in Complex Background," Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.

[3] K.C. Yow and R. Cipolla, "Feature-Based Human Face Detection," Image and Vision Computing, vol. 15, no. 9, pp. 713-735, 1997.

[4] J. Yang and A. Waibel, "A Real-Time Face Tracker," Proc. Third Workshop Applications of Computer Vision, pp. 142-147, 1996.

[5] I. Craw, D. Tock, and A. Bennett, "Finding Face Features," Proc. Second European Conf. Computer Vision, pp. 92-96, 1992.

[6] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-Time Face Detection," Proc. eighth IEEE International Conf. Computer Vision, vol. 20, pp. 1254-1259, July 2001.

[7] D. Chai and K. N. Ngan, "Locating facial region of a head and shoulders color image," IEEE Proc. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 124-129, 1998.

[8] <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/files/>