

안경착용 얼굴영상을 위한 모폴로지 기반 실시간 눈 인식 알고리즘

류지우 이재찬 신형철 *심동규

광운대학교

*dgsim@kw.ac.kr

A real-time, morphology-based algorithm for glasses-wearing eye detection

Jiwoo Ryu Jaechan Lee Hyungchul Shin Donggyu Sim

Kwangwoon University

요약

본 논문은 안경착용 얼굴영상을 위한 실시간 눈 인식 알고리즘을 제안한다. 학습 알고리즘에 기반한 기존의 눈 인식 방법은 안경을 착용한 얼굴영상이 입력으로 주어질 경우 안경의 다양한 크기와 색깔, 형태로 인해 알고리즘의 학습 효율이 크게 떨어져 낮은 눈 인식 성능을 갖게 된다. 제안하는 방법은 모폴로지 연산을 통해 얼굴영상에서 안경이 포함된 부분을 검출하여, 안경으로 인한 눈 인식 알고리즘의 성능저하를 막는다. 성능평가를 위해 제안하는 방법을 Viola & Jones의 눈 인식 학습 기반 눈 인식 알고리즘에 적용하였으며 Spacek의 얼굴영상 데이터베이스를 실험 영상으로 사용하였다. 실험 결과, 제안하는 방법은 기존 눈 인식 알고리즘의 처리속도를 15fps (frames per second)에서 14.2fps로 하락시키면서 인식률을 75%에서 96.3%로 향상하였다.

1. 서론

눈 검출은 얼굴 영상을 분석하여 눈동자의 위치를 자동으로 파악하는 기술이다. 눈 인식은 보안 및 이미지 매칭 등 얼굴 영상을 이용한 다양한 분야에 널리 응용되고 있으며, 특히 최근 스마트 기기의 보급으로 영상 취득과 분석이 용이해지면서 눈 인식을 이용한 다양한 어플리케이션이 개발되고 있다.

이와 같이 다양한 눈 인식 응용기술에서 가장 많이 적용되는 알고리즘은 Viola & Jones의 학습 알고리즘 기반 인식 방법이다.[1] 이 방법에서는 Adaboost 학습 알고리즘에 기반한 약 분류기를 단계적으로 (Cascade) 연결하는 방법으로, 초당 15프레임의 속도로 최대 94% 눈 검출 성능을 갖는 높은 성능의 얼굴 및 눈 인식기를 구현하였다. 그러나 특정한 입력 영상의 경우 이 방법을 사용해도 눈 인식이 잘 되지 않을 수 있는데, 이러한 입력 영상의 대표적인 것이 안경을 착용한 얼굴영상이다.

안경을 착용한 얼굴 영상은 안경의 형태와 색깔, 크기 등이 제각각이기 때문에 Viola & Jones의 학습 알고리즘이 높은 성능을 내지 못한다. 따라서 눈 인식 학습 알고리즘의 전처리 과정으로 안경 착용 영상에서 안경 영역을 미리 분류하여 학습 알고리즘의 오작동을 줄이는 다양한 연구가 진행되었다. Jing & Mariani는 얼굴 영상의 에지 맵에서 안경의 에지성분이 갖는 볼록성 (Convexity), 대칭성등의 기하학적 특성을 이용하여 안경을 검출하였는데, 이 방법의 경우 알고리즘에서 미리 정의한 것과 다른 기하학적 특성을 갖는 다양한 종류의 안경 영상에 대하여 성능이 떨어지는 단점이 있다.[2] Wu et al.은 3D Hough 변환을 통해 안경을 검출하는 방법을 제안하였는데, 이와 같은 방법은 높은 복잡도로 인해 실시간 눈 인식 방법에 적용하기에 부적합하다.[3]

Wavelet이나 PCA와 같이 변환을 이용한 눈 인식 알고리즘 알고리즘도 제안되었는데, 이러한 방법들 역시 높은 복잡도로 인해 실시간 눈 인식 방법에는 부적합하다.[4]

본 논문에서는 모폴로지 연산에 기반한 안경 검출 알고리즘을 기존의 눈 인식 알고리즘에 적용한, 안경착용 얼굴영상에 강건한 실시간 눈 인식 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 입력 얼굴영상의 에지맵을 분석하여 눈 주변 영역을 검출하고, 안경 에지 성분의 형태학적 특성을 이용한 모폴로지 연산을 통해 얼굴영상으로부터 안경 영역을 검출한다. 이렇게 검출한 안경 영역 정보를 통해 Adaboost 기반 눈 인식 알고리즘은 얼굴영상에서 안경 영역을 제외한 나머지 부분에서 눈 인식을 수행한다. Spacek의 얼굴영상 데이터베이스를 이용한 실험은 제안한 방법이 기존의 눈 인식 알고리즘의 인식 성능을 크게 향상시키면서 연산 복잡도 증가를 최소화함을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 제안하는 모폴로지 연산을 이용한 안경 검출 방법을 소개하고, 3장에서는 안경 검출 결과를 이용한 안경착용 영상을 위한 눈 인식 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 안경착용 영상 데이터베이스에서 수행한 제안 알고리즘의 성능 평가 결과를 보여주며, 마지막으로 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 모폴로지 기반 안경 검출

안경착용 얼굴영상에 대한 효과적인 눈 인식을 위해서는, 이미지에서 안경에 해당하는 영역을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 제안하는 방법에서, 안경 영역에 대한 추출은 얼굴영역의 에지 검출 후 에지 맵의 히스토그램 분석을 통해 눈 주변 영역을 추출하고, 추출된 눈 주변 영역에 대해 모폴로지 연산을 수행하여 안경의 에지 성분만 추출해 낸

다.

그림 1은 제안하는 안경영역 검출 알고리즘의 블록도를 나타낸다. 앞서 설명한 바와 같이 입력 얼굴영상은 에지 검출 후 눈 주변영역이 추출되는데, 이 때 Canny의 에지 검출 방법이 사용된다.[6] 이후 눈 주변영역의 에지 영상은 팽창 (dilation)과 침식 (erosion) 과정이 혼합된 모폴로지 연산을 거치며, 이 영상을 마커로 하고 원본 에지 맵을 마스크로 하는 이미지 복구 알고리즘을 적용하여 안경의 에지 성분만을 추출한다. 추출된 에지 성분은 이미지 팽창을 거쳐 최종 결과인 안경 영역을 생성한다.

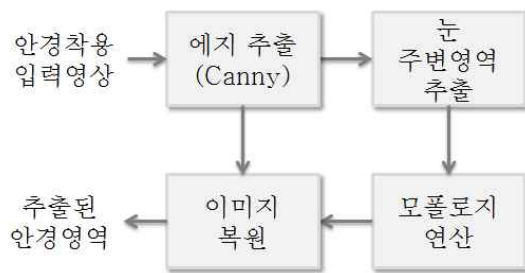


그림 1. 안경영역 검출 알고리즘 블록도

3. 안경 검출을 통한 눈 인식 알고리즘

그림 2는 제안하는 안경검출 알고리즘의 블록도를 나타낸다. 이 블록도에서 안경영역 검출 부분은 그림1의 안경검출 과정에 해당되며, 이렇게 추출된 안경영역은 Viola & Jones의 Adaboost기반 눈 인식 알고리즘에 입력되어, 눈 인식 오작동의 원인이 되는 안경영역을 학습과정에서 배제함으로써 높은 눈 인식 성능을 이끌어 낸다.

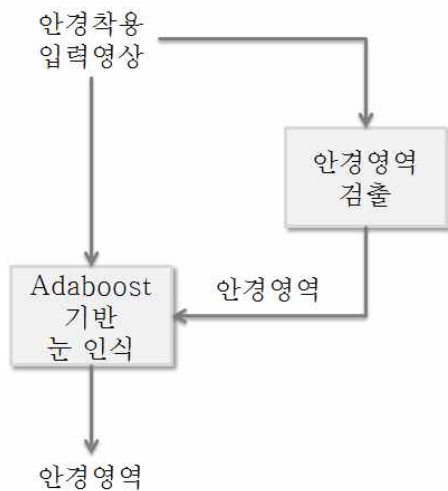


그림 2. 제안하는 안경영상에 대한 눈 인식 알고리즘 블록도

4. 실험결과

Intel(R) Core(TM) i5-2467M 1.60GHz CPU and 4GB RAM, Microsoft Windows 7 Home Premium K 운영체제 상에서, Microsoft Visual Studio 2010과 OpenCV 2.4.5 library를 이용하여 본 논문에서 제시하는 눈 인식 알고리즘을 구현하였다. 제안 알고리즘의 성능평가를 위해 Spacek의 face94 얼굴영상 데이터베이스를 이용하였으며, 안경착용 영상에 대한 성능 평가를 위해 데이터베이스를 두 범주 (비안경 영상, 안경 영상)로 나누어 수행하였다. 객관적 성능평가를 위하여 제안하는 알고리즘을 Viola & Jones의 Adaboost 기반 눈 인식기와 비교하였다.

표 1. 제안하는 알고리즘의 눈 인식 성능 및 실행 속도

	눈 인식 성공률		실행 속도 (fps)
	비안경 영상	안경 영상	
Viola & Jones	94.3%	75.0%	15
제안 알고리즘	94.6%	96.3%	14.3

표 1은 제안하는 알고리즘의 눈 인식률과 실행속도를 Viola & Jones의 기존 눈 인식 방법과 비교한다. 비안경 영상에서 제안하는 방법은 기존 방법과 눈 인식률이 거의 동일함을 볼 수 있다. 그러나, 안경영상의 경우 기존 방법의 눈 인식률이 75%로 떨어지는 반면 제안 알고리즘의 눈 인식률은 96.3%로 소폭 증가했음을 볼 수 있다. 제안 알고리즘의 실시간 구현 가능성을 확인하기 위해 실행 속도를 초당 프레임 처리 수 (fps, frames per second)로 측정하였다. 표 1로부터 기존 방법과 제안 알고리즘의 실행 속도는 각각 15fps, 14.3fps로, 제안 알고리즘이 기존의 실시간 눈 인식 알고리즘과 실행속도면에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문은 모폴로지기반 안경검출 알고리즘을 적용한 실시간 눈 인식 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 안경 검출 알고리즘을 통해 기존 실시간 눈 인식 알고리즘의 단점을 보완하여, 안경영상이 입력으로 주어졌을 경우의 눈 인식률을 높인다. Spacek의 face94 얼굴영상 데이터베이스를 이용한 실험으로부터 제안 알고리즘은 기존 방법의 안경영상에 대한 눈 인식률 75%를 96.4%로 증가시키면서 실행 속도는 15fps에서 14.3fps로 감소시키는 것을 보였다.

참고논문

[1] Paul Viola Michael I. Jones “Robust Real-Time Face Detection.” International Journal of Computer Vision, Vol. 57, No. 2,

-
- pp.137-154. May 2004
- [2] Zhong Jing, Robert Mariani. "Glasses Detection and Extraction by Deformable Contour." *Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition 2000* Vol. 2, pp.933-936, Barcelona Spain, Sep. 2000
 - [3] Haiyuan Wu, Genki Yoshikawa, Tadavoshi Shiovama, Shihong Lao and Masato Kawade. "Glasses Frame Detection with 3D Hough Transform." *Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition 2002*, vol. 2, pp.346-349, Quebec, Canada Aug 2002.
 - [4] Bo Wu, Haizhou Ai and Ran Liu. "Glasses Detection by Boosting Simple Wavelet Features." *Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition 2002*, Vol. 1, pp.252-295, Quebec, Canada Aug 2002.
 - [5] Jeong-Seon Park, You Hwa Oh, Sang Chul Ahn and Seong-Whan Lee. "Glasses Removal from Facial Image Using Recursive Error Compensation." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.27, No. 5, pp.805-811, May 2005.
 - [6] John Canny. "A Computational Approach to Edge Detection." *Proceedings of International Conference on Computer Vision* Vol. PAMI-8, No. 6, pp. 259-268, London, England, June 1987.