
검출된 얼굴 영역 히스토그램 재조정을 통한 개선된 실시간 평균이동 얼굴 추적 방식

김귀식 · 이재성

한국교통대학교 전자공학과

Improved Real-Time Mean-Shift Face Tracking by Readjusting Detected Face Region Histogram

Gui-sik Kim · Jae-sung Lee

Department of Electronic Engineering, Korea National University of Transportation

E-mail : jaesung.lee@ut.ac.kr

요 약

관심 객체의 인식 및 추적은 컴퓨터 비전 분야의 중요한 영역이다. 본 논문에서는 기존의 Mean-Shift 알고리즘의 고질적인 문제인 유사 히스토그램 분포를 가지는 객체 간 혼동 현상을 해결하는 방법을 제안한다. 피부색 필터링, 얼굴 인식, Mean-Shift 순으로 진행되는 처리 과정에서 각각의 알고리즘 블록은 다음 진행 알고리즘의 성능을 높이는데 기여한다. 연산 오버헤드가 발생하지 않도록 추적 영역과 유사한 히스토그램 분포를 가지는 영역이 겹쳐질 때에만 화이트 픽셀의 수를 고려해 Viola-Jones 알고리즘을 실행하여 간단한 산술 연산을 통해 Mean-Shift의 수렴성을 높인다. 실험 결과 화이트 픽셀 수가 Mean-Shift의 탐색 반경에서 78% 이상이 되면 Viola-Jones 알고리즘이 수행되도록 설정하였을 때 얼굴 영역 인식이 되는 경우에 한해서 객체 추적은 100% 성공하였다.

ABSTRACT

Recognition and Tracking of interesting object is the significant field in Computer Vision. Mean-Shift algorithm have chronic problems that some errors are occurred when histogram of tracking area is similar to another area. in this paper, we propose to solve the problem. Each algorithm blocks skin color filtering, face detect and Mean-Shift started consecutive order assists better operation of the next algorithm. Avoid to operations of the overhead of tracking area similar to a histogram distribution areas overlap only consider the number of white pixels by running the Viola-Jones algorithm, simple arithmetic increases the convergence of the Mean-Shift. The experimental results, it comes to 78% or more of white pixels in the Mean-Shift search area, only if the recognition of the face area when it is configured to perform a Viola-Jones algorithm is tracking the object, was 100 percent successful.

키워드

Face Detect, Tracking, Histogram, Mean-Shift

I. 서 론

얼굴 추적은 검출된 얼굴 영역을 추적하는 것으로서 사람 추적, 얼굴 인식, 제스처 인식뿐만 아니라 로봇 비전 분야에서도 응용 할 때 선행되

어야 할 필수 요소이다. 현재까지 다양한 연구가 이루어져 상용화 되고 있지만 조명 및 옷, 선글라스로 가려진 얼굴, 카메라와의 거리 등 제한 사항이 여전히 많다. 본 논문은 컴퓨터 비전 분야를 포함한 많은 응용프로그램에서 데이터 분석을 위

해 사용되는 평균 이동방식에서의 추적 시 문제를 개선하는 한 방법을 제시한다.

먼저 얼굴 검출을 하기 위한 전처리로서 $YCbCr$ 영역에서의 피부색[1]을 찾아내었고, 이후 Viola-Jones 알고리즘을 통한 얼굴 검출[2]을 하였다. 추적은 객체 추적의 기본적인 할 수 있는 Mean-Shift 방법을 사용했다. 기존의 Mean-Shift 방법에서는 찾고자 하는 객체의 히스토그램이 다른 객체 또는 배경과 유사할 경우 추적하는 객체를 잃어버리는 문제가 있다. 이러한 문제를 간단한 픽셀값의 분포와 산술 연산을 통해 개선하여 배경 또는 주변 객체와의 독립성을 만들어 현재 추적 상태의 수렴성을 더욱 강인하게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 얼굴 검출을 강인하게 하는 전처리 과정을 설명하고, III장에서 이전부터 많이 사용되는 Viola-Jones 알고리즘을 간략하게 소개한다. IV장은 기존 Mean-Shift 알고리즘의 문제에 대해서 이야기 하고 V장에서는 본 논문의 핵심인 픽셀값의 분포와 히스토그램 조정에 대해서 설명한다. 마지막으로 VI장에서 결론 및 개선점과 향후 연구 방향에 대해서 제시한다.

II. 전처리

III장에 나올 Viola-Jones 알고리즘을 보다 정밀하게 하기 위한 과정으로 전처리를 시행한다. 얼굴 검출은 배경의 복잡도와 조명, 얼굴과 카메라 사이의 거리, 그 외 다양한 요소들에 의해 영향을 받는다. 본 논문은 그림 1, 그림 2와 같이 컬러 영역 중 $YCbCr$ 영역을 택했으며 색 범위를 이용한 $CbCr$ 에서 Skin Color만을 뽑아낸다.

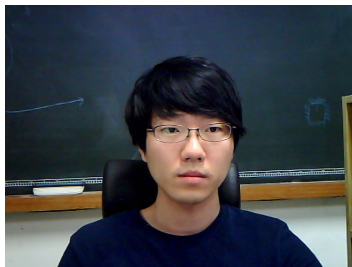


그림 1. 원본 이미지

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

식 (1)은 피부색 범위로 식 내의 C_b, C_r 은 $YCbCr$ 영역의 C_b, C_r 이다[1].

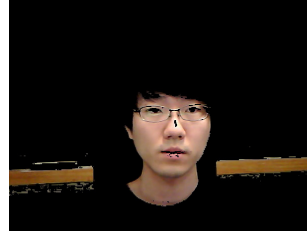


그림 2. skin color 영역

그림 2에서 볼 수 있듯이 skin color 영역은 피부색과 비슷한 부분을 모두 뽑아내는 모습을 볼 수 있다. 칠판의 나무 부분과 책장의 끝부분이 검출되었다. 검출된 칠판 밑 부분이나 책장은 정적인 부분이지만 손이나 기타 피부색으로 검출되는 동적인 부분은 이후 IV장에서 설명할 기존 Mean-Shift 알고리즘 적용 문제점을 여기에서도 엿볼 수 있다.

III. Viola-Jones 알고리즘

현재 얼굴 검출 분야에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 Viola-Jones 알고리즘이다. Haar-like feature의 분류기들을 훈련시키는데 AdaBoost를 사용한다[2]. AdaBoost는 수많은 Haar-like feature 중에서 대다수의 feature는 제외시킨다. 거기에 Integral Image가 빠른 평가를 돕는다. 이렇게 구성된 분류기들은 약 분류기 노드를 이용하여 거절 캐스케이드를 구성한다. 첫 번째는 오검출이 되지만 가장 많은 객체가 검출되는 분류기 집단을 선택하고 점차 성능이 낮은 분류기를 택한다[2].

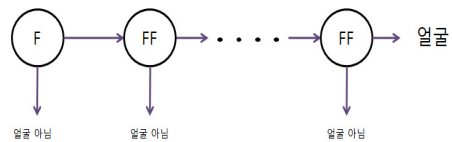


그림 3. 거절 캐스케이드

그림3과 같이 얼굴이 아닌 입력은 거절하며 마지막 노드에서 실제 얼굴이 검출되는 형태이다.

본 논문에서는 얼굴 영역의 오검출을 최대한 줄이기 위해 II장에서 피부색을 검출 하였고 보다 강한 얼굴 검출이 시행 된다. 피부색을 통해 제한된 영역에서의 검출된 얼굴 영역은 그대로 Mean-Shift로 넘어가 적용된다.

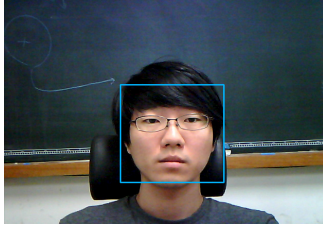


그림 4. 얼굴이 검출된 모습

IV. Mean-Shift 알고리즘

Mean-Shift의 탐색 방법은 찾고자 하는 데이터 분포의 정점(peak) 또는 무게중심에 관한 것을 찾는 것이다. 기본적으로 현재 위치의 정점에서 멀리 떨어진 데이터는 무시하며 인근 지역 데이터의 밀집도가 높은 곳으로 이동하는 개념이다[3].

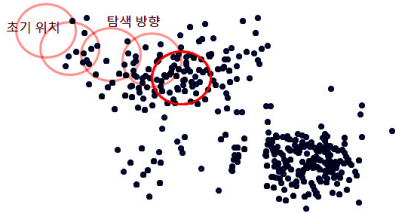


그림 5. Mean-Shift 기본 탐색 방법

그림 5는 Mean-Shift의 기본 탐색 방법을 나타낸다. 우측 하단 부에 데이터들이 좀 더 밀집된 곳이 존재 하지만 탐색 반경에 들지 않아 현재 위치를 고수하게 된다.

기본 아이디어는 추적하고자 하는 대상의 히스토그램과 현재 영상에서의 히스토그램 유사성이 가장 큰 영역을 추적한다. 이 때 히스토그램 비교는 Bhattacharyya coefficient[4]을 이용한다.

$$Bhattacharyya(H_1, H_2) = \sum \sqrt{p_i q_i} \quad (2)$$

Bhattacharyya coefficient는 두 히스토그램 p_i 와 q_i 가 가장 유사할 때 최댓값 1, 아니라면 최솟값 0을 갖는다. 하지만 직접 히스토그램만 비교할 경우 모든 위치에서 히스토그램을 구하게 되고 비교까지 해야 하기 때문에 시간이 오래 걸린다. 따라서 실제 구현 할 때는 히스토그램 역투영을 이용해 픽셀 값을 확률 값으로 변경시키고 Mean-Shift를 적용한다[4]. 선택된 영역과 유사한 색상의 픽셀들은 높은 확률 값을 가지고 그렇지 않은 픽셀은 낮은 확률 값을 갖게 된다.

$$H_{object} = q_{i=1..n} \sum_{i=1}^n q_i = 1 \quad (3)$$

$$w(x) = \sqrt{\frac{H_{object}(I(x))}{H(I(x))}} \quad (4)$$

H_{object} 는 관심 객체의 히스토그램이고 $I(x)$ 는 입력 영상 I 에서 픽셀 x 의 색상 값을 나타낸다. 역투영값은 입력 영상에 대한 관심 객체의 히스토그램 $H_{object}(I(x))$ 를 현재 영상의 히스토그램 $H(I(x))$ 로 나눈 것이 일반적이다.

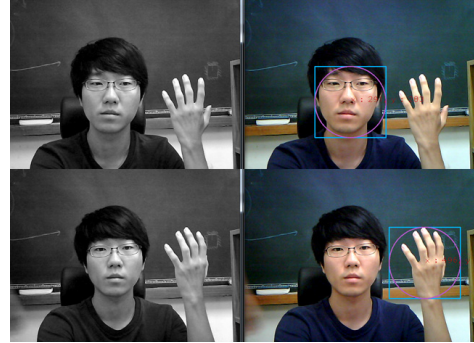


그림 6. 기존 Mean-Shift의 문제점

그림 6은 얼굴 검출을 시행하고 추적을 하던 도중 추적 객체가 손으로 이동한 모습이다.

V. 제안하는 Mean-Shift 알고리즘

Mean-Shift의 추적 방식의 큰 문제점은 현재 위치에서 탐색 반경의 정점(peak)에 도달하면 주변 탐색을 하지 않는다. 또 탐색 반경이 너무 클 경우에는 제대로 된 정점을 찾지 못한다. 이러한 문제는 히스토그램의 유사도가 크지 않을지라도 현재 추적 위치에 국한된다는 문제가 생긴다. 본 논문에서 제안하는 개선된 Mean-Shift 알고리즘은 얼굴 검출 이후 이루어지는 얼굴 추적 시 얼굴 영역과 유사한 히스토그램 분포가 가지는 객체가 접근할 때 화이트 픽셀의 수를 고려한다.

$$\bar{p} = p_{white} > p^* \frac{x}{100} \% \quad (5)$$

여기서 p_{white} 는 화이트 픽셀로 역투영을 통하여 높은 값을 가지게 된 픽셀을 말한다. 먼저 Mean-Shift의 탐색 영역의 전체 픽셀 수(p)를 세고 영역 내의 화이트 픽셀 수를 계산한 다음 특정 값 이상이 탐색 영역 내에 분포할 경우 Viola-Jones 알고리즘을 실행하여 해당 영역의 픽셀 값에 간단한 산술 연산을 하여 보다 높은 Mean-Shift 기반 추적의 수렴성을 높이게 된다.

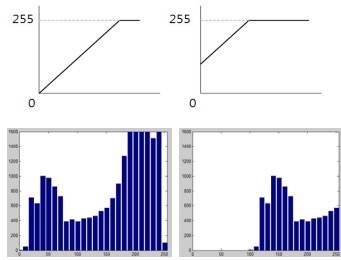


그림 7. 히스토그램 그래프 및 연산 결과

그림 7은 히스토그램의 간단한 연산 결과를 나타낸 것이다. 여기에서 볼 수 있듯이 간단한 덧셈 연산만으로도 이전과 충분히 다른 값들을 낼 수 있다. 이는 영상에서 얼굴을 얼굴과 유사한 히스토그램을 가지는 객체들과 구분할 수 있게 한다. 앞서 II장, III장에서 수행했던 결과들이 연속되어 본 논문에 제안하는 방법을 효과적으로 만들어 준다.

본 논문에서는 실험 실내 환경 등을 고려하여 화이트 픽셀 수가 Mean-Shift 탐색 반경의 78% 이상일 때 Viola-Jones 알고리즘을 실행하는 것이 이상적인 수치였다. 이는 얼굴 검출이 가능한 경우에 한해서 얼굴 추적은 100% 성공하였다.

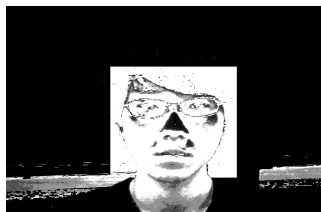


그림 8. 얼굴 영역 값을 변경한 모습



그림 9. 제안하는 Mean-Shift 알고리즘 적용 결과

VI. 결론

본 논문에서는 Mean-Shift 알고리즘을 개선하는 방법으로 얼굴이 검출 영역에 객체의 간섭이 이루어졌을 때 영역 내 화이트 픽셀 수를 고려하여 특정 조건을 충족한다면 얼굴 영역의 히스토그램을 변환 하는 것을 제안했다. 이 방법은 기존에 있던 여러 가지 방법과 달리 간단한 산술 연산을 통해 문제를 해결하였기 때문에 그다지 연산량이 많지 않다고 할 수 있다. 또한 이전 단계에서 처리하였던 피부색 검출, 얼굴 검출, Mean-Shift 알고리즘은 각각의 알고리즘들을 더욱 강건하게 만든다.

향후에는 해당 추적 영역의 scale 변화 및 탐색 시 잘못된 정점에 달했을 때, 재탐색이 원활하지 않는 문제 해결에 대해 연구가 필요하다.

* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A1038515)

참고문헌

- [1] Francesca Gasparini, Raimondo Schettini, Skin segmentation using multiple thresholding, DISCO Università degli Studi di Milano-Bicocca, Via Bicocca degli Arcimboldi 8, 20126, Milano, Italy, pp. 2
- [2] Paul Viola and Michael Jones, Robust Real-Time Face Detection, International Journal of Computer Vision 57(2), pp. 8-9, 2001
- [3] Gary Bradski, Adrian Kaehler, Learning Opencv: Computer Vision with the Opencv Library, O'REILLY, 2008
- [4] Dorin Comaniciu, Visvanathan Ramesh and Peter Meer, real-time_tracking_of_non-rigid_objects_using_mean_shift, IEEE CVPR 2000 South Carolina, pp. 3-6