

학습 알고리즘을 이용한 AF용 ROI 선택과 영역 안정화 방법

Selection of ROI for the AF using by Learning Algorithm and Stabilization Method for the Region

한학용*, 장원우**, 하주영***, 허강인****, 강봉순*****

Hag-yong Han*, Won-woo Jang**, Joo-young Ha***, and Kang-in Hur****, Bong-soon Kang*****

요약

본 논문에서는 얼굴을 자동 초점(Auto-focus) 디지털 카메라의 관심영역(ROI : Region Of Interest)으로 이용하는 시스템에서 요구되는 검출 영역의 안정적인 선택을 위한 방법을 제안한다. 이 방법은 디지털 카메라와 모바일 카메라에 포함되는 ISP(Image Signal Processor)에서 실시간으로 처리되는 프로그레시브 입력 영상에서 얼굴 영역을 관심영역으로 간주하고 자동으로 초점을 맞추는 방법이다. 얼굴 영역 검출을 위하여 사용한 학습 알고리즘은 에이다부스트 알고리즘을 이용하였다. 학습에 포함되지 않은 기술어진 얼굴에 대한 검출방법과 검출 결과에 대한 후처리 방법, 관심영역이 흔들리지 않고 일정한 영역을 유지하도록 하기 위한 안정화 대책을 제안한다. 제안된 ROI 영역 안정화 알고리즘에 대한 성능을 평가하기 위하여 움직임이 있는 얼굴에 대하여 기준 궤적과의 차이를 보이고, 각 궤적의 회귀곡선과의 RMS 오차를 안정화 성능평가의 척도로 이용하였다.

Abstract

In this paper, we propose the methods to select the stable region for the detect region which is required in the system used the face to the ROI in the auto-focus digital camera. this method regards the face region as the ROI in the progressive input frame and focusing the region in the mobile camera embeded ISP module automatically. The learning algorithm to detect the face is the Adaboost algorithm. we proposed the method to detect the slanted face not participate in the train process and postprocessing method for the results of detection, and then we proposed the stabilization method to sustain the region not shake for the region. we estimated the capability for the stabilization algorithm using the RMS between the trajectory and regression curve.

Keywords : Adaboost, ROI, Auto-focus, ISP

1. 서론

최근 들어 CCD와 CMOS 같은 고체 촬상 소자의 보급으로 인하여 디지털 카메라 및 모바일 카메라와 같은 휴대용 장치가 대중화됨과 동시에 카메라 단에서 실시간 이미지 신호 처리(Real-Time Image Signal Processing)를 포함시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 자동 초점 조절(AF)은 ISP에 포함되는 중요한 기능중의 하나이다. 일반적인 AF용 관심영역은 화면의 중심 영역을 고정적으로 이용한다. 본 논문에서는 관심영역을 얼굴로 설정하기 위한 얼굴 검출과 검출된 얼굴 영역의 안정적인 선택을 위한 몇 가지 방법을 제안한다. 또한 얼굴 검출은 AF용 영역선택의

목적에 이용될 수 있을 뿐만 아니라 얼굴 인식을 위한 사전 과정으로 활용될 수 있으며, 카메라 단에서 직접 얼굴검출이 수행되므로 얼굴 영역의 검출 정보를 여러 가지 보안 감시 분야에도 이용할 수 있을 것이다.

특징 기반 얼굴 검출 방식의 경우에서 얼굴 스킨 색을 이용한 방법과 모션 정보를 이용하여 배경을 제거하는 방법은 조명과 카메라 등 외부환경에 따라 매우 제한적 시스템이고, 신경망 등은 많은 연산 작업을 필요로 한다. 통계적 방법과 같은 학습 알고리즘을 이용할 경우에는 복잡한 연산을 수행함으로써 상대적으로 큰 하드웨어 사이즈를 요구하게 되고, 이는 마이크로 컨트롤러를 사용하기 때문에 소형장비에는 적용이 극히 제한적이다[12]. 대부분의 스틸 이미지에 대한 얼굴 검출 시스템은 높은 해상도의 이미지를 이용하여 처리하며, 결과에 대한 빠른 응답을 요구하지 않고 정확한 검출 성능에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 비디오 영상 또는 카메라를 이용한 시스템은 낮은 해상도에서 빠른 시간 내에 변하는 이미지의 정보를 이용하며 얼굴 검출의 정확성과 함께 빠른 응답을 요구하게 된다. 카메라에서 실시간 다중 얼굴 검출을 위해서는 이미지내의 픽셀들의 정보에서 특징 정보를 이용하여 얼굴 영역을 검출하

*동아대학교 BK21 계약교수

**동아대학교 전자공학과 박사과정

***(주) 삼성전기 책임연구원

****동아대학교 전자공학과 교수

*****교신저자 : 동아대학교 전자공학과 부교수

투고 일자 : 2009. 7. 9 수정완료일자 : 2009. 10. 14

계재확정일자 : 2009. 10. 29

※ 이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

는 과정에서 주어진 이미지 내에 존재하는 다양한 크기의 얼굴을 찾기 위해 멀티스케일의 검색 윈도우를 이용하여 주어진 이미지 상에서 시프트 하면서 스캔 과정을 수행하는데, 이는 많은 연산을 필요로 하는 것이 문제점으로 지적된다. 이를 해결하기 위해 빠르게 객체를 검출하기 위한 Adaboost 객체 검출 방법이 제안되었다[2,5]. 본 연구는 프레임 메모리를 사용하는 High-end용 얼굴검출에 적용하는 알고리즘으로 Adaboost 알고리즘을 사용한다. 이 방법은 영상내의 거대한 특징 집합으로부터 중요한 작은 특징 집합을 선택하여 연산량을 줄이는 방법으로 하알 유사(Harr-like) 특징과 적분 이미지(Integral Image)를 적용하여 빠르게 정확한 얼굴 후보 영역을 검출한다[2].

2장에서는 적용한 검출 알고리즘에 대하여 논하고, 3장에서는 안정적인 ROI 영역 선택과 안정화 방법에 관하여 논한다. 4장에서 시뮬레이션 조건과 결과를 보이고, 제안된 영역 안정화 알고리즘에 대한 성능을 RMS 척도를 이용하여 평가하였다. 그림1은 관심영역을 얼굴로 이용하는 자동 초점 카메라 시스템 블록도이다.

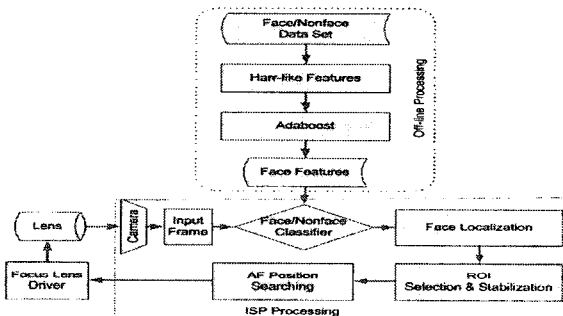


그림 1. 관심영역을 얼굴로 이용하는 자동 초점 카메라 시스템 블록도

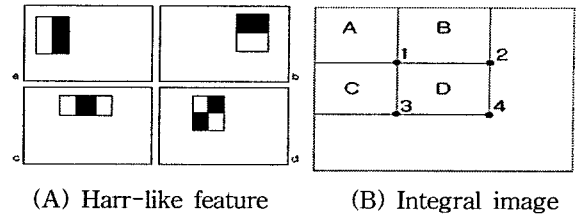
Fig. 1. The auto-focus camera system block diagram using the face with ROI

II. 학습 알고리즘

얼굴 검출에 적용되는 학습 알고리즘인 에이다부스트 알고리즘은 하알 유사 특징을 약분류기로 하여 에이다부스트 알고리즘을 통하여 강분류기를 생성하여 객체 검출에 이용하는 방법이다.

2.1 하알유사 특징과 적분영상

그림2(A)는 하알 유사 특징의 대표적인 4종류를 보인다. 그림2(A)에서 (a)와 (b)는 두 개의 사각형 모양으로서, 특징값은 밝은 부분의 모든 픽셀(pixel) 값의 합과 어두운 부분의 모든 픽셀 값의 합을 구하고 두 합의 차로써 특징 값을 구한다. (c)는 바깥쪽의 밝은 부분의 모든 픽셀 값의 합과 가운데 어두운 부분의 모든 픽셀 값에 합의 차로써 구하며 (d)는 대각의 방향으로 위치한 각 밝은 부분과 어두운 부분의 모든 픽셀 값의 합의 차로써 구한다. 하알 유사 특징 계수를 이용해서 얼굴영역을 검출하면 유동적인 얼굴의 특성에도 강한 검출 성능을 보인다.



(A) Harr-like feature (B) Integral image

그림2. 하알 유사 특징과 적분영상

Fig. 2. Harr-like feature and Integral image

하알 유사 특징 값 계산이 대부분 반복적으로 일어나기 때문에 입력 영상으로부터 그림2(B)과 같은 적분 영상을 구성하여 이용한다. 그림2(B)에서 점 (x,y)에서의 값은 식(1)로 구할 수 있다.

$$ii(x,y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x',y') \quad (1)$$

식(1)에서 $ii(x,y)$ 는 인티그럴 영상이고 $i(x,y)$ 는 원영상의 밝기 값이다. 인티그럴 영상에서 점 (x,y)의 값은 식(1)과 같이 가로 방향으로 x좌표까지, 세로 방향으로 y좌표까지의 픽셀 값을 모두 누적시킨다. 입력된 영상에 대하여 인티그럴 영상을 만들어 놓으면 특징값을 계산하기 위해서 사각형 내의 모든 픽셀 값을 매번 더해야 하는 과정을 줄일 수 있다. 그림3에서(적분 영상) D영역의 픽셀 값의 합을 구한다면 점4 + 점1 - (점2 + 점3)의 계산으로 쉽게 값을 얻을 수 있다.

2.2 학습과정

학습과정은 적분 영상을 이용하여 추출되는 하알 유사 특징으로부터 서브 윈도우 내에 형성되는 방대한 크기의 하알 유사 특징 집합으로부터 얼굴과 비얼굴의 분류 능력이 우수한 중요한 특징 집합을 선택하는 과정이다. 이를 약분류기 집합이라고 하고, 최종적으로 이들 약분류기를 조합한 강분류기를 구성하여 이용한다. 학습과정은 약분류기를 이용하여 샘플들을 검출하고, 정확히 인식된 샘플에 대해서는 가중치를 감소시키고, 오인식된 샘플에 대해서는 가중치를 증가시켜서 다음 약분류기에 반영시켜, 최종적으로 각 단계에서 생성된 약분류기들의 조합으로 강분류기를 구성하는 방식으로 학습한다. 학습 과정의 결과는 하알 유사 특징으로 구성된 약분류기의 집합이 된다.

2.3 검출과정

검출 시 연산 속도를 향상하기 위해 에이다부스트 분류를 단계 구조로 만들어 적용한다. 단계 구조는 여러 개의 스테이지(stage)를 나누고 스테이지별 약한 분류기의 수를 다르게 하여 수행하는 방법이다. 처음 스테이지 분류에서 대부분의 배경(비얼굴)을 제거하는 기능을 가지고 있어 단일 스테이지를 적용하는 방법보다 훌륭한 성능을 보인다. 이 방법의 원리는 positive 샘플은 그대로 유지하면서 많은 negative 샘플은 초기 단계에서 걸러냄으로써 그 나머지 단계에서 좀 더 복잡한 샘플 분류에 집중할 수 있다는 것이다. 이렇게 하기 위해서는, 단계 검사(cascade method)

첫 번째 단계에서 오판율(false positive rate)를 감소해야 한다. 높은 오판율 자체는 분류기로서 사용하기에 적합하지 않지만 많은 후속 단계를 거침으로써 더욱 더 판별력이 좋고 효율이 좋아지게 된다. 단계 구조는 의사 결정트리와 비교할 수 있다. 만약 서브 윈도우가 어떤 단계에서 positive로 분류되면 처리는 다음 단계로 진행하게 되고, 다음 단계에서 평가 받게 된다. 모든 단계에서 positive로 분류되거나 혹은 어떤 단계에서 negative가 발견될 때까지 계속 이처럼 행해진다. 검사의 마지막 단계는 처음보다 더 많은 특징을 가지고 있으며 에이다부스트 알고리즘의 이론적 특성 상 단계가 깊어질수록 훈련 에러가 급격하게 감소된다.

III. 후처리와 ROI 선택 영역 안정화

3.1 검출 영역 보정을 위한 후처리 과정

Adaboost 알고리즘을 적용하여 얼굴을 검출할 경우에 얼굴 검출 결과는 그림3(a)와 같이 얼굴 주위에 여러 개의 검출 결과인 서브윈도우 사각 박스가 형성된다. 따라서, 이들 사각 박스 영역 정보를 바탕으로 얼굴 영역을 가장 잘 표현하는 하나의 사각 박스를 결정하는 과정인 후처리 절차가 필요하다.

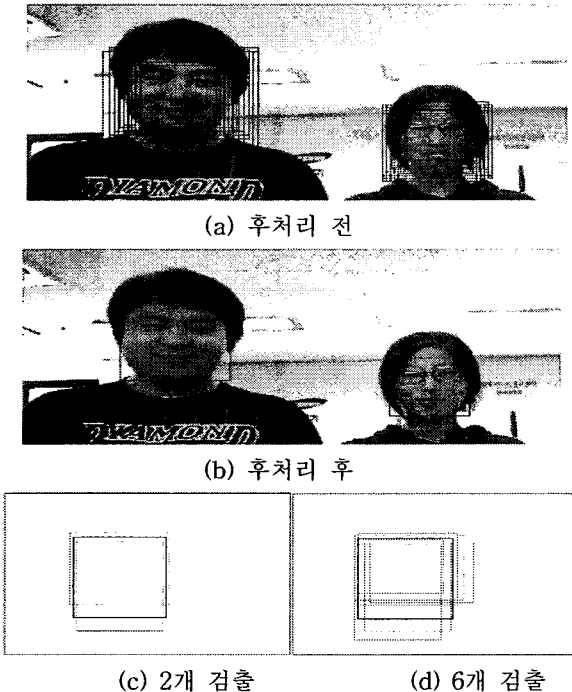


그림3. 후처리 과정과 결과영상
Fig 3. Postprocessing and result image

검출 영역 보정을 위하여 제안하는 후처리 방법은 검출 사각 영역의 중첩비율 조건을 이용하였다. 이 방법은 모든 사각 검출 결과에 대하여 검출 순서대로 중첩비율 조건을 만족하지 않는 경우에는 독립된 검출 영역으로 저장하면서, 저장된 사각 영역과 제시되는 검출 사각 영역에 대하여 이중 순환 구조로 최적의 검출 영역을 추정하도록 하는 보정

방법이다. 저장되는 독립된 각각의 검출 영역들과 다음 사각 검출 영역이 중첩 비율 60%로 설정하였다. 즉, 이 비율 이상일 조건을 만족한다면, 중첩 개수를 누적하고, 이전 결과와 현재 결과를 이루는 위치 값의 평균을 새로운 검출 영역으로 보정한다. 만약 그렇지 않을 경우에는 새로운 사각 검출 영역으로 등록한 후에 동일한 보정 절차를 거친다. 최종적으로 중첩 개수가 일정한 임계값 이상인 경우에만 얼굴 검출 결과로 출력한다. 그림3(c)(d)는 위와 같은 보정 과정을 적용하여 동일한 영역에서 검출 사각 영역이 2개인 경우와 6개인 경우의 보정된 단일한 사각영역 결과이다.

3.2 기울어진 얼굴에 대한 대책

Adaboost 알고리즘은 학습 데이터에 대하여 학습과정을 거친 후에 최종적으로 선정된 특징에 대하여만 얼굴을 검출하므로 검출 결과는 학습 데이터에 의존적인 특징을 가진다. 본 연구에 이용한 MIT에서 제공하는 학습용 얼굴 DB는 코를 중심으로 정방향을 이루는 얼굴 영상을 모아놓은 것이다. 따라서, 기울어진 얼굴에 대하여는 검출이 되지 않는다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 검출과정에서 $\pm 30^\circ$ 입력영상을 회전 변환하여 검출하고 검출된 결과를 다시 역방향으로 회전 변환하여 기울어진 원 위치에 얼굴이 검출되도록 하는 처리를 추가하였다. 그림4는 약 $+45^\circ$ 정도 기울어진 얼굴에 대한 검출 결과이다.



그림4. 기울어진 얼굴에 대한 검출 결과
Fig. 4. Detection result for the slanted face

회전 변환의 중심은 영상의 중심으로 하고, 변환후의 검출 결과는 원 영상에서 회전 변환된 결과이므로 검출 결과를 다시 역방향으로 회전 변환하여 결과를 표시하여야 한다. 중심이 (centerX, centerY)인 경우 회전 변환식은 다음과 같다.

$$x' = (x - \text{centerX})\cos\theta - (y - \text{centerY})\sin\theta \quad (2)$$

$$y' = (x - \text{centerX})\sin\theta - (y - \text{centerY})\cos\theta \quad (3)$$

3.3 흔들림 현상에 대한 대책

Adaboost 알고리즘을 이용하여 얼굴을 실시간으로 동영상 스트림에서 검출할 경우에 얼굴 영역의 픽셀 단위의 미세한 흔들림은 피할 수 없는 현상이다. 이러한 흔들림은 사용자의 시각적인 피로감을 가져오게 될 뿐만 아니라 AF의 안정된 영역 설정에 문제점으로 지적된다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 대책으로 2가지의 방법을 제안한다. 첫 번째 방법은 검출 결과를 바로 표시하지 않고 IIR(Infinite Impulse Response) 필터를 검출 결과 사각 영역을 대표하

는 (top, left, bottom, right) 좌표에 각각 적용한 후, 보정된 영역을 최종 표시하도록 한다. 적용된 IIR 필터식은 식 (4)와 같다. 전달 함수의 계수 값이 0에 가까울수록 입력 값의 평균값에 느리게 수렴하며 크면 클수록 입력 값에 대한 변동이 없는 효과를 나타낸다.

$$x_n = \alpha \cdot x_n + (1 - \alpha) \cdot x_{n-1} \quad (4)$$

두 번째 제안하는 흔들림 현상에 대한 대책은 검출 사각 영역을 저장하고 현재 프레임의 검출 처리 시에 이전 정보를 이용하는 방법이다. 즉, 매 프레임마다 현재 검출 사각 영역과 이전 프레임과 검출 사각 영역의 중첩 영역을 구하고 그 영역이 일정한 임계값을 넘어서는 경우에만 새롭게 검출 영역을 설정하는 방식이다. 이 방법을 이용하면 움직임이 거의 없는 경우에는 검출 사각 영역이 항상 일정하게 유지된다. 그리고 움직임이 있을 경우에만 검출 사각 영역의 갱신이 이루어진다. 이러한 결과로부터 일정하게 유지되는 검출 사각 영역을 AF의 관심 영역으로 설정한다.

IV. 시뮬레이션과 성능평가

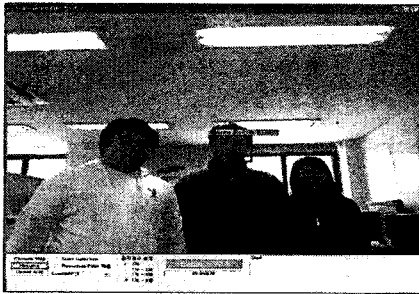


그림5. 실험을 위한 시뮬레이션 도구
Fig. 5. Simulation Tool for experiment

시뮬레이션에 사용한 데이터는 640×480 크기의 동영상 스트림에서 행하였다. 시스템 사양은 Pentium 3.4GHz Dual CPU, 2GB RAM 이다. 그림5는 시뮬레이션 도구이다.



그림6. MIT CBCL 얼굴/비얼굴 데이터베이스
Fig. 6. MIT CBCL Face/Nonface Data Set

학습에 사용한 DB는 MIT에서 제공하는 CBCL Face Data Set[11]중에서 얼굴 5000장과 비얼굴 5000장을 사용하였다. 그림6은 그 중 일부이다.

사용한 약 분류기의 수는 24×24 크기의 서브 윈도우내에 그림7과 같은 종류의 약 분류기를 크기별로 총16,233개를

사용하여 에이다부스터 알고리즘을 통하여 강 분류기를 형성하도록 학습하였다.

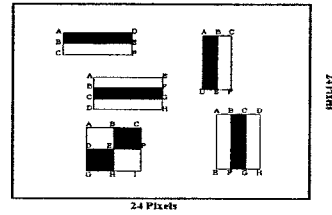
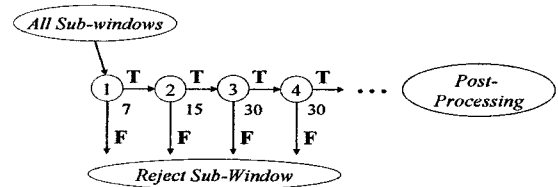


그림7. 사용된 하알 유사 약분류기의 형태
Fig. 7. The types of applied Harr-like weak classifier

강 분류기의 수는 총2,932개로 그림8과 같이 케스케이드 형태로 구성하여 검출과정에 적용하였으며, 적용 단계는 총 22 단계이며 아래 숫자는 각 단계별로 설정한 분류기의 개수이다. 후처리 과정에서 적용한 중첩개수 임계값이 2개 이상인 경우에만 얼굴로 검출하도록 하였다.



7-15-30-30-50-50-50-100-120-140-160-180-200-200-200-200-200-200-200-200-200

그림8. 적용된 케스케이드 검출 구조
Fig. 8. Applied the structure of cascade detection

안정화된 ROI 영역 결정에 대한 성능 평가는 프레임별로 추출된 영상에서 수작업에 의하여 코끝 지점을 지정한 기준 궤적(ground truth)과 IIR필터를 적용한 경우와 제안한 안정화 알고리즘을 경우의 궤적을 비교하였다.

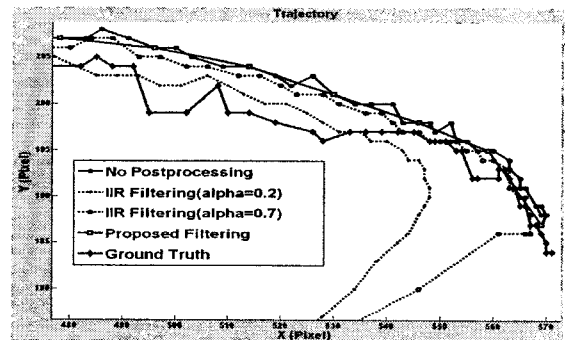


그림9. 최초 50 프레임에 대한 궤적과 안정화 궤적
Fig. 9. Trajectory (Initial 50 frame)

이 과정에서 얼굴이 검출 되지 않은 프레임은 이전 프레임 검출 결과를 그대로 적용하였다. 안정화 성능 평가는 각 궤적에 대한 회귀곡선과의 RMS 오차를 성능 평가의 척도로 사용하였다. 회귀곡선은 검출 결과에 대하여 보간을 적용하여 얻은 데이터로부터 구하였으며, 보간 데이터에 대한

RMS오차와 검출 결과에 대한 RMS 오차를 각각 제시하였다. 그림 9는 얼굴의 움직임에 대하여 최초 50 프레임의 이동 궤적을 각 경우에 대하여 표시한 것이다. 그림 10, 11은 수작업에 의한 코끝 지점의 이동궤적과 제안된 필터링을 거친 후의 안정화된 이동궤적을 각각 그린 그림이다. 표1은 보간 데이터와 검출 데이터에 대하여 각 경우에 대한 RMS오차를 보인다.

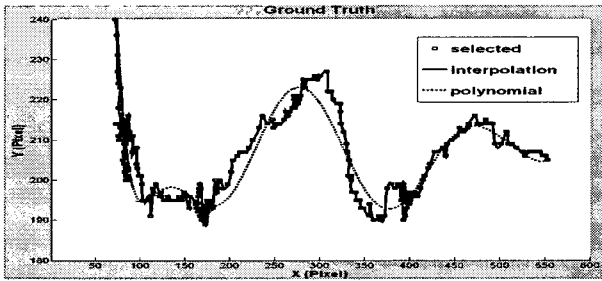


그림10. 코끝지점에 대한 궤적
Fig. 10. Trajectory of Ground Truth

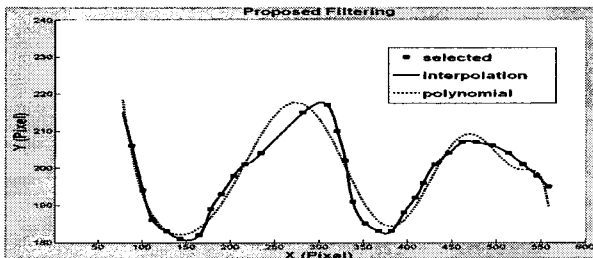


그림11. 제안하는 필터링 처리된 이동궤적
Fig. 11. Proposed filtering trajectory

표1. RMS 비교

Table 1. Comparison of RMS

RMS	보간 데이터	검출 데이터
No Processing	4.5168	4.6695
IIR ($\alpha = 0.7$)	3.0251	3.0556
IIR ($\alpha = 0.9$)	3.6089	3.7054
Proposal Method	2.8996	2.9673
Ground Truth	5.9485	5.8762

V. 결 론

본 연구는 얼굴 검출을 위하여 대용량 학습 데이터로부터 Adaboost 학습 알고리즘을 이용하여 약한 분류기를 모아서 강한 분류기를 형성한 후에 얼굴을 검출하는 방법을 구현하였다. 실시간 고속 처리가 가능하도록 하기 위하여 적분 영상과 단계 검사 방법을 사용하였으며, 기울어진 얼굴에 대한 문제, 픽셀단위의 미세한 흔들림 현상, 그리고 중첩되는 검출 영역에 대한 보상에 대한 대책을 제안하였다.

참고문헌

[1] Yu Wei, Xiong Bing "FPGA Implementation of

adaboost algorithm for detection of face biometrics," *IEEE International Workshop on Biomedical Circuit & System*, S1.6-17~20, 2004.

[2] Paul Viola, Michael Jones "Robust Real-time Object Detection," *International Journal of Computer Vision, VANCOUVER, CANADA*, pp. 1~24. 2001.

[3] Rainer Lienhart Alexander Kuranov and Vadim Pisarevsky. "An empirical analysis of boosting algorithms for rapid objects with an extended set of Haar-like features," *In Intel Technical Report MRL-TR-July 02-01*, 2002.

[4] R. Lienhart and J. Maydt. "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," *In IEEE International Conference on Image Processing*, on, Vol. 1, pp. I-900~I-903, 2002.

[5] P.Viola and M. Jones. "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 511~518, 2001.

[6] Y.Freund and R. E. Schapire. "Experiments with a new boosting algorithm," *In proceedings of 13th International Conference on Machine Learning*, 1996.

[7] Y. Freund and R. E. Schapire. "A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting," *Journal of computer and system science* 55, 119~139, 1997.

[8] Gary Bradski, Adrian Kaehler and Vadim Pisarevsky. "Learning-Based Computer Vision with Intel's *Open Source Computer Vision Library*," *In Intel Technologies Journal*, vol. 9, No 2, pp. 119~130, 2005.

[9] Hong Cheng and Nanning Zheng and Junjie Qin. "Pedestrian detection using sparse gabor Filter and support vector machine," *In IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 583~587, 2005.

[10] Abel Mendes and Urbano Nunes. "Situation based Multi-target Detection and tracking with Laserscanner in Outdoor Semi-structured Environment." *In IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Vol 1*, pp. 88~93, 2004.

[11] *CBCL Face Data Set*:
<http://cbcl.mit.edu/software-datasets/>

[12] 한학용, 이성진, 최원태, 허강인, 강봉순 "ISP를 위한 실시간 얼굴검출 알고리즘 성능비교," *한국신호처리.시스템학회 추계학술대회 논문집*, 409-412, 2008.

[13] 한학용, 정효원, 강봉순, 허강인 "위상상관과 칼만 움직임 예측을 이용한 동영상 안정화," *신호처리.시스템학회 논문지 10권2호*, pp. 106~111, 2009.



한 학 용(Hag-yong Han)

1994년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자공학과(공학사)
1998년 2월 동아대학교 전자공학과(공학석사)
2004년 8월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2006년 7월 ~ 2007년 11월 부산대학교 영상IT산학공동사업단 Post-Doc

2008.3 ~ 현재 동아대학교 BK21 계약교수 (멀티미디어 연구센터)

※관심분야 : Pattern recognition, audio /image /video processing, DSP application



강 봉 순 (Bong-soon Kang)

正會員

1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)

1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)

1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 부교수

2006년 ~ 현재 멀티미디어 연구센터 소장

2006년 ~ 현재 2단계 BK21 사업팀장

※관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신



장 원 우 (Won-woo Jang)

2005년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자공학과(공학사)

2007년 2월 동아대학교 전자공학과(공학석사)

2007년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 박사과정

※관심분야 : VLSI algorithm/architecture design, image/video processing, and wireless communication.



하 주 영 (Joo-young Ha)

2003년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자공학과(공학사)

2005년 2월 동아대학교 전자공학과(공학석사)

2008년 3월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2008년 3월 ~ 현재 삼성전기 중앙연구소 책임연구원

※관심분야 : VLSI algorithm/architecture design, image/video processing, and wireless communication.



허 강 인 (Kang-in Hur)

正會員

1980년 동아대학교 전자공학과 공학사

1982년 동아대학교 전자공학과 공학석사

1990년 경희대학교 전자공학과 공학박사

1988년 9월 ~ 1989년 8월: 일본筑波大學 객원연구원

1992년 9월 ~ 1993년 8월: 일본豊橋大學 객원연구원

1984년 ~ 현재: 동아대학교 전자공학과 교수

※관심분야 : DSP, 음성인식, 합성, 신경회로망