

눈 검출 알고리즘에 대한 성능 비교 연구

권수영[†], 조철우^{**}, 이원오^{***}, 이현창^{****}, 박강령^{*****}, 이희경^{*****}, 차지훈^{*****}

요 약

최근 생체 인식 분야나, HCI 분야 등에서 사람의 눈 영상 정보를 이용하여 홍채 인식을 하거나 시선 위치 정보를 이용하는 연구가 활발히 진행 되고 있다. 특히 사용자의 편의성을 위한 원거리 카메라 기반 시스템이 늘어나면서 눈 영상 촬영에 단순히 동공 중심 영역만 촬영 되는 것이 아니라, 눈썹, 이마, 피부 영역 등 부정확한 검출을 일으킬 수 있는 요소가 포함되어 촬영되고 이러한 불필요한 요소들은 동공 중심 영역의 검출 성능을 저하시킨다. 또한 앞서 얘기한 이용분야들은 실시간 환경에서 실행되는 시스템들로 정확한 검출 성능뿐만 아니라 빠른 실행시간도 요구 한다. 본 논문에서는 정확하고 빠른 눈동자 영역 검출을 위하여 기존에 가장 많이 사용하는 AdaBoost 눈 검출 알고리즘, 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘, CAMShift+AdBoost 알고리즘, rapid eye 검출 알고리즘에 대하여 분석하고, 조명변화와 콘택트 렌즈 및 안경 착용자와 미 착용자등 다양한 경우에 대해서 앞서 말한 알고리즘들을 적용하여 각 알고리즘 별로 정확도와 실행시간을 비교 분석하도록 한다.

Comparative Performance Evaluations of Eye Detection algorithm

Su Yeong Gwon[†], Chul Woo Cho^{**}, Won Oh Lee^{***}, Hyeon Chang Lee^{****},
Kang Ryoung Park^{*****}, Hee Kyung Lee^{*****}, Jihun Cha^{*****}

ABSTRACT

Recently, eye image information has been widely used for iris recognition or gaze detection in biometrics or human computer interaction. According as long distance camera-based system is increasing for user's convenience, the noises such as eyebrow, forehead and skin areas which can degrade the accuracy of eye detection are included in the captured image. And fast processing speed is also required in this system in addition to the high accuracy of eye detection. So, we compared the most widely used algorithms for eye detection such as AdaBoost eye detection algorithm, adaptive template matching+AdaBoost algorithm, CAMShift+AdaBoost algorithm and rapid eye detection method. And these methods were compared with images including light changes, naive eye and the cases wearing contact lens or eyeglasses in terms of accuracy and processing speed.

Key words: AdaBoost, CAMShift, Rapid Eye Detection, Adaptive Template Matching(적응적 템플릿 정합), Eye Detection(눈 검출)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박강령, 주소 : 서울 특별시 중구 필동로 1길 30 동국대학교 전자전기공학부(100-715), 전화 : 02)2260-3329, FAX : 02)2277-8735, E-mail : parkgr@dongguk.edu

접수일 : 2011년 10월 7일, 수정일 : 2012년 3월 27일

완료일 : 2012년 4월 6일

[†] 준회원, 동국대학교 전자전기공학부 (E-mail : gwonsuyeong@dongguk.edu)

^{**} 준회원, 동국대학교 전자전기공학부 (E-mail : cho4400@dongguk.edu)

^{***} 준회원, 동국대학교 전자전기공학부 (E-mail : 215p8@hanmail.net)

^{****} 준회원, 동국대학교 전자공학과 (E-mail : leehc@dongguk.edu)

^{*****} 정회원, 동국대학교 전자전기공학부

^{*****} 정회원, 한국전자통신연구원 (E-mail : lhc95@etri.re.kr)

^{*****} 정회원, 한국전자통신연구원 (E-mail : jihun@etri.re.kr)

※ 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어 원천기술 개발사업의 일환인 "IPTV용 Interactive 시점제어 기술개발 [KCA-2012-09912-03002]" 과제에 결과물임을 밝힙니다.

1. 서 론

영상처리 분야에서 사용자의 얼굴이나 눈을 검출하는 방법은 오래 전부터 활발하게 연구되고 다양한 응용분야에서 활용되고 있다[1-4]. 그 예로 IPTV 환경 등에서 사용자의 눈 움직임을 검출하여 사용자의 시선 위치 정보를 새로운 컨트롤러로 사용하는 시스템, 자동차에서 사람의 눈 움직임을 검출하여 졸음운전을 방지하는 시스템[5], 그리고 생체인식 관련 연구 중 사람의 홍채 정보를 이용한 보안시스템[6] 등 사용자의 편의성을 고려한 비 접촉식 시스템에서 활발하게 연구가 진행 되고 있다. 또한, 최근 카메라 센서 및 ZOOM 렌즈 등 하드웨어 기술의 발전으로 근거리뿐만 아니라 원거리 카메라 시스템에서 사람의 얼굴과 눈 정보를 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 경우, 원거리에서 촬영하게 되는 영상에는 그림 1과 같이 동공 중심 영역 이외에도 눈썹이나, 안경, 머리모양에 따른 앞머리, 사람의 얼굴 회전에 의해서 포함되는 코 등 불필요한 정보들이 많이 포함되게 된다.

이러한 불필요한 정보들은 정확한 동공 영역 정보를 필요로 하는 연구에서 정확도를 감소시키는 요인이 되고 있다. 또한 시선 위치 정보를 이용하여 새로운 제어 장치로 이용하는 시스템이나, 자동차에서 사용자의 졸음방지 시스템을 위한 경우 실시간 환경에서 동작해야 하므로 정확한 검출뿐만 아니라 빠른 실행 시간도 하나의 중요한 요인으로 부각 되고 있다. 이러한 눈 정보 등을 정확하고 빠르게 검출하기 위해 영상에서 사람의 눈 영역을 검출 하는 알고리즘들이 연구되고 있다. Zhou은 눈 영역 검출을 위한

Generalize Projection Function(GPF)을 정의하여 눈 검출 알고리즘을 제안 하였고[7], Zhu는 Mean Shift 알고리즘과 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 조명변화에 강인한 눈 검출 알고리즘을 제안 하였다[8]. 또한 Huang는 Wavelet Packets과 Radial Basis Functions (RBFs) 이용한 눈 검출 알고리즘을 제안 하였다[9].

그러나 기존의 연구에서는 다양한 환경에서의 눈 영상들에 대해, 이러한 알고리즘들의 성능을 평가하고, 장단점을 비교 분석한 연구가 없었다. 그러므로 본 연구에서는 기존에 눈동자 중심 영역을 검출하기 위해 대표적으로 많이 사용하는 적응적 템플릿 정합 알고리즘, AdaBoost 알고리즘, CAMShift 알고리즘, rapid eye 검출 알고리즘들에 대하여 분석하고, 조명 변화와 콘택트 렌즈 및 안경 착용자와 미 착용자등 다양한 경우에 대해서 앞서 말한 알고리즘들을 적용하여 각 알고리즘 별로 정확도와 실행시간을 비교 분석하도록 하였다.

2. 눈 검출 알고리즘

2.1 AdaBoost 알고리즘

AdaBoost 알고리즘은 일종의 템플릿 매칭의 한 종류로 Haar-like feature를 이용하여 Cascade 방식으로 특징 값들을 Classifier 하여 물체를 검출 하는 것이다[10-12]. AdaBoost 알고리즘은 학습단계와 실행단계로 이루어져 있다. 학습 단계에서는 눈 모양을 포함하는 영상과 눈 모양을 포함하고 있지 않은 영상에서 Haar-like feature를 추출 한다. 추출 된 특

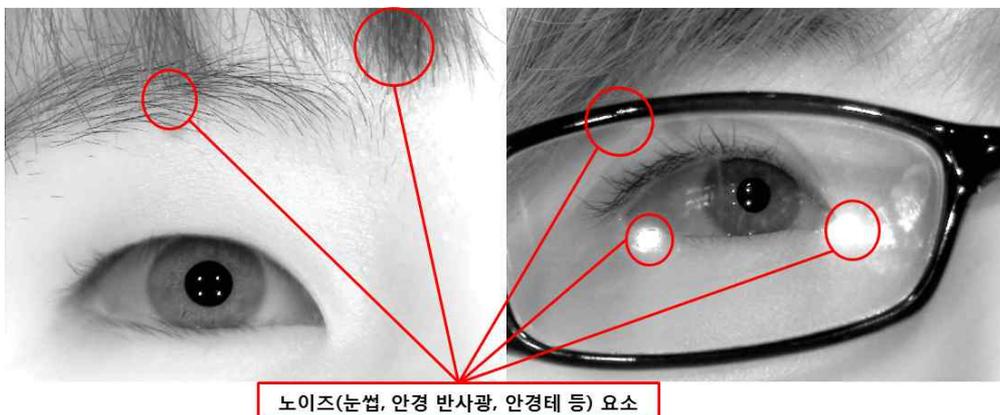


그림 1. 눈동자 중심 영역 외에 포함 되어있는 노이즈 요소들

징 점들 중에서 비교적 매칭 확률이 높은 특징 점들을 Weak Classifier로 구성 한다. 이런 Weak Classifier 결과로만 매칭하게 되면 오검출의 경우가 많아지므로 Weak Classifier를 결합하여 비교적 매칭 확률이 낮은 Strong Classifier를 구성 하여 검출 정확도를 높인다. 실행 단계에서는 입력된 영상에 Weak Classifier를 적용하고 단계적으로 Strong Classifier를 적용하여 눈 모양을 검출 한다.

2.2 CAMShift+AdaBoost 알고리즘

CAMShift 알고리즘은 Color Segment 기반의 MeanShift 알고리즘을 실시간 환경에서 사용하기 위해 확장 한 것이다[13-15]. 기존의 MeanShift 알고리즘에서는 전체 영상에서 물체를 검출하는 반면 CAMShift 알고리즘은 전체 영상에서 물체가 존재할 영역을 예측하여 물체를 검색할 중심위치를 검색 영역으로 지정하여 물체를 검색 한다. 또한 Mean-Shift 알고리즘은 초기 탐색윈도우의 크기를 정하면 탐색윈도우의 크기가 적응적으로 변화 할 수 없으므로 검출할 물체의 크기의 변화에 따른 검출이 불가능 하였다. 하지만 CAMShift 알고리즘에서는 물체의 크기 및 각도를 계산하여 매 프레임 마다 탐색윈도우의 크기가 정해지기 때문에 물체의 크기의 변화에 상관없이 검출이 가능하다. 하지만, 이전 영상의 아무런 정보 없이 검색 영역을 예측 하기란 불가능 하다. 그래서 본 논문에서 이전 영상이 존재 하지 않거나, 이전 영상의 정보가 적절하지 못한 경우 그림 2와 같이 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 물체를 검색할 검색 영역을 지정한다.

앞서 말한 방법으로 초기 탐색 윈도우의 크기와 전체 영상에서 검색 영역을 지정하면 검색 영역을

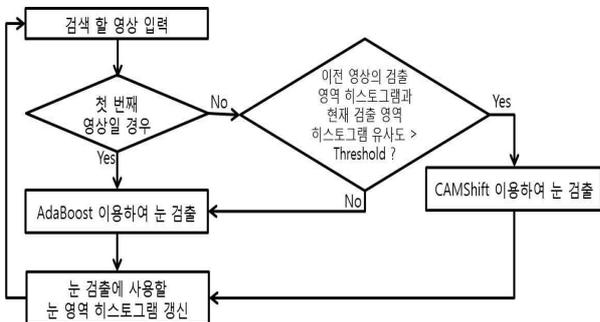


그림 2. CAMShift 알고리즘과 AdaBoost 알고리즘을 이용한 눈 검출 방법 순서도

HSV 색 모델로 변환하고 그 중 Hue값의 히스토그램을 사용한다. 주변의 조명이 매우 어둡거나 매우 밝아서 사람이 식별하기 어려운 경우를 제외하고 Hue 값을 사용하면 주변의 조도변화에 덜 민감해 진다 [16].

2.3 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘

적응적 템플릿 정합 알고리즘은 검색할 물체의 템플릿을 적응적으로 갱신(update)하면서 검색할 영상의 전체 영역에서 템플릿의 영상과 비교하여 물체를 검출 하는 방법이다. 템플릿을 검색할 전체 영상의 왼쪽 위 시작점에 겹쳐 놓고 겹쳐진 부분의 영상을 비교한다. 시작점에서부터 왼쪽으로 한 픽셀씩 옮겨가면서 각각의 위치에서 영상 차의 합이 가장 작을 때 물체를 검출 하였다고 판단한다. 본 논문에서는 매칭 횟수와 실행 시간을 단축하기 위해 원본 영상에서의 초기 템플릿 검색 영역을 지정해 주고, 4단계에 걸쳐서 피라미드 매칭을 진행한다[2]. 첫 번째 단계에서는 템플릿 매칭 시 8픽셀씩 템플릿을 옮겨 가며 물체를 검색 한다. 두 번째 단계에서는 전체 영상에서 물체를 검색 하는 것이 아니라 첫 번째 단계에서 검색된 물체의 위치를 참조하여 일정 영역을 4픽셀씩 템플릿을 옮겨 가며 물체를 검색 한다. 이와 같은 방식으로 검색 영역과 템플릿의 이동하는 픽셀을 점차 줄여 가며 물체 검색의 정확도와 속도를 높였다.

또한 CAMShift 알고리즘과 마찬가지로 적응적 템플릿 정합 알고리즘도 최초의 템플릿과 검색 영역이 필요하다. 그래서 본 논문에서는 초기의 템플릿 정보와 검색 위치 정보를 구하기 위해 AdaBoost 알고리즘을 이용한다. 순서도는 그림 3과 같다.

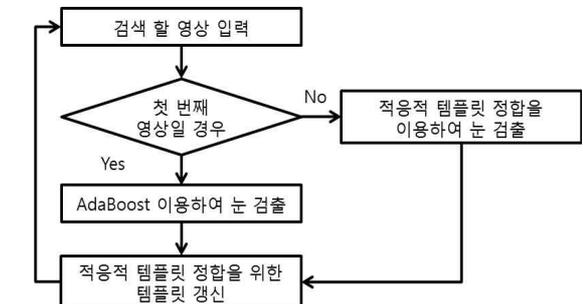


그림 3. 적응적 템플릿 정합 알고리즘과 AdaBoost 알고리즘을 이용한 눈 검출 순서도

2.4 Rapid eye 검출 알고리즘

이 알고리즘은 그림 4에서 보는 것과 같이 일반적으로 사람의 눈이 동공을 기준으로 주변 픽셀들의 값이 동공보다 훨씬 밝다는 특성을 이용하여 눈 영역을 검출 한다[17]. 식 (1)에 의해서 검색할 원본 영상 $O(x, y)$ 의 Integral Image인 $I(x, y)$ 를 구한다[12]. 전체 $I(x, y)$ 에서 그림 4(a)의 ROI영역의 픽셀 값들의 합은 식(2)를 통해서 구할 수 있다[12]. 일반적으로 동공의 경우 조명에 의한 크기변화가 홍채 보다 큰 것으로 알려져 있으며 [15], 이러한 사실을 바탕으로 본 연구에서는 사용자의 눈을 검출하기 위해 조명에 의한 크기 변화가 심한 동공보다 변화가 없는 홍채의 직경을 검색 윈도우의 크기(식 (3)의 $Iris_{length}^2$)로 사용한다[10]. 그림 4(b)에서처럼 rapid eye 검출 탐색 영역을 $R_0 \sim R_8$ 로 지정하고, $R_0 \sim R_8$ 까지 각 영역의 전체 픽셀의 평균값을 식(3)을 이용하여 계산하고 R_i 값이 식(4)에서처럼 R_0 을 기준으로 주변 영역($R_1 \sim R_8$)의 평균 픽셀 값과의 차이가 Th_i 이상 일 때 가장 큰 값을 가지는 곳을 동공을 중심으로 한 눈 영역이라고 판단한다[17]. 이때 주변 평균 픽셀 값과 차이 값인 Th_i 는 실험에 의해 구하였다. 이러한 방식을 통해, 눈썹이나 머리카락을 포함한 영상에서 눈 영역을 잘못 검출 하는 경우를 줄일 수 있었다.

$$I(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} O(x', y') \quad (1)$$

$$ROI = I(x+i, y+i) + I(x, y) - (I(x+i, y) + I(x, y+i)) \quad (2)$$

$$R_i = \frac{1}{Iris_{length}^2} ROI \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{if } & (R_4 - R_0) \text{ and } (R_5 - R_0) \geq Th_1, \\ & (R_1 - R_4) \text{ and } (R_6 - R_4) \geq Th_2, \\ & (R_3 - R_5) \text{ and } (R_8 - R_5) \geq Th_3, \\ \text{then } & MAX((R_2 - R_0) + (R_7 - R_4)) \end{aligned} \quad (4)$$

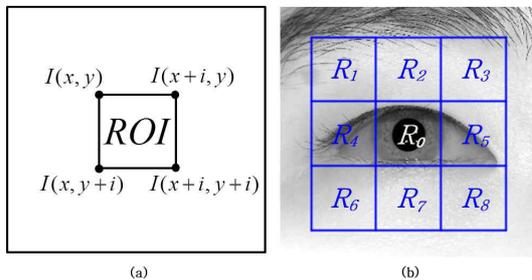


그림 4. Rapid eye 검출 알고리즘에서의 검출 탐색 영역 사용의 예 (a) Integral Image에서 ROI (b) Rapid eye 검출 탐색 영역의 예

3. 실험결과

본 연구에서는 2장에서 설명한 4가지 방법으로 동공을 중심으로 하는 눈 영역 검출 실험을 수행하였다. 실험을 위해 일반적인 USB(Universal Serial Bus) 카메라에 적외선 필터 및 ZOOM 렌즈를 부착하고 1.4m 이상의 원거리에서 조명의 변화와 콘택트 렌즈 및 안경 착용 자와 미착용자등 다양한 경우에 대해 적외선 영상을 촬영하여 각 알고리즘을 적용하는 실험을 해 보았다.

2장에서 설명한 4가지 방법으로 동공 중심 영역 검출율을 측정하였으며, 검출한 눈 영역의 중심과 영상에서 동공 중심을 손으로 직접 찾은 결과를 비교하여 눈 영역 검출의 정확도를 RMSE(Root Mean Square Error) 방법으로 계산하고, 각 방법에 대해서 실행 시간을 측정한다. 실험 환경은 실내로서 일반적인 형광등이 있는 곳에서 촬영 하였다. 실험 영상은 표 1과 같이 주변 조명이 밝을 때(낮 영상)와 어두울 때(밤 영상) 나누어, 아무것도 착용하지 않은 경우, 안경을 착용한 경우, 투명 콘택트 렌즈를 착용한 경우로 나누어 취득하였다. 실험 영상에서 낮 영상의 경우는 형광등과 본 연구에서 사용하는 시선 추적 장치의 적외선 조명이 켜져 있는 상태이다. 밤 영상의 경우는 형광등 등 모든 주변 조명을 끄고 적외선 영상을 얻기 위한 시선 추적 장치의 적외선 조명만 켜져 있는 상태이다.

그림 5 실험 영상의 예이다.

본 실험은 Intel Core 2 duo 2.2GHz 와 3GB RAM 이 포함된 데스크톱 컴퓨터에서 진행 되었다. II장에서 설명한 4가지 방법들은 Microsoft Foundation Class (MFC)를 기반으로 하여 C++과 OpenCV library를 이용하여 구현하였다.

각 알고리즘에 대한 눈 동공 중심 영역의 검출율은 표 2에 나와 있다. 검출율은 전체 영상 수 대비, 해당 알고리즘에 의해 동공 중심 영역의 검출이 성공한 경우의 비율로 측정하였다. 낮 영상 안경 착용의 경우 AdaBoost 알고리즘과 rapid eye 검출 알고리즘의 경우 검출율이 다른 알고리즘들에 비해, 낮은 것을 볼 수 있다. 이는 표 1의 낮 안경 영상 450장과 밤 안경 영상 450장중, 추가 각 300장(3명×100장)의 경우 다른 영상보다 먼 거리(1.7m 이상)에서 촬영되었다. 안경 착용 사용자의 경우 렌즈 표면에 적외선

표 1. 실험 영상

	낮 영상	밤 영상
미착용인 경우	700장 (14명 × 50장)	700장 (14명 × 50장)
안경을 착용한 경우	450장 (3명 × 50장 + 3명 × 100장)	450장 (3명 × 50장 + 3명 × 100장)
투명 콘택트렌즈를 착용한 경우	50장 (1명 × 50장)	50장 (1명 × 50장)

표 2. 동공 중심 영역 검출율

(단위: %)

		AdaBoost	CAMShift + AdaBoost	적응적 템플릿 정합 + AdaBoost	Rapid eye
낮 영상	미착용	98	100	100	99
	콘택트렌즈	100	99	100	100
	안경착용	81	100	100	90
밤 영상	미착용	99	99	100	99
	콘택트렌즈	88	100	100	100
	안경착용	89	100	100	100
평균		92.7	99.7	100	98

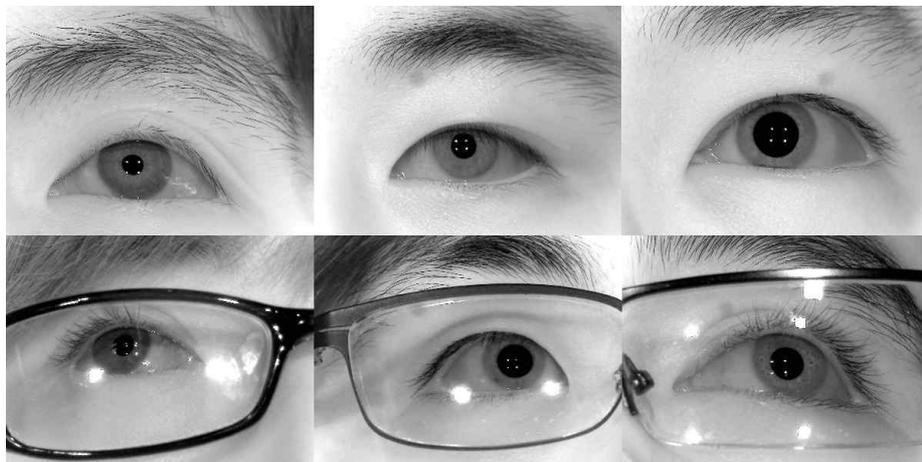


그림 5. 실험 영상의 예

조명 반사광이 다양한 형태와 크기로 발생하기 때문에 미착용 사용자에게 비해 조명이 검출 성능에 많은 영향을 미친다. 또한 조명 반사광의 형태와 크기는 카메라와 사용자의 거리에 따라 불규칙적으로 발생하므로 안경 착용 사용자의 경우 다양한 거리의 영상에서 실험하였다. 그 결과, 적외선 조명 파워의 제약으로 원거리 안경 착용 사용자 영상은 그림 6과 같이 영상의 밝기가 어둡고 대비가 뚜렷하지 않은 영상들이 종종 포함되었기 때문이다. 이러한 경우, Integral Image를 사용하는 AdaBoost와 rapid eye 검출 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해 검출율이 상대적으로 낮은 것을 볼 수 있다.

두 번째 실험에서는 표 2에서 언급한 동공 중심 영역이 검출된 영상들을 대상으로, 4개의 알고리즘을 각각 적용시켜 동공 영역 검출 정확도를 측정하였다. 정확도는 각 알고리즘에서 검출한 동공 영역의 중심 좌표와 영상에서 손으로 찍은 실제 동공 중심 좌표를 RMSE 방법을 이용하여 계산한 값으로 나타내었다. 실험 결과는 표 3과 같다.

동공 영역 검출 정확도는 CAMShift+AdaBoost 알고리즘을 사용하였을 때 가장 정확한 것을 알 수 있다. AdaBoost 알고리즘과 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘의 경우에는 눈썹이나 안경 등 상대적으로 노이즈 요소가 많은 영상에서는 CAMShift+

표 3. 동공 중심 영역 검출 정확도 (RMSE)

(단위: 픽셀)

		AdaBoost	CAMShift + AdaBoost	적응적 템플릿 정합 + AdaBoost	Rapid eye
낮 영상	미착용	32.01	22.48	39.84	43.08
	콘택트렌즈	31.27	21.43	38.34	40.28
	안경착용	185.83	141.64	160.16	128.85
밤 영상	미착용	43.44	19.37	54.57	36.68
	콘택트렌즈	32.85	17.59	28.65	51.52
	안경착용	46.17	24.04	45.01	39.24
평균		61.93	41.09	61.10	56.59

AdaBoost 알고리즘에 비해 검출 정확도가 떨어진다. 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘의 경우는 픽셀 단위의 정합을 하게 되므로 안경 착용 영상 등 노이즈 요소가 많은 영상에서는 CAMShift+AdaBoost 알고리즘이나 rapid eye 검출 알고리즘에 비해 정확도가 낮다. 또한 AdaBoost 알고리즘의 경우 학습된 정보를 이용하여 눈 영역 검출을 하므로 영상에 안경이 포함되어 있거나, 다른 노이즈 요소가 많은 경우에 검출 정확도가 가장 낮다.

그리고, 모든 알고리즘의 경우에 안경을 착용한 영상에서 검출 정확도가 다른 경우 보다 낮은 것을 알 수 있다. 이는 전술한 바와 같이, 표 1의 안경 영상

의 낮 영상과 밤 영상 각 450중, 추가 300장(3명×100장)의 경우 다른 영상보다 먼 거리(1.7m 이상)에서 촬영되었고 그 결과, 적외선 조명 파워의 제약으로 그림 6과 같이 영상의 밝기가 어둡고 대비가 뚜렷하지 않은 영상들이 종종 포함되었기 때문이다. 이러한 이유로 모든 알고리즘에서 눈 검출 정확도가 떨어진 결과를 얻게 되었다.

세 번째 실험에서는 표 2에서 언급한 동공 중심 영역이 검출된 영상들을 대상으로, 4개의 알고리즘을 각각 적용시켰을 때 처리 시간을 확인해 보았다. 실험 결과는 표 4와 같다. 각 알고리즘의 처리 시간을 비교 하였을 때 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고

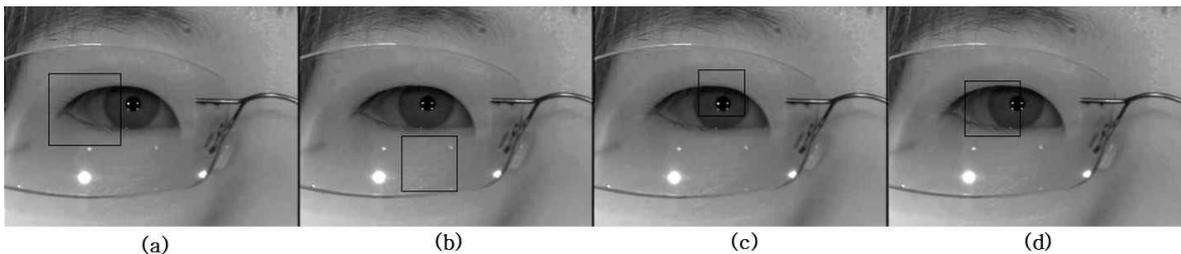


그림 6. 1.7m 이상 먼 거리에서 취득된 낮 영상 (안경착용)에서의 오검출 결과 (a) AdaBoost (b) CAMShift + AdaBoost (c) 적응적 템플릿 정합 + AdaBoost (d) Rapid eye

표 4. 동공 중심 영역 검출 알고리즘 처리시간

(단위: ms)

		AdaBoost	CAMShift + AdaBoost	적응적 템플릿 정합 + AdaBoost	Rapid eye
낮 영상	미착용	104.38	42.24	3.10	3.90
	콘택트렌즈	113.42	58.90	3.22	4.04
	안경착용	103.76	37.13	3.10	3.93
밤 영상	미착용	106.03	36.87	4.24	3.92
	콘택트렌즈	96.11	45.46	4.18	4.00
	안경착용	81.37	23.13	2.76	3.43
평균		100.98	39.36	3.39	3.87

리즘이 가장 빠른 것을 알 수 있다. 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘은 검색 영역을 지정하여 좁은 영역에서 검색을 하므로 처리 시간이 빠르다. Rapid eye 검출 알고리즘도 전체 영상에서 눈 영역을 검출하지만 Integral Image를 이용하여 상대적으로 영상 처리 계산 시간을 상당히 줄이므로 전체 영상에서 검색 하는 것에 비해 처리 시간이 빠르다. CAMShift+AdaBoost 알고리즘의 경우 CAMShift 알고리즘의 처리 시간만 측정하면 평균 10ms 정도로 빠르지만, 본 연구에서는 첫 번째 영상과 이전 영상의 정보가 적절 하지 않은 경우 다시 AdaBoost 알고리즘을 수행하므로 전체 알고리즘 처리 시간이 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘과 rapid eye 검출 알고리즘보다 상대적으로 커진 결과를 나타냈다. AdaBoost 알고리즘의 경우 전체 영상에서 처리하는 방식이므로 다른 알고리즘에 비하여 처리 시간이 가장 크다.

4. 결 론

본 논문에서 소개한 AdaBoost 알고리즘, CAMShift+AdaBoost 알고리즘, 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘, rapid eye 검출 알고리즘은 눈 영상에서 동공 중심 영역을 검출하기 위하여 많이 사용하지만 이들 알고리즘을 다양한 경우에 대하여 실험하고 비교 분석한 사례는 없었다. 따라서 본 논문에서는 4가지 알고리즘을 설명하고 조명변화에 따라 콘택트렌즈를 착용한 경우, 안경을 착용한 경우, 그리고 아무 것도 착용하지 않은 경우에 대한 영상 등 총 2,400장의 영상에 대하여 각각의 알고리즘들을 적용하여 실험 하였다. 실험 결과 정확도 측면에서는 CAMShift+AdaBoost 알고리즘이 가장 좋은 성능을 나타 내었고 실행 시간측면에서 봤을 때 적응적 템플릿 정합+AdaBoost 알고리즘이 가장 좋은 성능을 나타내었다. 향후, 사용자의 얼굴 움직임 및 이에 따른 영상의 흐림 정도에 따라 CAMShift+AdaBoost 알고리즘과 다른 알고리즘들을 적응적으로 사용함으로써, 검출 정확도 및 처리속도를 향상하기 위한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] C.W. Cho, J.W. Lee, E.C. Lee, and K.R. Park,

- “A Robust Gaze Tracking Method by using Frontal Viewing and Eye Tracking Cameras,” *Optical Engineering*, Vol.48, No.12, pp. 127202-1-127202-15, 2009.
- [2] D. Cho, K.R. Park, D.W. Rhee, Y. Kim, and J. Yang, “Pupil and Iris Localization for Iris Recognition in Mobile Phones,” *Proc. of the ACIS International Conference on SNPD*, pp. 197-201, 2006.
- [3] D.S. Jeong, J.W. Hwang, B.J. Kang, K.R. Park, C.S. Won, D. Park, and J. Kim, “A New Iris Segmentation Method for Non-ideal Iris Images,” *Image and Vision Computing*, Vol. 28, No.2, pp. 254-260, 2010.
- [4] S. Amarng, R. Kumaran, and J. Gowdy, “Real Time Eye Tracking for Human Computer Interfaces,” *Proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo.*, Vol. 3, pp. 557-560, 2003.
- [5] J. Jo, S.J. Lee, H.G. Jung, K.R. Park, and J. Kim, “Vision-based Method for Detecting Driver Drowsiness and Distraction in Driver Monitoring System,” *Optical Engineering*, Vol.50, No.12, pp. 127202-1-127202-24, 2011.
- [6] 임철수, 이양선, “웨이블릿 변환을 이용한 홍채 인식과 특징 추출,” 멀티미디어학회논문지, 제7권, 제2호, pp. 9-15, 2003.
- [7] Z.H. Zhou and X. Geng, “Projection Functions for Eye Detection,” *Pattern Recognition*, Vol. 37, No.5, pp. 1049-1056, 2004.
- [8] Z. Zhu, K. Fujimura, and Q. Ji, “Real-Time Eye Detection and Tracking under Various Light Conditions,” *Proc. of ACM SIGCHI Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, pp. 139-144, 2002.
- [9] J. Huang and H. Wechsler, “Eye Detection using Optimal Wavelet Packets and Radial Basis Functions (RBFs),” *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol.13 No.7, pp. 1009-1026, 1999.
- [10] R. Lienhart and J. Maydt, “An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object

- Detection,” *Proc. of International Conference on Image Processing*, pp. 900-903, 2002.
- [11] P. Viola and M.J. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” *Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.1, pp. 511-518, 2001.
- [12] P. Viola and M.J. Jones, “Robust Real-Time Face Detection,” *International Journal of Computer Vision*, Vol.57, No.2, pp. 137-154, 2004.
- [13] J.G. Allen, R.Y.D. Xu, and J.S. Jin, “Object Tracking using CAMShift Algorithm and Multiple Quantized Feature Spaces,” *Proc. of Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing(VIP2003), Conference in Research and Practice in Information Technology*, Vol.36, pp. 3-7, 2003.
- [14] M. Boyle, *The Effects of Capture Conditions on the CAMSHIFT Face Tracker*, Technical Report 2001-691-14, Department of Computer Science, University of Calgary, Alberta, Canada, 2001.
- [15] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, “Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects using Mean Shift,” *Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.2, pp. 142-149, 2000.
- [16] G.R. Bradski, “Computer Vision Face Tracking for Use in a Perceptual User Interface,” *Proc. of IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 214-219, 1998.
- [17] B.S. Kim, H. Lee, and W.Y. Kim, “Rapid Eye Detection Method for Non-Glasses Type 3D Display on Portable Devices,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.56, No.4, pp. 2498-2505, 2010.



권수영

2010년 상명대학교 컴퓨터과학과
학사
2010년~현재 동국대학교 전자전
기공학과 석·박사 통합
과정
관심분야 : 영상/신호처리, 바이
오인식, 패턴인식



조철우

2009년 동국대학교 전자공학과
학사
2009년~현재 동국대학교 전자전
기공학과 석·박사 통합
과정
관심분야 : 영상/신호처리, 바이
오인식, 패턴인식



이원오

2009년 동국대학교 컴퓨터과학과
학사
2009년~현재 동국대학교 전자전
기공학과 석·박사 통합
과정
관심분야 : 영상/신호처리, 바이
오인식, 패턴인식



이현창

2009년 상명대학교 컴퓨터과학과
학사
2009년~현재 동국대학교 전자전
기공학과 석·박사 통합
과정
관심분야 : 영상/신호처리, 바이
오인식, 패턴인식



박강령

1994년 연세대학교 전자공학과
졸업
1996년 연세대학교 전자공학과
석사
2000년 연세대학교전기·컴퓨터
공학과 박사

2000년~2003년LG 전자 기술원 Digital Vision Group 선
임 연구원
2003년~2008년 상명대학교 소프트웨어대학 디지털미
디어학부 조교수
2008년~현재 동국대학교 전자전기공학부 부교수
관심분야 : 영상/음성신호처리, 바이오인식, 패턴인식



이희경

1999년 영남대학교 컴퓨터공학과
학사
2002년 KAIST-ICC 정보통신공
학부 석사
2002년~현재 한국전자통신연구
원 방통융합미디어연구부
선임연구원

관심분야 : HCI, Gaze Tracking, Bi-directional Ad, 맞춤
형방송



차지훈

1992년 명지대학교 전자계산 공
학사
1996년 Florida Institute of
Technology 공학석사
(Computer Science)
2002년 Florida Institute of
Technology 공학박사
(Computer Science)

2003년~현재 한국전자통신연구원 방통 융합미디어연
구부 융합미디어연구팀장
2008년 3월~현재 과학기술연합대학원대학교 부교수
관심분야 : Multimedia streaming, Interactive broad-
casting system, feature extraction/tracking,
Richmedia