

모바일 기기를 이용한 정합필터 기반의 얼굴 검출

Face Detection based on Matched Filtering with Mobile Device

염 석 원*, 이 동 수
Seok-won Yeom*, Dong-Su Lee

요 약

얼굴 인식은 표정과 포즈 또는 주변 조명변화 등 예기치 못한 영향으로 어려움이 크다. 또한 모바일 장치에서 실시간 처리를 위하여 모바일 환경의 한정된 제한이 필히 고려되어야 한다. 본 논문에서 모바일 환경에서 주파수 영역의 정합 필터를 이용한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 얼굴 검출은 선형(Linear) 또는 위상(Phase-only) 정합 필터(Matched filter), 순차적인 검증 단계를 이용하여 수행된다. 먼저 얼굴 후보 윈도우 영역은 정합필터의 출력에 의하여 추출되고 그 다음에 피부색 테스트와 에지 마스크 필터링 테스트로 검출된 후보 영역 중 오경보(False alarm) 영역이 제거된다. 제안된 방법은 Android 플랫폼에서 JAVA를 이용하여 개발되었다. 실험 결과는 모바일 환경에서 얼굴 인식이 실시간으로 성공적으로 수행될 수 있음을 보인다.

ABSTRACT

Face recognition is very challenging because of the unexpected changes of pose, expression, and illumination. Facial detection in the mobile environments has additional difficulty since the computational resources are very limited. This paper discusses face detection based on frequency domain matched filtering in the mobile environments. Face detection is performed by a linear or phase-only matched filter and sequential verification stages. The candidate window regions are selected by a number of peaks of the matched filtering outputs. The sequential stages comprise a skin-color test and an edge mask filtering tests, which aim to remove false alarms among selected candidate windows. The algorithms are built with JAVA language on the mobile device operated by the Android platform. The simulation and experimental results show that real-time face detection can be performed successfully in the mobile environments.

Keyword : Face recognition, Face detection, Mobile device, Matched filter, Phase-only, Skin-color, Edge mask

I. 서 론

얼굴 인식은 대상의 포즈와 표정 그리고 주변 조명변화 등 에 의한 예기치 못한 영향이 크다. 모바일 통신기기의 발전에 따라 스마트 폰은 모바일 컴퓨터의 기능을 추구하고 있다. 이에 맞추어 제한된 환경에서 실시간 검출 서비스 구현에 관한 연구가 활발히 진행 중이다[1,2]

최근 얼굴 템플릿(Template)의 영상을 이용한 상관기반(Correlation-based) 필터가 모바일 기기의 얼굴 식별에 응용되고 있다[3,4]. 상관기반에 의한 방법은 주파수 영역에서 처리가 가능하므로 입력영상을 스캔하는 방식으로 검색하는 방법보다 수행시간이 빠르다[5].

본 논문에서는 주파수 영역의 정합 필터와 순차적으로 오류를 제거하는 기술을 이용한 얼굴 검출 방법을 제안한다[6]. 선형 혹은 위상 정합필터[7]를 적용하고 필터의 높은 출력 값을 선택하여 얼굴 후보 영역을 추출한다. 순차적인 테스트 단계는 피부색 테스트와 에지마스크 필터로 구성된다. 피부색 테스트는 얼굴 색상의 정보를 활용하여 얼굴 영역을 검증하고 에지마스크 필터 테스트는 저해상도에서 얼굴 형태의 정보를 확인하여 후보 영역 중 오류 영역을 제거한다[8,9]. 실험에서 얼굴검출 알고리즘은 Android 플랫폼으로 동작하는 모바일 환경에서 JAVA 언어로 구현되고 실험 결과는 모바일 환경에서 실시간 얼굴의 검출이 가능함을 보인다.

II. 모바일 환경에서 얼굴검출

얼굴 검출 시스템은 그림 1과 같이 정합 필터, 피부색 필터, 에지마스크 필터로 구성된다. 정합필터로 선형 또는 위상 정

* 대구대학교

이 논문은 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

투고 일자 : 2014. 7. 2 수정완료일자 : 2014. 7. 28

계재확정일자 : 2014. 8. 2

합필터가 수행된다. 주파수 영역에서 수행된 정합필터의 출력으로 얼굴 후보 영역이 추출되고 후보 윈도우 영역에서 피부색 테스트와 에지마스크 필터 테스트 과정을 통하여 최종 윈도우 영역을 얻는다.

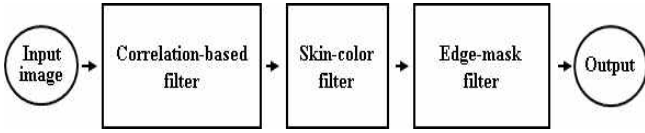


그림 1. 얼굴검출 흐름도
Fig. 1. Block diagram of the face detection.

선형 또는 위상 정합필터는 원거리 얼굴 식별의 첫 번째 단계로 식 (1)과 식 (2)로 나타난다.

$$XH \tag{1}$$

$$Y_p = X e^{-j \angle \phi} \tag{2}$$

위의 식에서 Y_L 과 Y_p 는 각각 주파수공간에서의 선형과 위상 정합필터의 출력이며 X 와 H 는 각각 입력 영상과 얼굴 템플릿의 푸리에 변환이다. ϕ_H 는 H 의 위상 성분이고 *는 공액 복소수를 표현한다.

정합 필터에서 선택된 후보 영역은 피부색 필터에 의해서 검증된다. 윈도우 영역의 피부색 테스트는 식 (3)의 조건으로 표현된다.

$$\{m_r > \epsilon_r\} \cap \{m_g > \epsilon_g\} \cap \{m_b > \epsilon_b\} \cap \{m_r > m_g\} \cap \{m_r > m_b\} \cap \max(m_r, m_g, m_b) - \min(m_r, m_g, m_b) > \epsilon_d \tag{3}$$

위의 식에서 m_r, m_g, m_b 는 각각 후보 윈도우 영역의 Red, Green, Blue 성분의 평균을 나타낸다. 그리고 $\epsilon_r, \epsilon_g, \epsilon_b, \epsilon_d$ 는 피부색을 결정하는 문턱치이다. 기호 “ \cap ”는 논리곱을 나타낸다. 문턱치 $\epsilon_r, \epsilon_g, \epsilon_b, \epsilon_d$ 는 식 (3)을 이용하여 실험적으로 구하고 95, 40, 20, 15로 정한다.

에지마스크 필터는 얼굴 형태를 고려한 마스크를 이용하여 얼굴 영역을 검증하는 방법이다. 에지마스크 필터에 의한 얼굴 검증 테스트는 윈도우 영역내의 검출된 에지 영상과 마스크와의 상관으로 결정되며 다음 식 (4)와 같다.

$$\sum_{j=1}^n h_e(j)w_e(j) > \epsilon_e \tag{4}$$

위의 식에서 h_e 는 에지마스크이고 w_e 는 윈도우 영역의 에지 영상으로 실험에서 Canny 에지 검출기를 이용한다. ϵ_e 는 가변 에지마스크 필터 테스트의 문턱치이다. 그림 2는 크기가

25 × 25인 에지 마스크를 보여준다. 에지 마스크는 저해상도 영상에서 얼굴 형태를 테스트하기 위하여 고안되었다[9].

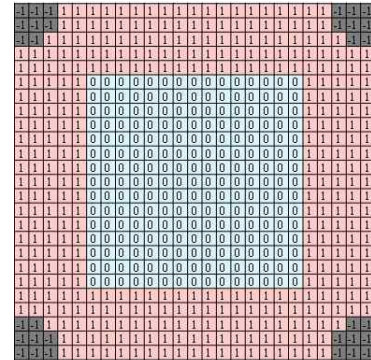


그림 2. 에지마스크 샘플 (25 × 25 화소)
Fig. 2. Edge mask sample (25 × 25 pixels).

III. 실험 및 결과

실험에서 삼성 갤럭시 S2 LTE (1.5 GHz 듀얼 코어, 1GB DDR2 메모리)를 사용하였다. 사용자 인터페이스(GUI)는 Java SE JDK와 안드로이드 2.3.3 SDK를 이용하여 구현하였다. 그림 3은 구현한 GUI와 파라미터 설정 과정의 흐름도이다.

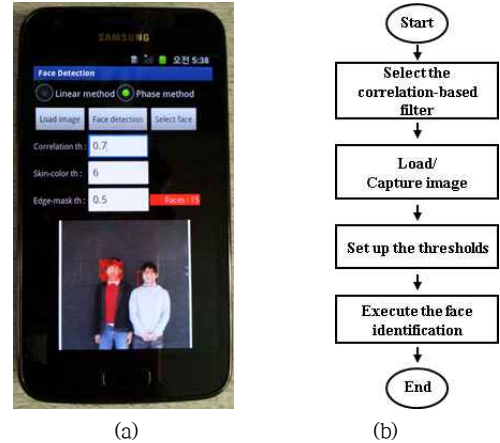


그림 3. 시스템 구현, (a) 안드로이드 입출력화면, (b) 설정 과정

Fig. 3. System implementation, (a) Android GUI, (b) Set-up process.

실험 영상은 스마트 폰 카메라를 이용하여 실내에서 5 m 거리를 두고 획득하였다. 그림 4(a)와 4(b)는 입력영상과는 무관하게 획득한 참조영상이며 그림 4(c)는 그림 4(a)와 4(b)의 평균영상이다. 각 영상의 크기는 25 × 25 화소이다.

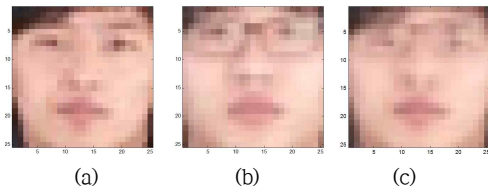


그림 4. 학습영상 (a) 영상1, (b) 영상2, (c) 그림 4(a)와 4(b)의 평균영상
Fig. 4. Reference images, (a) Image 1, (b) Image 2, (c) Average image of Fig. 4(a) and 4(b).

그림 5(a)와 그림 5(b)는 200×200 화소의 입력영상을 보여 준다. 그림 5(c)와 그림 5(d)는 그림 5(a)와 그림 5(b)의 Canny 에지영상이다.

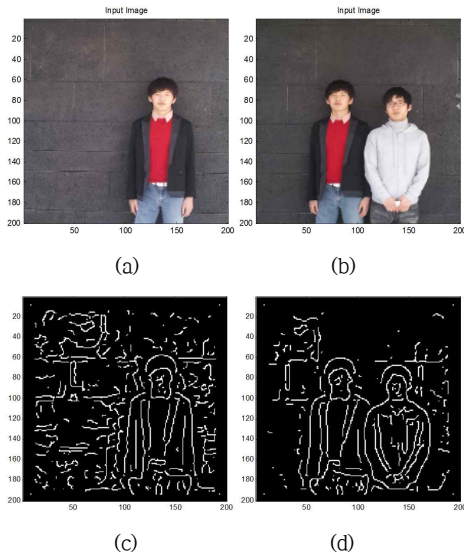


그림 5. 실험영상, (a) 입력영상1, (b) 입력영상2, (c) 입력영상1의 Canny 에지영상, (d) 입력영상2의 Canny 에지영상
Fig. 5. (a) Input image 1, (b) Input image 2, (c) Canny edge image of input image 1, (d) Canny edge image of input image 2.

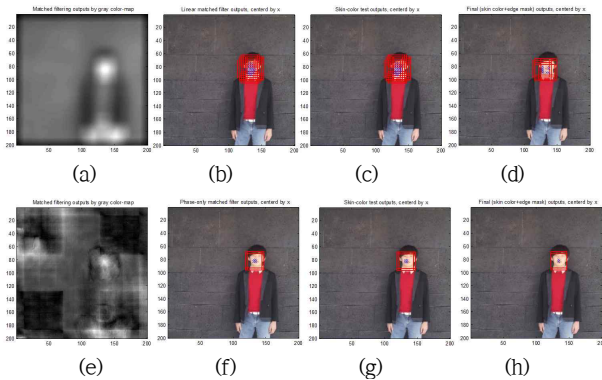


그림 6. 입력영상1의 실험결과, (a) 선형정합 필터링, (b) 후보 윈도우, (c) 피부색 테스트, (d) 에지마스크 테스트, (e) 위상정합 필터링, (f) 후보 윈도우, (g) 피부색 테스트, (h) 에지마스크 테스트

Fig. 6. Test 1, (a) Linear, (b) Candidate windows, (c) Verification by skin-color test, (d) Verification by edge mask filter, (e) Phase-only, (f) Candidate windows, (g) Verification by skin-color test, (h) Verification by edge mask filter.

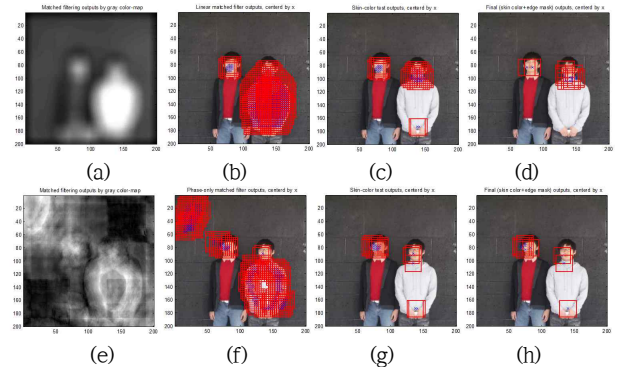


그림 7. 입력영상2의 실험결과, (a) 선형정합 필터링, (b) 후보 윈도우, (c) 피부색 테스트, (d) 에지마스크 테스트, (e) 위상정합 필터링, (f) 후보 윈도우, (g) 피부색 테스트, (h) 에지마스크 테스트
Fig. 7. Test 2, (a) Linear, (b) Candidate windows, (c) Verification by skin-color test, (d) Verification by edge mask filter, (e) Phase-only, (f) Candidate windows, (g) Verification by skin-color test, (h) Verification by edge mask filter.

그림 6은 입력영상 1의 실험결과로 그림 6(a)와 그림 6(e)는 각각 선형 필터와 위상 필터에 의한 출력을 그레이 스케일 로 보여준다. 그림 6(b)와 그림 6(f)는 정합필터의 최대 출력의 70~80%에 해당되는 후보영역 윈도우이다. 윈도우의 중심은 출력 피크에 해당된다. 그림 6(c)와 그림 6(g)는 피부색 테스트에 의해 검증된 후보 윈도우들이고 그림 6(d)와 그림 6(h)는 에지 마스크 필터링 테스트에 의한 최종 얼굴 영역들이다. 그림 7은 입력영상 2의 실험결과이다. 그림 6(e)와 그림 7(e)에 보여 지듯이 위상 정합필터는 선형 정합필터보다 영상의 고주파 영역에 보다 민감하게 반응한다. 표 1은 각 단계 후 전체 윈도우 수와 오류 윈도우 수를 보여준다. 표 2는 모바일 폰에서 10번 수행하였을 때의 평균 수행 시간이다. Canny 에지 영상의 수행시간은 상대적으로 미비하여 생략하였다.

표 1. 각 단계 후 결과(오류 윈도우의 수/전체 윈도우 수)
Table 1. Results at each stage (number of false alarms/total number of windows).

구 분	입력영상1		입력영상2	
	선형필터	위상필터	선형필터	위상필터
정합필터	2/29	0/4	467/505	273/289
피부색 필터	2/29	0/4	19/57	6/22
경계마스크 필터	0/9	0/2	6/15	4/11

표 2. 모바일 장치에서의 평균 수행 시간 (단위: msec)
Table 2. Average computational time on the mobile device (msec).

구 분	입력영상 1		입력영상 2	
	선형필터	위상필터	선형필터	위상필터
Zero-padding	41	44	47	28
FFT(X)	112	74	69	72
FFT(H)	77	65	56	64
FFT multiplexing	19	91	31	106
IFFT	84	58	74	71
FFT shift	42	42	33	27
정합필터 후보영역 결정	19	12	14	27
피부색 테스트	5	1	6	2
경계마스크 필터	329	66	521	426
총 수행시간	727	453	850	823

V 결 론

본 논문에서 모바일 기기를 이용한 얼굴 검출 방법을 제안하였다. 이를 위하여 정합 필터와 순차적인 얼굴 검증 단계를 수행하여 실시간 얼굴을 검출하는 알고리즘을 고안하여 모바일 장치에 구현하였다. 향후 모바일 컴퓨팅 환경의 발전에 따라 수행시간의 단축이 기대된다. 본 연구에서는 단순한 배경과 고정된 포즈와 표정의 입력영상을 사용하였다. 추후에는 본 방법에 학습 과정을 추가하여 복잡한 입력영상을 이용한 얼굴 인식기술을 연구할 계획이다.

참고문헌

[1] C. K. Ng, M. Savvides, and P. K. Khosla, "Real time face verification system on a cell-phone using advanced correlation filters," Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, pp. 57-62, 2005.
 [2] M. Savvides, V. Kumar, P. Khosla, "Face verification using correlation filters," Proc. 3rd IEEE Automatic Identification Advanced Technologies, Tarrytown, NY, , pp. 56-61, 2002.
 [3] 이 희 만, "얼굴 검출과 인식 및 모션추적에 의한 증강현실 구현," 한국컴퓨터 정보학회 논문지, Vol. 17, No. 1, pp 97-104, 2012.
 [4] 김용운, 김봉완, 최대립, 고락환, 김태권, 이용주, "안드로이드 OS 기반 음향 정보를 이용한 유해동영상 검출 서비스의 설계 및 구현," 멀티미디어학회 논문지, Vol. 15, No. 5, pp. 577-586, 2012.

[5] 이주민, 염석원, 홍승현, "최적화된 비선형 합성필터를 이용한 얼굴인증 시스템," 전자공학회논문지-SP, Vol. 46, No. 3, pp. 44-51, 2009.
 [6] D. Lee, Y. Woo, S. Yeom, and S.-H. Kim, "Face identification with frequency domain matched filtering in mobile environments," Proc. SPIE 8406, 84060C, 2012.
 [7] J. L. Horner and P. D. Gianino, "Phase-only matched filtering," Appl. Opt., Vol.23, pp. 812-816, 1984.
 [8] R. Vincenzo and U. Lisa, "An improvement of AdaBoost for face-detection with motion and color information," 14th International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 518-523, 2007.
 [9] J.-S. Kim, J.-H . Joung, and M. An, "Face recognition for low resolution images from a far field of view CCTV," Proc. of the 2010 Korea Signal Processing Conference 23, pp. 367-369, 2010.



염 석 원 (Seok-won Yeom)

正會員

1997년 한국전력 사원

1999년 8월 고려대 전자공학과(공학석사)

2006년 8월 코네티컷대학교 전자컴퓨터

공학과(공학박사)

2006년 9월~2007년 2월 코네티컷대학교 전자컴퓨터공학과 박사 후 연구원

2007년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학부 전임교원

※ 주관심분야 : 영상신호처리, 광정보처리, 패턴인식, 신호처리 응용



이 동 수 (Dong-Su Lee)

2007년 대구대학교 정보통신공학부(공학사)

2009년 대구대학교 정보통신공학과

(공학석사)

2012년 대구대학교 정보통신공학과

(공학박사)

2012년 9월 ~ 현재 한국과학기술연구원 연구원

※주관심분야 : 신호 및 영상처리, 통신공학