

# 템플릿 워핑 BAM을 이용한 얼굴 윤곽선 검출

## Face Alignment using Template Warping BAM

김석호<sup>1</sup> · 김재민<sup>1</sup> · 조성원<sup>1</sup> · 이기성<sup>1</sup> · 정선태<sup>2</sup>

Seok-Ho Kim, Jae-Min Kim, Seoung-Won Cho, Ki-Sung Lee and Sun-Tae Chung

<sup>1</sup>홍익대학교 전기정보제어공학과

E-mail: fuzzy@fuzzy.ac.kr

<sup>2</sup>승실대학교 정보통신전자공학부

E-mail: cst@ssu.ac.kr

### 요 약

얼굴 윤곽선 검출을 위해 그동안 많은 알고리즘이 연구되었다. 그리고 최근에 기존 Active Appearance Model (AAM)에 비해 성능이 개선된 Boosted Appearance Model (BAM)이 Liu에 의해 제안되었다. BAM에서는 매 반복 단계마다 Steepest Descent 영상을 구해야 하는데 입력영상의 워핑을 해야 하므로 이것은 계산량이 많다. 본 논문은 BAM을 사용하면서 매번 계산되어야 하는 입력 영상의 워핑을 대신해 템플릿이 워핑함으로써 계산 시간을 줄일 수 있는 방법을 제시한다. 템플릿은 약한 분류기에 사용되는 Haar-like feature들로 이것은 입력 영상에 비해 크기가 매우 작으므로 제안된 방법을 사용하면 Steepest Descent 영상을 구하는데 필요한 워핑 속도를 줄일 수 있다.

키워드 : Face Alignment, Template Warping, BAM, Haar-like Feature

### 1. 서 론

얼굴 윤곽선 검출은 얼굴의 눈썹, 눈, 코, 입, 얼굴 외곽선 등의 특징점을 검출해 내는 것이다. 검출된 특징점을 이용하여 얼굴의 대략적인 생김을 파악할 수 있으며 이를 이용하여 아바타 생성, 얼굴 인식, 표정 및 감정 인식, 애니메이션 등의 많은 분야에서 사용되고 있다.

특히 얼굴 인식 분야는 생체 인식 분야 중 가장 편리하고 친화적인 기술로 각광받고 있다. 다른 바이오메트릭스 기술들이 이용자의 능동적인 행동을 요구하며 또 접촉 등의 방법을 이용하여 이용자에게 거부감을 주는데 반해 얼굴 인식은 자연스럽게 신분 확인이 가능하다는 점에서 강점이 있다.

또한, 3G (3Generation)통신이 시작됨으로써 얼굴 윤곽선 검출은 더욱 더 중요성이 더해가고 있다. 3G 영상 통화가 편리함을 주는 반면 원치 않는 사생활 노출의 부작용이 있는데 얼굴 윤곽선 검출과 이를 통한 저장된 얼굴의 애니메이션을 구사해서 그 부작용을 최소화 할 수 있다. 향후 영상 통화가 보편화 되면 모든 핸드폰에 이런 기능이 기본적으로 들어가게 될 것이다.

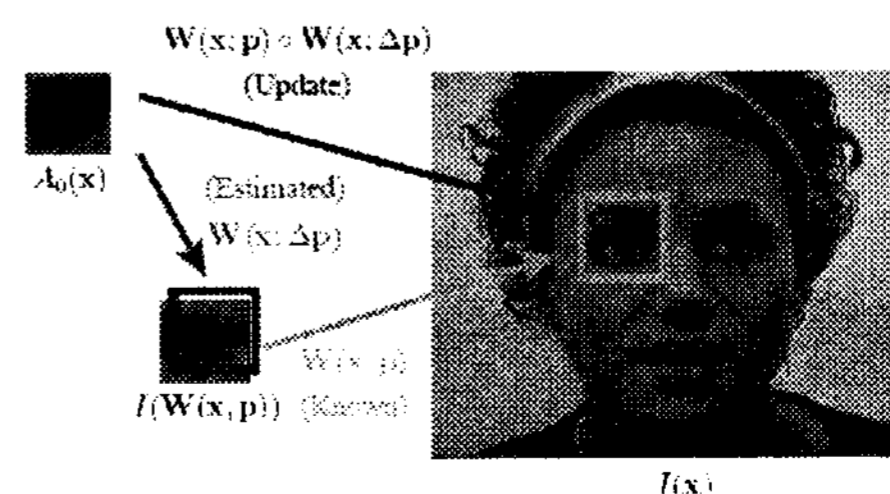
얼굴 윤곽선 검출이 이렇게 많은 분야에 활용되고 중요한 기술이지만 얼굴 영상은 조명, 자세 등에 민감하게 변화하므로 윤곽선 검출이 쉽지 않다. 그래서 얼굴 윤곽선 검출에 대해서 그동안 많은 연구가 진행되어 왔으며 Active Shape Model (ASM), Active Appearance Model (AAM) 등이 대표적이다. 그리고 최근에는 Boosted Appearance Model (BAM)이 Liu [1]에 의해 제안되었다. 본 논문에서는 그 중 AAM과 BAM을 살펴보고 BAM의 속도를 개선할 수 있는 향상된 알고리즘을 제시하고자 한다.

### 2. AAM (Active Appearance Model)

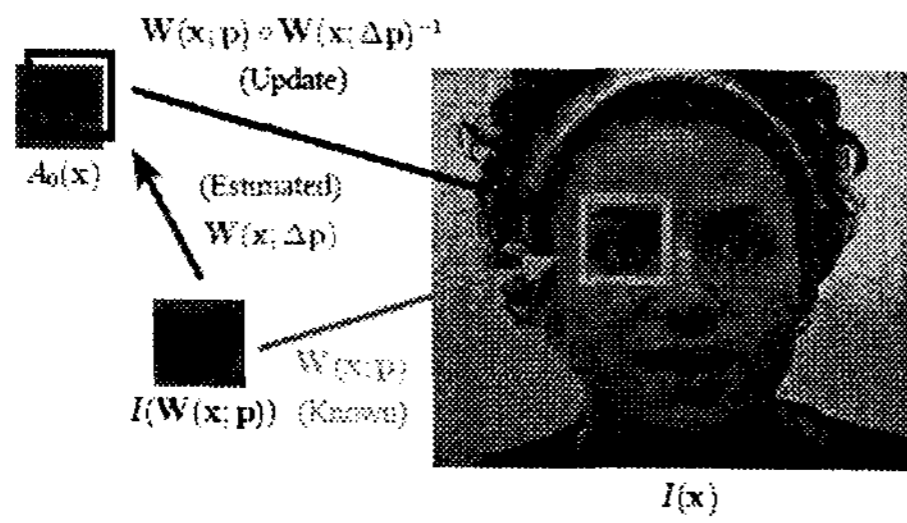
Active Appearance Model은 기하학적으로 물체의 모양을 모델링하는 알고리즘이다. Edward [2]가 제안하고 Cootes [3]에 의해 더욱 연구가 확장되었다. 그리고 최근에는 Baker와 Matthews [4]에 의해 IC (Inverse Compositional)와 SIC (Simultaneously Inverse Compositional) 알고리즘이 만들어져 속도면에서 크게 개선되었다.

AAM은 다양한 영상을 학습하여 통계적 선형선에 기반해서 정합한다. 영상의 형태 (Shape) 정보와 명암도 (Texture) 정보를 Principal Component Analysis (PCA) [5]를 이용하여 특징점에 대한 차원을 줄여 학습시킨다. 이것들을 이용하여 모델을 만들고 실제 얼굴 입력 영상에서 shape과 texture의 최적 파라미터를 찾아 에러를 최소화 하는 방식으로 얼굴 윤곽선을 검출한다.

Inverse Compositional 알고리즘은 기존에 얼굴 영상이 워프하는 데 비해 템플릿이 워프함으로써 계산량을 줄여 속도를 빠르게 한다. 그림 1은 정방향과 역방향 합성의 차이를 보여준다 [4].



a) Forward Compositional 방법



b) Inverse Compositional 방법  
그림 1. 정방향과 역방향 합성의 차이

### 3. BAM (Boosted Appearance Model)

#### 3.1 모델링

아다부스트 알고리즘에선 다음과 같이 약한 분류기 (Weak Classifier)의 결합으로 강한 분류기 (Strong Classifier)를 만든다.

$$F(x) = \sum_{m=1}^M f_m(x) \quad (1)$$

여기서;  $F(x)$ : 강한 분류기  
 $f_m(x)$ : 약한 분류기

BAM에서는 GentleBoost 알고리즘 [6]을 사용한다.

직접 찍은 점들을 이용하여 영상들을 워핑하여 이것을 얼굴영상으로 이용한다. 그리고 각 영상에 고유값을 이용하여 왜곡되게 워핑한 영상들을 배경영상으로 하여 아다부스팅 과정을 진행한다.

약한 분류기는 Haar-like feature [7]를 이용하여 만든다. 사용되는 feature들은  $r, c, dr, dc, b$ 로 구성되어 있다. 그림 2의 a)에서 보는 것과 같이  $(r, c)$ 는 feature의 좌측 최상단 점의 좌표이다. 그림상의  $dr$ 과  $dc$ 는 각각 feature의 높이와 넓이를 나타낸다.  $b$ 는 feature의 종류를 나타내며 그림 2의 b)에 그 모양들이 나타나 있다. 특이한 것은 그림 2의 b)의 우측 하단에 있는 중심선을 기준으로 좌우 대칭인 feature가 추가되었다.

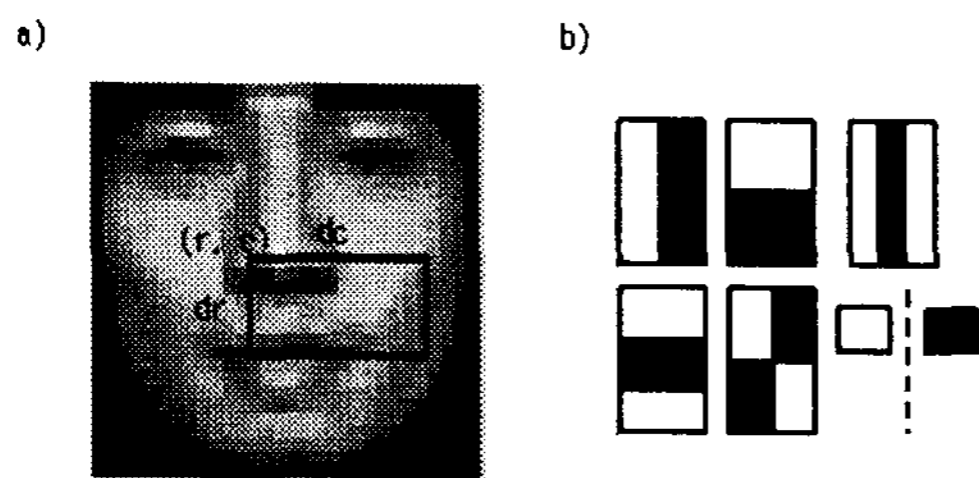


그림 2. Haar-like feature  
a) Haar-like feature의 매개변수  
b) Haar-like feature의 모양

약한 분류기는 다음과 같다.

$$f_m(p) = \frac{2}{\pi} \text{atan}(g_m \mathbf{A}_m^T \mathbf{I}(W(x;p)) - t_m) \quad (2)$$

여기서;  $A_m$ : 템플릿  
 $g_m$ :  $\pm 1$   
 $t_m$ : 문턱값

$I(W(x;p))$ : 워프한 영상

아다부스팅을 이용하여 약한 분류기들을 얻는다. 각각  $c_m = (r, c, dr, dc, b, g, t)$  이고 이 약한 분류기들의 집합  $\{c_m | m = 1, 2, 3, \dots, M\}$ 을 Boosted Appearance Model (BAM)이라고 한다.

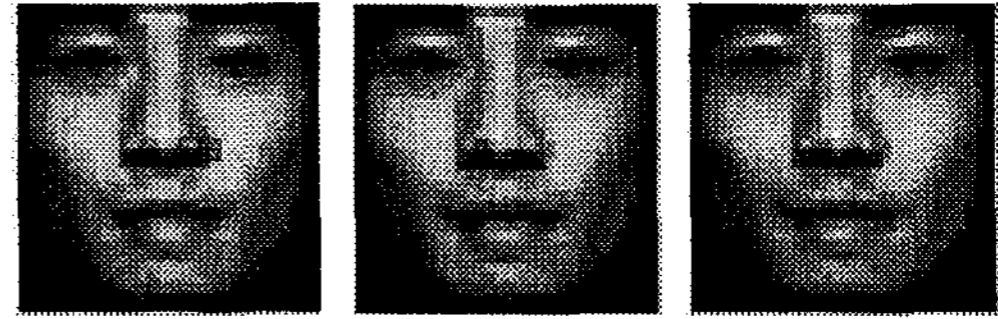


그림 3. 아다부스팅을 통해 얻은 약한 분류기 Haar-like feature의 예

#### 3.2 윤곽선 추출

2D 얼굴 영상의 각 특징점에 수동으로 점을 찍은 PDM (Point Distribution Model)  $\{s_i | i = 0, 1, 2, \dots, n\}$ 과 앞에서 얻은 BAM  $\{c_m | m = 1, 2, 3, \dots, M\}$ , 입력 영상  $I$ , initial shape parameter  $p$  그리고 미리 계산된 jacobian  $\frac{\partial W}{\partial p}$ 를 입력받아 shape parameter  $p$ 를 출력하는 과정이다.

Step 0. 입력영상  $I$ 의 2D 기울기를 구한다.

Step 1. 이미지를 워프해  $I(W(x;p))$ 를 구한다.

Step 2. 각 약한 분류기의 feature를 구한다.

$$e_m = g_m \mathbf{A}_m^T \mathbf{I}(W(x;p)) - t_m; m = 1, 2, \dots, M.$$

Step 3. 워프된 이미지의 기울기를 양선형 보간한다.

Step 4. Steepest Descent 이미지를 구한다.

$$SD = \nabla I \frac{\partial W}{\partial p} \quad (3)$$

Step 5.  $b_m = g_m SD^T \mathbf{A}_m; m = 1, 2, \dots, M$

Step 6.  $\Delta p = \lambda \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^M \frac{b_m}{1+e_m^2}$

Step 7.  $p = p + \Delta p$

$\|\sum_{i=1}^n \Delta p_i s_i\| \leq \tau$  을 만족할 때까지 Step 1에서 Step 7을 반복한다.

### 4. 제안하는 방법

윤곽선 추출을 위해 매번 테스트 이미지가 워핑되는 대신에 템플릿이 워핑하는 방법이다. 템플릿은 약한 분류기에 사용되는 Haar-like Feature들이다.

#### 4.1 제안하는 방법

기존의 방법으로는 각 단계마다 steepest descent 이

미지를 구해야 한다.

식 (3)은  $N \times n \times 2$ 의 곱셈과  $N \times n$ 의 덧셈이 필요하다. 이렇게 매번 테스트 이미지를 워핑하는 대신 약한 분류기로 사용되는 Haar-like feature 템플릿들을 워핑함으로써 계산량을 줄일 수 있다.

템플릿은 각방향의 워프에 맞게 변환된다. x축과 y축의 변환이 높이 혹은 넓이를 바꿈으로서 쉽게 계산되는데 비해 z축의 변환은 feature의 직사각형 특성을 해치므로 계산이 어렵다. 직사각형이 아닌 feature는 Haar-like feature가 가지는 빠른 속도라는 장점을 잃게 되므로 속도 향상을 기대할 수 없다. 그러므로 그림 4의 d)에서와 같이 feature를 변형하여 사용한다.

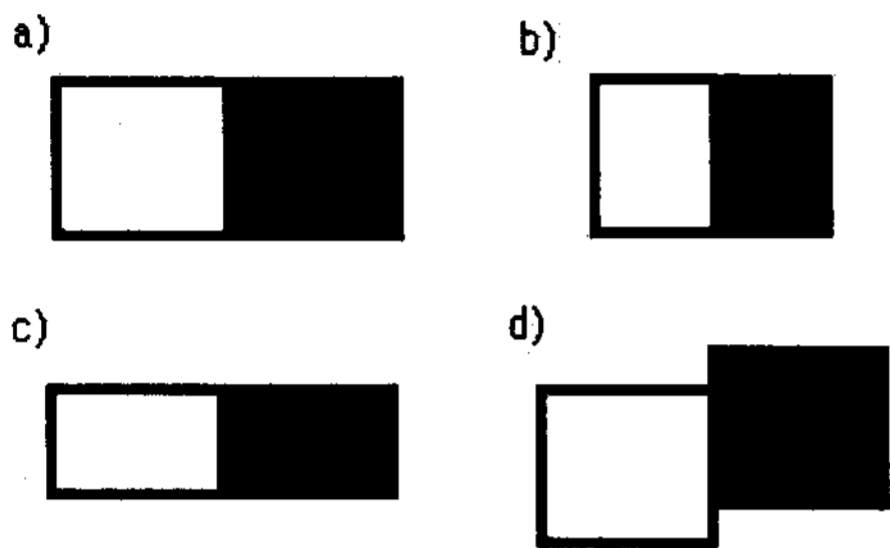


그림 4. 변화되는 Haar-like feature의 예  
a) 기본 모양 b) y축 변환  
c) x축 변환 d) z축 변환

## 5. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 BAM을 사용하여 윤곽선 검출을 하는데 있어 테스트 영상이 워핑하는 대신 템플릿이 워핑하는 방법에 대하여 제안하였다. 이를 통해 BAM의 계산량을 줄여 윤곽선 검출에 걸리는 시간을 줄일 수 있다. 빠른 속도로 윤곽선을 검출하게 되면 보다 강인한 얼굴 윤곽선 검출을 실시간으로 수행할 수 있어 얼굴 인식의 경우 인증 과정을 실시간으로 처리할 수 있고 또 영상 통화 과정에서 실시간 애니메이션에 사용할 수 있다.

향후 본 논문에서 제안한 템플릿 워핑 BAM 기반 얼굴 윤곽선 검출의 정확도 개선과 타 알고리즘과의 성능 비교 등의 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] Xiaoming Liu, "Generic Face Alignment using Boosted Appearance Model", Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR '07. IEEE Conference on 17-22 June 2007 Page(s):1 - 8, 2007
- [2] G. Edwards, C. J. Taylor, and T. F. Cootes, "Interpreting Face Images using Active Appearance Models," Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 300-30, 1998.
- [3] T. F. Cootes, G. J. Edwards, C. J. Taylor, H. Burkhardt, and B. Neuman, "Active Appearance Models," Proc. Eur. Conf. Computer Vision, Vol. 2, pp. 484 - 498, 1998.
- [4] I. Matthews and S. Baker, "Active Appearance Models Revisited," International Journal of Computer

Vision, Vol.60, No.2, pp. 135 - 164, Nov. 2004.

[5] B. Menser and F. Muller : "Face detection in color images using principal components analysis", Image Processing and Its Applications, Seventh International Conference on (Conf. Publ. No. 465), pp.620-624 vol.2, July 1999.

[6] Y. Freund and R. E. Schapire. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. Journal of Computer and System Sciences, 55(1):119 - 139, 1997.

[7] C. P. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio. A general framework for object detection. In Proc. 6th Int. Conf. on Computer Vision, Bombay, India, pages 555-562, 1998.