

근육기반의 특징모델을 이용한 얼굴표정인식에 관한 연구

김동수^{*} · 남기환^{*} · 한준희^{*} · 박호식^{*} · 차영석^{*} · 최현수^{*} · 배철수^{*} · 권오홍^{*} · 나상동^{**}

^{*}관동대학교 전자통신공학과, ^{**}조선대학교 컴퓨터공학과

Recognition of Facial Expressions Using Muscle-Based Feature Models

Dong-su Kim^{*} · Kee-hwan Nam^{*} · Jun-hee Han^{*} · Ho-Sik Park^{*} · Young-seok Cha^{*}

Hyun-soo Choi^{*} · Oh-Heung Kwon^{*} · Cheol-soo Bae^{*} · Sang-dong Ra^{**}

^{*}Kwandong University, ^{**}Chosun University

E-mail : baecs@kdccs.kwandong.ac.kr

요 약

얼굴특징들의 추적을 위한 근육을 기반으로 한 특징모델을 사용한다. 그 특징모델은 적은 파라미터와 범위와 방향으로 한정된 변형으로 구성되고, 각 특징점에 관한 검색 공간은 한정되어질 수 있다. 본 논문에서는 6개로 분류한 주요 얼굴표정에 대해 근육의 수축강도로 추정한다. 그 수축 벡터는 얼굴근육모델의 변화량으로부터 얻어지며, 유사도는 그것들의 벡터와 대표하는 주요한 표정들의 벡터사이로 규정짓고, 얼굴표정들의 추정을 위해 사용된다.

ABSTRACT

We Present a technique for recognizing facial expressions from image sequences. The technique uses muscle-based feature models for tracking facial features. Since the feature models are constructed with a small number of parameters and are deformable in the limited range and directions, each search space for a feature can be limited. The technique estimates muscular contractile degrees for classifying six principal facial expressions. The contractile vectors are obtained from the deformations of facial muscle models. Similarities are defined between those vectors and representative vectors of principal expressions and are used for determining facial expressions.

1. 서 론

얼굴 이미지 처리는 컴퓨터 비전과 컴퓨터-휴먼 양쪽의 상호공유분야로 중요한 연구주제가 된다. 또한, 많은 연구원들은 모델링, 검출, 추적, 그리고 얼굴 특징과 표정의 인식등의 어려운 문제들을 다루었다[1,2,3,4]. 어쨌든, 얼굴표정과 얼굴근육의 움직임사이의 관계를 해부학적으로 이용한 인식기술은 없다.

본 논문에서 해부학적 학문을 이용한 얼굴표정 인식에 관한 기술을 소개한다[5]. 그 기술은 얼굴 특징의 근육 특징모델과 얼굴 표정 인식에서 근육 수축벡터 추정을 이용한다.

2. 모델 구조

얼굴 특징 모델은 제어 점 C , 출발점 O , 근육 수축 벡터 V , 그리고 근육수축 파라미터 s 로 구성되어 있다. 그 모델은 교점으로 윤곽을 그리며, 제어점 사이에 기입한다.

포인트 O 는 중간표정의 얼굴이미지로부터 수동으로 위치되어진다. 벡터 V 는 위치와 얼굴 근육의 방향으로 결정되어지고, 그 점 C 는 점 O 로부터 벡터 V 방향으로 움직인다. 파라미터 s_i 의 값은 벡터 V_i 과 결합한 근육의 수축 정도로 나타낸다. 그 모델은 파라미터 s 값의 변화로써 변형된다. $|s_i|=1.0$ 일 때, 벡터 V_i 의 근육은 그것들의 한계까지 수축한다.

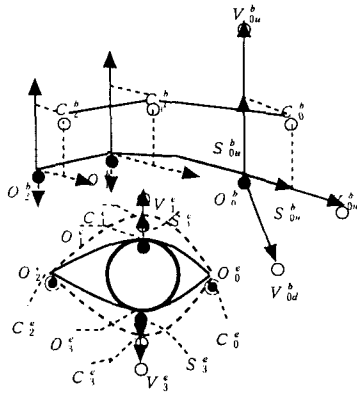


그림 1. 눈 모델과 눈섭 모델

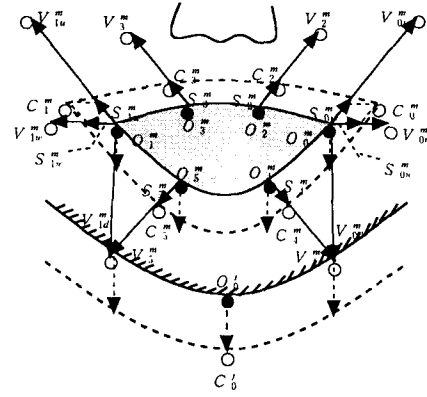


그림 2. 입 모델

2.1 눈과 눈섭 모델

그림 1은 눈과 눈섭모델의 구조를 보여준다. 눈섭 3개의 제어점, 3개의 시작점, 그리고 3개의 근육 수축벡터를 가진다. 그 파라미터 s_{0u}^b 는 V_{0u}^b 이거나 V_{0u}^b 의 방향의 근육 수축정도로 나타낸다. $s_{0u}^b \geq 0$ 이면 방향은 V_{0u}^b , $s_{0u}^b < 0$ 이면 방향은 V_{0u}^b 이다. 그리고 제어포인트의 위치 C_i^b 는 식 (1)과 (2)로 나타낸다. 그리고 가중치 w 는 각 제어점 이동 정도로 나타낸다.

$$C_0^b = \begin{cases} O_0^b + w_{0u} s_{0u}^b V_{0u}^b + w_{0w} s_{0w}^b V_{0w}^b & (s_{0u}^b \geq 0) \\ O_0^b - w_{0u} s_{0u}^b V_{0u}^b + w_{0w} s_{0w}^b V_{0w}^b & (s_{0u}^b < 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$C_i^b = O_i^b + w_{iu} s_{iu}^b V_{iu}^b + w_{iw} s_{iw}^b V_{iw}^b \quad (i=1, 2) \quad (2)$$

눈 모델은 4개의 제어점, 4개의 시작점과 2개의 근육수축벡터를 가진다. 그 파라미터 s_1^e 와 s_3^e 는 V_1^e 과 V_3^e 의 방향에서 근육 수축정도를 각각 나타낸다. 제어점 C_i^e , 눈 모퉁이 양쪽 $i = 0, 2$ 는 표정이 변할 때 조차 움직이지 않게 된다. 또한 제어점 C_1^e 는 식(3)으로 나타낸다.

$$C_i^e = \begin{cases} O_i^e & (i=0,2) \\ O_i^e + s_i^e V_i^e & (i=1,3) \end{cases} \quad (3)$$

2.2 입 모델

입 모델은 6개의 제어점, 6개의 시작점, 그리고 10개의 근육수축벡터를 가지고 있다(그림 2). 턱의 정점이 움직일 때, 입 양쪽구석의 제어점과 아래쪽 입술과 같은 방향으로 움직인다. 그러므로 정점의 위치 C_0^m 는 근육수축정도를 얻는 것이 필요하다.

본 논문에서는 V_{iu}^m 와 V_{iw}^m 의 방향에서 입구석 ($C_i^m, i=0, 1$)의 근육수축정도를 나타내기 위하여 같은 파라미터(s_i^m)를 사용한다.

그러면, 입구석에서 그 제어점의 위치($C_i^m, i=1, 2$)는 식(4)로 나타낸다.

$$C_i^m = \begin{cases} O_i^m + s_{iu}^m V_{iu}^m + s_{iw}^m V_{iw}^m + C_i^m - O_i^m & (s_i^m \geq 0) \\ O_i^m + s_{iu}^m V_{iu}^m - s_{iw}^m V_{iw}^m + C_i^m - O_i^m & (s_i^m < 0) \end{cases} \quad (4)$$

아래 입술과 윗입술의 제어점의 위치는 식(5)로 나타나게 된다.

$$C_i^m = \begin{cases} O_i^m + s_i^m V_i^m & (i=2,3) \\ O_i^m + s_i^m V_i^m + C_0^m - O_0^m & (i=4,5) \end{cases} \quad (5)$$

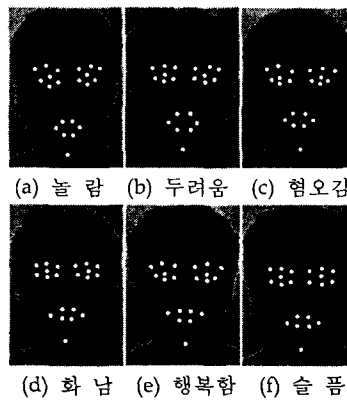


그림 3. 얼굴 표정들

표1. 근육수축패턴과 얼굴 표정

표정	오른쪽 눈썹	왼쪽눈썹	입									
	s_{0u}^{br}	s_{0w}^{br}	s_{0u}^{bl}	s_{0w}^{bl}	s_{0u}^m	s_{0w}^m	s_{1w}^m	s_{1u}^m	s_2^m	s_3^m	s_4^m	s_5^m
놀람	$E_2 =$	(1.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)										
무서움	$E_6 =$	(1.0, 0.1, 1.0, 0.1, 0.2, -0.5, 0.2, -0.5, 0.0, 0.0, 0.2, 0.2)										
협오감	$E_4 =$	(-0.8, 0.2, -0.8, 0.2, 0.0, 0.4, 0.0, 0.4, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0)										
화남	$E_7 =$	(-0.8 0.0, -0.8, 0.0, 0.0, -1.0, 0.0, -1.0, 0.0, 0.0, 0.4, 0.4)										
행복함	$E_1 =$	(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)										
슬픔	$E_3 =$	(0.1, 0.4, 0.1, 0.4, 0.5, -1.0, 0.5, -1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)										

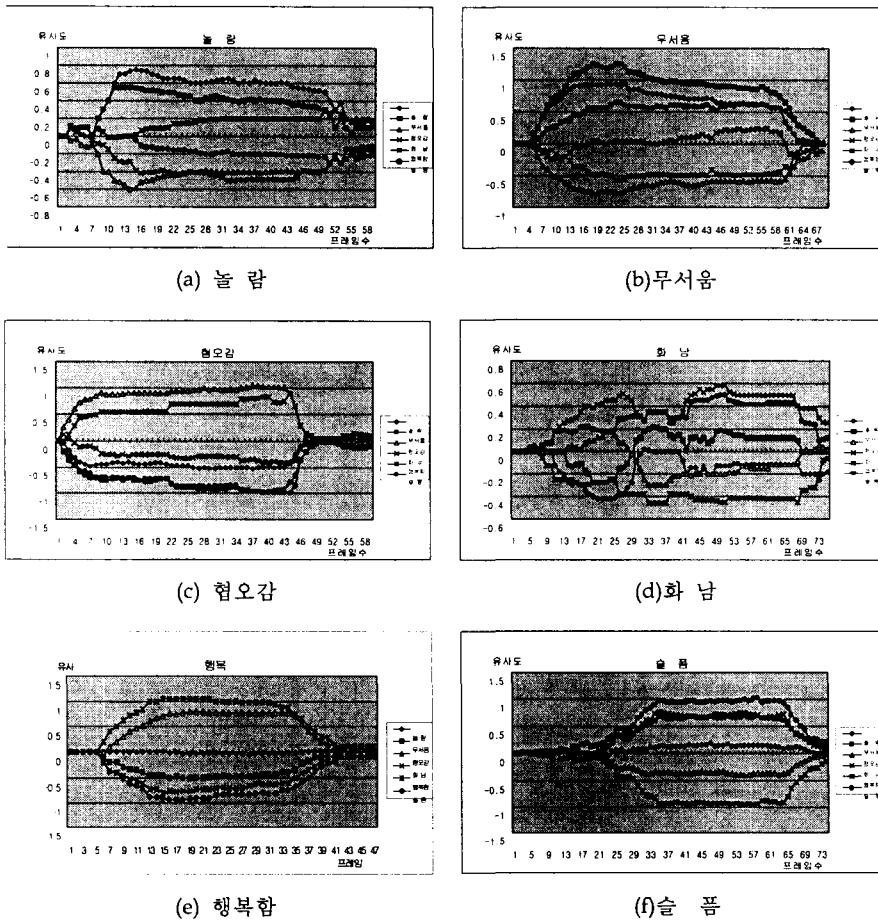


그림 4. 얼굴표정의 유사도 변화

3. 모델 매칭

파라미터 집합{s}은 얼굴 특징의 모양을 결정한다. 그것들 파라미터 값의 변화와 특징에 가장 잘 맞는 모양을 찾음으로 모델과 얼굴이미지를 매칭

시킨다.

$(x'(i), y'(i)), 1 \leq i \leq n$ 는 중간 표정에서 교점들의 위치라 하고, 여기에서 n 은 교점들의 전체 갯수이다. $I(x, y)$ 는 중간 표정 이미지의 세기값이라고 하자. $(x(i), y(i))$ 와 $I(x, y)$ 은 표정을 나타낸 후

에 값을 의미한다. 그 위치(x(i), y(i))는 파라미터 {s}로써 결정되어진다.

특징 동작의 경로에서 표정을 가지는 것과 없는 것 사이의 차이점을 이용한다. 눈과 눈썹의 이미지의 차이점은 식(6)으로 정의된다.

$$D_{eye, eyebrow} = \sum_i |I(x(i), y(i)) - I'(x'(i), y'(i))| \quad (6)$$

얼굴 특징은 차이점의 최소 파라미터 값을 수색함으로써 이미지로부터 인지될 수 있다.

입 모델의 교점은 입술의 바깥쪽 가장자리에 위치되고, I(x,y)의 도함수 dI(x,y)을 사용한다.

또한 모델이 입술의 안쪽 가장자리와 매칭하지 않도록 하기 위해 모델 윤곽안쪽(x_{in}, y_m)과 바깥쪽(x_{out}, y_{out})의 세기를 사용한다.

그러므로 입 이미지의 차이점은 식(7)로 정의된다.

$$D_{mouth} = \sum_i (|dI(x(i), y(i)) - dI'(x'(i), y'(i))| + |I(x_{in}(i), y_{in}(i)) - I'(x'_{in}(i), y'_{in}(i))| + |I(x_{out}(i), y_{out}(i)) - I'(x'_{out}(i), y'_{out}(i))|) \quad (7)$$

4. 얼굴 표정 인식

얼굴표정 인식에 대한 얼굴표정공간을 정의하며, 이 공간은 근육 수축 등급(s)으로서 수치를 쟀다. 이 공간에서 얼굴표정과 근육수축사이의 관계를 고려함으로써 6개의 주요한 표정을 묘사하기 위한 6개의 벡터(E_i, 1 ≤ i ≤ 6)를 결정했다(표.1). 본 논문에서는 놀람, 무서움, 혐오감, 화남, 행복함, 슬픔에 관한 6개의 표정에 대해 다룬다[6]. 여기에서 비록 추적을 목적으로 그것들을 사용하지만 인식 목적에서 감박거리는 움직임을 무시하기 위해서 눈에 관한 수축 등급이 사용되지 않는다.

얼굴표정 벡터 X는 입력 이미지로부터 얻어지고 E_i에 대하여 P_i영상은 식(8)과 같이 나타낸다.

$$P_i = \frac{X \cdot E_i}{\|E_i\|} \quad (8)$$

또한, 표정(E_i)의 유사함 추정에 대해 사용된다. 만일 P_i ≥ P_j (j ≠ i)라면 가장 유사한 표정 E_i를 결정한다.

5. 실험 결과

6개의 전형적인 얼굴표정은 카메라를 사용하여 연속 이미지로부터 얻어지고, 얼굴특징의 움직임을 추적한다. 그림 3은 흰색 선으로 얼굴표정과 연구모델 묘사를 보여준다. 각 표정의 유사도의 변화는 그림 4에서 보여준다. 그 추적축은 유사도 P이다. 모든 그림 4(a)-(f)에서 최대 유사도는 정

확한 표정을 보여준다. 화남에서 그러나 표정사이의 차이를 명료하게 인지 할 수 없다. 왜냐하면 얼굴특징의 작은 움직임 때문이며, 한계 유사점과 어떤 표정의 시작과 끝 찾기로써 표정구역에서 이미지 시퀀스를 분할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 연속 이미지로부터 얼굴표정인식에 대한 기술을 소개했다. 그 기술은 얼굴특징 추적에서 근육을 기반으로 한 특징 모델과 6개 주요한 표정으로 분류되는 근육수축 벡터의 인식을 사용했다.

실험 결과 근육수축 벡터는 효과적으로 얼굴표정의 변화를 보여주고 이것들의 벡터들으로써 표정을 인식 할 수 있게 된다는 것을 보여준다.

참고문헌

- [1] A. L. Yuille, P. W. Hallinan, and D. S. Cohen. Feature Extration from Faces Using Deformable Templates. *int. j. Computer Vision*, 8(2):99-111, 1992.
- [2] D. Terzopoulos, and K. Waters. Anaysis and Synthesis of Facial Image Sequences Using Physical and Anatomical Models. *IEEE Trans. PAMI* 15(6):569-579, 1993.
- [3] I. A. Essa and A. P. Pentland, "Coding Analysis, Interpretation, and Recognition of Facial Expressions", *IEEE Trans, PAMI*, 19(7): 757-763, 1997.
- [4] M. J.Black and Y. Yacoob, "Tracking and Recognizing Rigid and Non-Rigid Facial Motions using Local Parametric Model of Image Motion", *Proc. ICCV*, 374-381, 1995.
- [5] H. Oha, H. Saji, and H. Nakatani. Muscle-Based Feature Models for Analyzing Facial Expressions. *Proc. 3rd Asian Conference on Computer Vision*, 2:711-718, 1998.
- [6] P. Ekman, and W. V. Friesen. *Unmasking the Face*. Prentice-Hall Inc. 1975.