

얼굴 특징점의 이동자취 추출 시스템의 구현

Implementation of facial feature trajectory finding system

정 재영, 이 재호, 김 문현

성균관대학교 정보공학과

Jae-Young Jung, Jae-Ho Lee, Moon-Hyun Kim
Dept. of Information Engineering, Sungkyunkwan Univ.

요 약

본 논문에서는 연속적인 움직임을 가지는 얼굴 영상의 시퀀스에서 미리 정의한 몇개 특징점의 프레임 단위의 이동자취를 구하는 시스템을 구현하였다. 이를 위하여, 우선 얼굴영상에서의 특징점의 정의 및 그 추출과정을 보인다. 프레임 간의 특징점들은 관성력으로 인하여 그 속도벡터가 급격히 변화할 수 없다는 평탄화 성질(smoothness)과, 이동후 다른 특징점들에 비해 근거리에 위치한다는 근접성(proximity)을 가정하여 대응되는 쌍들을 구한다.

구현된 시스템을 실질적인 얼굴 영상의 시퀀스에 대해 실험하고, 그 결과를 보인다.

1. 서론

최근 초고속 통신망을 이용한 영상회의 기술개발이 활발하다. 이때 화자의 움직임을 추적하여, 얼굴 영상을 화면 중앙에 위치시킬 필요가 있으며, 이를 위해서는 일정 시간 간격으로 취득되는 얼굴 영상으로부터 눈, 코, 입 등의 특징을 추출하여 이를 추적하는 기술이 요구된다. 그러나, 각 프레임으로부터 특징점을 추출하고 이들을 연속영상에서 대응시키는 특징점 대응 문제(feature point correspondence problem)는 스테레오 비전(stereo vision), 3차원 물체의 움직임 해석 등의 영상처리 분야에서 자주 나타나는 고전적인 문제로, 프레임 수 및 각 프레임 내의 특징점의 수에 따라 대응 가능한 경우의 수가 기하급수적으로 증가하는 매우 어려운 문제이다. 만일 m 개의 프레임이 각각 n 개의 특징을 가진다고 가정할 때, 이들로부터 나올 수 있는 모든 이동자취(trajectory)는 $m!^{(n-1)}$ 의 경우의 수를 가진다. 따라서 실제 환경에서 나타날 수 있는 여러가지 제약 조건을 가정하여 대응관계를 한정지움으로써 최종적인 점의 이동자취를 구한다. Barnard and Thompson[1]등은 특징점 근방의 점들의 움직임의 유사성에 기초하여 특징점을 대응시키기 위해 반복적인 relaxation labeling 기법을 이용하였다. Jenkin 등은[2]는 시공간 도메인 상에서 특징의 특성변화가 작고 연속적이라는 가정을 기초하여 특징점을 대응시켰다. Sethi[3]등은 대응 문제를 최적화 문제로 변형하여 반복적으로 대응관계를 변화시켜 나가면서

영상 시퀀스로부터 점의 이동자취를 구하였다. Shah[4]등은 프레임 간의 특징점들이 관성력으로 인하여 그 속도벡터가 급격히 변화할 수 없다는 평탄화 성질(smoothness)과, 이동후 다른 특징점들에 비해 근거리에 위치한다는 근접성(proximity)을 가정하여 대응되는 쌍들을 구하였다.

영상으로부터 추출된 직선(line)을 특징으로서 이용하여 대응시키는 방법으로 Huang[5]등은 다수의 물체를 포함하는 영상으로부터 3차원 직선 선분을 추출하고 이들을 매칭시키는 알고리즘을 제안하였으나, 그의 방식에서는 물체간의 겹쳐짐 현상으로 인한 문제를 해결하지 못하였다. Mutch[6]등은 영상으로부터 영역을 분할하고 각 영역을 둘러싸는 각 직선상에 속성 값을 부여하여 직선간에 그 값을 비교함으로써 가장 적합한 대응 쌍을 구하였다.

본 논문에서는 연속적인 움직임을 가지는 얼굴 영상의 시퀀스에서 미리 정의한 몇개 특징점의 프레임 단위의 이동자취를 구하는 시스템을 구현하였다. 2장에서는 얼굴영상에서의 특징점의 정의 및 그 추출과정을 보이고, 3장에서는 프레임 간의 특징점들은 관성력으로 인하여 그 속도벡터가 급격히 변화할 수 없다는 평탄화 성질(smoothness)과, 이동후 다른 특징점들에 비해 근거리에 위치한다는 근접성(proximity)을 가정하여 대응되는 쌍들을 구한다. 4장에서는 구현된 시스템을 실질적인 얼굴 영상의 시퀀스에 대해 실험하고, 그 결과를 보인다. 전체적인 시스템의 구성을 보이면 그림 1과 같다.

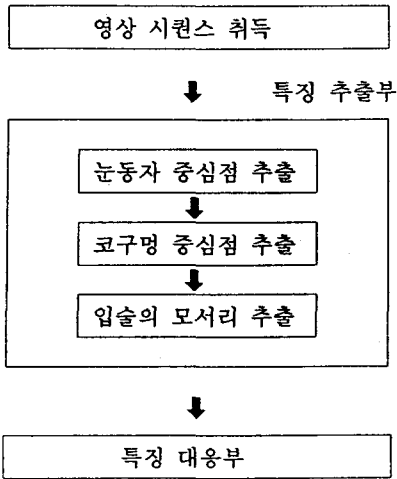


그림 1. 전체적인 시스템 구성

2. 특징점 추출

얼굴영상으로부터 눈, 코, 입 등의 위치를 찾는 많은 연구들이 제안되어 왔다.[4,5,6] 이들은 눈, 코, 입 등이 가지는 서로간의 위상관계, 얼굴 피부에 비해 가지는 밝기 변화의 정도, 굴곡에 의한 나타나는 그림자 영역 등에 의해 비교적 손쉽게 추출된다. 그러나 각 영역으로부터 정확한 한 점의 특징점을 추출한다는 것은 잡음 등의 영향으로 많은 어려움이 따른다.

본 장에서는 전체적인 얼굴 영상으로부터 눈, 코, 입의 대략적인 영역이 블럭의 형태로 추출되었다고 전제한 후, 각 블럭으로부터 정확한 한 점의 눈동자, 코구멍, 입술의 양끝점을 추출하는 알고리즘을 설명한다. 이 때 각 블럭의 크기와 위치는 각 영상이 가지는 특성과 무관한 임의의 사각형으로 가정하여, 블럭 추출 알고리즘에 무관한 특징점 추출이 가능하도록 하였다.

2.1 눈동자 추출

그림 2(a)와 같이 눈 부위 블럭 내에서는 눈동자나 눈썹에서의 밝기가 눈의 흰자위나 눈꺼풀과 같은 다른 부위에 비해 가장 어둡다. 따라서 눈동자 크기 만한 윈도우를 가지고 눈 부위 블럭의 밝기 정보를 차례로 조사하여 가장 어두운 윈도우 위치를 눈동자 영역으로 설정할 수 있다.

그러나 눈동자의 크기는 영상 취득 환경, 즉 카메라와 인물의 거리 등에 의해 크게 좌우되므로 눈동자 크기를 사전에 결정하기가 어렵다.

본 논문에서는 취득된 영상으로부터 눈동자의 크기를 능동적으로 추정하기 위하여 눈부위 영역에 대해 밝기값에 따른 화소들의 분포로부터 눈동자의 평균 밝기 값을 추정한 후, 눈 부위 블럭을 이진화하여

눈동자 영역을 추출한다.

눈 부위 블럭에 대해 밝기값을 기준으로 화소들의 분포를 보면 일반적으로 그림 2(b)와 같다. 이 중 눈동자 영역은 가장 어두운 영역이며 초기 극대치를 가지는 성향을 보이고 있다. 따라서 히스토그램으로부터 최초의 극대점을 계산한 후 이 점에 대한 밝기 값을 눈동자의 평균 밝기 값으로 결정하였다.

그러나 눈동자의 평균 밝기값을 가지고 눈블럭을 이진화할 경우, 그림 2(c)와 같이 눈동자 뿐만 아니라 눈동자와 밝기 값이 비슷한 눈썹 부위도 동시에 추출된다. 특히 얼굴에서 눈동자와 눈썹은 매우 근접하여 이진화 영상에서 동일한 하나의 영역으로 불어서 추출된다. 따라서 그림 2(c)와 같이 이진화된 눈동자 영역에서 최대 수직거리 h 의 90%에 해당하는 거리를 눈동자의 크기로 추정하였다.

눈 부위 블럭 내에서의 눈의 크기가 결정되면, 그 눈의 크기에 해당하는 정사각형 마스크를 가지고 블럭을 탐색한다. 식(2)와 같이 탐색중에 마스크 위치의 모든 화소들의 밝기 값을 합한 결과치가 최소인 점 k 가 추출하고자 하는 특징점이다.

$$\min_{k \in \text{block}} \left(\sum_{i \in \text{mask}} \sum_{j \in \text{mask}} f(x_k+i, y_k+j) \right) \quad (1)$$

그림 2(d)는 추출된 눈의 위치와 특징점을 보이고 있다.



(a) 눈부위 블럭 (b) 눈부위 블럭에 대한 히스토그램



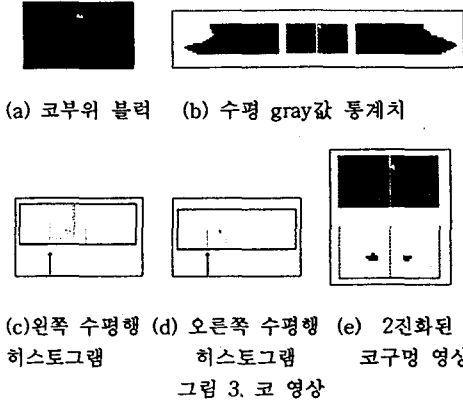
(c) 눈동자 크기(0.9h) (d) 추출된 눈동자

그림 2. 눈동자 추출

2.2 코구멍 중심점 추출

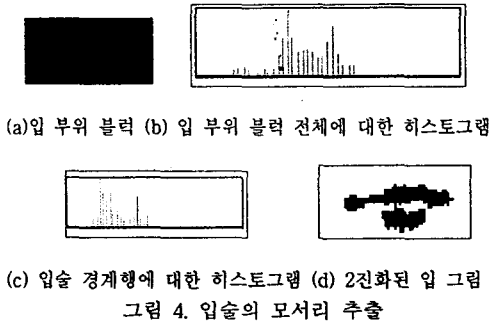
코 부위 블럭을 수직 방향으로 2 등분하여 좌측 영역에서는 좌측 코구멍을 검출하고, 우측 영역에서는 우측 코구멍을 검출하였다. 그림 3(a)에서 알수 있듯이 코구멍 영역은 검은 원 또는 약간 기울어진 타원의 형태로 나타나게 된다. 눈부위 검색시 속눈썹과 같은 눈동자 이외의 검은 영역이 코구멍의 중심을 찾는데 있어서는 나타나고 있지 않다. 따라서 그림 3(b)와 같이 코구멍 검출 방법으로는 주어진 영역을 수평 검색을 하며 각 행의 pixel들의 gray 값을 모두 합하였다. 그렇게 함으로서 가장 검은 행을 검출할수 있었다. 검출된 행을 밝기 값의 히스토그램을 구하면 그림 3(c) 3(d)와 같은 결과를 알수 있다. 코 영역에 있어서 코구멍은 가장 어두운 부분이다. 그렇기 때문에 최초의 극대치를 얻은 뒤 극대치

를 기준으로 2진화하여(그림 3(e)) 수직방향으로 검색하여 코코멍이 위치한 열의 위치를 얻는다.



2.3 입술 모서리 특징점 추출

입 부위 블럭의 경우 그림 4(a)와 같이 일반적으로 입술과 피부영역의 평균 밝기 차가 다르므로 적절한 임계치에 의해 이진화할 경우 입술 부위를 판단할 수 있다. 그러나 눈, 코 등에 비해 입술 주위에서는 밝기 차이가 약하여 그림 4(b)에서 보는바와 같이 완전한 분포를 가지므로 히스토그램 상에서 계곡(valley) 지점을 찾기가 어렵다.



본 논문에서는 보다 정확한 임계치 설정을 위해 입 부위 블럭으로 부터 입술과 피부의 밝기 변화가 명확한 한 행을 추출한 후, 그로부터 임계치를 설정하였다.

입술이 가지는 굴곡으로 인하여 입술 블럭에서 가장 검은 부위는 윗입술과 아랫입술이 만나는 직선이다. 입술을 벌리고 있는 경우에도 입 내부의 약한 휘도(irradiance)로 인하여 입술의 모서리를 잇는 직선 부위에서 가장 어둡다. 윗입술과 아랫입술 사이의 검은 영역을 검출하기 위해서 수평 방향으로 검색을 하면서 각 행의 모든 화소들의 밝기값들을 합하여 그 값이 최소가 되는 행을 찾고, 그 행에 대한 그림 4(c)와 같은 히스토그램으로부터 임계치를 설정한다. 임계치를 사용하여 2진화한 결과는 그림 4(d)

와 같다. 추출된 입술모양의 양끝점이 특징점이다.

3. 특징점 대응

본 논문에서는 Shah의 특징점 대응 알고리즘[4]을 이용하여 얼굴영상내 특징점의 이동자취 추적 시스템을 구현하였다. 그는 처음 두 프레임 간의 특징점들의 대응관계를 알고있다고 가정 한 후, 프레임 간의 특징점들은 관성력으로 인하여 그 속도벡터가 급격히 변화할 수 없다는 평탄화 성질(smoothness)과, 이동후 다른 특징점들에 비해 근거리에 위치한다는 근접성(proximity)을 이용하여 식 (1)과 같은 비용함수 Ψ 를 설정하였다.

$$\Psi(X_p^{k-1}, X_q^k, X_r^{k+1}) = \frac{\|X_p^{k-1}X_q^k - X_q^kX_r^{k+1}\|}{\sum_{x=1}^m \sum_{z=1}^m \|X_p^{k-1}X_{\phi^{k-1}(x)}^k - X_{\phi^{k-1}(x)}^kX_r^{k+1}\|} + \frac{\|X_q^kX_r^{k+1}\|}{\sum_{x=1}^m \sum_{z=1}^m \|X_{\phi^{k-1}(x)}^kX_z^{k+1}\|} \quad (2)$$

이 때, 벡터 X_i^j 는 j 번째 프레임에서의 i 번째 점의 좌표를 나타내는 2차원 벡터이고, $X_q^kX_r^{k+1}$ 는 k 번째 프레임 내의 q 점과 $k+1$ 번째 프레임 내의 r 점이 이루는 벡터이고, $\|X\|$ 는 벡터 X 의 크기이다. ϕ^{k-1} 는 $k-1$ 번째 프레임과 k 번째 프레임 사이의 일대일 대응관계를 나타낸다. 즉, $q = \phi^{k-1}(p)$ 는 $k-1$ 번째 프레임에서의 점 p 는 k 번째 프레임에서 점 q 와 대응한다는 것을 나타낸다.

함수 $\Psi(X_p^{k-1}, X_q^k, X_r^{k+1})$ 는 $k-1$ 번째 프레임과 k 번째 프레임 간에 p, q 점이 대응되어 있다고 가정하였을 때, $k+1$ 번째 프레임 내의 모든 점 r 과의 근접성을 계산하여 최소값을 가지는 점 r 로의 이동으로 결정하는데, 첫번째 항은 상대적인 속도 변화를 평가하여 특징점들이 완만하고 균일한(uniform) 이동 자취를 가지도록 하고, 둘째 항은 상대적인 거리를 평가하여 근접한 특징점 들간의 대응이 이루어지도록 한다. 사용된 구체적인 알고리즘은 표1과 같다.

4. 실험결과

제안한 시스템을 윈도우 상에서 Visual C++을 사용하여 구현하였으며, 실내에서 vidicon 카메라로부터 취득된 320 x 240 크기의 얼굴영상 시퀀스에 적용하였다.

일반적으로 정면 얼굴영상을 사용하였으나 때때로 아래로 기울어지거나 어느정도 옆으로 돌아간 열

표 1. 특징점 추출 알고리즘

가정 : 각 프레임의 특징점 수는 동수이고,
처음 두 프레임간 대응점을 알고있다.

for k=2 to n-1 do

- Construct M, $m \times m$ matrix,
단, m: no. of feature points in a frame

$$M[i, j] = \psi(X_p^{k-1}, X_i^k, X_j^{k+1}),$$

when $\phi^{k-1}(p) = i$

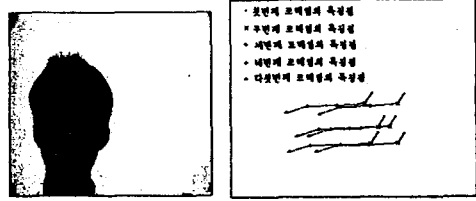
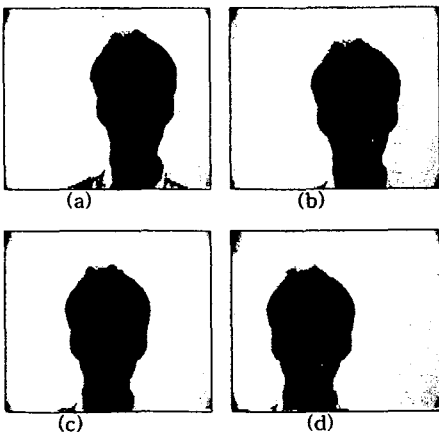
- for a=1 to m do
[i, l_i] in each row i of M
- 2-2. Compute priority matrix B,

$$B[i, l_i] = \sum_{j=1, j \neq l_i}^m M[i, j] + \sum_{k=1, k \neq i}^m M[k, l_i]$$

for each i

- 2-3. Select [i, l_i] pair with the highest
priority value $B[i, l_i]$
and make $\phi^k(i) = l_i$
- 2-4. Mask row i and column l_i from M

굴 영상들도 사용하였다. 특별히 얼굴의 움직임 추정을 위하여 연속적으로 변화하는 영상을 주로 실험하였고, 연속적 움직임은 환경이 비슷하기 때문에 첫 프레임에서 성공하면 계속적으로 성공하는 경향을 보였다. 대부분의 정면 영상에서의 특징점 추출은 성공적이었고, 약간 기울인 얼굴이나 옆으로 돌아간 영상의 경우에도 성공적이었다. 그러나 얼굴이 크게 둘러진 경우 미간이나 눈꼬리에 어두운 영역이 생김으로서 눈동자 정중앙에서 약간 옆으로 인식되는 경우도 있었다. 실험에 사용된 영상 시퀀스와 추출된 특징점을 그림 5(a-e)에 보이고, 추출된 특징점의 이동자취를 그림 5(f)에 보인다.



(e) (f)
그림 5. 추출된 특징점과 이동자취

5. 결론

본 논문에서는 연속적인 움직임을 가지는 얼굴 영상 시퀀스에 대하여 눈, 코, 입 등의 특징점을 추출하고 프레임 단위로 이들을 추적하는 시스템을 구현하였다.

특징점 추출시 정면 영상에 대해서는 정확한 특징점을 추출할 수 있었으나, 얼굴이 회전하는 경우에 대해서는 부정확한 특징점 추출의 경우도 존재하였다. 그러나 어느정도 부정확한 특징점이 추출된 경우에도 프레임 간의 특징점 이동자취가 유사하다는 평탄화 성질과 이동후 다른 특징점들에 비해 근거리에 위치한다는 근접성을 이용하여 정확한 이동자취를 구할 수 있었다.

참고문헌

- [1] W. B. Thompson, "Disparity analysis of images", *IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell.* 2(4), 333-340 (1987).
- [2] M. Jenkin and J. K. Tsotsos, "Applying temporal constraints to the dynamic stereo problem", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 30, 331-344 Jul. 1980.
- [3] I. K. Sethi and R. Jain "Finding trajectories of feature points in a monocular image sequence", *Proc. IEEE* 87, 56-73
- [4] K. Rangarajan and M. Shah, "Establishing motion correspondence", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 54, 56-73 Jul. 1991.
- [5] C. L. Huang, "Dynamic scene analysis using path and shape coherence", *Pattern Recognition* 25(5), 445-461 (1992).
- [6] J. H. McIntosh and K. M. Mutch, "Matching straight lines", *CVGIP* 43 1998, 386 - 408
- [7]. Daniel Reisfeld and Yehezkel Yeshurum "Robust Detection of Facial Features by Generalized Symmetry", *Proc. IEEE* 1992, 117 - 120
- [8]. X Jia and M.S Nixon "Extending the feature set for automatic face recognition", *Proc. IEEE* 1992, 155 - 158
- [9]. Ian Craw "Recognition face features and faces", *Proc. IEEE* 1992, 1 - 7