

조명 변화에 견고한 얼굴 특징 추출

소인미, 김명훈, 김영운, 이지근, 정성태
원광대학교 컴퓨터공학과
e-mail:s0301@wonkwang.ac.kr

Robust Extraction of Facial Features under Illumination Variations

In-Mi So, Myong-Hoon Kim, Young-Un Kim, Chi-Guen Lee,
Sung-Tae Jung
Dept. of Computer Engineering, Wonkwang University

요 약

컴퓨터 비전 기술의 발달에 따라 사용자 인터페이스, 사용자 인증, 보안 등 여러 가지 응용에서 얼굴 정보를 사용하려는 많은 연구가 이루어지고 있다. 얼굴 정보를 이용하는데 있어서, 눈, 코, 입술과 같이 얼굴의 특징을 효과적으로 추출할 필요가 있다. 본 논문에서는 적응성을 갖는 여러 가지 정보를 결합함으로써 조명의 변화가 있는 경우에도 얼굴의 특징을 견고하게 추출할 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서론

컴퓨터 기술의 발전이 발전함에 따라 마우스나 키보드 같은 일반적인 입력장치에 의존하는 사용자 인터페이스를 탈피하여 보다 자연스럽게 편리한 사용자 인터페이스를 개발하려는 연구가 진행되고 있다. 그중에서도 얼굴의 움직임 및 표정 인식을 사용자 인터페이스에 이용하려는 연구가 근래에 들어 활발하게 진행되고 있다. 또한 가상현실 시스템이나 원격 화상 회의 시스템에서도 얼굴의 움직임이나 표정 인식을 이용하려는 연구가 수행되고 있고, 사용자 인증 및 범죄자 추적 등 여러 가지 응용에서 얼굴 정보를 이용하려는 연구가 수행되고 있다. 여러 응용분야에서 얼굴 정보를 사용하기 위해서는 얼굴의 특징을 추출할 필요가 있다. 사람이 말을 하거나 표정을 바꾸면 얼굴의 특징이 변화하기 때문에 형체가 고정된 물체의 특징을 추출하는 것보다 더 어려운 작업으로 여겨지고 있다.

얼굴의 특징을 추출하는 방법으로는 많은 방법들이

제안되었는데, 대략적으로 기하학적 특징 기반 방법, 템플릿 기반 방법, 컬러 기반 방법, 외관 기반 방법, 능동적 외관 기반 방법 등으로 나누어 볼 수 있다. 기하학적 특징 기반 방법[1,2]에서는 특징들이 구성 요소들의 상대적인 위치와 크기 등의 정보를 이용하여 추출된다. 템플릿 기반 방법[3,4]에서는 적절한 에너지 함수를 이용하여 템플릿과 얼굴 특징을 맞추으로써 특징을 추출한다. 컬러 기반 방법[5]에서는 얼굴 특징들이 갖는 고유의 컬러를 이용하여 특징을 추출한다. 외관 기반 방법[6,7,8]은 눈, 코, 입술 등 각 얼굴 특징들의 모습을 학습해 두었다가 입력 영상과 비교함으로써 얼굴 특징을 추출한다. 능동적 외관 기반 방법[9,10]은 3차원의 얼굴 모델을 입력 영상에 맞추으로써 얼굴 특징을 추출한다.

본 논문에서는 적응성을 갖는 여러 가지 정보를 결합함으로써 조명의 변화가 있는 경우에도 얼굴의 특징을 견고하게 추출할 수 있는 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 한 사람의 얼굴 영상이 가까운 거리에서 촬영되었다고 가정하고 입술의 양 끝 점이 보이는 데까지만 얼굴을 움직인다고 가정한다. 그리고 달리는 자동차 환경과 같이 조명의 변화가 많은 경우를 가정한다. 제안된 방법에서는 조명이 변화하

이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심 대학육성사업 헬스케어기술개발사업단의 지원에 의하여 연구되었음

더라도 눈, 눈썹, 입술은 상대적으로 주위 피부보다 더 어두운 색상을 갖는다는 성질을 이용한다. 견고성을 높이기 위하여 일정 영역이 주위 영역보다 어두운 정도를 나타내는 계곡 에너지, 각 픽셀이 주위 픽셀보다 어두운 정도를 나타내는 명도 에너지, 경계선의 크기를 나타내는 경계선 에너지 세 가지를 결합함으로써 특징 추출의 견고성을 높일 수 있도록 하였다.

2. 얼굴 영역 검출

본 논문에서는 먼저 입력 영상으로부터 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영역 검출을 위해서는 Viola에 의해 제안되고 Lienhart에 의해 개선된 다단계 분류기법[11,12]을 이용하였다. 이 방법에서는 먼저 수백장의 동일한 크기의 얼굴 영상과 얼굴이 아닌 임의의 영상을 사용하여 분류기를 학습시킨다. 분류기가 학습된 다음에는, 탐색 윈도우를 전체 입력 영상위에서 움직이면서 탐색 윈도우의 영상을 분류기에 전달하여 얼굴 영상인지 아닌지를 판별한다. 입력 영상에서 얼굴의 크기가 고정되어 있지 않고 변화할 수 있으므로, 이 분류기는 다양한 크기의 얼굴 검출을 효과적으로 수행할 수 있도록 분류기 자체가 여러 스케일에서 얼굴을 검출할 수 있도록 계층적으로 설계되었다. 그림 1에는 얼굴 영역 검출 결과가 나타나 있다.

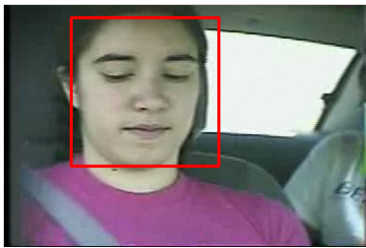


그림 1. 얼굴 영역 검출 결과 예

3. 얼굴 특징 검출

3.1 전처리

본 논문에서는 내부적으로 흑백 영상을 이용하므로 컬러 영상이 입력되면 먼저 흑백 영상으로 변환하고 히스토그램 평활화를 수행하여 영상의 명암 대비를 높인다.

3.2 얼굴 특징 에너지 계산

얼굴의 특징은 조명과 같은 외부 환경에 영향을

받기 쉬우므로, 본 논문에서는 계곡 에너지, 명도 에너지, 경계선 에너지의 세 가지 에너지를 결합하여 사용함으로써 외부 환경 변화에 견고한 특징 추출 방법을 제안한다. 계곡 에너지는 그림 2와 같이 위와 아래는 밝고 가운데는 어두운 정도를 측정하는 에너지를 의미한다. 그림 2와 같은 형태를 사용하는 이유는 눈, 눈썹, 입술이 모두 세로 방향 보다 가로 방향으로 길기 때문이다.

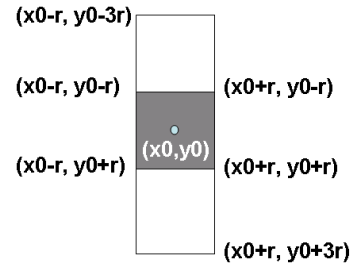


그림 2. 계곡 에너지 측정을 위한 패턴

픽셀 (x_0, y_0) 에 대한 계곡 에너지를 구하기 위해서는 먼저 식 (1)과 같이 가운데 사각형이 위와 아래의 사각형보다 어두운 정도를 나타내는 값 $V(x_0, y_0)$ 를 구한다. 여기에서 $p(x, y)$ 는 픽셀 (x, y) 의 명도값을 나타낸다. 기호 \max 는 변수 r 의 값이 k_1 부터 k_2 까지 변화할 때에 괄호안의 값의 최대값을 취하라는 의미이다. 그리고 k_1 과 k_2 의 값은 얼굴 영역의 크기에 따라 상대적으로 정해진다.

$$V(x_0, y_0) = \max_{r=k_1 \text{ to } k_2} \left\{ \left(\sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-3r}^{y_0-r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-r}^{y_0+r} p(x, y) \right) + \left(\sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0+r}^{y_0+3r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-r}^{y_0+r} p(x, y) \right) - \left| \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0-3r}^{y_0-r} p(x, y) - \sum_{x=x_0-r}^{x_0+r} \sum_{y=y_0+r}^{y_0+3r} p(x, y) \right| \right\} \quad \text{식(1)}$$

전체 픽셀에 대해 $V(x_0, y_0)$ 를 구한 다음에는 계곡 에너지 $E_v(x_0, y_0)$ 를 식 (2)와 같이 구한다. 여기에서 Max_val은 전체 픽셀에 대한 $V(x_0, y_0)$ 중에서의 최대값을 나타낸다. 식 (2)에서 $V(x_0, y_0)$ 값에 255를 곱하고 Max_val로 나눈 이유는 계곡 에너지의 값을 0에서 255 사이의 값을 갖도록 정규화하기 위한 것이다.

$$E_v(x_0, y_0) = \begin{cases} 0 & V(x_0, y_0) \leq 0 \\ \frac{V(x_0, y_0) \times 255}{Max_val} & V(x_0, y_0) > 0 \end{cases} \quad \text{식(2)}$$

픽셀 (x_0, y_0) 에 대한 명도 에너지를 구하기 위해서는 먼저 식 (3)과 같이 픽셀 (x_0, y_0) 의 명도 값과 그 픽셀을 중심으로 한 5×5 크기의 영역의 평균값과의 차이를 구한다. 이 값이 크면 클수록 주위 보다 더 어둡다는 것을 나타낸다.

$$W(x_0, y_0) = \frac{\sum_{x=x_0-2}^{x_0+2} \sum_{y=y_0-2}^{y_0+2} p(x, y)}{25} - p(x_0, y_0) \quad \text{식(3)}$$

전체 픽셀에 대해 $W(x_0, y_0)$ 를 구한 다음에는 픽셀 (x_0, y_0) 에 대한 명도 에너지 $E_i(x_0, y_0)$ 는 식(4)와 같이 계산한다. 여기에서 Max_val은 $W(x_0, y_0)$ 값중에서 최대값을 나타낸다.

$$E_i(x_0, y_0) = \begin{cases} 0 & W(x_0, y_0) \leq 0 \\ \frac{W(x_0, y_0) \times 255}{Max_val} & W(x_0, y_0) > 0 \end{cases} \quad \text{식(4)}$$

픽셀 (x_0, y_0) 에 대한 경계선 에너지 $E_e(x_0, y_0)$ 는 Canny의 경계선 검출 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘에서는 먼저 가우시안 필터를 이용하여 영상을 흐리게 한 다음에 1차 미분 연산자를 이용하여 픽셀 값의 변화율과 방향을 계산한다. 변화율이 가장 큰 값을 갖는 픽셀들이 연결되어 있는 부분이 경계선이므로, 픽셀 값의 변화 방향을 추적하여 경계선을 구한다. 그림 3에는 그림 1의 왼쪽 영상의 얼굴 영역에 대한 특징 에너지 계산 결과가 나타나 있다.



(a) 계곡 에너지 (b) 명도 에너지 (c) 경계선 에너지

그림 3. 얼굴 특징 에너지

3.3 후처리

얼굴 특징 에너지를 계산한 다음에는 이들을 식 (5)와 같이 더해져 전체 에너지를 구한다. 여기에서 $\alpha_v, \alpha_i, \alpha_e$ 는 0에서 1사이의 값을 갖는 상수인데 α_e 값이 다른 두 값보다 상대적으로 작게 하였다.

$$E(x_0, y_0) = \alpha_v E_v(x_0, y_0) + \alpha_i E_i(x_0, y_0) + \alpha_e E_e(x_0, y_0) \quad \text{식(5)}$$

전체 에너지를 구한 다음에는 눈과 눈썹 영역을 먼저 검출하고 그 다음에 입술 영역을 검출하는데, 영역 검출을 용이하도록 하기 위해 전체 에너지 이미지를 이진화하고 모폴로지 연산을 적용하였다. 그림 4에는 전체 에너지 이미지와 모폴로지 연산이 적용된 이진 영상이 나타나 있다.



(a) 전체 에너지 (b) 모폴로지 연산이 적용된 이진 영상

그림 4. 모폴로지 연산 적용 결과

3.4 얼굴 특징 영역 검출

그림 4에 나타나 있듯이 에너지 영상에서 눈, 눈썹, 입술 영역은 가로 방향의 흰색 사각형으로 나타난다. 따라서, 에너지 영상을 스캔하면서 가로 방향 사각형을 탐색함으로써 얼굴 특징 영역을 검출한다. 그림 5에는 얼굴 특징 영역의 검출 결과가 나타나 있다.

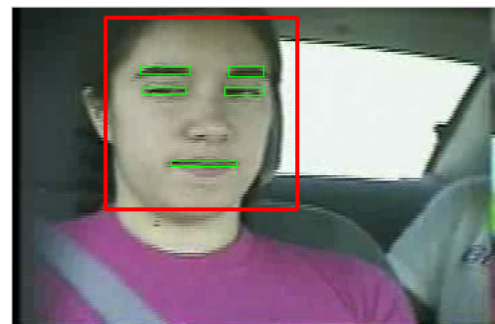


그림 5. 얼굴 특징 영역 검출 결과

3.5 얼굴 특징점 검출

얼굴 특징 영역을 검출한 다음에는 눈과 눈썹 영

역의 안쪽 경계 부분과 입술 영역의 양 끝 부분을 대상으로 코너를 검출한다. 코너 검출을 위해서는 Harris 코너 검출 알고리즘을 사용하였다. 그림 6에는 검출된 얼굴 특징점들이 나타나 있다.

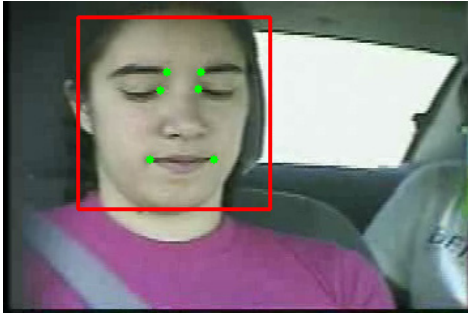


그림 6. 얼굴 특징점 검출 결과

4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법은 윈도우 환경에서 Visual C++를 이용하여 구현되었다. 본 논문에서는 달리는 자동차 환경에서 촬영된 영상에 대해 얼굴 특징 추출을 수행해 보았다. 본 논문에서 제안한 방법은 달리는 자동차 환경에서 조명이 여러 가지로 변화하더라도 눈과 눈썹 영역을 오류 없이 추출할 수 있었다. 그리고 입술 영역은 90%이상 올바르게 추출할 수 있었다. 입술 영역에 검출 오류는 영상이 어두워지는 경우에 입술과 주위 영역의 명암 차이가 미세해져서 발생하였다. 반면에 눈과 눈썹은 주위 피부와의 명암 차이가 기본적으로 크기 때문에, 조명이 어느 정도 어두워지더라도 안정적으로 추출 가능하였다.

5. 결론

본 논문에서는 조명이 변화하더라도 눈, 눈썹, 입술 영역이 주위 피부보다 더 어둡다는 특성을 이용하여 조명 변화에 적응성을 갖는 계곡 에너지, 명도 에너지, 경계선 에너지를 결합함으로써 보다 견고한 얼굴 특징 추출 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 이용하여 자동차에서 촬영된 영상에 적용해본 결과 얼굴 특징을 견고하게 추출하는 것을 확인할 수 있었다. 제안된 방법은 얼굴 인식, 얼굴 포즈 추정, 얼굴 표정 인식 등에 활용 될 수 있을 것으로 사료 된다.

참고문헌

[1] L. Jorao, M. Perrone, J.P. Costeira, J. Santos-Victor, "Active face and feature tracking", Proceedings of International Conference on Image Analysis and Processing,

pp.572-576, 1999

[2] J.G. Ko, K.N. Kim, R.S. Ramakrishna, "Facial feature tracking for eye-head controlled human computer interface", IEEE Region 10 Conference, pp.72-75, 1999

[3] M. Pardas, M. Losada, "Facial parameter extraction system based on active contours", IEEE ICIP pp.1058-1061, 2001

[4] A. Yuille, P. Haallinan, and D. S. Cohen. "Feature extraction from faces using deformable templates", International Journal of Computer Vision, Vol.8, No.2, pp.99-111, 1992.

[5] D. Chai, and K.N. Nghan, "Face Segmentation using Skin Color Map in Videophone Applications", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 4, pp.551-564, 1999

[6] Yao, H.Li, G. Liu, X. Ye, W. Gu, Y. Jin, "A fast and robust face location and feature extraction system", IEEE ICIP, pp.157-160, 2002

[7] A. Colmenarez, B. Frey, T.S. Huang, "Detection and tracking of faces and facial features", IEEE ICIP, pp.657-661, 1999

[8] B. Menser, and F. Muller, "Face detection in color images using principal components analysis", 7th International Conference on Image Processing and Its Applications, pp. 620-624, 1999

[9] F. Dornaika, F. Davoine, "Online appearance based face and facial feature tracking", Proceedings of ICPR, pp.814-817, 2004

[10] F. Dornaika, J. Ahlberg, "Efficient active appearance model for real-time head and facial feature tracking", IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, pp.173 - 180, 2003

[11] Paul Viola and Michael J. Jones. "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", IEEE CVPR, pp. 511-518, 2001.

[12] R. Lienhart and J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", IEEE ICIP, pp. 900-903, Sep. 2002.