

---

# 평가 함수를 사용하여 회전에 강건한 자동 얼굴 영역 검출과 추적

## Automatic Face Region Detection and Tracking for Robustness in Rotation using the Estimation Function

---

김기상\*, 김계영\*, 최형일\*\*  
승실대학교 일반대학원 컴퓨터학과\*, 승실대학교 일반대학원 미디어학과\*\*

Ki-Sang Kim(illusion1004@ssu.ac.kr)\*, Gye-Young Kim(gykim11@ssu.ac.kr)\*  
Hyung-Il Choi(hic@ssu.ac.kr)\*\*

---

### 요약

일반적으로 얼굴 추적 시 움직임에 강건한 Lucas-Kanade 추적 방법이 많이 사용된다. 그러나 얼굴이 회전되었을 경우, 정확한 얼굴 영역 검출이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 Lucas-Kanade 추적 방법에 평가함수를 도입하여 회전에 강건한 자동 얼굴 영역 검출 및 추적 방법을 제안하였다. 얼굴영역은 색상정보를 이용하여 자동으로 추출하였으며, Harris 코너 추출 알고리즘으로 특징점을 추출하였다. 폐색된 특징점을 구분하기 위하여 특징점마다 기존 특징점과 새로운 특징점과의 차이 값을 계산한다. 만약, 특징점이 폐색되었을 경우, 잡음을 제거하기 위하여 제거하며 특징점의 개수가 일정 임계값 이하일 경우, 얼굴 영역을 다시 검출하였다. 실험결과를 통하여 얼굴 영역이 회전되었을 경우, 기존의 Lucas-Kanade 추적 방법보다 더 좋은 결과를 확인하였다.

■ 중심어 : | 얼굴 검출 | 얼굴 추적 | 평가함수 | 특징점 추출 | 특징점 추적 | 폐색 |

### Abstract

In this paper, we proposed automatic face detection and tracking which is robustness in rotation. To detect a face image in complicated background and various illuminating conditions, we used face skin color detection. we used Harris corner detector for extract facial feature points. After that, we need to track these feature points. In traditional method, Lucas-Kanade feature tracker doesn't delete useless feature points by occlusion in current scene (face rotation or out of camera). So we proposed the estimation function, which delete useless feature points. The method of delete useless feature points is estimation value at each pyramidal level. When the face was occlusion, we deleted these feature points. This can be robustness to face rotation and out of camera. In experimental results, we assess that using estimation function is better than traditional feature tracker.

■ keyword : | Face Detection | Face Tracking | Optical Flow | Harris Corner Detector | Feature Tracker |

---

\* 본 연구는 승실대학교 교내 연구비 지원과 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-2006-005-J03801)

접수번호 : #071030-001

접수일자 : 2007년 10월 30일

심사완료일 : 2008년 09월 04일

교신저자 : 최형일, e-mail : hic@ssu.ac.kr

## 1. 서론

얼굴 추적은 보안, 오락 산업, 게임, 심리학상의 얼굴 표정 분석, 그리고 HCI (Human Computer Interaction) 등 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 더 나아가 최근에는 얼굴 비디오 처리와 압축으로 현실에서 사용할 수 있는 화상 통신을 만들었다. 그러나, 집약적인 통신 증가로 인해 더 높은 대역폭은 아직도 높게 요구되며 복잡한 환경에서 얼굴 추적은 여전히 연구과제로 남아있다. 실시간 얼굴추적은 피부색, 인물의 자세 변화, 폐색, 다양한 특징 변형과 같은 다양한 이미지 상태에 따른 많은 제약 사항들이 있다.

일반적으로 얼굴 검출 및 추적 알고리즘은 크게 네 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째로, 지식 기반방법[9]은 인간의 기본 얼굴에 대한 연구자들의 지식으로부터 추론된 규칙들을 기반으로 한다. 그러나, 이러한 방법은 인간의 얼굴에 대한 지식을 정확하게 정의된 규칙으로 적용하기 어렵다. 두 번째, 특징기반 방법[10]은 얼굴 검출을 위해 얼굴의 불변하는 특징들을 이용한다. 여러 가지 특징들 중 피부 색은 얼굴의 이동, 회전, 크기변화 등에 덜 민감한 특성을 가지기 때문에 최근 가장 많이 사용되고 있다. 세 번째로 형판(template)기반 방법[13]은 얼굴에 대한 몇 가지 표준 패턴을 만들어 영상의 탐색 윈도우 안에서 영상과 비교해 보는 것으로 단순하다는 장점이 있지만 얼굴의 회전이나 크기변화, 다양한 빛의 변화 및 잡음에 민감한 단점을 가지고 있다. 마지막으로 신경망(neural network)기반 방법[14][15]들은 다양한 영상들로부터 얼굴영역과 비 얼굴영역을 획득하여 신경망을 통해 얼굴과 비 얼굴로 학습한 뒤 입력 영상으로부터 얼굴을 찾으려 하는 방법을 사용한다. 신경망을 이용한 방법들은 얼굴 정면과 측면에서 검출이 용의하지만, 많은 계산량을 필요로 하며 회전과 같은 다양한 변화에 얼굴 영역 검출이 어렵다[9][16].

본 논문에서는 지식기반 방법과 특징기반 방법을 융합함으로써 실시간으로 회전에 강건하게 얼굴영역을 추출하였다. 지식기반 방법에 기초하여 얼굴 영역을 검출하기 위해 색상정보를 사용하였다. 특징기반 방법을 기반으로 회전에 강건한 얼굴 영역의 특징을 추적하기

위해 Harris 코너 추출[4]을 이용하였다. Lucas-Kanade 추적[2][19] 방법이 얼굴 영역 추적 방법으로 가장 많이 알려져 있다. 그러나 얼굴이 회전되었을 경우, 얼굴 폐색에 의하여 사라져야 할 특징점이 사라지지 못하며, 얼굴 영역 이외의 곳에서 그대로 남아 있는 경우가 빈번히 발생한다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 3D모델링을 이용한 특징점 추적이 있었다[2]. 그러나 이 방법은 모든 사람마다 일일이 모든 얼굴 평면을 알아야 한다는 단점이 있다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 본 논문에서는 Lucas-Kanade 방법에 평가 함수를 도입하였다. 즉, 특징점을 판별하여 폐색시에는 불필요한 특징점을 제거함으로써 회전에 강건하며 특징점 개수가 일정 임계값 이하 일 경우, 얼굴영역을 재 검출하였다.

[그림 1]은 얼굴 영역 검출 및 추적하는 전체 시스템 구조도를 보여준다. [그림 1]에서의 n은 일정 특징 점의 개수를 의미한다.

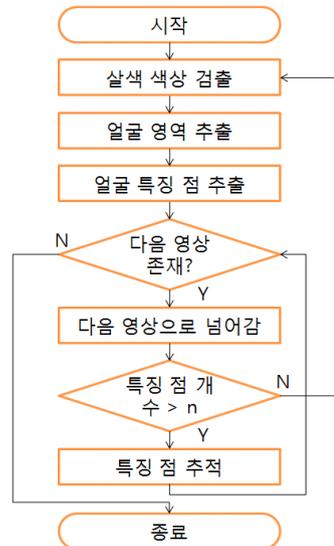


그림 1. 전체 시스템 구조도

본 논문은 모두 6장으로 구성되며 각 장의 주요내용은 다음과 같다. 우선 2장에서는 얼굴 영역 검출에 대해 다양한 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 기술한다. 그리고 3장에서는 특징 점 추출에 대해서 설명하고, 4

장에서는 얼굴 추적에 보다 효과적인 평가 함수에 대하여 설명한다. 그리고 5장에서는 실험을 보여준다. 마지막으로 6장에서는 결론에 대해서 기술한다.

## II. 기존의 색상 정보를 이용한 얼굴 검출방법

배경으로부터 얼굴 영역을 추출하기 위하여, 얼굴 색상의 고유 컬러 특성을 적용해 얼굴 영역을 추출하는 방법이다[1]. 피부 색상을 이용하여 얼굴 영역을 검출에는 RGB 비율을 이용한 방법, Histogram을 이용한 방법, SGM을 이용한 방법, GMM을 이용한 방법[1] 등이 있다.

### 1. RGB 비율을 이용한 방법

대부분의 사람 피부는 멜라닌 색소의 영향으로 인해 컬러 성분 중 높은 비율을 차지하고 있는 적색정보를 이용하여 얼굴영역을 검출하는 방법이다. R/G, R/B의 비율이 특정 임계치 사이에 존재할 경우만 얼굴영역으로 검출하는 방법이다. 이러한 방법은 계산량이 적고 간단하지만, 조명에 영향을 받기 때문에 얼굴영역의 검출율이 낮다.

### 2. Histogram을 이용한 방법

색상공간을 다수개의 bin으로 양자화한 후, 해당 특정영역 컬러 성분이 LUT(Look Up Table)로 간주되는 2차원이나 3차원 히스토그램을 형성하게 된다. 각 bin들은 학습구간동안 얼굴 이미지에서 특정 컬러 성분의 빈도수를 저장하여, 그 값을 전체 bin의 합으로 나눠주면 해당 컬러 성분이 피부 색상일 확률을 제공하게 된다[17].

### 3. Single Gaussian Modal(SGM)을 이용한 방법

서로 다른 조명하에서 다양한 사람들의 피부 색상 분포를 살펴보면, 모두 유사한 가우시안 분포를 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 피부 색상 모델을 식 (1)과 같이 평균벡터(mean vector)와 공분산(covariance matrix)를 사용하여 2차원 가우시안 모델로 정의한다. 식 (1)에서

$c$ 는 컬러 벡터이며,  $\mu$ 와  $\Sigma$ 는 각각 평균벡터와 공분산 행렬을 나타낸다. 식 (1)과 같이 복잡한 계산으로 인해 시간복잡도가 큰 문제점이 있다.

$$p(c/skin) = \frac{\exp[-\frac{1}{2}(c-\mu_s)^T \Sigma_s^{-1}(c-\mu_s)]}{2\pi \sqrt{|\Sigma_s|}}$$

$$\Sigma_s = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (c_j - \mu_s)(c_j - \mu_s)^T \quad (1)$$

$$\mu_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_j$$

## 4. Gaussian Mixture Model(GMM)을 이용한 방법

SGM보다 섬세하고 복잡한 형태의 가우시안 형태를 표현할 수 있는 모델이 Gaussian Mixture Model(GMM)이다[21].

GMM은 iterative technique로 이미 잘 알려진 EM(Expectation Maximization)알고리즘을 통해 학습이 수행된다[20]. 식(2)에서  $k$ 는 mixture 성분의 개수를 의미하고,  $\pi_i$ 는 mixing 파라미터를 나타낸다.

$$p(c/skin) = \sum_{i=1}^k \pi_i \cdot p_i(c | skin) \quad (2)$$

## III. 경험적으로 정의한 피부 색상 정보를 이용한 얼굴영역 검출방법

(R, G, B) is classified as skin if :  
 $R > 95$  and  $G > 40$  and  $B > 20$  and  
 $\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15$  and  
 $|R - G| > 15$  and  $R > G$  and  $R > B$

### 알고리즘 1. 경험에 기반한 피부 색상 검출 알고리즘

몇 가지 색상 공간에서 살색 클러스터들의 경계점을 살펴보면, 경험적으로 다양한 규칙을 발견하게 된다. 이

방법은 [알고리즘 1]을 만족하면 피부 색상으로 간주하는 방법으로 매우 간단하고 앞서 기술한 방법들에 비해 검출 속도가 매우 빠르다.

[그림 2]는 [알고리즘 1]을 적용하여 피부 색상을 검출한 결과를 나타낸다. 일반적으로 얼굴에 피부색이 많이 검출되므로, 이를 이용하여 얼굴 영역을 검출하였다.



그림 2. 알고리즘 1을 이용하여 얼굴 영역 검출

[그림 3]과 같이 적색도 살색이라 검출하는 문제점이 있다. [그림 3]은 이 조건이 없을 경우 적색도 얼굴 영역이라 인식하는 오류를 나타낸다.



그림 3. 적색을 피부 색상으로 오 인식

사람이 포함된 몇 가지 테스트 영상을 실험해본 결과, 주위에 사람의 살색과 유사한 물체나 배경이 존재할 경우, 살색으로 인식하는 오류가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 [그림 3]과 같은 문제를 해결하기 위하여,  $R < 220$ 이라는 조건을 추가하여 적색도 살색이라 검출하는 문제점을 해결하였다. 또한, [그림 4]와 같이, 안경에 의하여 얼굴 영역이 나누어지는 것을 방지하기 위하여 수축 및 확장 프로세스를 이용하였다. 여기서 사용한 것은 15x15마스크 크기의 opening을 사용하였다.

[그림 4]는 얼굴영역을 추출한 영상에 수축 및 확장 프로세스를 이용하기 전, 얼굴 영역을 제대로 잡지 못하는 결과를 보여준다. 그러나 [그림 5]는 수축 및 확장 프로세스를 이용하여, 얼굴 영역을 제대로 검출한 결과

를 보여준다. 또한 [그림 6]에서와 같이 수축 및 확장 프로세스는 잡음 제거를 위해서도 필요하다.

[그림 7]는 얼굴 영역을 검출하기 위하여 살색 영역들 중, 가장 큰 영역을 얼굴 영역이라고 지정하여 얼굴 영역을 검출한 결과를 보여준다.



그림 4. 필터 없이 얼굴 영역 추출 결과



그림 5. 필터를 이용한 얼굴 영역 추출 결과



그림 6. 수축 및 확장 필터를 통하여 잡음 제거



그림 7. 얼굴 영역 검출 결과

#### IV. Harris 코너 추출을 이용한 특징 점 추출

배경으로부터 얼굴 영역을 추출한 후, 얼굴 영역을 추적하기 위해 사용되는 특징을 추출하여야 한다. 얼굴

영역 추적에 사용되는 특징으로는 점, 모양, 질감 등이 있다. 본 논문에서는 특징을 추출하기 위해 Harris 코너 추출 알고리즘을 사용하여 특징점을 추출하였다[4].

Harris 코너 추출 알고리즘은 일정한 윈도우 안의 영상을 식 (3)과 같이 x축과 y축으로 각각 미분하고, 전치 행렬을 식(4)와 같이 곱한다.

$$g = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \nabla I \quad (3)$$

$$gg^T = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_x & g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_x g_y & g_y^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

그리고 윈도우 영역의 모든 행렬값을 식 (5)과 같이 더한다. 매트릭스 Z는 순수한 텍스처 정보를 보유하고 있어, Z의 고유값을 분석하면 영역 안의 특징을 분류할 수 있다.

$$Z = \int \int_W \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_x g_y & g_y^2 \end{bmatrix} w dx \quad (5)$$

식(3)에서의 w는 가중치 함수를 나타낸다. 작은 두 개의 고유 값은 윈도우 영역에서 일정한 명암값 패턴을 가지고 있으며, 하나는 작고 다른 하나는 큰 고유 값은 선형 패턴이 포함되었음을 나타낸다. 그리고 두 개의 큰 고유 값은 특징점으로 큰 명암 값 패턴을 가지고 있다. [그림 8]은 Harris 코너 추출을 이용하여 얼굴 영역의 특징점을 찾은 결과를 나타낸다.



그림 8. 얼굴 영역의 특징 점 추출 결과

### V. 평가 함수에 의한 얼굴 영역 추적

얼굴영역을 추적하기 위해서는 추출된 특징점을 추적해야 한다. 본 논문에서는 회전에 강건한 얼굴 영역의 특징점들을 추적하기 위하여 평가 함수를 제안하였다.

실시간으로 움직이는 얼굴 모션은 공간 도메인과 시간 도메인에 깊은 관련이 있다. 즉, 실시간으로 움직이는 얼굴은 한 번에 멀리 움직이는 것이 아니라, 여러 프레임에 걸쳐 움직이기 때문에 각 프레임에 따른 얼굴 이동 간격은 조금씩 움직인다. Lucas-Kanade 추적은 광류를 계산할 때, 반복적인 계산을 제거함으로써 실시간 구현이 가능하다. 그러나 Lucas-Kanade는 [그림 9]와 같이 폐색이 일어나는 부분에 있어서 오류를 일으킨다.

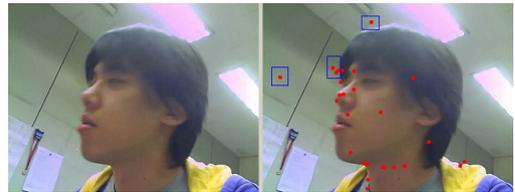


그림 9. Lucas-Kanade 추적의 문제점

따라서 이러한 문제점을 제안하기 위해 평가 값을 제안하였으며 [그림 10]은 추적 시스템 구조도를 보여준다.

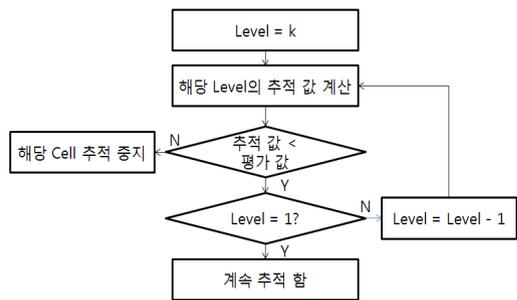


그림 10. 추적 시스템의 구조도

두 개의 2차원 이미지 I와 J가 있다고 가정하자. 이것을 다르게 표현하면  $I(x) = I(x, y)$ 와  $J(x) = J(x, y)$ 로 표현할 수 있는데, x와 y축으로 구성된 2차원 좌표인  $x = [x \ y]^T$ 로 표현되는 이미지 좌표에서의 색상 값을 갖는다. 이미지 I는 첫 번째 이미지라 하

고, 이미지 J는 두 번째 이미지라고 한다.

첫 번째 이미지 I의 특징 점을  $u = [u_x \ u_y]^T$ 라고 했을 때, 두 번째 이미지 J의 특징 점  $v = v + d = [u_x + d_x \ u_y + d_y]^T$ 을 추적하는 것이 목표이다. [6]

이 두 특징 점  $I(u)$ 와  $J(v)$ 는 비슷한 특징이 있다. 벡터  $d = [x \ y]^T$ 는 이미지를 추적할 물체의 움직인 정도로 특징 점의 움직임 나타낸다. 윈도우의 크기를 정수인  $\omega_x$ 와  $\omega_y$ 로 나타낼 때, 식 (6)와 같이 추적값  $\varepsilon$ 을 최소화 한다.

$$\varepsilon(d) = \varepsilon(d_x \ d_y) = \sum_{x = u_x - \omega_x}^{u_x + \omega_x} \sum_{y = u_y - \omega_y}^{u_y + \omega_y} (I(x, y) - J(x + d_x, y + d_y)) \quad (6)$$

그러나 이러한 추적만으로는 제대로 된 추적을 할 수 없다. 그러므로 현재 추적된 결과가 제대로 추적이 되어 있는지 확인하기 위하여, 평가 값  $e$ 를 사용하였다. 평가 값  $e$ 은 식(7)에서와 같이 표현된다.

$$\varepsilon_l(d) < e_l \quad (7)$$

파라미터 l은 피라미드 레벨을 나타낸다. l번째의 추적값  $\varepsilon$ 의 값이 평가 값  $e$ 보다 클 경우, 이 특징점은 현재 얼굴의 외곽에 의하여 생긴 잘못된 특징점으로 인식하여 제거한다. [그림 11]은 수식 7이 피라미드 단계마다 적용된다는 예를 보여준다.

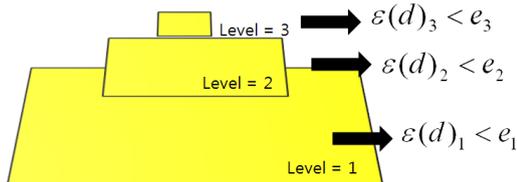


그림 11. 추적값과 평가값의 적용 예

[그림 9]에서 보듯이 잘못된 특징점 추적이 있다. 이를 식(7)을 이용하여 [그림 12]에서는 잡음으로 판별된

특징점들을 삭제된 결과를 보여준다. 따라서 평가함수를 이용하여 회전에 강건한 결과를 보여준다.



그림 12. 평가 함수를 이용한 추적 방법의 결과

## VI. 실험 결과

실험을 위한 환경으로 OS는 Microsoft Windows XP를 사용하였으며, 컴파일러는 Microsoft Visual C++ 6.0을 사용하였다. 카메라로 입력받는 영상의 해상도는  $640 \times 480$ 이며 24비트 칼라 값을 사용하였다.

[그림 13]은 피부 색상정보를 이용한 얼굴 영역 추출 결과를 보여준다.



그림 13. 얼굴 영역 검출 결과

[그림 14]는 얼굴 영역의 특징 점들을 추출하여 얼굴 영역을 추출한 결과를 보여준다.



그림 14. 특징 점 추출 결과 및 얼굴 영역 추출 결과

[그림 15]은 본 논문에서 제안한 평가함수를 도입하여 얼굴을 회전했을 때, 특징 점을 추적한 결과이다.

[그림 15]에서 볼 수 있듯이 회전에 강건하게 특징 점이 추적되는 것을 확인할 수 있다.



그림 15. 회전된 얼굴을 추적한 결과

[그림 16]은 얼굴을 이동하였을 때, 특징 점이 추적한 결과를 보여준다.



그림 16. 이동된 얼굴을 추적한 결과

[그림 17]은 얼굴 추적의 결과를 연속적으로 찍은 결과이다. 사각형 안에 있는 특징점은 그 프레임 이후 사라지는 특징점인 것을 표시했다.



그림 17. 연속으로 추적한 결과

[그림 18]은 제안한 추적 방법과 기존의 추적 방법이 검출된 얼굴 영역을 이상적인 얼굴 영역과의 비율을 비교하였다.

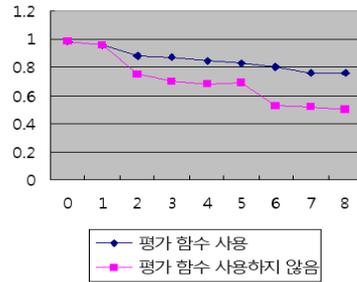


그림 18. 이상적인 얼굴 영역과 추적으로 검출된 얼굴 영역이 겹치는 부분의 영역 넓이 비교

[그림 18]에서 가로축은 시간을 의미하며 세로축은 얼굴 영역 비율을 나타낸다. [그림 18]에서 보듯이 제안한 추적 방법이 기존의 추적방법보다 더 좋은 결과를 보여준다. 6초 때 수치를 보면 평가 함수를 이용하는 방법이 그렇지 않은 방법보다 27%정도 더 이상적인 얼굴 영역과 겹치는 것을 알 수 있다.

그러나 단순히 이러한 방법으로는 제안한 추적 방법이 기존의 추적 방법보다 더 좋은 이유를 알 수 없다. 그래서 [그림 19]에서는 다른 방법으로 비교해 보았다.

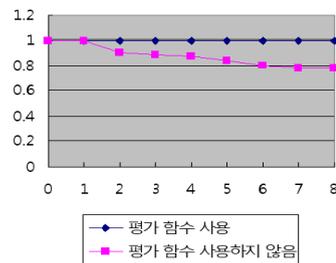


그림 19. 이상적인 얼굴 영역 안에 포함된 특징점 비율 비교

[그림 19]는 이상적인 얼굴 영역 안에 포함된 특징점 비율을 나타낸다. 마찬가지로 가로축은 시간을 나타내고, 세로축은 비율을 나타낸다. 제안한 추적 방법으로는 노이즈 추적부분이 삭제되어서 항상 모든 특징점들이 이상적인 얼굴 영역 안에 있다. 그러나 기존의 추적 방법은 앞에서 언급했듯이, 폐색에 의해서 특징점이 제대

로 찾지 못하고 잡음이 돼서 이상적인 얼굴 영역 안에 전부 다 있지 못하는 것을 알 수 있다.

## VII. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 피부 색상 정보를 사용하여 얼굴 영역을 검출하였으며 Harris 코너 추출 알고리즘을 적용하여 특징점을 추출하였다. 회전에 강건하게 추출된 특징점을 추적하기 위해 평가 함수를 도입하여 특징점을 추적하는 방법을 제안하였다. 실험 결과를 통하여 기존의 Lucas-Kanade 방법으로 얼굴영역을 추적시 회전되는 경우 정확하게 얼굴영역을 찾지 못하는 문제점을 해결하였다. 그러나 얼굴이 여러 개가 추적되는 것에 대한 향후 연구과제로 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] 김광훈, 권준찬, 송우진, "살색검출을 기반으로 한 포르노 영상 필터링", 신호처리합동학술대회논문집, 제16권, 제1호, 2003.
- [2] W. Ryu, D. Kim, "3차원 Head Tracking," 제 19회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, 2007.
- [3] X. Wei, Z. Zhu, L. Yin, and Q. Ji, "A real-time face tracking and animation system," Proceedings of the CVPR Workshop on Face Processing in Video, 2004.
- [4] J. Shi, and C. Tomasi, "Good features to track," IEEE Conference on CVPR Seattle, pp.593-600, 1994.
- [5] C. Tomasi and T. Kanade, "Detection and Tracking of Point Features", Carnegie Mellon University Technical Report, 1991.
- [6] J. Y. Bouguet, "Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker Description of the Algorithm," Intel Corporation, Microprocessor Research Labs, 2000.
- [7] Y. Vámosy, Á. Tóth, and P. Hirschberg, "PAL-based Localization Using Pyramidal Lucas-Kanade Feature Tracker," 2nd Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems, Subotica, Serbia and Montenegro, pp.223-231, 2004.
- [8] Q. Zhu, S. Avidan, and K. Cheng, "Learning a sparse, corner-based representation for time-varying background modelling," Proc. 10th Intl. Conf. on Computer Vision, Beijing, China, 2005.
- [9] M. H. Yang, D. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.1, pp.34-58. 2002.
- [10] C. Kotropoulos, and I. Pitas, "Rule-based detection in frontal views," International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.4, pp.2537-2540, 1997.
- [11] S. A. Sirohey, "Human face segmentation and identification," Technical Report CS-TR-3176 University of Maryland, 1993.
- [12] H. P. Graf, E. Consatto, D. Gibbon, M. Kocheisen, and E. Petajan, "Multi-Modal system for locating heads and faces," The Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.88-93, 1996.
- [13] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D. B. Sher, "A computational model for face location," The third IEEE International conference on Computer Vision, pp.718-721, 1990.
- [14] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.1, pp.22-38, 1998.
- [15] K. K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection," Technical Report A.I. Memo 1521, CBLC paper 112, MIT Dec. 1994.

