
움직임분석 및 색상정보를 이용한 실시간 얼굴 추적

이 규 원*

Realtime Face Tracking using Motion Analysis and Color Information

Kyu-Won Lee*

이 논문은 2006년도 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

요 약

동영상으로부터 움직임 분석 및 색상정보를 이용한 실시간 얼굴 추적 방법을 제안한다. 시간미분연산에 의하여 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 움직임 영역을 검출한 후, 컬러공간 융합 필터링에 의하여 얼굴 영역 후보 화소를 검출하고 눈, 입등 얼굴 구성요소 검출에 의하여 얼굴 영역의 실시간 추적을 행하였다. 얼굴 구성요소의 참조 템플릿을 구축한 후 신규 입력되는 연속영상의 얼굴 영역으로부터 템플릿 매칭을 행함으로써 추출된 얼굴 영역의 신뢰도를 판정하는 방법으로 얼굴 영역 추적의 안정도를 향상시켰다.

ABSTRACT

A realtime face tracking algorithm using motion analysis from image sequences and color information is proposed. Motion area from the realtime moving images is detected by calculating temporal derivatives first, candidate pixels which represent face region is extracted by the fusion filtering with multiple color models, and realtime face tracking is performed by discriminating face components which includes eyes and lips. We improve the stability of face tracking performance by using template matching with face region in an image sequence and the reference template of face components.

키워드

tracking, motion analysis, template, face

I. 서 론

최근 얼굴 영상을 검출하고 인식하는데 있어 학습을 이용한 방법이 각광을 받고 있는데, 그 중에서도 사람이 직접 입력 신호에 대한 답을 제시하는 교사 학습(Supervised Learning) 기법보다 입력 신호로부터 자동으로 패턴을 학습하는 비교사 학습(Unsupervised Learning) 기법들이 많이 쓰이고 있다. 이는 비교사 학습이 사람의

뇌에서 일어나는 대부분의 학습이며, 신호 처리량이 많은 시각계를 모델링할 수 있다는 점에서 근거를 찾을 수 있다. 비교사 학습 중 대표적인 방법론으로는 PCA (Principal Component Analysis)와 ICA (Independent Component Analysis) 두 기법이 있다. 이 두 방법은 중복 신호 제거(Redundancy Reduction)의 효과가 있어 뇌의 시각 기능을 잘 반영하며 타 방법에 비해 높은 인식률을 얻을 수 있는 장점을 갖고 있다. PCA는 조밀한 코딩

(Compact Coding)을 유도하여 중복 신호를 제거한다. 얼굴 영상 자체에서 필요한 정보를 조밀하게 바꾸어 차원을 낮추어 주기. 인식과정이 편리해질 뿐만 아니라 높은 인식률을 보이고 있어 많이 사용되고 있다. ICA는 PCA와 달리 드문 코딩(Sparse Coding)에 의하여 중복 신호를 제거한다. PCA가 신호의 차원 자체를 줄여 조밀한 코딩을 유도하지만 ICA는 출력 신호의 값이 드물게 나타나는 방법으로 중복 신호를 제거하며 이는 뇌의 기능 모델에 있어서도 지지를 얻고 있다[1]. 사람의 단순 세포(Simple Cell)의 기능을 ICA로 모델링할 수 있으며, 자연 영상에 ICA를 적용하였을 때 얻은 필터의 모양이 실제 뇌의 시각계의 V1에서 얻은 모양과 비슷한 점 등 ICA를 지지하는 근거들이 많이 발견되고 있다[2][3][4]. 또한 얼굴 인식에 ICA를 적용했을 때 PCA와 달리 부분 특징(Local Feature)을 추출할 수 있으며, PCA 보다 대체적으로 높은 인식률을 얻을 수 있다는 내용의 논문이 발표되었고[3], 그밖에 SVM(Support Vector Machine)[5], FLD(Fisher Linear Discriminant)[6], NMF(Non-negative Matrix Factorization)[7], LFA(Local Feature Analysis)[8] 등의 기법이 제안되었다. 본 논문에서는 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 움직임 영역을 검출한 후, 인간의 색상인지 메커니즘을 잘 대변하는 2개의 컬러공간 융합 필터링에 의하여 얼굴 영역 후보 화소를 검출하고 눈, 입 등 얼굴 구성요소 검출에 의하여 얼굴 영역을 실시간으로 추적하는 알고리즘을 제안한다. 제2장에서는 움직임영역 검출을 위한 영상시퀀스의 전처리 과정을 기술하며 제3장에서는 제안하는 컬러공간 융합필터링 방법을 설명하며 제4장에서는 제안 방법에 대한 실험 및 결과고찰을 기술하고 제5장에서 향후 연구과제 및 결론을 제시한다.

II. 움직임영역 검출을 위한 영상시퀀스의 전처리

시간의 경과 Δt 동안에 대상영역 내에서 이동물체의 존재여부를 감지하기 위하여 2장의 연속된 영상에 대하여 식(1)과 같은 시간적 미분을 행한다.[9][10] 이렇게 함으로써 움직임이 있는 영역에서 가장 큰 에너지를 갖는 영상 I_d 를 얻을 수 있다. 영상 데이터에 대한 시간 미

분은 식(1)과 같이 표현되나, 이산 데이터로 이루어진 영상 시퀀스에 대한 미분은 이진화 과정과 더불어 식(2)와 같이 근사화시킬 수 있다. 즉,

$$\frac{\partial I(x,y,t)}{\partial t} \simeq \frac{I(x,y,t) - I(x,y,t-\delta t)}{\delta t} \quad (1)$$

$$I_d(x,y) = u[|I(x,y,t) - I(x,y,t-\delta t)| - Th] \quad (2)$$

으로 정의된다.

식 (2)에서 δt 는 영상취득 간격이며, $I(x, y, t)$ 와 $I(x, y, t-\delta t)$ 는 각각 시간 t 와 $t-\delta t$ 에서 취득한 영상의 밝기함수(intensity function)이다. $u[\cdot]$ 는 단위계단함수를 의미하며, 따라서 임계값 Th 에 의한 이진화 과정이 이루어진다. 위 식에 의한 시간적 미분 결과, 움직임이 존재하는 영역에서 시간적인 화소값의 변화가 발생하게 되고, 따라서 이들의 변화율은 움직임의 정도를 반영하게 된다. 2진 영상 I_m 에는 주로 이동 물체의 영역에 이동에너지가 집중되지만, 잡음에 의하여 그 외의 영역에서도 미세한 이동성분들이 나타날 수 있다. 이러한 성분들은 이동물체 추출의 정확성을 떨어뜨리는 요인이 되므로 이들을 효과적으로 제거하기 위하여 다음의 연산을 행한다. 즉, 시간 영역에서의 미분 결과 영상으로부터 움직임이 존재하는 영역을 추출하기 위한 과정으로 이진 차영상 강조과정을 수행한다. 이를 위해 수리형태학적 열기연산(morphological opening)을 이용하는데, 이는 침식연산(erosion)과 팽창연산(dilation)을 차례로 적용함으로써 수행된다. 이들의 연산을 수행한 결과 영상은 I_m 이다. 즉,

$$I_m = I_d \circ K = (I_d \ominus K) \oplus K \quad (3)$$

여기서, \ominus 와 \oplus 는 각각 침식, 팽창 연산을 의미하며 \circ 는 열기연산을 의미하는데, 이는 다음과 같은 방법으로 구현한다.[11]

$$I_d \ominus K = \{x \in E^N \mid \text{모든 } b \in K \text{에 대하여 } x = a - b \text{를 만족하는 } a \in I_d \text{이 존재한다.}\} \quad (4)$$

$$I_d \oplus K = \{c \in E^N | a \in I_d \text{ 와 } b \in K \text{ 에 대하여 } c = a + b \text{ 를 만족한다.}\} \quad (5)$$

여기서, E^N 은

$a = (a_1, a_2, \dots, a_N)$, $b = (b_1, b_2, \dots, b_N)$ 로 이루어진 공간이며, N 은 2로서 x , y 로 이루어진 2차원 영상평면이다. K 는 구조화 요소(structuring element)로서 3×3 크기의 흑화소 마스크 형태를 이용하였다. 위의 수리형태학적 열기 연산을 이용함으로써 그림 1과 같이 동체영역 외에도 영상 전반에 걸쳐 잡음성으로 존재하는 고립점(isolated clutter)들을 제거함과 동시에 동체부분에 주로 밀집하는 흑화소의 형태를 보존하는 기능을 성공적으로 수행할 수 있다.



그림 1. 움직임화소 검출 및 형태학적 열기연산에 의한 잡음제거

Fig. 1 Moving pixel detection and Noise reduction by morphological opening

III. 정규화 r, g, b 및 HSI 컬러공간 융합 필터링에 의한 얼굴영역 검출

3.1. 컬러필터링에 의한 얼굴 영역 후보화소 검출

색정보에 기반한 얼굴 특징을 추출하기 위하여 다양한 얼굴 영상을 취득한 후 얼굴 영역에 대한 색정보의 평균값과 분산을 구하고, 그 평균값에 가까울수록 높은 값을 갖도록 하여 일정 값 이상을 가질 때 얼굴 후보화소로 결정하게 된다. 우선 이를 위해서 샘플들의 얼굴 부분만 잘라내어 각각 픽셀들의 색도(chromaticity) 즉 정규화(normalized) r, g, b 모델의 r, g 성분 및 HSI 모델의 색조(hue)성분들의 평균값과 분산을 식 (6), (7)과 같이 구하여 표 1과 같이 샘플 들간의 결과를 전체적으로 평균을 내어서 참조값으로 사용한다. 참조값을 얻기 위한 샘플 영상은 주로 황인종을 대상으로 한다. 이때 정규화 b성

분을 고려하지 않는 것은 일반적으로 얼굴을 구성하고 있는 색상요소가 아닌 청색 성분에 의한 영향력을 최소화하기 위한 것이다[12]. 한편 HSI 모델에서는 색도를 나타내는 색조 성분을 사용한다.

표1. 얼굴화소 검출을 위한 참조값

Table. 1 Reference values for the detection of face pixels

	평균값	분산
정규화 r	0.40	0.0029
정규화 g	0.32	0.0012
색조	33	1500

$$f_{CF}(r, g, b) = \exp \left[-\frac{(r - \mu_r)^2}{2\sigma_r^2} - \frac{(g - \mu_g)^2}{2\sigma_g^2} \right] \quad (6)$$

$$f_{CF}(H, S, I) = \exp \left[-\frac{(H - \mu_H)^2}{2\sigma_H^2} \right] \quad (7)$$

여기서 μ 와 σ 는 각각 위의 표에 들어 있는 샘플들의 평균과 분산값이다. 따라서 해당픽셀이 위의 평균값에 매우 가까워지게 되면 윗식에서 괄호안에 들어있는 식은 0에 가까워지고, 평균값에서 많은 차이가 나게 되면 음의 무한대가 된다. 그러므로 지수함수를 취하면 필터링후의 값은 해당픽셀이 살색의 평균값에 가까워질수록 1에 접근하게 되고 살색과 차이가 큰 값에 가까워질수록 0에 접근하게 된다. 그러므로 필터링 한다음 최대값이 255가 되도록 정규화를 시행하면 8비트 컬러의 계조영상으로 표현할 수 있다. 정규화 후에는 다양한 환경에서 입력한 얼굴 샘플 영상의 밝기 평균 및 분산값을 참조하여 임계값을 결정하고 이를 바탕으로 이진 영상으로 바꾸어 준다. 얼굴 영역 필터링은 미리 여러 샘플들의 살색 부분의 평균값과 분산을 구하고, 그 평균값에 가까울수록 높은 값을 갖도록 해주는 역할을 한다. 이를 위하여 샘플들의 얼굴 부분만 잘라내어 각각 픽셀들의 정규화 r, g 및 색조 값들의 평균값과 분산을 구해 샘플들간의 결과를 전체적으로 평균을 내어서 사용한다.

3.2. 투영프로필에 의한 얼굴 영역 검출

그림 2는 움직임 영역 검출을 위한 투영프로필 (projection profile)의 예이다.



그림 2. 움직임검출 영상에 대한 히스토그램 투영
Fig. 2. Histogram projection of a motion detected image

그림 2와 같이 검출된 움직임 화소에 대하여 수평 수직 방향의 투영을 실시하여 움직임 영역을 검출한 것과 같은 방식으로 얼굴후보화소 검출을 위한 필터링 후에 살색 픽셀들을 모두 255 값을 갖도록 문턱치화 (thresholding)를 실시하면 살색 영역은 흰색으로 한곳에 몰려서 나타나게 된다. 그다음 수평, 수직 방향 각각에 대하여 살색 픽셀들을 세어가면서 그 라인위에 들어있는 살색 화소 갯수의 합을 배열에 저장한다. 투영을 시행하기 위해서는 먼저 문턱치화를 통한 이진화가 필요하다. 이진영상으로 변환 한 후에 수평, 수직 방향으로 각각 한 라인씩 스캔해가면서 배열에 카운트된 흰색 픽셀 수를 저장하는 방법을 사용한다.

3.3. 투영된 최대값을 이용한 얼굴영역 검출

히스토그램 투영을 하면서 X축 Y축 각각의 축상에서 가장 큰 값을 구한다. 일반적으로 얼굴은 타원형의 형태로 나타나므로 투영을 하게 되면 위로 볼록한 포물선 형태로 나타나게 된다. 그러나 그림 3과 같이 얼굴 이외의 영역에서 얼굴영역 후보화소가 검출될 때 그 지점에서 극대점이 나타날 수 있기 때문에 최대값을 먼저 구하고 양쪽 좌우 방향으로 최대값의 25%되는 점까지를 얼굴 영역의 경계로 정하는 방법이 있다. 그러나 실제로 얼굴 영역이 아닌데도 얼굴영역 후보화소로 판정된 부분이 실제 얼굴 영역 보다 더 큰 경우 얼굴 이외의 영역을 얼굴영역으로 검출할 수 있기 때문에 Y축으로만 투영을 시행하고 X축 상의 경계는 얼굴의 일반적인 X, Y 비율인 3:4가 되도록 결정하는 방법으로 오차를 줄였다.

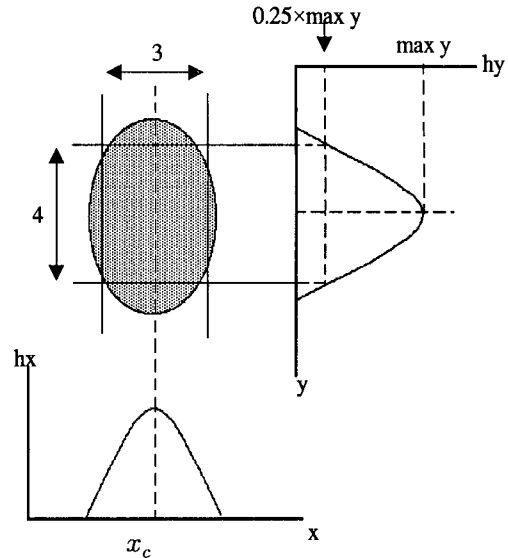


그림 3. 얼굴 영역 추출을 위한 투영규칙
Fig. 2 Projection criterion for the extraction of face area

3.4. 반복 투영에 의한 얼굴 영역의 추출

한편 영상 내에 얼굴 영역이 아닌 지점에 얼굴영역 후보화소가 있을 때 그 부분을 배제하는 처리가 필요하다. 이를 위하여 식(8) 와 (9)를 적용하여 처리한다. 얼굴의 영역의 중심과 폭과 높이를 찾는 식은 먼저 히스토그램 투영 후에 각각의 라인위치 값과 그 라인의 투영 값을 곱한 값의 합을 전체 투영의 합으로 나누는 방법으로 얼굴의 무게 중심을 구한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x_c = \frac{\sum_i x_i h_x(i)}{\sum_i h_x(i)}, \quad y_c = \frac{\sum_i y_i h_y(i)}{\sum_i h_y(i)} \quad (8)$$

$$w = \alpha \left[\frac{\sum_i (x_i - \mu_x)^2 h_x(i)}{\sum_i h_x(i)} \right]^{1/2}, \quad (9)$$

$$h = \beta \left[\frac{\sum_i (y_i - \mu_y)^2 h_y(i)}{\sum_i h_y(i)} \right]^{1/2}$$

이때 얼굴의 중심점의 좌표는 (x_c, y_c) 이고 폭과 높이는 각각 w 와 h 이다. 또한 $h_x(i), h_y(i)$ 는 각각 i 번째 라인의 투영된 값을 나타내고, $u_x(i), u_y(i)$ 는 각각 앞에서 구한 얼굴의 중심점의 좌표들이다. 이렇게 같은 중심점의 좌표를 다르게 표시하는 이유는 x_c 와 y_c 는 얼굴 영역 검출을 한 번 수행했을 때 나온 대략적인 얼굴의 중심점의 좌표이고, u_x, u_y 는 반복적인 검출시 이전에 나온 수정된 얼굴의 중심점의 좌표를 뜻하기 때문이다. 한편 α 와 β 는 스케일링 상수이다. 앞에서 언급했듯이 위의 방법을 한번만 실행하면 다른 샷색 픽셀의 영향으로 실제 얼굴 영역의 중심에서 벗어날 가능성이 높아진다. 따라서 위의 과정을 여러 번 수행해야 하는데, 얼굴의 중심점으로부터 일정한 거리 범위에서 다시 얼굴의 중심점을 찾게 되면 좀 더 실제 얼굴의 중심에 가까워진다. 이런 과정을 반복하면 정확한 얼굴의 중심점을 찾을 수 있다. 연산과정에 있어서 새롭게 계산된 중심점과 이전 연산과정에서 구한 중심점간의 거리가 일정거리 이내일 때 반복 연산을 멈추도록 한다. $(u_x - \frac{d_x}{2}, u_y - \frac{d_y}{2})$ 와 $(u_x + \frac{d_x}{2}, u_y + \frac{d_y}{2})$ 를 잇는 구형(rectangle) 영역을 얼굴영역으로 추출한다. 여기서 d_x, d_y 는 각각 얼굴 중심점으로부터 수평, 수직 방향의 투영 길이이다.

3.5. 눈, 입 검출에 의한 얼굴영역 판정도 향상

상기 과정으로부터 검출된 얼굴 영역은 카메라와 객체간의 거리에 따라 크기가 일정하지 않으며 조명상태에 따라 영상 전반의 밝기도 일정하지 않다. 따라서 우선 영상전반에 대하여 밝기를 특정 밝기로 정규화하고 얼굴 영역의 크기도 일정 크기로 정규화(Normalize)한 후, 눈과 입의 템플릿 매칭을 행하여 매칭도가 일정 임계값을 넘을 때 정상얼굴로 판정하며 그렇지 못할 경우 영상의 재입력을 요구하게 된다. 템플릿 매칭시 조명의 변화에도 상대적으로 영향을 덜 받는 HSI 컬러모델의 색조 성분에 대하여 얼굴 영역 전체에 대하여 참조 템플릿과의 유클리디언 거리를 구하여 최소 거리가 되는 위치를 좌, 우측 눈 혹은 입으로 결정하며 이와 같은 방법으로 결정된 얼굴 구성요소와 참조 템플릿간 최소 거리가 정해진 임계값 이상이면 얼굴 구성요소 검출 실패로 판단하여 재입력을 요구하거나 탐색을 종료하게 된다. 이 과

정에 의하여 3.4절에서 추출한 얼굴 영역의 정상 여부에 대한 판단을 행함으로써 신뢰도를 향상시킨다. 즉, 눈 혹은 입을 의도적으로 가리는 상황에 대한 식별을 행할 수 있다.

IV. 실험 및 결과 고찰

본 얼굴 인지시스템은 추후 일반 사용자의 사용 편의를 고려하여 일반 PC 용 USB 카메라를 사용하였다. 조명 변화등 다양한 환경의 영상 취득과정을 고려하여 그림 4와 같이 동일 인물에 대하여 다양한 각도 및 조명하에서 참조 영상을 취득하고 이들로로부터 추후 얼굴 검출에 이용할 피부색에 관한 컬러 분포를 구성한다.



그림 4. 얼굴 영역 컬러분포 분석을 위한 샘플얼굴 영상

Fig. 4 Sample images of faces for the color distribution analysis of the face area

그림 5는 USB 카메라로 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 시간미분연산을 행한후 고립영역 제거를 위한 수리형태학적 열기(morphological opening) 연산을 취한 결과이다. 일반적으로 화면 내에 움직임이 없다고 하더라도 조명변화나 기타 잡음요소에 의하여 영상 전반에 움직임 에너지가 발생하게 된다. 이를 제거하기 위하여 3x3 구조요소(structuring element) 마스크를 이용하여

침식(erosion) 및 확대(dilation)을 실시하여 일정 크기 이하의 고립영역(isolated clutter)를 제거하였다.



그림 5. 실시간 동영상으로부터 움직임 영역 검출
Fig. 5 Motion area detection from the real time image sequence

그림 6는 색상정보 필터링에 의한 얼굴 영역에 대하여 참조 얼굴 샘플들로부터 계산된 평균 밝기 및 색상의 분포에 근거하여 정규화를 취한 결과이다. 이러한 처리를 함으로써 다양한 환경에서 검출되는 얼굴 영역에 대하여 얼굴 구성요소를 분리해 내는데 있어서 신뢰도를 높일 수 있다.

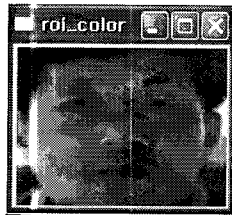


그림 6. 색상 및 밝기 정규화된 얼굴 영상
Fig. 6 Sample image of color and brightness normalized

그림 7은 얼굴 구성요소(눈, 입) 분리 검출을 위한 템플릿 예이다.

템플릿 매칭시 조명의 변화에도 상대적으로 영향을 덜 받는 HSI 컬러모델의 Hue 성분에 대하여 얼굴 영역 전체에 대하여 참조 템플릿과의 거리를 구하여 최소 거리가 되는 위치를 눈 혹은 입으로 결정하거나 최소 거리가 정해진 임계값 이상이면 얼굴 구성요소 검출 실패로 판단하여 재입력을 요구하거나 탐색을 종료하는 처리를 하였다.



(a) (b) (c)
그림 7. 얼굴 구성요소 검출을 위한 템플릿 예
(a) 좌측눈의 템플릿 (b) 우측눈의 템플릿
(c) 입의 템플릿

Fig. 7 A sample template for the detection of face components

(a) Left eye template (b) Right eye template
(c) Mouth template

실시간 입력되는 동영상으로부터 융합컬러필터링에 의하여 얼굴 영역을 검출하고 얼굴 영역 내의 얼굴 구성요소 검출 실행 예를 그림 8에 나타내었다.



그림 8. 실시간 얼굴 추적 및 얼굴 구성요소 분리 실행화면

Fig. 8 Implementation of realtime face tracking and face components segmentation

본 알고리즘에 대하여 15명에 대하여 그림 8의 환경에서 약 20초간 화면 내(FOV, field of view)에 머무르도록 하여 얼굴 추적실험을 행하였다. 추적에 사용된 영상 시퀀스의 길이는 약 9000 프레임이며 이 중 얼굴이 존재하는 249 프레임에서 오 추적이 발생하였다. 오 추적의 주요 원인은 얼굴 영상이 화면 내 원거리에서 포착된 경우이며, 근거리에서 포착되었다 하더라도 얼굴의 측면이 포착되어 얼굴구성요소(눈, 입)의 검출이 불가능한 상태에 있는 경우이다. 그림 8과 같이 일정 크기 이상의 얼굴 정면이 노출된 경우에는 100%의 추적 성능을 보인다.

또한, 모자, 선글래스, 마스크 등의 착용시에는 얼굴 구성요소(눈, 입) 검출 단계에서 신뢰도를 판정하여 얼굴이 아닌 것으로 판정하는 처리를 행하였다.

V. 결론

본 논문에서는 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 움직임 영역을 검출한 후, 컬러공간 융합 필터링에 의하여 얼굴 영역 후보 화소를 검출하고 눈, 입등 얼굴 구성요소 검출에 의하여 얼굴 영역을 실시간으로 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 피부색 검출에 있어서 조명 변화에 덜 민감하며 인간의 색상인지 메커니즘을 잘 대변하는 Normalized r , g , b 및 HSI 컬러공간을 융합 필터링 함으로써 보다 우수한 얼굴 검출 결과를 얻었다. 얼굴 영역의 실시간 추적을 위하여 연속영상으로부터 시간미분연산을 취하여 움직임 정보를 추출하였고, 형태학적 열기연산을 행함으로써 조명변화 등 기타 잡음 요소에 의한 움직임 에너지를 제거하였다.

색정보에 기반한 얼굴 특징을 추출하기 위하여 다양한 얼굴 영상을 취득한 후 얼굴 영역에 대한 색정보의 평균값과 분산을 구하고, 그 평균값에 가까울수록 높은 값을 갖도록 하여 일정 값 이상을 가질 때 얼굴 후보화소로 결정하는 방법으로 얼굴 영역을 추출하였다. 또한, 얼굴 구성요소인 눈, 입의 참조 템플릿을 구축한 후 신규 입력되는 연속영상의 얼굴 영역으로부터 템플릿 매칭을 행함으로써 추출된 얼굴 영역의 신뢰도를 판정하는 방법으로 얼굴 영역 추적의 안정도를 향상시켰다. 본 알고리즘의 실험결과 얼굴 정면이 노출된 일반적인 상황에서는 97% 이상의 안정된 얼굴 추적 성능을 보였다.

향후 본 알고리즘은 의도적 얼굴 은닉 혹은 왜곡 여부를 판단하는 얼굴 인지시스템으로서 비디오 보안 및 감시분야를 비롯하여 얼굴 인식 시스템에 적용이 기대된다.

참고문헌

- [1] C. Fyfe, R. Baddeley, "Finding Compact and Sparse Distributed Representations of Visual Images," *Network Computation in Neural Systems* v6 (3) : pp333-344. 1995
- [2] Te-won Lee, "Independent Component Analysis Theory and Application," Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [3] Bartlett, M. Stewart, "Face Image Analysis by Unsupervised Learning," Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [4] B. A. Olshausen, D. J. Field, "Sparse Coding with an Overcomplete Basis Set: A Strategy Employed by V1," *Vision Res.*, Vol. 37, No. 23, pp. 3311-3325, 1997.
- [5] Thorsten Joachims, "Learning to Classify Text using Support Vector Machines Methods, Theory, and Algorithms," Kluwer Academic Publishers, 2002
- [6] T.Cooke, "Two variations on Fisher's linear discriminant for pattern recognition," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.24, pp.268-273, Feb.2002
- [7] Patrik Hoyer, "Non-negative Matrix Factorization with Sparseness Constraints," *Journal of Machine Learning Research*, Vol.5, pp.1457-1469, Nov.2004
- [8] Feng Jiao, W.Gao, X.Chen, G.Cui and S.Shan, "A face Recognition Method based on Local Feature Analysis," *Proc. of ACCV2002*, pp.1-5, Jan.2002
- [9] Don Murray and Anup Basu, "Motion Tracking with an Active Camera," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 16, No. 5, pp. 449-459, May 1994.
- [10] R. C. Nelson and R. Polana, "Qualitative Recognition of Motion using Temporal Texture," *Proc. of CVGIP*, Vol. 56, No. 1, pp.78-89, 1992.
- [11] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, *Computer And Robot Vision*, pp 346 - 350, Addison Wesley, 1992.
- [12] Qian Chen, Tetsuo Shimada, Haiyuan Wu, Tadayoshi Shioyama, "Head Pose Estimation Using both Color and Feature Information," *Proc. of International Conference on Pattern Recognition*, Vol.2, pp.842-845, Sep. 2000

저자소개



이 규 원(Kyu-Won Lee)

1986 연세대학교 전자공학과 학사
1988 연세대학교 전자공학과 석사
1998 연세대학교 전자공학과 공학박사

1988.2~1989.8 (주)LG산전 연구원
1989.9~2000.2 한국전자통신연구원 선임연구원
2003.7~2004.7미국 메사추세츠주립대 객원연구원
2000.3~현재 대전대학교 정보통신공학과 부교수
※관심분야 : 영상처리, 패턴인식, Motion Analysis,
Visual Surveillance, ITS