

다중 컬러 모델을 이용한 실시간 얼굴 추적 및 기울기 보정 알고리즘

석 영 수, 이 응 주
동명정보대학교 정보통신공학과

Real-Time Face Tracking Using Multi Color Model and Face Gradient Correction Algorithm

Young-Soo Seok and Eung-Joo Lee

Dept. of Information/Communication Eng., TongMyong Univ. of Information Technology
E-Mail : ejlee@tit.ac.kr

Abstract

본 논문에서는 실시간 CCD 카메라 입력 영상으로부터 다중 컬러 정보를 이용하여 얼굴 영역을 검출 및 추적하고 기울어진 얼굴을 보정하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 먼저 획득된 RGB 영상에서 YCbCr 컬러 모델과 YIQ 컬러 모델로 변환한 후 Cr 성분과 I 성분을 추출하여 얼굴 피부색을 검출, 얼굴 영역 추출에 사용하였다. 또한 추출된 얼굴 후보 영역에서 수평, 수직 투영(Projection) 정보로부터 최종 얼굴 영역으로 검출한 다음 검출된 얼굴 중심 좌표와 이전에 검출된 얼굴 중심 좌표 값을 유클리드 거리로 얼굴을 추적하였으며 검출된 얼굴로부터 레이블링(Labeling) 기법으로 눈 특징자를 검출, 눈의 기울기 각도를 보정함으로써 얼굴 기울기를 보정하였다. 제안한 얼굴 추적 및 기울기 보정 알고리즘을 사용하여 실험한 결과 다중 색상 정보를 사용함으로써 주위 환경 변화에 강인하게 실시간 얼굴 영역 검출 및 추적이 가능하였고, 기울어진 얼굴 영상을 자동 보정함으로써 인식에 용이하였다.

1. 서론

초고속 인터넷이 대중화됨에 따라 컴퓨터 사용자의 보안 및 인증에 대한 수요가 날로 증가하고 있으며 그 중에서 홍채, 지문, 서명, 얼굴, 음성 등의 생체 정보들을 이용한 인식 시스템 분야가 활발히 연구되고 있다.

이중에서 개인의 얼굴 정보를 이용하여 생체 인증분야는 비접촉식으로 사용자의 거부감 없이 개인의 신원을 인증 판단 하는 장점이 있다.

그러나 현재까지 개발된 얼굴 인증 시스템은 사용자 얼굴의 기울어짐과 움직임 정보에 적응적으로 인식되기 보다는 인증되지 않고 사용자가 인증 될 수 있도록 움직이거나 혹은 얼굴의 수평을 맞추어야 하는 번거로움이 있으므로, 정확한 인증을 위한 얼굴 영역의 추적과 기울어짐에 무관한 얼굴 검출 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

현재까지 관련된 얼굴 인식에 대한 연구 중에서 얼굴 영역 검출에 대한 방법은 컬러 영상에서 HSI 컬러 모델로 변환하여 Hue 성분만 이용한 얼굴 검출 방법[1], 색상 정보와 움직임 정보를 결합하여 얼굴 검출 방법[2]과 컬러와 에지 정보를 이용한 얼굴 영역 검출 방법[3] 등이 있다.

Hue 성분만 이용한 얼굴 검출 방법의 Hue 성분을 추출해서 투영 기법(Projection)과 레이블링(Labeling)을 이용한 얼굴 영역 검출 방법 등이 있다. 이 방법은 일정한 조

명과 단순한 배경에 대한 얼굴 영역 검출에 강한 장점을 가지고 있으나 조명에 따라 얼굴의 Hue 성분이 다르기 때문에 얼굴 영역을 검출하지 못하며 야간의 일반 조명에 대한 Hue 성분을 추출하는데 어려운 단점들이 있다.

또한 색상 정보와 움직임 정보를 이용한 얼굴 검출 방법은 색상 정보는 조명에 따라 얼굴의 Hue 성분이 다르기 때문에 얼굴 검출에 어려움이 있고, 현재 영상과 이전 영상의 차를 구하여 움직임 정보를 찾는 방법으로서 움직임이 없는 경우엔 차영상을 구할 수 없는 단점을 가지고 있다.

컬러와 에지 정보를 이용한 얼굴 검출 방법은 PC 카메라를 사용하여 적응적인 에지를 추출하고 각 에지 영역에 대한 컬러 정보를 이용하여 에지 병합 후 최종 얼굴 영역을 추출하는 방법으로서 조명에 강하며 적응적인 에지 추출이 되는 장점을 가지고 있지만 배경이 복잡하거나 혹은 배경에 얼굴 피부색을 가지는 물체가 있다면 병합 할 때 얼굴 영역에 잡음 영역이 포함되는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 얼굴 검출 단점을 보완하면서 Cr 성분과 I(In-Phase) 성분의 다중 컬러 모델로서 얼굴 영역을 검출하며 얼굴의 중심 좌표를 이용하여 추적하고 눈 특징자의 기울기 각도를 보정하여 인식 성능개선을 위한 알고리즘을 제안하였다.

2. 다중 컬러 모델을 이용한 얼굴 영역 검

출과 추적

제안한 얼굴 추적 알고리즘은 다중 컬러 모델 정보를 사용하여 얼굴 영역을 검출, 추적하고 얼굴을 기울기 보정하는 알고리즘의 전체 구성도는 그림 1과 같다.

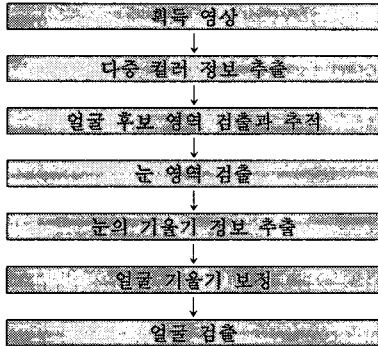


그림 1 제안한 알고리즘 전체 구성도.

2.1 컬러 기반의 얼굴 영역 추출

일반적으로 CCD 카메라로부터 획득된 RGB 컬러 모델을 사용하여 얼굴 피부색상 정보를 추출하기 위해 HSI, YCbCr, YIQ 컬러 모델들이 사용되고 있다. 이 중에서 HSI 컬러 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)의 세 가지 성분으로 구성되어 있으며 YCbCr 컬러 모델은 Y(광도), Cb(푸른 정도), Cr(붉은 정도)의 세 가지 성분으로 YIQ 컬러 모델은 Y(luminosity:흑백디스플레이), I(In-Phase:오렌지색-청록색), Q(Quadrature:녹색-자홍색)의 세 가지 성분으로 구성되어 있다.

그림2는 각 컬러 모델을 사용하여 얼굴 피부영역을 추출한 결과 영상이다. 또한 그림 3은 외부 조명 성분에 대한 피부색 검출 결과를 나타내고 있다.

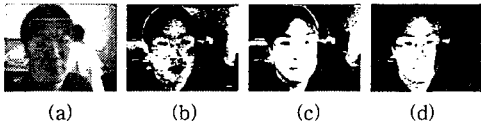


그림 2 각 컬러 모델로부터 얼굴 영역을 추출한 결과 영상; (a) 자연광에서 획득된 영상, (b) Hue성분, (c) Cr성분, (d) In-Phase 성분.

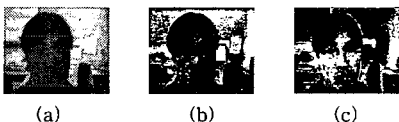


그림 3 일반 조명에 대한 컬러 모델을 사용하여 얼굴 영역을 추출한 결과 영상; (a) 야간 일반 조명에서 획득된 영상, (b) Hue성분, (c) Cr성분.

그림 2 (b)는 주간엔 얼굴 피부색을 가지는 H성분을 사용하여 얼굴 영역을 추출한 결과 영상으로서 얼굴 영역 뿐만 아니라 뒷 배경도 추출되는 단점이 있으며 그림 3 (b)와 같이 얼굴 영역이 조명에 따라 많은 영향을 받는 단점이 있다. 그리고 YCbCr색상 모델의 Cr성분은 그림 2 (c)와 같이 H성분보다 좀더 얼굴 영역이 뚜렷하게 추출되면서 뒷

배경도 포함되어 추출되는 단점이 있다. 또한 그림 3 (c)는 야간에 Cr성분을 추출한 결과 영상으로써 주간에서 H성분을 추출한 영상과 비슷하게 조명의 영향을 많이 받음을 알 수 있다. 그러나 Cr성분은 그림 2 (c)와 같이 추출된 뒷 배경은 H성분의 영상과 같지만 얼굴의 영역이 뚜렷하게 추출되는 장점을 가지고 있다.

그리고 YIQ색상 모델의 I성분은 그림 2 (d)와 같이 자연광과 일반 조명에서는 뒷 배경이 추출되지 않고 얼굴 영역만 뚜렷하게 추출됨을 알 수 있으며 얼굴 추적단계에서 움직임 정보는 차영상으로 움직임 정보를 추출하지만 물체가 움직이지 않을 때는 움직임 정보를 찾을 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 움직임 정보에 대한 추출 단점과 조명에 민감한 H성분의 단점을 보완하고, 복잡한 뒷 배경에서도 무관하게 얼굴 영역만 추출하고자 Cr성분과 I성분으로 복합된 다중 색상 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출하는 방법을 제안하였다.

다음은 RGB에서 YCbCr 변환식과 YIQ 변환 식은 식(1), (2)와 같다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ -0.168 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.418 & -0.081 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (2)$$

2.2 다중 컬러 모델 정보를 사용한 얼굴 영역 검출 추적

제안한 얼굴 피부색에 대한 Cr성분과 I성분으로 구성된 다중 색상 모델 정보로 추출한 얼굴 영역을 수평 및 수직 투영(Projection)기법을 이용하여 얼굴 후보 영역으로 추출한다. 각 성분에 대한 추출 방법은 각 성분들을 정규화 시켜 식(3)과 식(4)와 같이 평균값으로 이진화하면 얼굴의 피부색만 가지는 영역으로 추출된다.

$$I_{(Cr)} = \begin{cases} \text{if}(Cr) > \text{Average } 255 \\ \text{Otherwise} & 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$I_{(I-phase)} = \begin{cases} \text{if}(I-phase) > \text{Average } 255 \\ \text{Otherwise} & 0 \end{cases} \quad (4)$$

여기서 $I_{(Cr)}$ 은 Cr성분을 이진화한 결과이고 $I_{(I-phase)}$ 은 I성분을 이진화한 결과 영상이다. 추출된 Cr성분과 I성분을 논리곱으로 연산하여 얼굴 영역을 검출하고 이를 식(5)와 그림 4에 결과 영상을 나타내었다.

$$I_{(Cr \text{ AND } I)} = I_{(Cr)} \cdot I_{(I-phase)} \quad (5)$$

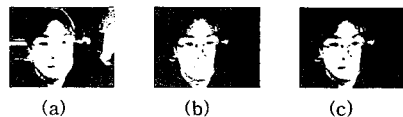


그림 4 Cr영상과 I(In-Phase)영상을 논리곱을 연산한 결과 영상; (a) Cr성분 영상, (b) I성분 영상, (c) 논리곱을 연산한 결과 영상.

그림 4 (c)는 이진화된 Cr영상과 I 영상을 논리곱을 연산(AND)한 결과 영상이다. Cr영상과 I영상을 논리곱 연산한 결과 뒷 배경의 잡음도 없지지면서 얼굴 영역만 뚜렷하게 추출되는 결과를 얻을 수 있다.

다중 색상 정보로 추출된 얼굴 영역을 수직 투영기법을 사용하여 얼굴의 세로 좌표(F_{left}, F_{right})를 찾은 후, 세로 영역 내에서 다시 수평 투영기법을 사용하여 얼굴 가로 좌표(F_{left}, F_{right})를 얼굴 후보 영역의 좌표로 한다. 얼굴 후보 영역의 폭(F_{width})과 머리에서 목까지 포함되는 높이(F_{Height})의 비율(Ratio)이 1:(1.3~2)인지를 검증하고, 높이가 폭보다 큰지를 검증하면서 얼굴 영역(

검출한다. 그림 5에 얼굴 영역 검출 결과를 나타내었다.

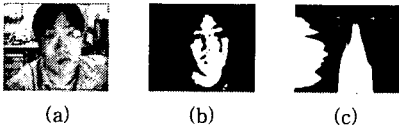


그림 5 얼굴 영역을 검출한 결과 영상; (a) 얼굴 영역이 검증된 결과 영상, (b) Cr과 I성분을 논리 연산한 결과 영상, (c) 수평 및 수직 투영(Projection)한 결과 영상.

또한 검출된 얼굴 영역의 중심 좌표(Cc)에서 이전에 검출된 얼굴 중심 좌표(Cp)를 식 (6)의 유클리디언 거리(Euclidean Distance)를 구하여 최소가 되는 영역이 추적 얼굴 영역으로 설정하여 매 프레임마다 검출된 얼굴 영역으로부터 얼굴 추적을 수행하였다.

$$Face\ Tracking\ (c_r, c_c) = \min |Cp - Cc| \quad (6)$$

3. 눈 특징자 검출과 기울기 보정 방법

3.1 눈 특징자 검출 방법

검출된 얼굴 영역으로부터 얼굴 인식을 용이하게 하기 위해서는 기울기 보정이 필요하며, 기울어진 얼굴을 보정할 특징 영역 설정이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 검출된 얼굴 영역 내에서 좌우 대칭을 이루는 두개의 특징자를 검출하여 직선의 기울기를 구한 후, 회전할 각도를 계산하도록 하였다. 좌우 대칭을 이루는 특징자는 눈썹, 눈이지만 이 중에서 눈썹은 머리카락으로 가려져 있거나, 혹은 안경에 의한 정확한 눈썹의 위치를 찾을 수가 없다. 반면에 눈은 머리카락 또한 안경의 영향을 받지 않으며 정확하게 찾을 수 있기 때문에 기울기 보정을 위한 특징자가 될 수 있다. 눈 특징자는 그림 6과 같이 눈썹 특징자 밑에 있으며, 눈 특징자의 폭이 눈썹 특징자의 폭보다 작은 특징 정보를 가진다. 왼쪽 눈은 왼쪽 눈썹의 왼쪽 좌표(Brow_LL)에서 오른쪽 좌표(Brow_LR)안에 위치하고 오른쪽 눈도 Brow_RL과 Brow_RR안에 위치한다. 각 눈 특징자의 특징 정보를 이용하여 정면에서 찍은 얼굴 영상에서는 좌우 대칭을 이루지만, 기울어진 얼굴에서는 대칭을 이루지 않는다.

그래서 그림 7과 같이 기준 눈 특징자의 좌표에서 눈 특징자의 높이(Eye_Height)만큼 뺀 좌표를 Seye.Top으로 하며, 높이만큼 더한 좌표를 Seye.Bottom로 눈 검색 범위를 설정하고, 이 검색 범위로 기울어진 얼굴에 대한 눈 특징자를 검출한다.

그림 8은 먼저 검출된 얼굴 영상에서 수평 소벨(Sobel) 연산을 수행한 다음 각 에지를 연결하는 레이블링(Labeling)을 수행하고, 각 에지가 연결된 영상에서 팽창(Dilation)을 수행한 다음, 레이블링기법으로 아주 작은 객체는 잡음으로 간주하여 제거하고, 레이블링된 사각형의 크기 정보와 눈 특징 정보로 눈 특징자를 검출 과정을 나타낸 영상들이다. 그림 9는 다양한 얼굴의 눈 특징자를 검출한 결과 영상이고, 검출된 눈 특징자의 기울기선을 표시한 영상이다.

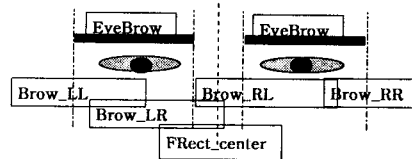


그림 6 눈 특징자의 특징 정보.

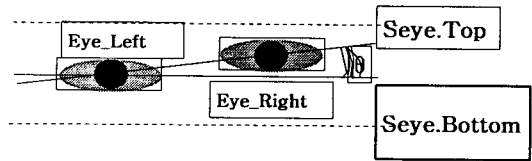


그림 7 기울어진 눈 특징자에 대한 검색 범위.

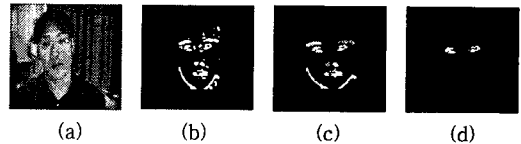


그림 8 눈 특징자를 검출 과정; (a) 원영상, (b) 수평 소벨과 팽창 연산 결과 영상, (c) 레이블링한 결과 영상, (d) 눈 특징자를 검출한 결과 영상.

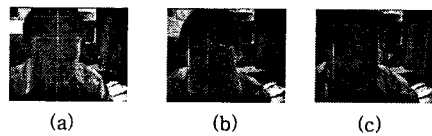


그림 9 다양한 기울어진 얼굴에서 눈 특징자 검출 영상; (a) 정면에서 찍은 영상, (c) 좌로 기울 영상, (d) 우로 기울 영상.

3.2 기울기 보정 방법

얼굴 인식 방법에는 주성분 기반 방법, 특징자 기반 방법, 정합 방법등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 바로선 얼굴과 정면으로 찍은 영상들 대상으로 얼굴을 인식하는 알고리즘으로써 기울어진 얼굴 영상에 대해서는 오인식되는 단점이 있다. 그래서 실제 얼굴 인식 시스템 구성을 위해서는 기울어짐에 관계없이 인식에 세부적인 특징점을 추출할 수 있도록 기울어짐에 영향을 받지 않게 기울기 보정기법이 필요하다.

제안한 기울기 보정 알고리즘은 검출된 얼굴 후보 영역에서 눈 특징자의 기울기 각도를 구한 후 회전식에 의해 얼굴을 보정하는 방법으로 보정할 회전각을 구하는 식은 다음과 같다.

$$Face \angle = \tan^{-1} \left(\frac{HeightEye}{WidthEye} \right) \quad (12)$$

식 (12)에서 눈의 높이 차이 값(HeightEye)에 눈의 폭 차이 값(WidthEye)을 나눈 값을 \tan^{-1} 로 구하면 회전각을 구하였으며, 눈의 회전각을 이용해서 기울기 보정하는 회전 식은 식 (13)과 같다.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (13)$$

그림 10은 기울어진 얼굴 영상에 대한 기울기 보정 결과 영상으로써 좌우로 기울어진 영상에서 다중 컬러 정보로 얼굴 영역을 검출한 후, 눈의 기울기 각도로 기울기 보정된 결과 영상을 보여주고 있다.

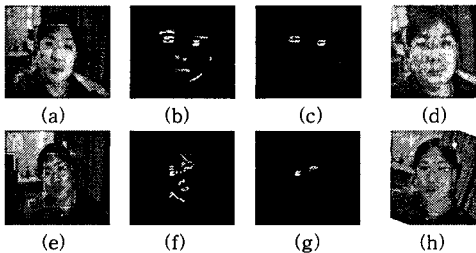


그림 10 좌우로 기운 얼굴을 기울기 보정한 결과 영상; (a) 좌로 기운 영상, (b) 레이블링한 결과 영상, (c) 눈 특징자를 검출한 영상, (d) 얼굴을 보정한 결과 영상, (e) 우로 기운 영상, (f) 레이블링한 결과 영상, (g) 눈 특징자를 검출한 영상, (h) 얼굴을 보정한 결과 영상.

4. 실험 결과

본 논문의 실험에서는 외부 환경 변화에 대한 얼굴 검출, 기울기 변화에 대한 보정 실험을 수행 하였다.

먼저, 다중 색상 모델을 사용하여 자연광, 일반 조명, 조명을 받는 주위환경 변화에서 얼굴 영역 검출을 실험 하였다. 그림 11은 주위환경 변화에 각 색상 성분을 추출하는 실험한 결과 영상으로써 일반 조명에서는 얼굴 피부색상을 가지는 Hue성분이 추출되지 않고 다중 색상 성분에서 얼굴 피부색이 가지는 영역만 추출되었다.

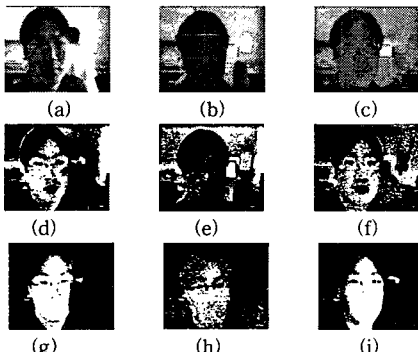


그림 11 각 성분으로 얼굴 영역을 추출한 결과 영상; (a) 자연광을 받은 영상, (b) 일반 조명을 받은 영상, (c) 얼굴에 조명을 받은 영상, (d)(e)(f) Hue 성분, (g)(h)(i) 다중 색

상 성분.

그림 12는 다양한 얼굴을 기울기 보정된 결과 영상을 보여주고 있으며, 안경을 착용한 얼굴에서도 눈의 위치를 찾는 결과 보여주고 있다. 제한한 얼굴 검출 및 눈 특징자 위치 검출한 얼굴을 기울기 보정하면서 얼굴 영역을 추적하는 알고리즘을 실험한 결과 평균 초당 0.8 frame/sec을 처리 속도를 보였다.

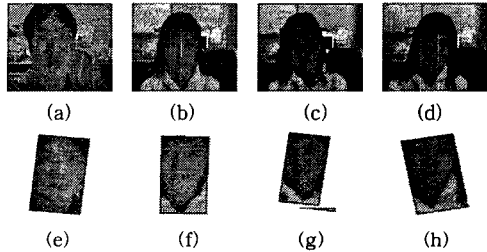


그림 12 다양한 얼굴을 기울기 보정한 결과 영상; (a)(b)(c)(d) 원영상, (e)(f)(g)(h) 기울기 보정된 결과 영상.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 제안한 알고리즘은 다중 색상 모델을 이용하여 얼굴 영역을 검출, 추적하고, 검출된 얼굴을 눈 특징자의 기울기 정보로 얼굴 기울기 보정하는 알고리즘을 제안 하였다. 다중 색상 모델은 YCbCr의 Cr성분과 YIQ의 I성분을 논리곱으로 연산하여 추출한 얼굴 후보 영역을 얼굴의 크기 정보로 검출함으로써 환경 변화에 강한 얼굴 영역을 검출 할 수 있었다. 그리고 얼굴 인식에 용이하게 검출된 얼굴에서 레이블링기법으로 얼굴의 눈 특징자를 검출 후, 눈 특징자의 기울기로 얼굴을 기울기 보정하였다.

실험결과 평균 초당 0.8 frame/sec의 빠른 처리 속도로 실시간 얼굴 추적이 가능하였다.

향후 계획으로는 본 논문에서 제안한 추적 알고리즘을 이용하여 검출된 얼굴 영상을 인식하는 연구가 필요하겠다.

[참고 문헌]

- [1] 강영미, 정성환, "신경회로망을 이용한 내용기반 얼굴 검색 시스템", 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 제 16권, 제 1호, pp. 573~576, 1997.
- [2] 박형철,전병환, "동영상에서 최적의 얼굴색 정보와 움직임 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", 한국정보과학회, VOL.27,NO.02,pp.193~200,2000.02.
- [3] 지은미,윤호섭,이상호, "필터와 에지정보를 결합한 조명 변화에 강한 얼굴 영역 검출방법", 한국정보과학회 논문지 B, VOL.29,NO.11,pp.809~817,2002.12.
- [4] Jung-Hoon Kim, Kyeong-Hoon Do, Eung-Joo Lee, "Automatic Face Identification System Using Adaptive Face Region Detection and Facial Feature Vector Classification", ITC-CSCC 2002, July 16~19, 2002.
- [5] 이재호, 장석환, 김희을, "움직이는 카메라를 이용한 실시간 이동물체 검출 및 추적 기법", 제13회영상처리 및 이해에 관한 워크샵, VOL.13, NO.01, pp.0569~0573, 2001.01.
- [6] 전 춘, 김 하식, 이 주신, "Hausdorff 고속검출에 의한 실시간 이동물체 추적 알고리즘", IPIU2003, VOL.15, NO.01, pp.0285~0288, 2003.01.