

얼굴가림 정보를 이용한 유사 범인 검출에 관한 연구

(A Study on Look alike Offender Detection Using Hidden Face Information)

김수인*

(Soo-In Kim)

Abstract

In this paper, I propose a method for detection of look-alike offenders by using hidden face information. For extraction of moving objects, PRA matching is used to extract moving components, and brightness changes can be dealt with by an adaptive threshold adjusting in the proposed method. Moving objects extracted in the territory of the face region is extracted using the complexion, facial area, eyes, nose, mouth. The extracted information detected by the presence of these characteristics were likely to help judge a person. Results of the extracted face makes the recognition rate of possible murderers 90% so the usefulness of the proposed method was confirmed.

Key Words : Hidden Face Information, Look Alike an Offender, Face Color, Adaptive Threshold

1. 서 론

무인감시시스템은 보안 유지를 위한 인력난을 해소하고, 안전성을 보장하며, 보안 유지에 보다 효과적인 시스템을 구축하기 위하여 발전하고 있다. 이러한 보안시스템을 위한 많은 CCTV가 여러 곳에 설치되어 운영되고 있다. 그러나 이러한 시스템은 사후관리 차원에서 운영되는 경향이 매우 크다. 즉 어떤 사건이 발생한 후 이를 처리하기 위한 방법으로 사용되고 있

는 것이다. 또한 많은 CCTV 카메라가 고해상도가 아니어서 얼굴을 수동으로 인식하기 어려운 상황이 많은 경향이 있다. 따라서 CCTV카메라로부터 입력된 영상의 중요성이 대두되고 있다. 무인감시시스템은 인력난을 해소하며, 안전성을 보장하고 보다 효과적인 시스템을 구축하기 위하여 발전하게 되었다. 인간은 오감을 통해 외부의 정보를 얻어 사람의 행동 지킴과 지식을 축적하게 된다. 특히 눈으로 입력되는 정보는 다른 감각기관을 통해 입력되는 정보 보다 많아 약 70% 이상이다[1-2]. 무인감시시스템에서도 사람의 눈과 같은 영상정보를 이용하여 시스템을 구축함으로써 더욱 효과적이고 정확한 시스템을 구축할 수 있게 됨을 알 수 있다. 컴퓨터 비전을 기술 기반으로 적외선센서, CCD카메라 등을 이용하여 움직임이 있는 물체를 검출하고 검출된 물체를 실시간으로 자동 추적

* 주저자 : 김포대학교 항공전기전자과 부교수
* Main author : Department of Avionics, Kimpo College
Tel : 031-999-4151, Fax : 031-999-4387
E-mail : sikim@kimpo.ac.kr
접수일자 : 2014년 1월 29일
1차심사 : 2014년 2월 25일
심사완료 : 2014년 2월 24일

할 수 있는 무인 감시 시스템, 지능형 교통시스템 등의 응용을 목적으로 한 자동 영상 추적 시스템의 연구 개발이 활발히 진행되고 있다[3]. 현재 우리 주변에는 감시를 위한 CCTV가 많이 설치되어 운영되고 있으며 날로 설치 대수가 늘어날 것으로 전망되고 있다. ATM기나 아파트관리 및 보안시스템 측면에서 이러한 CCTV는 많은 정보를 제공하여 범죄를 미연에 방지하거나 범인 검거에 많은 기여를 하고 있다. 영상 감시 시스템은 이동물체의 존재를 자동으로 감지하고, 이를 추적함으로써 인간의 역할을 대신할 수 있는 컴퓨터 비전을 응용한 시스템이다. 특히 무인 감시 시스템은 특정 물체의 움직임을 판단하고 이를 추적함으로써 시스템의 효율을 더욱 증가시킬 수 있는 응용 시스템으로 자동카메라의 기능을 수행할 수 있다는 점에서 높이 평가되고 있다[4]. 보안 시스템에서는 움직임을 매우 중요시하고 있다. 특히 실시간 처리를 위해서는 기존에 발표된 광류나 움직임에너지방법들이 있으나 이들 방법은 처리 시간이 길어진다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 움직임을 추출하기 위한 가장 기본적인 차영상 기법을 사용하여 적용하도록 하였다. 또한 차영상을 구하는데 있어 조명에 따른 오류를 최소화하기 위해 적응형 임계값을 설정할 수 있도록 제안하였다. 한편 범행을 전제로 침입하는 경우 대다수의 범인은 얼굴을 가리는 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 예를 들면 우산을 쓰고 실내에 들어오는 경우, 마스크를 착용하는 경우, 신문이나 책, 잡지 등으로 얼굴을 가리는 경우, 모자를 깊숙하게 쓰는 등 얼굴을 가리려는 방법은 매우 다양하다. 현금인출기에서 범행을 목적으로 인출하는 경우 마스크나 모자 등으로 얼굴을 가리는 경향이 매우 많음을 알 수 있고, 이를 이용하여 범행이 이루어지기 전에 범인을 예측함으로써 더욱 효과적인 무인 감시 및 보안, 경비 시스템을 구현할 수 있을 것이다. 얼굴영역을 추출하기 위한 방법으로는 얼굴의 기하학적 특성을 이용하는 방법과 얼굴 고유의 색상 정보를 이용하는 방법으로 크게 구분할 수 있다[5]. 얼굴의 기하학적 방법을 이용하는 경우 얼굴 모양이 타원이라는 전제하에 타원의 방정식을 적용한 형판정합(template matching) 방법[6]이 있으며, 얼굴의 고유 색상을 이용하는 방법

으로는 RGB, YCbCr, HSI 등의 컬러 모델을 사용하고 있다[7]. 컬러 영상의 기본 모델은 RGB영상으로 이를 추출하여 적용 컬러 모델로 변환하여 얼굴 고유의 색 정보를 정의하여 얼굴 영역을 추출하고 있다[8]. 본 논문에서는 움직임을 기반으로 추출된 영상에 인체공학을 적용하여 얼굴 위치를 추정된 후 그 영역에 대해 얼굴 후보영역을 추출하여 얼굴 가림정보를 얻는 방법을 적용하도록 하였다. 이러한 얼굴 가림 정보를 사용함으로써 저해상도의 CCTV 카메라나 ATM기에 사용되는 카메라등에서 효과적으로 범인을 유추할 수 있도록 제안하여 사후 조치에 대한 개념에서 벗어나 미리 범죄 가능한 인물을 유추하여 경고함으로써 범죄 발생을 사전에 차단하고자 하는 시스템을 제안하였다.

2. 제안된 시스템의 구성

2.1 이동성분 추출

방범시스템의 특성은 움직임을 있는 부분을 대상으로 시스템을 구성한다는 특징이 있음을 알 수 있다. 이에 따라 이동성분을 추출하기 위해서는 이전영상과 현재 영상의 상호연산을 통해 추출하게 되는데 여기에는 공간영역기법과 주파수영역기법이 있으며 본 논문에서는 연산속도를 고려하여 공간영역기법 중에서 화소단위의 영상을 통해 이동성분을 추출하는 PRA (Pixel Recursive Algorithm)를 적용하여 이동성분을 추출하였다[9-10]. PRA 방법은 이전영상의 화소 (Pixel) $f(x,y,tp)$ 와 현재 영상의 화소 $f(x,y,tc)$ 에 대하여 빼기 연산을 행하고 그 결과의 절대값이 정해진 임계값 이상이면 이동성분으로 인식하여 현재 영상의 화소 값을 취하고, 미만이면 배경 성분으로 인식하여 화소 값을 0으로 취함으로써 이동성분을 추출하도록 하였다.

$$D_{(x,y)} = |f(x,y,tc) - f(x,y,tp)| \quad (1)$$

$$D_{(x,y)} \geq th \text{ then } f_{(x,y)} = 1, \quad D_{(x,y)} < th \text{ then } f_{(x,y)} = 0$$

여기서 $D_{(x,y)}$ 는 x, y좌표에 대한 차 영상의 절대값, $f_{(x,y,t_e)}$, $f_{(x,y,t_p)}$ 는 시간차를 갖는 동일 좌표에서의 화소, $f_{(x,y)}$ 이진화된 차 영상 화소값, th 임계값이다. 임계값의 설정은 주변 환경의 변화에 따라 조정되어야 하는 값으로 수동에 의해 주어지는 경향이 있다. 그러나 실시간 처리에서는 부적합한 면이 있어 이를 적응형 임계값 설정을 통해 능동적으로 대체할 수 있도록 하였다.

2.2 이동성분 추출에 적용되는 적응형 임계값 설정

밝기 차이를 갖고 취득한 영상으로부터 차 영상을 구하게 되면 지정한 목표물 이외의 많은 영역이 후보 영역으로 나타나게 됨으로써 오류에 의한 잘못된 영역을 추출할 확률도 높아지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 밝기 변화에 대해 취득한 영상을 정규화시킬 필요가 있는데 이는 취득한 전체 영상에 대해 행하게 됨으로써 많은 시간이 소요되게 된다. 이동성분 발생 전후의 영상에 대한 밝기 변화가 있으면 어느 한 쪽의 영상을 기준으로 임계값을 변경함으로써 밝기 변화에 대한 효과적인 대처가 이루어져 차 영상을 효과적으로 취득할 수 있다. 즉 영상의 밝기 변화에 따른 최적의 이동 성분을 추출하는 각각의 임계값을 구하고, 그 평균을 구한 후 중회귀 분석법[9]을 적용하여 밝기 변화에 적응적으로 변화되는 임계값 산출 방법을 사용하였다. 아래의 알고리즘은 목표물 지정 이전의 영상과 현재의 영상에 대한 차 영상을 구하기 위한 적응형 임계값을 구하기 위한 알고리즘을 제시한 것이다.

[step 1] 이동성분추출을 위한 이전영상과 현재영상에 대하여 각 영상의 평균 밝기를 구한다.

$$E = \frac{\sum_{y=0x=0}^{239 \ 319} P_{(x,y)}}{320 \times 240} \quad (2)$$

[step 2] 단계 1에서 구해진 이전영상과 현재영상의

평균 밝기 값에 대한 차를 구한다.

$$D = |E_p - E_e| \quad (3)$$

여기서 E_p 는 이전영상에 대한 평균 밝기 값, E_e 는 현재영상에 대한 평균 밝기 값, D 는 두 영상에 대한 평균 밝기의 차

[step 3] 두 영상의 밝기 차에 대한 적응형 임계값을 구한다.

$$Th = \alpha D + \beta$$

$$\alpha = \frac{S_{(xy)}}{S_{(xx)}} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (d_i - \bar{D})(th_i - \bar{th})}{\sum_{i=0}^{n-1} (d_i - \bar{D})^2} = \frac{n \sum_{i=0}^{n-1} d_i th_i - \sum_{i=0}^{n-1} d_i \sum_{i=0}^{n-1} th_i}{n \sum_{i=0}^{n-1} d_i^2 - (\sum_{i=0}^{n-1} d_i)^2} \quad (4)$$

$$\beta = \bar{th} - \alpha \bar{D}$$

여기서 T_h 은 두 영상에 대한 차 영상을 구하기 위한 적응형 임계값, d_i 는 i 번째 화소의 밝기 차, $s_{(xx)}$ 는 밝기변화에 대한 오차의 제곱 합, $s_{(xy)}$ 밝기와 임계값에 대한 오차의 제곱 합, x 는 밝기, y 는 임계값, \bar{D} 는 두 영상의 밝기 차의 값, th_i 는 i 번째 영상의 임계값, \bar{th} 는 실험에 의해 산출된 임계값에 대한 평균값이다.

α 와 β 는 실내환경에서 여러 가지 조도에 의한 이동성분의 임계값을 구하여 회귀분석법을 이용한 회귀식 선식의 상수로 $\alpha = \frac{S_{(xy)}}{S_{(xx)}}$ 에 의해 구할 수 있으며,

$\beta = y - \alpha \cdot x$ 로 구할 수 있다[11]. 여기서 x 는 조도 즉, 이전영상과 현재영상의 평균밝기에 대한 차 성분이며, y 는 그 영상에서 이동성분을 추출하는데 가장 적합한 임계값이다. 영상밝기와 임계값에 대한 표준편차를 구하기 위해 그레이영상(gray image)으로 변환 후 영상차에 대한 자료를 대상으로 산출하였으며 오차의 제곱합 S 는 $S = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$ 에 의해 구하였다. 여기서 \bar{x} 는 영상의 평균밝기이며, x_i 는 주어진 화소의 밝기이다.

식 (4)에서 알 수 있듯이 영상의 밝기가 변화됨에 따라 이동성분을 추출하는 임계값이 영상의 밝기 변화에 적응적으로 변경됨을 알 수 있다. 그림 1에는 이러한 적응형 임계값을 사용하여 추출된 이동 성분을 나타내고 있다.

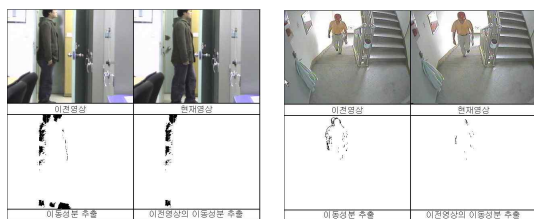


그림 1. 적응형 임계값을 적용한 이동 객체 추출영상
Fig. 1. Extraction of object by using the adaptive threshold

2.3 이동성분의 영역 추출

이동성분의 후보영역은 적응형 임계값을 사용하여 이동성분 이외의 잡영과 기타 불필요한 영역이 제거된 상태의 후보영역을 갖게 된다.

이 같이 추출된 이동성분의 후보 영역에 대하여 화소주사(pixel scan) 방식을 사용 이동 성분의 영역을 설정하도록 하였다.

- [step 1] 주사(scan)하여 시작 X 좌표를 구한다.
- [step 2] 주사하여 시작 Y좌표로 한다.
- [step 3] 1)과 2)의 과정에서 추출된 X, Y좌표를 이동성분의 시작 좌표로 정의한다.
- [step 4] 주사하여 끝 X좌표를 구한다.
- [step 5] 끝 Y좌표 값이 가장 큰 값을 찾는다.
- [step 6] 4)와 5)의 과정에서 추출된 X, Y좌표를 이동성분의 끝 좌표로 정의한다.
- [step 7] 구해진 이동성분의 시작과 끝 좌표를 이용하여 이전영상과 현재영상 중에서 이동성분이 있는 영역을 추출한다.

상기의 알고리즘을 적용함으로써 이동성분의 후보영역으로부터 이동성분영역을 추출할 수 있다. 즉 이동성분영역을 객체로 정의할 수 있게 된다. 그림 2는 본 알고리즘을 적용하여 얻은 이동성분영역의 추출

영상을 보이고 있다.



그림 2. 이동 영역 추출 영상
Fig. 2. Extraction of moving area

2.4 얼굴 추정 영역 추출

방법시스템은 실시간 처리가 중요하며, 입력된 영상을 신속하게 처리해야 한다. 그러기 위해서는 복잡한 연산 과정을 적용하는 것 보다는 구조정보를 활용하는 것이 빠른 처리나 정확성에 많은 신뢰를 줄 수 있다. 또한 색 분해법에 의한 얼굴의 구조를 이용한 얼굴 가림정보를 추출하는 과정에서는 영상 전체를 대상으로 하는 경우에는 유사 색상에 의한 잡영으로 많은 오류가 발생할 확률이 높아지게 된다. 이에 따라 본 논문에서는 얼굴영역의 위치가 사람의 신장에서 1/8정도에 위치한다는 구조정보를 활용하였다. 그러나 본 연구에서는 얼굴영역의 추출 오류를 최소화시키기 위해 신장의 1/7 위치를 얼굴영역의 기하학적 부분으로 선정하도록 하였고, 추출된 이동 영역에서 이 부분에 해당하는 영역이 얼굴일 가능성이 크도록 하였다. 얼굴 후보 영역은 추출된 이동 영역의 시작점과 끝점을 대상으로 높이를 측정하고 이 높이에 대한 비율을 적용하여 얼굴 추정 영역을 정의하였다.

- [step 1] 이동 영역의 시작과 끝점의 좌표 추출
 - [step 2] 신장및 가로세로 길이를 추출한다.
 $h=y_e - y_s, w=x_e - x_s$
 - [step 3] 얼굴 추정 영역의 좌표를 구한다.
 $h' = h * (1/7)$
얼굴 후보 영역의 시작점 : x_s, y_s
얼굴 후보 영역의 끝점 : x_e, y_s+h'
- 그림 3은 추출된 얼굴 추정 영역이다.



그림 3 추출된 얼굴 추정 영역
Fig. 3. Extracted face area

3. 얼굴영역 및 얼굴가림정보 추출

3.1 얼굴 색상의 정의

사람의 피부색의 분포는 컬러 공간에 의해 정의되어진다. 따라서 사람의 피부색 검출을 효과적으로 행하기 위해서는 적절한 컬러 표현 방법을 선택하여 적용하여야 한다. 컬러를 정의하는 모델은 여러 가지 방법으로 정의되어 사용되고 있다. 이 모델 중에서 RGB컬러모형은 빛의 3원색인 빨강, 녹색, 파랑 색상을 적당한 농도로 배합하여 특정한 색상을 만드는 방법으로 컴퓨터를 이용한 그래픽 처리에 가장 많이 사용되는 모델이라고 할 수 있다. 또한 YCbCr 모델은 휘도신호 Y와 색차신호인 Cr, Cb를 RGB모델로부터 추출할 수 있다. 이 신호의 특징은 영상이 갖는 고유의 색을 색상과 밝기 신호를 분리하여 색상 신호만 제공할 수 있다는 것이다. 여러 컬러모델 중에서 휘도 신호와 색상신호를 동시에 제공되며, 주어진 RGB모델로부터 쉽게 변환되는 YCbCr 모델을 사용하여 적용하도록 하였다. RGB모델을 YCbCr모델로 변환관계식은 식 (5)와 같다[12].

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.57 & 0.114 \\ -0.168 & -0.33 & 0.5 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5)$$

또한 YCbCr 모델을 RGB모델로 변환관계식은 식 (6)과 같다.

$$R = Y + C_r \quad (6)$$

$$G = Y - 0.53C_r - 0.2C_b$$

$$B = Y + C_b$$

식 (5)의 휘도 신호를 사용하여 영상의 균일화 작업을 통해 Cb, Cr을 정규화 함으로서 밝기에 따른 색상을 보정하였다. YCbCr 컬러모델에서 피부색 영역은 $85 < Cb < 130$, $139 < Cr < 163$ 으로 실험을 통해 얻었다. 그러나 실 적용시에는 이동 물체 추출후 이동 물체 추출 구간내의 구조정보를 이용하여 유사 얼굴영역을 정의하였고 여기에서 다시 피부색 영역을 찾아 얼굴 후보 영역을 정의하기 때문에 추출된 얼굴 후보 영역에서의 피부색상의 범위를 확대 적용함으로서 피부색 영역을 최대화 하도록 하였다. 여기에 RGB모델을 추가로 적용하여 피부색 영역을 확장 하도록 하였다. 즉 YCbCr과 RGB의 2가지 컬러모델을 적용함으로서 상호 보완적인 영향을 주어 피부색 영역을 충분하게 확대되도록 하였다. 이때 적용된 RGB모델의 임계치는 $R > 155$, $G > 105$, $B < 195$ 를 얻어 적용하였다.

3.2 얼굴후보영역 추출

정의된 얼굴 위치 추정 영역과 색 분해법에 따른 피부색 구간을 이용하여 얼굴 영역을 추출하도록 하였다. 일반적으로 사용하고 있는 CCTV등의 영상에서 추출된 얼굴영역은 작은 영역으로 존재하기 때문에 눈과 입술, 코 영역을 분리하여 정의하기가 어려운 상황이다. 그러나 이 영역들은 고립점이나 작은 화소로 나타나기 때문에 이를 연결시키거나 제거시킬 필요가 있다. 이 연결 방법으로 형태학적 처리 중에서 팽창 처리를 사용하여 영역을 확장시켜도록 하였다. 이렇게 추출된 피부색 영역은 영역을 정의하기 위한 최소화된 사각형으로 표현되는 부분과 실 얼굴 영역을 나타내는 윤곽선 영역으로 분리하여 추출, 정의함으로서 얼굴가림 정보 추출의 변수로 사용하였다. 그림 4에 1차 추출된 피부색 영역, 형태학적 처리 영상, 얼굴 후보영역의 윤곽선 추출을 제시하였다.



그림 4. 얼굴 영역의 추출 영상
Fig. 4. Extraction Image of face area

얼굴 후보 영역 추출을 위한 알고리즘은 다음과 같다.

- [step 1] 얼굴 위치 추정영역의 피부색을 추출
- [step 2] 피부색에 대한 모폴로지 확장 처리
- [step 3] 최소 사각형의 얼굴 후보 영역을 정의
- [step 4] 최소 사각형내의 영상으로부터 윤곽선을 추출하여 정의한다.

3.3 얼굴 가림 정보 추출

추출된 피부색 영역은 최소사각형 영역과 윤곽선 영역으로 구분된다. 이들 정보는 얼굴의 구조 정보를 제공하는 매우 중요한 변수로 사용되어진다. 즉 얼굴의 가림 정도를 판별하는 변수가 된다. 얼굴 추정 영역내의 얼굴 후보 영역은 얼굴의 구조 특성 중 하나인 가로 세로의 비가 한국인인 경우 1.37에서 1.42정도의 비율을 갖게 되는데 CCTV 영상에서 취득한 영역의 가로, 세로비율은 카메라의 위치등을 고려하면 0.9에서 1.49정도로 추출됨을 확인하였다. 따라서 이 범위에 속하지 않는 얼굴 후보 영역은 얼굴의 이상 상황으로 판단하며, 이는 1번째 얼굴 가림 정보로 정의하였다. 2번째 얼굴 가림정보는 얼굴 후보 영역의 최소 사각형의 넓이와 윤곽선 영역의 넓이의 비를 구하는 것으로 최소 사각형내 피부색 요소의 분포 정도를 확인

함으로써 얼굴 가림 정보로 사용할 수 있다. 얼굴 후보 영역의 윤곽선은 얼굴영역을 정의하고 있으며, 이는 얼굴의 구조정보중 하나인 타원의 형태와 비교하여 얼굴 가림정보를 얻을 수 있다. 즉 3번째 얼굴 가림 정보로 얼굴 영역의 원형도를 구함으로써 얼굴 가림정보를 추출할 수 있다. 원형도는 얼굴영역의 둘레와 면적의 비로 구할 수 있으며 식 (7)과 같이 구할 수 있다.

$$R_{ratio} = 4\pi S/l^2 \tag{7}$$

여기서 R_{ratio} 는 원형도를 S는 얼굴영역의 넓이, l 은 윤곽선의 둘레를 나타낸다. 이식에서 R_{ratio} 의 값이 1에 근접하면 원의 형태에 근접함을 나타낸다. 이러한 여러 조건이 성립하는 얼굴 영역에 대해서는 유사범인으로 인식하도록 하였다. 마스크를 착용한 얼굴, 신문등으로 얼굴을 가린 경우, 선글라스를 사용하여 눈을 가리는 경우, 모자를 눌러써서 얼굴을 가리는 경우 등 외에도 많은 방법이 적용될 수 있다. 얼굴을 가린다는 것은 사람의 피부를 가리는 형태이기 때문에 얼굴 추정 영역내의 피부색 영역이 정상적인 경우보다 크게 감소되어 나타난다. 이러한 얼굴 가림 정보를 추출함으로써 이동 성분이 있는 사람에 대한 유사 범인일 가능성을 정의하여 추출할 수 있게 된다.

- [step 1] 얼굴 후보 영역의 면적을 구한다.
- [step 2] 얼굴 후보 영역의 둘레 길이를 구한다.
- [step 3] 최소 사각형의 가로대 세로 비율을 구한다. (1번째 얼굴가림정보)
- [step 4] 최소 사각형의 넓이와 피부색 영역의 넓이 비를 구한다.(2번째 얼굴가림정보)
- [step 5] 피부색 영역의 면적과 둘레의 비를 구하여 원형도를 계산한다.(3번째 얼굴가림정보)
- [step 6] 얼굴가림 정도를 판단한다.

4. 실험 및 고찰

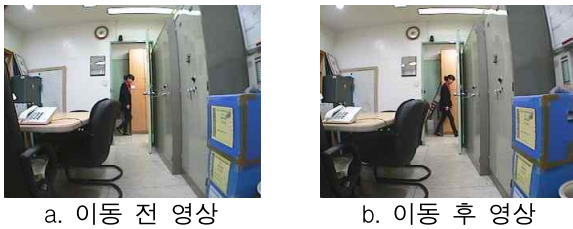
제안된 시스템을 구현하기 위하여 Pentium-4

얼굴가림 정보를 이용한 유사 범인 검출에 관한 연구

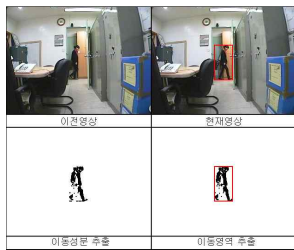
2.0GHz의 컴퓨터와 OS로는 window-XP를 사용하였고 언어는 Visual BASIC을 사용하여 구현하였다. 영상 장치는 xysystem의 4channel Capture board를 사용하여 320×240 화소의 영상을 얻도록 하였고, 카메라는 컬러카메라모듈을 사용하였다.

4.1 이동성분 추출

본 논문에서는 방법시스템에서 가장 중요한 움직임 추출하는 과정에 적응형임계값을 사용하였으며, 적응형임계값은 통계학의 직선회귀식을 만들어 적용하여 효과를 높이고자 하였다. 그림 5 (a)는 이전영상과 현재 영상을 나타낸 것이며, 그림 5 (b)는 이동성분을 추출한 결과를 나타내고 있다.



a. 이동 전 영상 b. 이동 후 영상



c. 이동성분 추출 결과

그림 5. 이동성분 추출 결과
Fig. 5. Result of extracted moving component

이렇게 이동성분을 추출하는데에는 적응형임계값을 적용하였으며, 실내에서 촬영한 영상에 대한 이동 전후의 영상에 대하여 이동성분이 정확하게 표현되는 임계값을 통해 직선회귀법을 적용한 통계적 처리를 통해 적응형임계값을 정의하도록 하였다. 표 4.1에는 적응형임계값을 산출하기 위한 기초자료로, 이 값을 활용하여 회귀직선식을 추출한 것이 식 (8)이다.

표 4.1 적응형임계값 산출을 위한 sample data
Table 4.1 Sample data for adaptive threshold

시료	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
밝기 차	15	31	7	0	36	19	1	12	27	5	15.30
임계값	64	82	56	48	89	69	48	60	78	52	64.60

$$Th = 1.144 \cdot D + 47.0938 \quad (8)$$

그림 6은 영상 밝기 변화에 대한 임계값 설정에 대한 실험 결과로 적응형임계값을 적용하는 경우가 효과적인 이동성분을 추출할 수 있음을 보여 주고 있다.



a. 고정형임계값 사용 결과 b. 적응형임계값 사용 결과

그림 6. 적응형임계값 설정과 고정형임계값 설정 영상
Fig. 6. Image of adaptive and fixed threshold

또한 움직임은 고속과 저속으로 나눌 수 있으며, 저속으로 움직이는 경우 프레임(frame)간의 차영상 값이 미흡하여 추출되지 않을 수가 있는데 이는 영상을 추출하는 sampling time을 길게 주면 추출이 가능하다. 또한 초고속으로 움직임이 발생하는 경우, 즉 1 프레임에서 모든 영상의 변화가 종료됨으로써 움직임을 추출하지 못하는 현상이 생기게 된다. 적응형 임계값을 사용하여 임계값을 화면 밝기에 따라 변화되도록 한 결과 움직임영역 추출에 정확도가 향상되었음을 알 수 있었다.

4.2 얼굴 추정 영역 추출

움직임이 있는 이동성분 중에서 얼굴 영역을 추정하기 위해서는 몇 가지 가정을 하여야 한다. 우선 움직임이 있는 요소를 사람을 대상으로 하고, 실내에서 취득한 영상이며, 한국인을 대상으로 적용함을 전제로

한다. 사람의 신체 구조 정보 중에서 얼굴 추정 영역은 신장의 1/7영역으로 정의되고 있다. 그러나 실제 설치된 CCTV 카메라는 바닥과 일정한 각도를 유지하고 있고, 영상은 넓은 영역을 관찰하기 때문에 사람은 작게 나타난다는 특징이 있다. 따라서 얼굴 추정 영역을 신장의 1/7 정도의 비율을 적용하여 얼굴 추정 영역을 약간 확대 적용함으로써 얼굴 영역의 정의를 정확하게 하도록 하였다. 그림 7은 얼굴 추정영역을 추출한 영상이다.

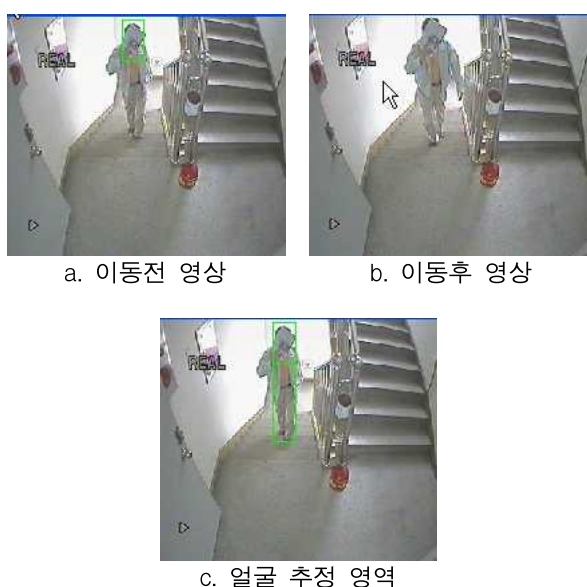


그림 7. 얼굴 추정 영역
Fig. 7. Estimation of face area

4.3 얼굴영역 추출

얼굴가림정보를 얻기 위해서는 얼굴 가림 형태를 유형별로 분석하여야 됨으로 그림 8에 정상적인 얼굴, 얼굴 가림 영상과 동물 영상을 보였다.

그림 7의 얼굴 가림 영상에서 피부색 영역이 매우 적거나 없는 것을 알 수 있다. 따라서 얼굴 영역을 피부색을 이용하여 추출한 후 피부색 분포에 따른 얼굴 형태를 정의한 다음 얼굴의 구조 정보를 이용하여 얼굴 영역을 정의할 수 있고, 이 영역의 구조 형태를 정의하여 얼굴 가림 정보를 추출할 수 있다. 추출된 얼굴 추정 영역에 대해 RGB와 YCbCr의 컬러 모델을

적용하여 피부색 영역을 추출하도록 하였다.



그림 8. 얼굴 가림 영상 및 동물 영상
Fig. 8. Image of hidden face and animal

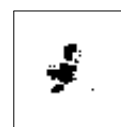


그림 9. 피부색 추출 영상
Fig. 9. Extraction image of skin color

이렇게 추출된 피부색 영역은 고립점, 적은 화소군, 많은 화소군 등으로 분리되어 있기 때문에 이를 하나의 영역으로 묶을 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 화소군간 연결성을 고려하지 않고 형태학적 처리의 영상팽창 처리를 적용하여 분리된 피부색 영역을 연결성을 갖는 하나의 영역이 되도록 하였다. 그림 10에 영상팽창 처리를 적용한 영상을 보였다.

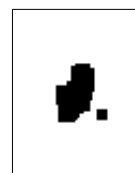


그림 10. 피부색 영역의 단일화 영상
Fig. 10. Unify image of skin color

형태학적 팽창 영상에 의한 영상 단일화를 한 피부색 영역에 대해 가로, 세로 scan을 통해 최소화된 얼굴 영역의 최소 사각형을 구하여 그 면적을 정의한다.



그림 11. 최소 사각형 영역 추출 영상
Fig. 11. Extracting of minimum rectangular

형태학적 처리의 팽창 처리를 통해 얻은 영상의 사슬부호를 사용하여 윤곽선을 추출하도록 하였다. 여기서 추출된 윤곽선 영역의 둘레와 윤곽선내 면적을 구하여 얼굴가림정보로 사용하게 된다. 또한 얼굴은 타원형으로 수직 성분이 큰 경향이 있기 때문에 한국인 표준으로 제시된 얼굴의 형태는 가로, 세로의 비율이 1.3~1.45정도로 나타나고 있기 때문에 이것 역시 얼굴 가림 정보로 사용되었다.

4.4 얼굴가림정보를 이용한 유사범인 추출



a. 정상얼굴 영상



b.1 가려진얼굴 영상



b.2 가려진얼굴 영상



b.3 가려진얼굴 영상

그림 12. 정상과 이상발생 영상
Fig. 12. Normal and abnormal image

본 연구에서는 얼굴 가림정보로 원형도, 최소 사각형내 피부색 밀도, 최소 사각형의 가로대 세로 비율 등을 사용하였다. 원형도는 윤곽선의 둘레와 윤곽선

내 면적을 이용하여 주어진 식을 사용하여 산출하였으며 그 범위는 0.53이하인 경우 얼굴 영역이 아닌 것으로 판별하였다. 피부색 밀도를 얼굴가림정보로 사용한 이유는 최소 사각형내 피부색의 밀도가 너무 적은 경우 얼굴의 형태가 아님을 나타내기 때문이다. 이때 적용한 임계치는 얼굴영역의 면적이 520이하인 경우 얼굴이 가려져 있는 것으로 판단하도록 하였다. 또한 초소 사각형의 가로대 세로 비율은 1.3~1.45의 범위에 있는 경우 온전한 얼굴로 판단하도록 하였다. 이 같은 얼굴가림정보를 기반으로 10 종류의 영상을 실험한 결과 1개의 영상이 얼굴 부분이 아닌 유사 피부색 영역에서 오류를 나타내 정상 얼굴로 판단하였다.

5. 결론

본 연구에서는 CCTV영상이라는 실시간 처리를 중심으로 빠르고 정확한 처리를 전제로 하여 얼굴가림 정보를 추출하여 보안시스템을 구축하는 방법을 제시하였다. 실험 결과 약 90%의 얼굴가림을 인지할 수 있어 시스템의 유효성을 갖고 있음을 알 수 있었다. 이 오류는 얼굴 인식이 가능한 영상임에도 불구하고 의상의 색상이 피부색과 유사함으로서 얼굴 영역의 피부색 영역이 크게 나타나 면적 비율이 커지게 됨으로써 인식 불가능하였다. 또한 피부색을 한국인으로 제한하였기 때문에 외국인의 경우 오류를 나타낼 수 있지만 이는 향후 여러 인종의 피부색을 연구하여 적용하면 쉽게 해결될 것으로 판단한다. 얼굴추정영역이 조명에 영향을 받아 색상의 변화가 생겨 정상적인 피부색 추출에 오류를 가져오게 된다. 침입자임에도 불구하고 정상이라는 오류를 갖게 되고, 이러한 부분에 대해서는 향후 스테레오비전시스템을 추가로 병행하거나 별도의 조명을 통한 일정한 조명을 함으로서 어느 정도 개선될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 연구과제로는 가면에 대한 방어 방법, 여러 인종의 피부색 적용, 빠른 시스템 구현 등을 행해야 하며, 스테레오비전 시스템을 적용시킴으로써 조금 더 정확하고 안정성 있는 시스템을 구현하게 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 2014년도 김포대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

[1] J.Heyood, "Robots meet machine vision", Photonics Spectra, pp.599-602, Jul 1991.
 [2] A. Pugh, Robot Vision, Springer-Verlag, 1983.
 [3] C Staffer W. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", in Proc IEEEConf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins CO, pp246-252, 1999.
 [4] K. M. Lim, H. N. Cho, K. M. Lee, S. J. Lee, "Back Ground Initialization Algorithm for Visual Monitoring System", Proc. of KICS conf., pp.223 2004.
 [5] Yepen Gyan and Lin Yang, "An unsupervised face detection based on Skin color and geometric information," Intelligent Systems Design and Application 2006, Vol.2, pp272-276, Oct. 2006.
 [6] R.Chellappa, C.L.Wilson and S.Sirohey, "Human and Machine Recognition of Face: A Survey," Proc. of the IEEE, Vol. 83, No.5, pp704-740,1995.
 [7] Berbar M. A., Kelash H. M. and Kandeel A. A., "Face and facial Features Detection in ColorImages," Geometric Modeling and Imaging New Trends 2006, pp.209-214, Jul. 2006.

[8] W. D. Yu, S. I. Oh, "Extraction of Face Regions based on Chromatic Distribution Information",KIISE, Vol 24, pp.180-192, 1997.
 [9] Jung Woo Lee, "Moving Object Detection in Indoor Environment based Edge Information", Graduate School of Kyung Hee, Master Thesis, 2006.
 [10] Ki Sang Kim, "Real-Time moving object tracking robust in occlusion using LK algorithm", Graduate School of Soongsil University, Master Thesis, 2008.
 [11] L. H. Park, "Modern Statistology", YoungChi, 2006.
 [12] Eric Hamilton, JPEG File Interchange Format Version 1.02 Sep. 1992.

◇ 저자소개 ◇



김수인(金洙仁)

1959년 1월 17일생. 1984년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업. 1991년 2월 광운대학교 산업대학원 졸업(석사). 2004년 2월 광운대학교 대학원 졸업(박사). 1984년 2월~1996년 2월 갑일전자 연구소. 1996년 3월~현재 김포대학교 항공전기전자과 부교수.