

# 영상디지털도어록용 단일 사람 검출 알고리즘 구현

신 성 환<sup>†</sup> · 이 상 략<sup>††</sup> · 최 한 고<sup>†††</sup>

## 요 약

영상디지털도어록(Video digital door lock, VDDL) 시스템은 문으로 출입하는 사람을 검출하고 사람 영상을 획득한다. 도어록 설계 시 고려할 사항은 배터리 기반으로 동작하므로 속도가 빠른 사람 검출 알고리즘을 적용하여 전류소모를 최소화해야 한다. 그리고 도어록은 고정된 카메라에서 영상을 촬영하므로 배경영상을 이용한 사람 검출이 높은 신뢰성을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 요구조건에 충족하며 VDDL에 적합한 단일 사람검출 알고리즘을 다루고 있는데, 획득한 영상에서 이동하는 물체를 감지하고 영상처리를 통해 물체가 사람인지를 판별한다. 제안된 영상처리 알고리즘은 두 단계로 이루어져 있다. 첫째, 배경영상과 피부색 정보를 통해 사람 이미지 영역을 구한다. 둘째, 인체비례 정보를 기반으로 폴라 히스토그램을 이용하여 사람 유무를 판단한다. 개발된 알고리즘은 도어록에 설치하고 실험을 통해 성능을 확인하였다.

키워드 : 폴라 히스토그램, 사람 검출, 영상디지털도어록, 영상처리

## Implementation of a Single Human Detection Algorithm for Video Digital Door Lock

SeungHwan Shin<sup>†</sup> · SangRak Lee<sup>††</sup> · HanGo Choi<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Video digital door lock(VDDL) system detects people who access to the door and acquires the human image. Design considerations is that current consumption must be minimized by applying fast human detection algorithm because of battery-based operation. Since the digital door lock takes an image through a fixed camera, detection of a person based on background image leads to high degree of reliability. This paper deals with a single human detection algorithm suitable for VDDL with fulfilling these requirements such that it detects a moving object in an image, then identifies whether the object is a person or not using image processing. The proposed image processing algorithm consists of two steps: Firstly, it detects the human image region using both background image and skin color information. Secondly, it identifies the person using polar histogram based on proportional information of human body. Proposed algorithm is implemented in VDDL and is verified the performance through experiments.

Keywords : Polar Histogram, Human Detection, Video Digital Doorlock, Image Processing

### 1. 서 론

최근 몇 년간 많은 주목을 받고 있는 컴퓨터 비전에서 중요한 연구의 흐름은 영상으로 부터 사람 행동을 이해하는 것이다. 그리고 이와 관련되어 다양한 분야에서 제품들이 출시되고 있으며 대부분은 보안과 관련되어 있다. 다른 제품들로는 게임, 영화를 위한 캐릭터 애니메이션, 텔레컨퍼런싱을 위한 아바타, 진보된 지능 유저 인터페이스, 스포츠와 의학을 위한 인체 행동 분석 등이 있다. 이러한 분야

에서 사람 행동의 복잡성을 이해하기 전에 먼저 이미지 또는 비디오에서 사람을 찾는 방법이 필요하다. 일단 사람이 검출되면 제품용도에 따라서 사람 행동을 판단하여 처리할 수 있다.

디지털 도어록은 비밀번호, RF통신, 생체인증 등 다양한 인증방식을 도입한 출입통제 장치로서 기계식 장치의 단점을 보완한 제품으로 보안 필요성 및 편리성 추구에 대한 요구가 커지면서 수요가 확대되고 있다. 영상디지털도어록에서는 영상획득 및 사람검출 기능이 요구되는데, 알고리즘 구현 시 제품 용도에 적합한 방법이 적용되어야 한다. 특히, 디지털 도어록은 배터리 기반으로 동작하므로 장치의 하드웨어 및 소프트웨어 설계 시 전류 소모의 최소화가 필수적이다.

사람검출 방법은 크게 배경제거 방법과 직접 검출방법으로 나눌 수 있다. 배경제거 기술에서는 먼저 배경을 제거하

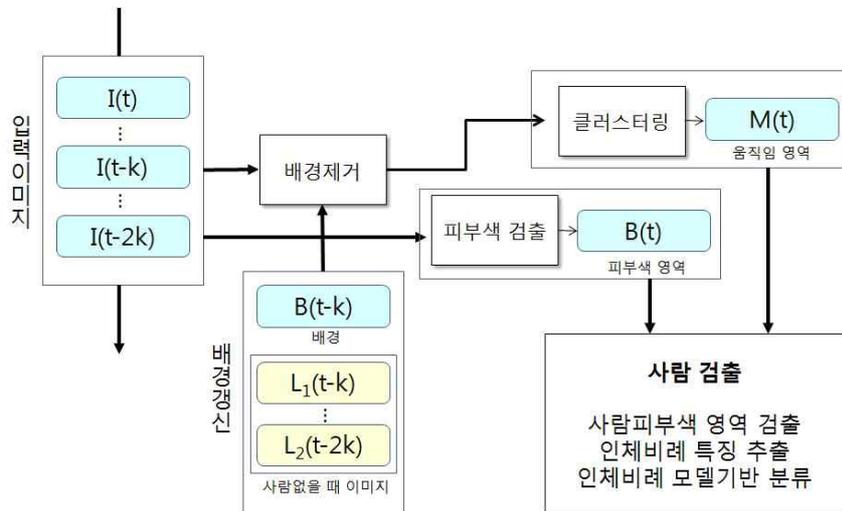
† 정 회 원: 국립금오공과대학교 전자제어공학과 공학석사  
†† 정 회 원: 국립금오공과대학교 전자공학부 박사과정  
††† 정 회 원: 국립금오공과대학교 전자공학부 교수  
논문접수: 2012년 1월 4일  
수정일: 1차 2012년 2월 22일  
심사완료: 2012년 3월 5일

여 이동물체를 검출한 후 물체를 분류한다. 분류에 사용되는 특징으로 사람 모양 모델기반[1], 웨이블릿 기반 특징[2], 외곽선 커브성분[3], 사람 특징벡터[4]를 사용하여 사람을 분류한다. 배경을 사용하지 않는 직접검출 기술들은 이미지 또는 비디오 자체에서 사람을 검출한다. 주어진 입력에서 사람인지 아닌지 분류하는데 사용하는 특징으로는 모양과 움직임 특징[5,6], 피부 색깔 검출, 특징 벡터[7] 등을 기반으로 사람을 검출한다. 직접검출에서 여러 개의 Haar-like 특징을 결합하여 고속으로 얼굴을 검출하는 방법[8]이 있다. 그러나 디지털도어록에서는 전력소모 최소화를 위해 상대적으로 빠른 영상처리가 요구되므로 한 개 특징만을 이용하는 방법을 사용하였다.

본 논문에서는 영상디지털도어록에 적합한 단일 사람검출 알고리즘을 제안하고 실험을 통해서 제안된 방법을 검증하고자 한다. 디지털 도어록에서 사람검출 알고리즘에 대해 연구된 내용들이 거의 없으므로 본 연구에서 제안한 기법은 이 분야에서 새로운 방법이라 할 수 있다. 제안된 방법은 배경영상을 사용하여 이동물체를 탐지하고 이동물체 영역 내에서 피부색 인식을 통해 사람의 피부색과 유사한 부분을 검출하고 인체비례정보를 기반으로 한 폴라 히스토그램을 사용하여 검출된 물체가 사람인지를 판별한다. 제안된 방법은 본 연구를 위해 제작된 디지털도어록에 설치한 후 실험을 통해서 알고리즘의 성능을 검증하였다. 실험결과에 의하면 제안된 방법은 사람검출 및 처리속도에서 만족스러운 성능을 보여주었으며 제품화에 적용 가능함을 확인하였다.

## 2. 사람검출 알고리즘 구현

사람검출을 위해 배경제거와 피부색 분포로 객체를 추출하고 인체 비례 정보를 이용하여 사람과 비-사람을 분류할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안된 사람검출 알고리즘 구성은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 사람검출 알고리즘 구성도

### 2.1 배경 모델링을 이용한 객체 추출

일반적인 배경 제거 알고리즘은 참조 영상으로부터 현재의 영상을 차감함으로써 객체 영역을 추출한다. 그러나 이 방법은 배경과 현재 영상 사이의 시간적 차이에서 오는 조명 등 환경의 변화를 포함하여 정확한 객체 추출을 보장하지 못한다. 본 논문에서는 디지털도어록에서 발생할 수 있는 환경적인 요인들을 살펴보고 이에 대응할 수 있는 배경 모델링 방법을 사용한다.

디지털도어록 배경에 미치는 환경 요인으로는 자연광에 의한 전체적인 밝기 변화, 갑작스런 광원에 의한 부분적 밝기 변화, 야간의 경우 조명에 의한 전체적인 밝기 변화와 사람이 없을 때 조명이 꺼져있는 경우이다.

배경영상은 초기에 이동물체가 존재하지 않으므로 입력되는 현재 영상을 사용한다. 이후의 배경영상은 식 (1)과 같이 재귀적으로 일정 시간간격으로 픽셀단위로 영상을 갱신한다.

$$\begin{cases} B_t = \alpha I_t + \beta B_{t-1}, & |B_{t-1} - B_t| < T \\ B_t = B_{t-1}, & \text{그 외 구간} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $I_t$ 와  $B_t$ 는 시간  $t$ 에서 입력과 배경영상이며, 반영 비율인  $\alpha, \beta$ 는 참고문헌[9]에서와 같이 각각 0.05와 0.95를 사용하였다. 이전 배경영상과의 밝기값 차이가 크지 않으면 갱신하고 차이가 큰 경우 갑작스런 광원으로 인식하여 갱신하지 않고 이전 배경영상을 배경영상으로 사용한다.

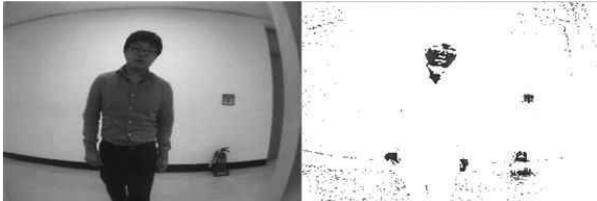
### 2.2 픽셀값 기반 피부색 영역 검출

입력 이미지에서 실험적으로 정해진 임계값을 사용하여 피부색 영역을 검출하는 방법들이 있다. YCbCr, RGB, HSV, YUV-YIQ 색상공간에서 임계값을 사용하여 피부색을 분류하며 계산량이 적은 장점이 있다.

피부색을 판단할 때 YCbCr, RGB, HSV 색상공간을 사용할 수 있으나, 본 연구에서는 참고 논문[10]에 따라서 RGB

색상공간을 사용하였다. 사람피부가 멜라닌 색소의 영향으로 인해 적색 성분이 많은 부분을 차지하고 있는 특징을 이용한 방법으로 실험을 통해 피부색 영역 임계치 설정을 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$R > 45, G > 40, B > 20 \text{ and } (Max(R, G, B) - Min(R, G, B) < 15) \text{ and } |R - G| > 15, R > G, R > B \quad (2)$$



(그림 2) RGB 공간에서의 피부색 후보영역

(그림 2)는 RGB 공간에서 피부색 영역 검출결과를 보여주고 있다. RGB 색상 공간에서 픽셀 임계값을 이용한 피부색 영역은 사람의 경우 백인, 흑인, 동양인의 조건 모두 충족하기 때문에 추출되는 영역의 색상 범위가 넓다. 또한 RGB 색상 공간의 특징상 채널 간에 연관관계가 높아 피부가 아닌 영역도 검출될 수 있는데, 배경영상에서 소화기, 바닥, 천장, 알람 표시, 창문 등 다양한 것이 추출될 수 있다. 이러한 검출 부분은 우선 피부색 후보영역으로 사용한다.

피부색 후보영역에서 사람의 피부영역만을 추출하기 위해서 아래와 같은 식을 사용한다.

$$SM(i, j) = \sum_{k=0}^N \sum_{l=0}^N M(i+k, j+l) \in FN(i, j) \quad (3)$$

$$F(x, y) = \begin{cases} 1, & SM(i, j) > N^2/2 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

식 (3)에서  $FN(i, j)$ 은 피부색 후보영역,  $M(i, j)$ 는 움직임 영역,  $SM(i, j)$ 은 영역 내의 움직임 합산 값이다. 식 (4)는 움직임 합산 값이 임계값보다 크면 피부색 영역으로 판단하는데,  $F(x, y)$ 는 검출된 피부색 영역이고, 임계값으로  $N^2/2$ 을 사용하는데, 본 연구에서는 실험을 통해  $N=8$ 로 사용하였다. 검출된 피부색 영역은 클러스터링된 객체들로 구성되며 가장 큰 분포를 갖는 부분을 얼굴영역으로 판단한다. (그림 3)의 왼쪽 그림은 피부색 후보영역과 이동물체가 중첩된 영상이며, 오른쪽 그림은 원 영상과 검출된 피부색 영역과 중첩된 영상이다.

위와는 다른 방법으로 간단하게 피부색 후보영역과 움직임영역의 AND 연산으로도 구현할 수 있으나 배경 갱신 성능이 떨어지는 경우 또는 움직임 영역의 클러스터링이 결과가 만족스럽지 못할 경우 원하지 않는 결과가 나타날 수 있다.

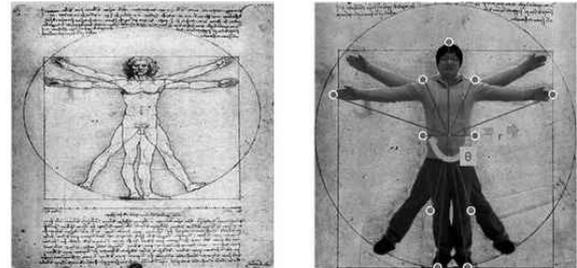


(그림 3) 피부색 후보영역과 검출된 피부색 영역

### 2.3 인체 비례 특징 추출

본 논문에서 제안하는 사람검출 방법은 두 단계로 구성된다. 인체비례 정보를 이용해 사람 특징을 추출한 후 미리 정의된 사람 특징과 비교하여 사람 유무를 판별한다.

(그림 4)는 “인체는 일정 비율을 가지고 있다”는 사람의 고유 특징을 이용하여 다빈치가 작성한 인체비례도로서, 두 팔을 벌린 길이는 신장과 같고 두 다리를 신장의 1/4만큼 벌리고 팔을 뻗어 중지를 정수리 높이까지 올린 다음 원을 그리면 그 중심은 배꼽이 되며, 배꼽과 두 다리 사이의 공간은 정확한 이동변 삼각형이 된다. 다빈치는 이를 증명하기 위해 인체의 외곽에 정사각형과 원을 그려 넣었다[11].



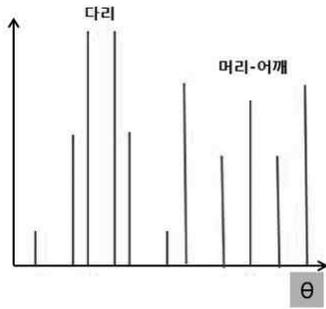
(그림 4) 비트루비우스의 인체비례와 폴라 히스토그램 적용

본 논문에서는 사람 특징 검출을 위하여 폴라 히스토그램을 적용한다[12]. (그림 4)와 같이 인체 중심에서 인체의 외곽을 내접하는 원을 중첩시키고, 식 (5)와 같이  $\theta$ 에 따라 중심으로부터 반경  $R$ 까지의 밝기값들을 더한다.

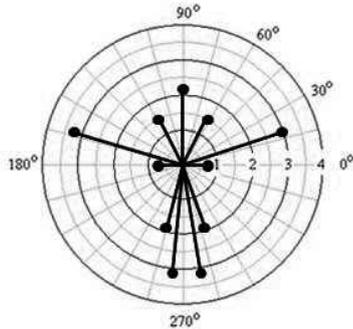
$$H(\theta) = \sum_{r=1}^R M(x_{r\theta}, y_{r\theta}) \quad (5)$$

$$x_{r\theta} = x_{center} + r \cos \theta, y_{r\theta} = y_{center} + r \sin \theta \quad (6)$$

여기서  $H(\theta)$ 는 회전각  $\theta$ 에 따른 히스토그램 값이고,  $M(x, y)$ 는 이동물체 영역의 이진값이고,  $r$ 은 중심으로부터 거리이다.  $r$ 은 1부터  $R$ 까지,  $\theta$ 는 0도부터 360도까지 일정한 간격으로 나눌 수 있으며  $r$ 과  $\theta$ 에 따라 성능 및 속도가 결정된다.



(a) 직교좌표계

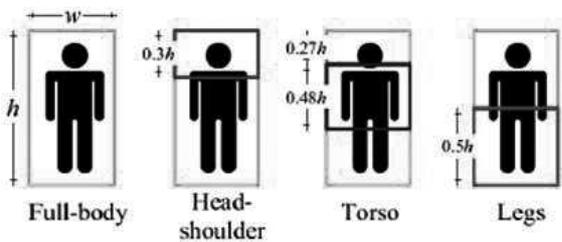


(b) 원형좌표계

(그림 5) 폴라 히스토그램의 도식화

적절한  $r$ 과  $\theta$ 를 정하여 폴라 히스토그램을 구하면 (그림 5)와 같이 직교좌표계와 원형좌표계로 나타낼 수 있다. 원형좌표계를 살펴보면 사람의 모양과 유사함을 알 수 있다.

2.4 인체 비례 특징을 이용한 사람 분류



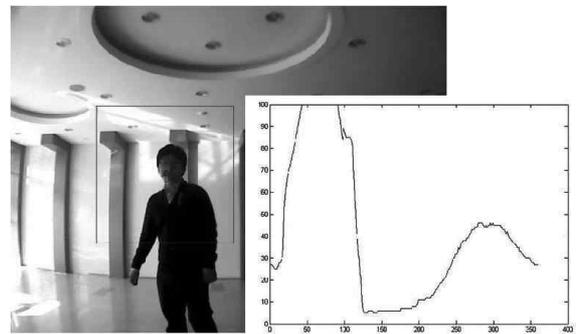
(그림 6) 사람 검출 대상

(그림 6)과 같이 사람 검출의 대상이 되는 부분은 전신, 머리-어깨, 몸체, 다리, 얼굴이 있으며, 용도 및 성능에 따라서 하나 또는 하나 이상의 결합을 사용한다. 도어록이 개방된 실내에 설치된 경우 촬영 영상은 전신이 나오고 폐쇄된 실내에서는 대부분 상반신이 나타나므로 본 논문에서는 사람과 비-사람을 분류하기 위하여 사람의 머리-어깨를 포함하는 상반신을 검출 대상으로 한다. 상반신을 대상으로 할 경우 모든 상황에 대처가 가능하다.

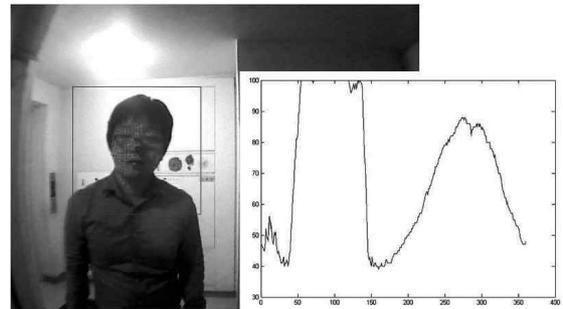
피부색 영역을 찾은 후 인체비례 특징값을 구하는 방법은 다음과 같다. 피부색 영역 검출을 통해 인식한 얼굴영역의

중심을 구하고, 이를 기준으로 일정한 윈도우 크기를 갖는  $R$ 값을 정한 후 폴라 히스토그램을 적용하여 히스토그램 값을 추출한다.

개방된 실내와 폐쇄된 실내에서 촬영된 영상이 차이가 있다. 개방된 실내에서는 근접센서의 전 방위에 장애물이 없어 사람 전신이 들어왔을 때 촬영되고, 폐쇄된 실내는 벽이 존재하여 문 앞에 도착할 때 촬영된다. (그림 7)과 (그림 8)에서 확인할 수 있듯이 영상에 차이가 있음에도 폴라 히스토그램 값의 분포를 살펴보면 상반신의 머리, 어깨 부분이 구분되는 것을 볼 수 있다. 즉, 진폭 값의 차이는 있으나 분포 형태가 유사하다.



(그림 7) 개방된 실내에서의 폴라 히스토그램

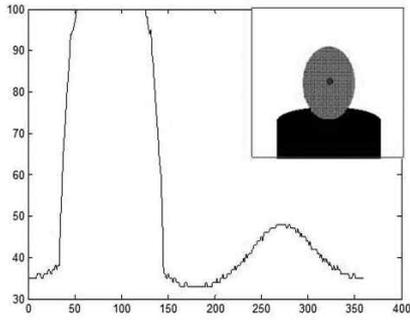


(그림 8) 폐쇄된 실내에서의 폴라 히스토그램

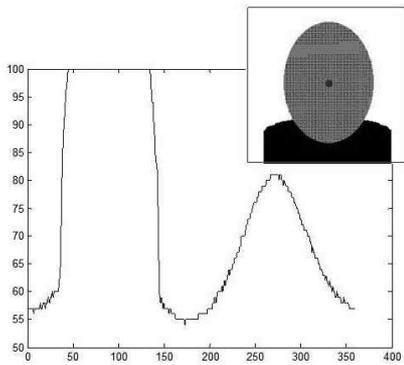
따라서 사람과 비-사람을 판별하기 위하여 분포의 유사도를 구하면 된다. 상반신 사람의 형상을 가지는 데이터베이스를 미리 만들고 획득한 영상에서 구한 히스토그램과 비교하여 결정한다. 히스토그램 비교 방법을 위해 Correlation, Chi-Square, Intersection, Bhattacharyya distance 등이 있으며 본 논문에서는 식 (7)의 카이제곱 거리 방법을 사용하였다.

$$d(H(\theta), \hat{H}(\theta)) = \frac{1}{2} \sum_{\theta} \frac{[H(\theta) - \hat{H}(\theta)]^2}{H(\theta) + \hat{H}(\theta)} \quad (7)$$

$H(\theta)$ 는 현 영상의 폴라 히스토그램 값이고  $\hat{H}(\theta)$ 는 (그림 9)와 같이 사람으로 정의한 폴라 히스토그램 값이다.  $d(H(\theta), \hat{H}(\theta))$  값이 임계값 이내이면 사람으로 판별한다.



(a) 개방형 실내



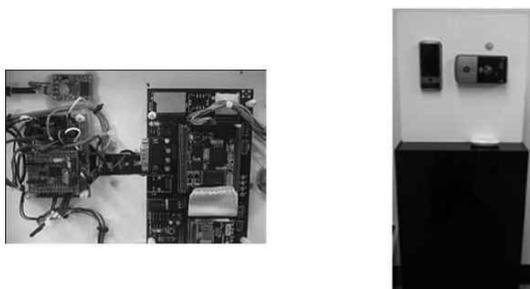
(b) 폐쇄형 실내

(그림 9) 판별 모델  $\hat{H}(\theta)$

### 3. 실험내용 및 결과

#### 3.1 실험환경 및 방법

제안된 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 (그림 10)과 같은 영상디지털도어록 하드웨어를 제작하였다. S3C6410의 ARM11 667MHz CPU를 사용하며 리눅스 커널 2.6.38에서 소프트웨어를 구현하였으며, 영상획득을 위해 OV9665 카메라를 1.2m 높이에 설치하여 실험하였다. 소비전류를 최소화하기 위해 영상처리 시간, 카메라 active 시간과 데이터송수신 시간을 최소화하도록 설계하였다. 특히, CPU 처리시간을 줄이기 위해 영상처리에 사용되는 알고리즘 구현을 최소화하였다.



(a) 내부 하드웨어 (b)설치된 모습  
(그림 10) 실험에 사용된 영상디지털도어록

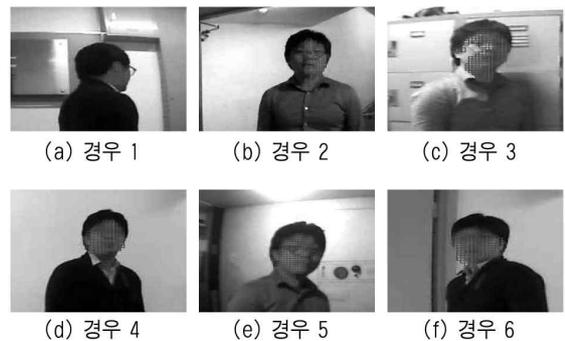
사람검출 알고리즘에서 사람 특징을 찾기 위해 피부색을 검출하며 사람 인식을 위해 인체비례 정보를 사용한다. 3.2절에서는 측광 및 역광 조명상황에서 피부색 분포를 살펴보고 전체적인 조명 밝기, 피부색과 유사한 백열등 사용, 피부색 알고리즘의 임계기준에 맞지 않는 피부색으로 나타나는 검출 예를 살펴본다. 3.3절에서는 빌딩로비, 강의실 앞, 사물함 배경, 반사되는 간판이 있는 배경 등 일반 실내에서의 사람 검출의 폴라 히스토그램 분포를 보고, 도어록이 많이 설치되는 아파트의 광원 위치에 따른 분포를 살펴본다.

3.4절에서는 기존 방법과 비교를 위해 도어록으로 진입하는 방향에 따라서 실험하였으며, 한국인을 대상으로 수행하였다. 실험영상으로 서로 다른 사람 10명이 7개의 다른 각도에 따라 3번 씩 촬영하여 640x480 해상도의 210장을 사용하였다.

#### 3.2 피부색 검출

본 실험에서는 이동물체 감지 후 피부색 영역이 일관성 있게 검출되는지를 확인하였다. (그림 11)은 정상적 검출을 보여주고 있는데, 붉은 색 영역이 검출된 피부색 영역이다. 조명 위치에 따라 미세한 차이를 보이는데 조명이 정면 또는 뒤에 존재하는 경우 양호한 결과 (그림 11의 (b),(d),(e))를 보여 주었다.

피부색 검출 방법이 RGB 색상값을 임계 기준으로 결정하므로 밝기 및 조명에 영향을 받는다. (그림 12)는 검출이 실패한 경우로서, (a)는 실내에 조명이 없고 외부에 광원이 있어 역광이 나타나 물체의 밝기값이 어두워진 경우, (b)는



(그림 11) 정상적인 피부색 영역 검출 예

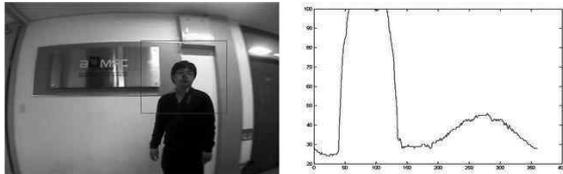


(그림 12) 피부색 영역 검출에 실패한 경우

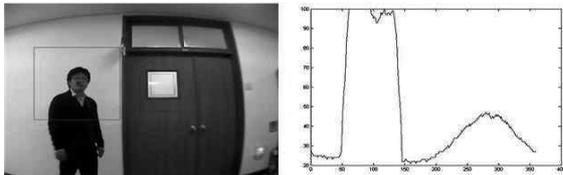
피부색 알고리즘 임계기준에 적합하지 않은 얼굴색인 경우, (c)는 옷의 색상이 피부색과 유사한 경우, (d),(e)는 백열등 조명과 옷 색상이 혼합되어 피부와 유사한 경우, (f)는 실내 조명이 없어 전체적인 영상 밝기가 어두운 경우이다.

3.3 사람 검출

본 실험에서는 피부색 검출 후 일정 기준에 따라 일관성 있게 사람검출이 가능한지 확인하였다. (그림 13(a))는 조명이 일정한 경우 정상적인 사람 검출과 폴라 히스토그램 분포를 보여주고 있는데, 히스토그램 분포가 사람 판별 모델과 매우 유사함을 확인할 수 있다. 그림 내의 붉은 사각형 영역은 히스토그램 적용을 위한 윈도우, 붉은 점들은 피부색 영역, 중앙의 파란색 점은 얼굴 중심을 각각 나타낸다.



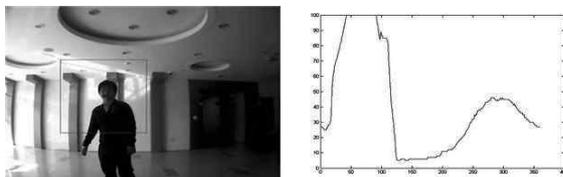
(a) 경우 1



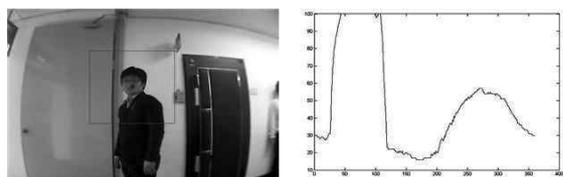
(b) 경우 2

(그림 13) 조명이 일정한 경우의 사람검출

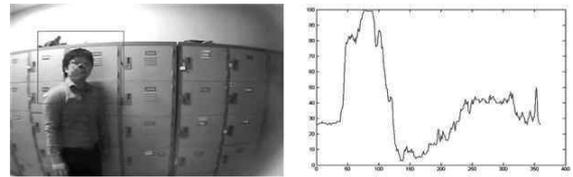
사람 검출을 위해 사용하는 사람 판별 모델은 정면의 사람을 기준으로 한다. (그림 14)는 조명이 측광인 경우로서 (a),(b)와 같이 비스듬히 섰을 때 분포의 폭이 약간 변한 것을 확인할 수 있으며, 조명에 의해 이동물체 영역의 모양이 (c)와 같이 일그러지는 경우가 있다. 이러한 경우에도 분포의 모양이 유사하므로 판별하는데 문제가 없다.



(a) 경우 1



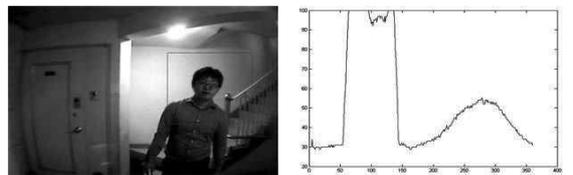
(b) 경우 2



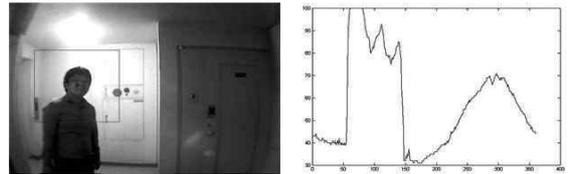
(c) 경우 3

(그림 14) 측광조명의 경우 사람검출

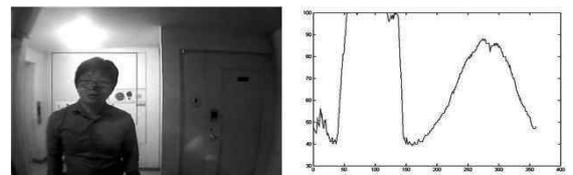
디지털도어록의 주요 사용 장소인 아파트에서도 실험을 수행하였는데, 공간이 협소하여 센서가 검출하는 거리가 대체로 짧다. (그림 15(a))는 계단을 통해서 도어록으로 접근하는 경우이며 광원이 도어록과 먼 곳에 위치한 경우로서 적절한 밝기가 사람에게 비추어 잡음 현상이 적다. (b)는 엘리베이터를 통해 접근하는 경우이며 광원이 도어록과 가까운 거리에 있어 잡음이 많이 포함되어 있다. (c)는 엘리베이터에서 빠르게 접근한 경우로서 가까운 거리에서 촬영된 영상에 대한 결과이다. 이 경우에도 분포의 모양은 유사하다.



(a) 경우 1



(b) 경우 2



(c) 경우 3

(그림 15) 패쇄된 실내에서의 사람검출

3.4 기존 방법과의 비교

디지털 도어록에서는 근접센서를 통해 이동물체가 탐지되기 때문에 카메라와 사람사이의 거리가 거의 일정하다. 따라서 거리에 따른 실험보다는 사람 얼굴과 카메라 방향과의 각도에 따른 피부색 검출 실험이 요구된다. 이를 위해 본 실험에서는 실제 도어록이 설치된 것과 유사한 상황을 연출하기 위해 진입하는 사람의 각도를 달리하여 실험하였다. 영상디지털도어록 분야에서 사람검출에 대해 직접적인 비교를 위한 기존 연구가 없어, 본 논문에서는 사람검출에서 가장 일반적인 방법으로 Ferrari가 제안한 Histogram of Oriented

Gradients 기반의 사람 특징을 이용하여 크기 변화에 강인한 사람 검출을 수행하는 알고리즘을 사용하였다[13].

제안된 사람검출 알고리즘을 평가하기 위해 다음 2가지 항목에 대해 기존방법과 비교하였다: 사람검출 성과와 영상 처리 시간. 영상처리 시간은 실시간 동작이 가능한지를 판단하기 위해 이미지 획득에서 사람 검출까지의 소요시간에 대해 조사하며, 사람검출 성능에서는 아래와 같은 세 가지 식에 따라서 평가하였다[14].

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \tag{8}$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

여기서 TP는 True Positive, TN은 True Negative, FP는 False Positive, FN은 False Negative이다. Precision은 검출결과가 true라고 판단 한 것 중에서 실제 true인 비율이고, Recall은 실제 true중 얼마나 많은 true를 찾았는지의 비율이며, Accuracy는 정량적인 측정 정확도를 나타낸다. <표 1>은 사람이 도어록을 바라보는 각도를 0°로 할 때 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°의 각도에 따라 검출 성능을 비교하고 있는데 TN은 두 방법에서 0개로서 표시하지 않았으며, <표 2>는 프레임 당 처리시간을 비교하고 있다.

<표 1> 사람 검출 성능 비교

회전 각도	TP	FP	FN	Precision (%)	Recall (%)	Accuracy (%)
기 존 방 법	90°	1	0	29	100.0	3.3
	75°	9	5	16	64.3	36.0
	60°	16	4	10	80.0	61.5
	45°	25	2	3	92.6	89.3
	30°	25	0	5	100.0	83.3
	15°	27	0	3	100.0	90.0
	0°	27	0	3	100.0	90.0
전체 평균	130	11	69	92.2	65.3	61.9
0°~45° 평균	104	2	14	98.5	89.0	90.3
제 안 방 법	90°	26	0	4	100.0	86.7
	75°	24	0	6	100.0	80.0
	60°	29	1	0	96.7	100.0
	45°	30	0	0	100.0	100.0
	30°	29	1	0	96.7	100.0
	15°	28	1	1	96.6	96.6
	0°	25	3	2	89.3	100.0
전체 평균	191	6	13	97.0	93.6	91.0
0°~45° 평균	112	5	3	95.7	97.4	93.3

<표 2> 처리시간/프레임

회전각도	기존방법[ms]	제안방법[ms]
90°	33517	639.8
75°	33254	652.8
60°	33421	615.1
45°	33254	644.2
30°	33488	604.2
15°	33342	650.8
0°	33342	628.7
평균	33374	633.0

제안방법은 기존방법에 비해 0°~90° 각도에 대해 평균 Precision, Recall, Accuracy에서 각각 4.8%, 28.3%, 29.1% 높게 측정되었다. 특히, 기존방법이 각도범위가 0°에서 45°까지 유용한 알고리즘임을 고려할 때 0°~45°에 대한 평균 Recall, Accuracy에서 각각 8.4%, 3.0% 높게 Precision에서는 2.8% 낮은 결과를 보여주었다. Precision에서는 다소 떨어지지만 사람검출에 대한 전체 성능은 Accuracy로 결정되므로 전체적으로 볼 때 각도에 무관하게 기존방법에 비해 우수하다고 할 수 있다.

기존방법은 배경영상이 별도 필요하지 않고 카메라와 사람사이의 거리에 대한 제한이 없으며 여러 사람을 동시 검출할 수 있는 장점이 있으나 영상처리 시간이 많이 소요되고 다양한 각도에서 적용할 수 없는 단점이 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 영상디지털도어록에 적용하기 위해 피부색 검출과 인체비례 특징을 이용한 폴라 히스토그램 기반의 사람검출 알고리즘을 제안하였으며 실제 제작된 도어록 장치에 설치하여 실험을 통해 검증하였다. 제안된 방법은 기존 방법에 대해 사람 검출 정확도(91%)와 처리시간(633ms)이 우수한 것으로 확인되었으며, 특히 도어록이 배터리 기반으로서 저전력으로 동작해야 하므로 제안된 알고리즘은 처리 시간이 짧아 영상디지털도어록에 적합하다고 할 수 있다. 제안된 방법은 가정 및 사무실 등의 현관에 설치되는 디지털도어록의 원격 모니터링 및 제어기능을 위해 제품에 적용하고 있다.

향후 연구방향은 현재 사용한 피부색 검출 방법이 다양한 조명조건, 주위 구조물 환경에 검출의 한계가 있으므로 색상에 상관없고 밝기 변화에 강인한 사람 특징 추출 알고리즘을 보완해야 한다. 그리고 다수의 사람이 동시에 나타날 경우에 대한 연구도 수행해야 할 것이며, 사람 판별에서도 검출 후 포즈를 인식하여 응용 범위를 넓힐 것이다.

#### 참 고 문 헌

[1] H. Eng, J. Wang, A. Kam, and W. Yau, "A bayesian framework for robust human detection and occlusion handling using a

human shape model,” International Conference on Pattern Recognition, 2004.

[2] H. Elzein, S. Lakshmanan, and P. Watta, “A motion and shapebased pedestrian detection algorithm,” IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.500-504, 2003.

[3] D. J. Lee, P. Zhan, A. Thomas, and R. Schoenberger, “Shape-based human intrusion detection,” SPIE International Symposium on Defense and Security, Visual Information Processing XIII, 5438:pp.81-91, 2004.

[4] Jianpeng Zhou and Jack Hoang, “Real time robust human detection and tracking system,” IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.3, pp.149-149, 2005.

[5] P. Viola, M. J. Jones, and D. Snow, “Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance,” IEEE International Conference on Computer Vision, Vol.2, pp.734-741, 2003.

[6] H. Sidenbladh, “Detecting human motion with support vector machines,” Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, Vol.2, pp.188-191, 2004.

[7] Navneet Dalal and Bill Triggs, “Histograms of oriented gradients for human detection,” IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1063-6919, 2005.

[8] P. Viola and M. Jones, “Robust real-time face detection”, Computer Vision, IEEE International Conference on, Vol.2, pp.747, 2001.

[9] M. Piccardi, “Background subtraction techniques: a review,” Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference, Vol.4, pp.3099-3104, 2005.

[10] J. Kovac, P. Peer, F. Solina, “Human skin color clustering for face detection,” EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8, Vol.2, pp.144-148, 2003.

[11] Leonardo da Vinci, “Vitruvian Man Study of proportions from vitruvius’s De Architecture,” Gallerie dell’Accademia, Venice, 1492.

[12] B. Serge, M. Jitendra, P. Jan, “Shape matching and object recognition using shape contexts,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.24, 2002.

[13] V. Ferrari, M. Marin-Jimenez, and A. Zisserman, “Progressive search space reduction for human pose estimation,” Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008.

[14] Olson, L. David, Delen, Dursun, “Advanced data mining techniques,” Springer: 1 edition, pp.138, 2008.



### 신 성 환

e-mail : gotitle@naver.com

2009년 국립금오공과대학교 전자공학부  
(학사)

2012년 국립금오공과대학교 전자제어공학과  
공학석사

관심분야: 얼굴인식, 객체추적, 사립검출



### 이 상 락

e-mail : hl5ntr@unitel.co.kr

1997년 계명대학교 전자공학과(학사)

2006년 국립금오공과대학교 전자제어공학과  
(공학석사)

2008년~현 재 국립금오공과대학교  
전자공학부 박사과정

2005년~2009년 (주)삼전 IT사업부 사업부장(상무이사)

2009년~현 재 (주)도란도란 기술부사장

관심분야: 영상압축 및 전송, 실시간 원격 모니터링



### 최 한 고

e-mail : hgchoi@kumoh.ac.kr

1979년 경북대학교 전자공학과(학사)

1988년 플로리다대학교 전기전자공학과  
(공학석사)

1992년 플로리다대학교 전기전자공학과  
(공학박사)

1979년~1986년 국방과학연구소 연구원

1993년~현 재 국립금오공과대학교 전자공학부 교수

관심분야: DSP, 컴퓨터비전, 생체 신호처리