Proceedings of KFIS Autumn Conference 2006 Vol. 16, No. 2.

영상 처리를 이용한 움직이는 인체 검출

Moving Human Detection using image processing

김용삼, 송창규, 유병진, 전명근

충북 청주시, 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부
E-mail : mgchun@chungbuk.ac.kr

요 약

최근 절전에 대한 의식이 높아짐에 따라 이 문제를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 건물 내의 인체를 검지하여 불필요한 전력 소모를 줄이기 위한 방법으로써 카메라를 통하여 실시간으로 영상을 취득하여 인체의 유무를 판단하기 위한 알고리즘을 구현하였다. 실험을 통하여 제안된 방법이 환경 변화에 강인한 특성과 인체 검출율이 우수함을 보이고자 한다.

Key Words : image processing, human detection, circle detection

1. 서 론

오늘날 세계는 고도의 경제 성장과 생활 수준의 향상으로 에너지 사용이 증가함에 따라 자원의 고갈현상과 환경오염문제에 직면하고 있다. 대부분의 에너지를 해외에서 수입하고 있는 국내 현실에 비추어 볼 때, 에너지 절약을 위한 종합적이면서 장기적인 대책방안이 불가피하다. 따라서 정부에서는 에너지 절약 차원으로 효율적인 에너지 소모를 도모키 위한 세제 개편과 고효율 기자재 지정, ESCO(energy service company)사업 등과 같은 기술개발지원책을 개발 운영 중에 있다 [1]. 그러나 정부의 에너지 정책과는 달리 국민 대다수의 에너지 절약 의식은 매우 미약하여 주변에서 에너지를 낭비하는 경우가 발생한다. 특히, 개인의 지출과 무관한 학교, 일반 사무실 등 공공 장소에서의 에너지 낭비 사례는 심각한 수준이다. 일례로, 수업이나 업무가 시작될 때는 좋은 환경을 위하여 능동적으로 설비를 동작시키지만, 수업이나 업무가 끝나면 조명이나 냉난방 시설을 자발적으로 정지시키는 경우는 드물다.

이러한 에너지 낭비 사례를 해결하기 위해 인체 감지 모듈을 이용한 에너지 절감장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2][3]. 인체 감지를 위한 방법으로는 적외선 센서를 이용하는 방법과 CCD 카메라를 이용하는 두가지 방법으로 시도되고 있다. 적외선 센서를 이용하는 방법은 인체에서 발생하는 적외선을 감지하여 인체 유무를 판정하는 방식으로 현재 널리 사용되고 있다. 이 방법은 응답 특성이 우수하여 수십~100[msec]내에 인체의 움직임에 대하여 응답하지만, 순간 온도 변화시 발생된 전하는 주변 전하와 순간적으로 중화되어 버림으로 신호는 사라져 적외선에 계속 감지되어도 온도 변화에 대한 신호가 유지되지 못하기 때문에 연속적인 신호를 출력하지 못하여 전기기구의 작동이 정지되는 문제점이 있다 [3].

최근 컴퓨터 비전 기술 기반으로 CCD카메라등을 이용한 움직임 정보가 존재하는 물체를 검출하고 인지하는 연구 방법이 활발히 진행되고 있다. 그러나 이 방법은 인체 유무를 직접적으로 판단하기 보다는 물체를 실시간으로 자동 추적하는 무인 감시 시스템, 지능형 교통 시스템, 자율로봇 이동시스템 등에 초점을 두어 에너지 절약 측면에서의 접근 방법과는 다소 차이가 있다. 또한 정밀한 추적을 위해서 고가의 영상 카메라를 사용하는 문제점과 테이터 양이 방대한 영상의 계산 속도를 위해서 상당한 고가의 시스템으로 구축해야하는 문제점도 지적되고 있다[4][5].

따라서 본 논문에서는 USB 웹 카메라를 이용하여 경제적이면서도 처리속도가 우수한 인체 검지 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 실시간 영상을 받아서 전처리 과정을 거친 이진 영상을 대상으로 원형검출 기법을 통하여 사람의 머리를 검출한 후 인체의 출입 및 외출을 판단하도록 되어 있다. 제안된 방법은 LABVIEW 프로그램으로 알고리즘을 구현 한 후 실시간 영상에 대하여 검출 능력의 우수성을 보였다.

2. USB 웹 카메라를 이용한 인체검지 알고리즘

2.1 시스템 구성

본 논문에서 제안된 시스템 구성도를 그림 1에 나타냈다. 그림 1에서 보는 바와 같이 출입문 위에 웹 카메라를 설치하여 실시간으로 취득한 영상을 이용하여 출입 및 외출하는 인체를 감지하도록 되어 있다. 그림 2에서는 제안된 인체검지 알고리즘의 흐름도를 나타냈다. 그림 2에서 보는 바와 같이 카메라에서 얻은 실시간 영상은 전처리 과정을 수행 한 후 원형검출을 통하여 인체의 유무를 판정하여 특정 공간내에 존재하는 사람의 수를 산출하게 된다.

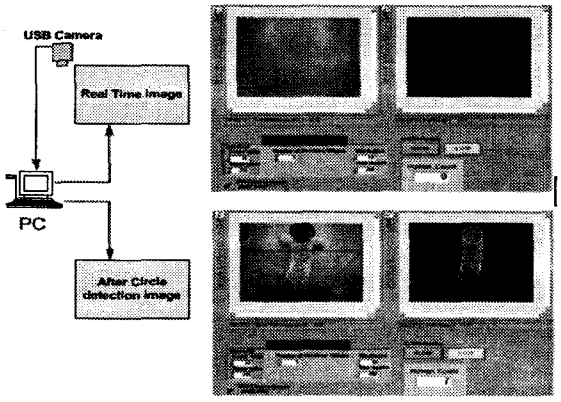


그림 1. 시스템 구성도

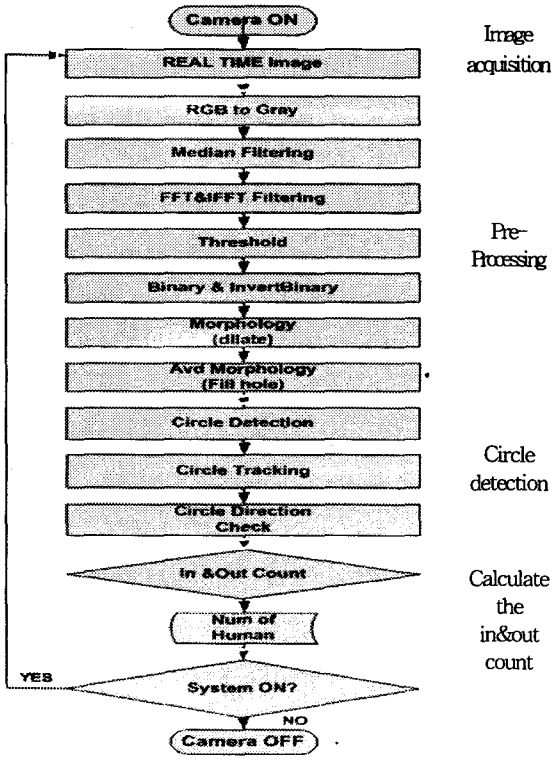


그림 2. 제안된 알고리즘 흐름도

2.2 전처리 과정

CMOS 카메라로 취득한 영상은 효과적으로 원형 모양의 사람 머리를 검출하기 위하여 여러 단계의 전처리 과정을 수행하게 된다. 우선, 취득된 칼라 영상은 데이터 양이 방대하여 영상 처리시 많은 시간을 소유하게 되므로 칼라 영상을 계산량이 간단한 그레이 영상으로 변환하여 다양한 영상처리를 수행한다.

다음 단계로 Median 필터와 FFT 필터링에 의해 조명이나 주위 잡음에 강인하도록 하였다. Median Filter는 식 (1)에서 보는 바와 같이 화소 주변에 있는 명암도의 중간값으로 화소값을 대치하는 필터로서, 잡음에 대한 영상을 줄이기 위해 주로 사용되는 방법이다..

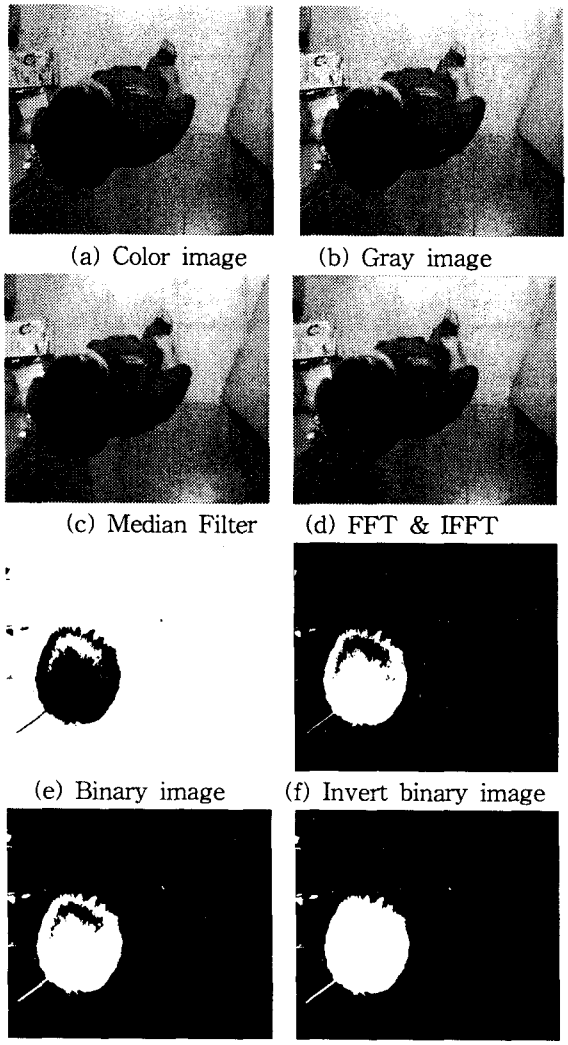
$$\hat{f}(x,y) = median_{(s,t)\in S_{xy}}\{g(s,t)\} \qquad (1)$$

FFT 필터는 저주파 통과필터를 이용하여 잡음 등이 존재하는 고주파 성분에 대한 영상을 제거하였다. 필터링 과정이 끝난 영상은 이진 영상으로 변환을 한다. 이진 영상으로 변환을 하기 위해서는 식 (2)에서 보는 바와 같이 임계값 결정이 중요한 요소이다. 본 논문에서는 인체검지를 위해 인체의 요소 중 원형 모양의 머리에 초점을 맞추었기 때문에 원형의 머리 부분만이 취득되도록 임계값을 설정하였다.

$$s(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x,y) < T \end{cases} \qquad (2)$$

본 논문에서는 인체검지를 위해 원형모양의 사람의 머리를 검출하는데 초점을 맞추었다. 그러나 조명 등의 영향에 의해 정확한 원형의 머리를 취득하는데 한계가 있어, 얻어진 이진 영상을 이용하여 팽창(Dilate)과 구멍채움(Fill hole) 과정을 거쳐 원하는 머리 모양의 원형을 검출하였다. 즉, 식 (2)에서 보인 바와 같이 임계값을 이용하여 이진영상으로 변환하였다. 그러나 이렇게 하더라도 조명에 의한 반사 등에 의하여 원형 모양의 머리 영역부분의 픽셀값이 끊기는 부분이 발생하게 되므로, 형태학적 기법인 Dilate을 이용해서 끊어진 픽셀 부분을 팽창시켜 이어준 후, 원형 채움 효과에 의해 원하는 원형 모양의 머리를 취득하게 된다.

그림 3에서는 전처리 과정별로 얻어진 영상을 나타냈다. 이러한 과정을 실시간 영상에 적용해서 영상처리를 하게 되는데, 카메라의 해상도를 높게 하면 연산 처리 속도가 현저히 떨어지게 된다. 따라서 해상도가 다소 떨어지더라고 인체의 원형검출에 영향을 주지 않으면서 빠른 계산 속도를 위해 해상도를 160x120로 설정하였다.



(a) Color image (b) Gray image

(c) Median Filter (d) FFT & IFFT

(e) Binary image (f) Invert binary image

(g) Dilate (h) Fill hole

그림 3. 전처리 과정을 통해 얻어진 영상

2.3 Circle Detection

인체를 식별하기 위한 방법으로 많은 연구가 진행 중에 있다. 본 논문에서는 카메라를 통하여 얻어진 영상 중에서 인체의 머리를 인식하는 방법에 기반을 둔 인체 검지 알고리즘을 제안한다. 인체 영상의 경우 그림 3에서 보인 바와 같이 다양한 전처리 과정을 수행한 후 최종적으로 원형의 머리 영상이 얻어진다.

이러한 원형의 영상을 판별하는 방법으로는 최소 제곱법, 클러스터링 기법, 진화 알고리즘, 허프 변환같은 방법들이 사용되고 있다[6]. 본 연구에서는 Heywood factor를 이용하여 영상의 형태를 판별하는 방법을 사용하였다[7]. Heywood factor를 이용하여 원형을 검출하는 방법은 그림 4에서 보는 바와 같이 영상의 중심점을 지나는 최대길이와 최소길이를 측정하여 식 (3)과 식(4)을 이용하여 원형 척도를 계산하는 방식이다. 이전 연구에 의하면, 그림 5에 나타낸 다양한 모양의 영상에 대하여 실험한 결과 표 1에 나타낸 Heywood factor 값이 산출되는 것으로 나타났다[7]. 표 1에서 보는 바와 같이 인자 값이 1에 가까울수록 영상의 형태는 원형을 가짐을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서도 전처리 과정을 수행하여 얻어진 영상값에 대해서 Heywood factor 값을 산출한 후, 정해진 임계값에 이용하여 원형의 유무를 판정하여 인체의 출입 여부를 판단한다.

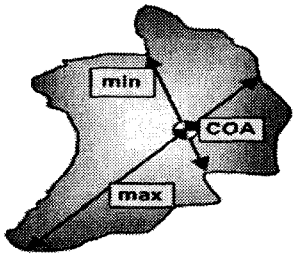


그림 4. 영상의 중심을 지나는 두 선분

$$r_{rmsd} = \sqrt{\frac{(r_{\max} - r_{mean})^2 + (r_{mean} - r_{\min})^2}{2}} \quad (3)$$

$$S_F = \frac{r_{sd}}{r_{mean}} \quad (4)$$

그림 5. Heywood factor를 이용한 영역

표 1. 다양한 모양에 따른 Heywood factor

Shape	Aspect Ratio			Shape Factor
	Theoretical	Measured	Error	Measured
Circle	1.000	0.97	3.0	0.01
Square	0.707	0.71	0.4	0.19
Star	N/A	0.60	N/A	0.26
Cross	0.447	0.48	7.4	0.34
Explosion	-	0.49	N/A	0.36

3. 실험 및 결과

인체의 출입 및 외출 여부를 판별하기 위하여 그림 6에서 나타낸 바와 같이 Line1과 Line2를 경계로 하는 두 개의 검지 영역을 설정하였다. 즉, 원형 검출을 이용하여 인체를 판별한 후 원의 중심점을 추적 및 원형이 존재하는 검지영역을 검출하여 인체의 출입 및 외출 여부를 네 단계로 구분하여 판단한다. 우선, 출입의 여부는 1단계에서 A영역과 B영역에서 원형이 없는 상태로부터 시작하여 2단계에서 B영역이 원형 검출되고 A영역이 원형 검출이 없는 경우, 3단계에서 A영역과 B영역 모두 원

형이 검출 된 경우, 마지막 4단계에서 A영역과 B영역에서 원형이 없는 경우로 네 경우 모두 만족할 경우 출입한 것으로 판단한다. 외출인 경우에는 표 2에서 보는 바와 같이 출입의 경우와 반대로 판단기준표를 수립하여 판단한다. 그림 7과 그림 8에서는 출입 및 외출시 제안된 방법에 의해 검출된 원형의 이동특성에 대해 나타냈다.

표 2.출입 및 외출 판별표

출입하는 경우				
검지영역	1단계	2단계	3단계	4단계
A 영역	False	False	True	False
B 영역	False	True	True	False
외출하는 경우				
검지영역	1단계	2단계	3단계	4단계
A	False	True	True	False
B	False	False	True	False

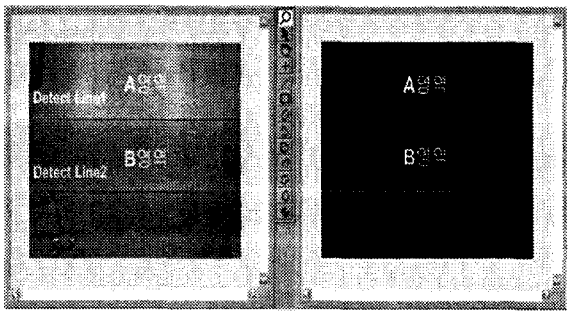


그림 6. 검지 영역

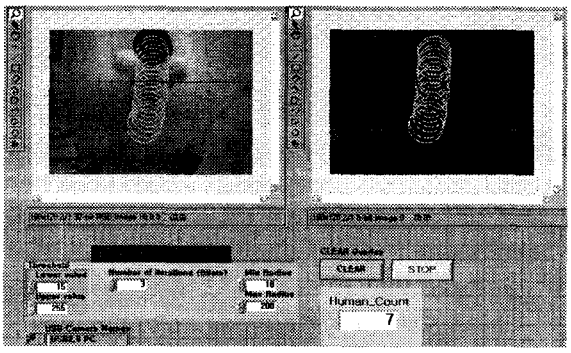


그림 7. 출입할 때 원형의 이동

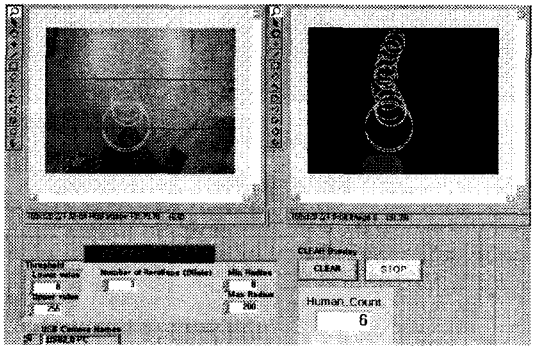


그림 8. 외출할 때 원형의 이동

제안된 방법의 유용성을 보이기 위해 실시간으로 조명변화가 거의 없는 낮 시간대에 출입 및 외출하는 30명에 대해서 실험을 하였다. 영상 취득을 위해 사용된 데이터는 CMOS 타입의 130만 화소를 갖는 화상 카메라를 이용하였다. 사용된 카메라의 최대 해상도는 1280x960이며, 최대 프레임은 30f/s이며, USB 2.0을 이용하여 컴퓨터에 연결하였다. 실험결과 출입 및 외출 영상에 대해서 100%의 인식률을 보였다. 또한 모자의 착용 여부에 대한 인식률을 알아보기 위해 흰 모자와 검은 모자를 착용한 2명에 대해서 실험한 경우 검은 모자를 착용한 경우 출입 및 외출 모두 인식이 되었으나, 흰 모자를 착용한 경우에는 인식이 되지 않은 문제점이 나타났다.

4. 결 론

본 논문에서는 이진화 영상에서 원 검출기법을 이용하여 인체를 판별하고, 출•입 여부를 판별하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 방법이 처리 속도와 인식률에서 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 추후 과제로, 모자를 착용한 경우나 외부 조명이 급격히 변화는 환경하에서도 우수한 인식을 보일 수 있는 인체 검출 기법을 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 에너지관리공단, "에너지 이용 합리화를 위한 금융, 세제지원 안내", 1997. 3
[2]이종필, 지평식, 신관우, 임재윤, "인체감지를통한 에너지절역 시스템 개발", 전기학회논문지, Vol. 53, No. 4, 2004.
[3] 이해욱, 송준광, 함중걸, "인체감지 모듈을 적용한 에너지 절감형 조명기구", 조명전기설비학회지, Vol. 15, No. 5, 2001.
[4] 임강모, 이주신, "무인 감시 시스템을 위한 이동물체 검출 알고리즘", 한국통신학회논문지, Vol. 30, No. 1C, 2005.
[5] 고정환, 김성일, 김은수, "스테레오 카메라 기반의 적응적인 공간좌표 검출 기법을 이용한 자율 이동로봇 시스템", 한국통신학회논문지, Vol. 31, No, 1C, 2006.
[6] 김홍수,"허프변환을 이용한 원과 타원의 검출 및 이를 응용한 정면 얼굴 검출",한국 과학기술원, 박사학위논문, 2002.
[7] R.M Carter, Y Yan, Measurement of particle shape using digital image techniques, Journal of Physics:Conference Series 15 pp. 177-182, 2005