

객체 특징을 이용한 실시간 배회행위 검출

(Real-Time Loitering Detection using Object Feature)

김진수*, 반성범**

(Jin Su Kim, Sung Bum Pan)

요약

배회란 “어떤 곳을 중심으로 어슬렁거리며 이리저리 돌아다닌다.” 라는 사전적인 의미를 가지고 있으며 대부분의 범죄가 발생하기 전에 이루어지는 행동이다. 따라서 배회행위를 검출함으로써 다양한 범죄를 사전에 예방할 수 있다. 본 논문에서는 Raspberry Pi를 이용한 배회행위 검출 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 적응형 차영상을 이용해 움직이는 객체를 검출하였고, 객체검출의 정확성을 높이기 위해 모폴로지 열림 연산을 사용한다. 객체가 검출되면 객체의 무게중심점을 이용하여 무게중심점의 각도 변화와 객체의 높이에 반비례하는 픽셀 이동 거리를 이용하여 배회행위를 검출한다. 배회행위로 검출되면 Raspberry Pi를 이용하여 경고음을 출력하여 사용자에게 알려준다.

■ 중심어 : 영상처리 ; 배회행위 검출 ; 감시시스템 ; 라즈베리파이 ;

Abstract

The literal meaning of loitering is “to lingering aimlessly or as if aimless in or about a place”. And most criminals show this kind of act before they actually commit crime. Therefore, detecting this kind of loitering can effectively prevent a variety of crime. In this paper, we propose a loitering-detection algorithm using the Raspberry Pi. Proposed algorithm uses an adaptive difference image to detect moving objects and morphology opening operation to enhance the accuracy of detection. The loitering- behavior is being detected by using the center of gravity of the object to see the changes of angle; and pixel movement distance to determine the height of the object. When the loitering-behavior is detected, it outputs the alarm to tell the users by using the Raspberry Pi.

■ keywords : Image Processing ; Loitering Behavior Detection ; Surveillance System ; Raspberry Pi ;

I. 서론

최근 서울 지하철역 살인 사건 및 교대역 칼부림 등 공공장소에서의 사건·사고의 수가 증가하고 있어 사람들은 안전에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 대한 대책으로 CCTV의 보급이 증가하고 있으며 지방자치단체에서는 CCTV 통합관제센터를 설립하여 다양한 목적으로 운영되던 CCTV를 통합해 관리함으로써 효율성을 높이고 있다[1].

서울지역에서 일어난 5대 범죄의 경우 서울 전체 456개 동 중 상대적으로 CCTV가 적게 설치된 113개 동에 범죄의 빈도가 높음을 서울경찰청에서 발표하였다. 이는 CCTV의 수와 범죄

발생이 서로 관계가 있으며 CCTV가 범죄 억제력과 관련이 있음을 알 수 있다[2].

표 1. 지역별 CCTV수 및 통제인원

분류	안성	군포	수원	광명
CCTV (quantity)	574	705	1,131	1,527
Control Personnel (persons)	18	13	36	33

과거 CCTV 감시 시스템은 한사람이 여러 대의 CCTV를 감시하는 방법으로 한사람이 여러 대의 CCTV를 감시할 경우 10

* 학생회원, 조선대학교 제어계측공학과

** 정회원, 조선대학교 전자공학과

이 논문은 2016년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업(2015H1C1A1035823)과 2016학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

접수일자 : 2016년 09월 12일

수정일자 : 2016년 09월 29일

게재확정일 : 2016년 09월 30일

교신저자 : 반성범 e-mail : sbpan@chosun.ac.kr

분 후 발생하는 사건의 45%를 발견하지 못하며 22분 후에는 95%를 발견하지 못한다[3]. 또한, 표 1에서 볼 수 있듯이 평균 1,000대에 가까운 CCTV를 감시하는 평균 인원이 25명에 불과해 사실상 제대로 감시하기 어려운 실정이며, 현재 CCTV는 범죄 발생 전에 조치 목적이 아닌 범죄 발생 이후 범인을 검거하는 용도로 사용되고 있다[1].

이를 보완하기 위한 방법으로 사람이 CCTV를 감시하지 않고 입력영상에서 사전에 정의되어진 행동이 발생할 경우 특정 방법으로 알림을 주는 지능형 영상감시 시스템에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 지능형 영상감시 시스템의 종류에는 화재검출, 배회행위 검출, 도난검출, 침입자검출 등이 있으며 위의 시스템 중에서 비교적 활발히 연구되고 있는 분야는 화재검출, 도난검출, 침입자검출이라고 할 수 있다. 그러나 대부분의 범죄사건 전에 이루어지는 행동으로 자신이 범죄행위를 수행할 주변 환경을 살펴보는 배회행위이다[4]. 즉, 배회행위를 하는 사람을 주의, 관찰함으로써 도난검출, 침입자검출 등 다양한 범죄를 사전에 예방할 수 있다.

본 논문에서는 배회행위 검출 알고리즘을 제안한다. 입력되는 영상에서 적응형 차영상을 이용해 움직이는 객체를 검출하였으며 정확성을 위해 모폴로지 연산을 사용하였다. 객체가 검출되면 객체의 대표 무게중심점을 이용하여 각도의 변화량과 객체의 높이에 반비례하는 픽셀 이동길이를 이용하여 배회행위를 판단하며, 배회행위로 판단되면 Raspberry Pi의 오디오 포트를 이용하여 경고음을 출력한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 관련 연구, III장에서 객체검출 방법과 제안하는 배회행위 검출방법, IV장에서는 실험 결과, 마지막으로 V장에서는 결론을 말한다.

II. 관련 연구

배회행위를 검출하기 위해서 크게 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째로 객체를 검출하는 부분이다. 객체를 검출하는 방법으로는 차영상, 적응형 차영상, GMM(Gaussian Mixed Model), MAMF(Modified Adaptive Median Filtering) 방법 등이 있다. 차영상은 배경영상을 갱신하지 않기 때문에 초기에 등록된 배경영상에 영향을 많이 받으며 시간이 지남에 따라 오검출이 발생한다. GMM은 모든 픽셀에 대해 파라미터를 추정하기 때문에 연산량이 많으며 조명과 배경의 움직임에 민감하며 MAMF 또한 실시간으로 중간값을 계산해야 하기 때문에 연산량이 많아지게 된다.

두 번째로는 배회행위를 판단하는 부분이다. 초기에 배회행위를 검출하는 방법으로 객체의 시간을 측정하는 방법이 있다[1][5][6]. 그 후 영상의 화면을 블록으로 나눈 뒤 객체의 무게중심점이 있는 부분의 블록의 시간을 측정하는 방법으로 배회

행위를 검출하였다[4][7]. 그러나 단순히 객체의 시간만 측정할 경우 배회행위를 하는 사람이 아니라 버스정류장에서 버스를 기다리거나 약속장소에서 사람을 기다리는 등 사람이 일정 장소 안에 오랫동안 있는 행동에 오검출이 발생하게 된다.

다음으로 마르코프 랜덤 워크 모델을 사용한 방법이 있다[8]. 이 방법은 사람이 있는 장소에서 상·하·좌·우 각 방향으로 움직일 확률분포를 이용하여 배회행위를 판단하는 방법으로, 배회행위를 검출하려는 장소에 따라 정상적인 사람과 비정상적인 사람의 이동방향이 다르기 때문에 장소별로 사전에 확률이 정의되어야 한다는 단점이 있다.

최근에는 각도를 측정하여 배회행위를 검출하는 방법이 있다[9]. 객체의 무게중심점의 각도를 이용하는 방법은 시간을 이용하는 방법보다 오검출이 적으며 마르코프 랜덤 워크 모델에 비해 비교적 간단하게 다양한 장소에 적용이 가능하다는 장점이 있다. 위의 논문에서는 임계값 이상의 각도 변화 개수를 측정하여 배회행위를 판단하였다.

마지막으로 각도와 시간을 측정하여 배회행위를 검출하는 방법이 있다[10]. 위의 논문에서는 시간 또는 각도 변화량의 분산을 측정하여 임계값 이상이 되면 배회행위로 판단하였다. 그러나 실시간으로 분산을 측정하기 때문에 연산량이 많다는 단점이 있다.

III. 제안하는 배회행위 검출 알고리즘

배회란 “어떤 곳을 중심으로 어슬렁거리며 이리저리 돌아다닌다.”라는 사전적인 의미를 지닌다[2]. 정상적인 보행자는 동선과 움직임 패턴이 일정한 반면 비정상적인 보행자는 동선과 움직임 패턴이 불규칙적이며 특정구간에 제한되는 성향을 나타낸다[3]. 즉, 정상적인 보행자보다 비정상적인 보행자가 특정지역 안에 머무르는 시간과 이동 거리가 길며 방향변화가 많이 일어나게 된다. 본 논문에서는 배회행위를 아래의 조건 2개를 이용해 판단하였다.

[조건1] 객체의 대표 무게중심점 사이 각도의 변화량 측정

[조건2] 객체의 높이에 반비례하는 무게중심점의 픽셀 이동길이

그림 1은 제안하는 배회행위 검출 알고리즘의 흐름도를 나타낸다. 카메라로부터 영상이 입력되면 적응형 차영상을 이용하여 움직이는 객체를 검출한다. 그 후 객체 검출의 정확성을 높이기 위하여 모폴로지 침식연산과 팽창연산을 사용하였다. 객체가 검출되지 않으면 현재영상과 배경영상을 이용하여 일정한 가중치를 가지고 배경영상을 갱신한다. 객체가 검출되면 배경영상을 갱신하지 않고 객체의 대표 무게중심점이 변화하는 각도에 따른 가중치와 객체의 높이에 반비례하는 무게중심점의 픽셀 이동 거

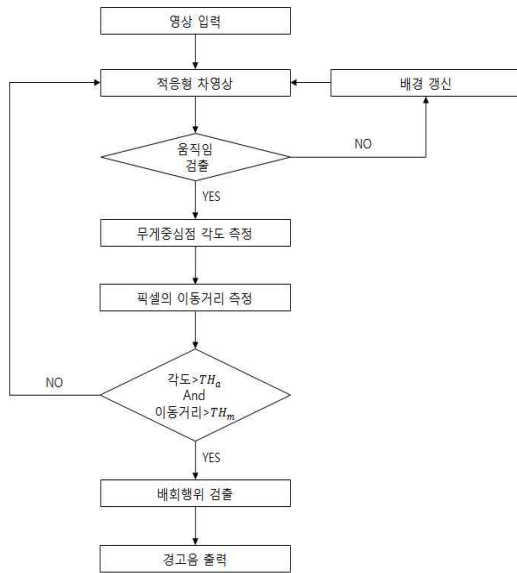


그림 1. 제안하는 배회행위 검출 알고리즘

리를 측정하여 배회행위를 검출한다. 두 개의 조건 중 한 개라도 만족하지 않으면 배회행위로 검출하지 않는다. 배회행위로 검출되면 Raspberry Pi의 헤드폰 잭을 이용하여 주변에 경고음을 출력하여 배회행위가 발생함을 알린다.

1. 적응형 차영상

기존의 객체검출로 많이 사용된 방법은 차영상 기법이다. 그러나 차 영상은 초기에 설정한 배경영상을 고정하여 사용하기 때문에 시간이 지남에 따라 조명의 변화나 물체의 미세한 움직임 후 멈춰있는 상황에도 움직임 영역으로 오검출을 하게 된다 [11]. 이러한 단점을 보완한 방법이 적응형 차영상이다. 적응형 차영상이란 움직임이 검출되면 배경영상을 갱신하지 않으며 움직임이 검출되지 않으면 현재영상과 배경영상에 일정한 가중치를 곱하여 배경영상을 갱신하는 방법이다. 움직임을 검출하는 방법은 아래의 식 1과 같다. I_n 은 현재 입력영상, I_{n-1} 은 이전 입력영상, x, y 는 픽셀의 좌표, Th_{moving} 은 움직임 검출 임계값이다.

$$I_n(x, y) - I_{n-1}(x, y) > Th_{moving} \quad (1)$$

현재 입력영상과 이전입력영상의 차가 움직임 검출 임계값보다 크면 움직임 영역으로 판별하여 배경영상을 갱신하지 않고 객체의 무게중심점을 이용하여 배회행위 여부를 판단하게 된다. 임계값보다 작으면 움직이지 않는 영역으로 판별하여 아래의 식 2를 이용하여 배경영상을 갱신하여 준다. B_n 는 현재 배경영

상, B_{n+1} 은 다음 배경영상, a 는 가중치로 0-1 사이의 값을 갖는다. 0에 가까울수록 배경영상 갱신이 느려지며 1에 가까울수록 배경영상 갱신이 빨라진다.

$$B_{n+1}(x, y) = \begin{cases} B_n(x, y) & \text{Moving Detection} \\ aB_n(x, y) + (1-a)I_n(x, y) & \text{Not Moving Detection} \end{cases} \quad (2)$$

2. 무게중심점 사이 각도의 변화량 측정

본 논문에서는 배회행위를 검출하기 위해 객체의 대표 무게중심점 사이 각도의 변화량에 따른 상대적인 가중치를 부여하는 방법을 제안한다. 대표 무게중심점은 일정한 시간 간격마다 객체의 무게중심점이 대표 무게중심점이 된다. 대표 무게중심점 사이의 각도를 측정하는 방법은 그림 2와 같다. 대표 무게중심점의 이동순서에 따라 T1, T2, T3로 구분하였으며 T1에서 T2로 객체가 이동하였을 경우 대표 무게중심점 T1의 수평방향으로 직선을 그리고 T1과 T2를 연결하는 직선을 그린다. 두 직선 사이각 θ_1 이 대표무게중심점 T1과 T2의 사이 각도가 되며 이와 같은 방법으로 대표무게중심점 T2와 T3의 사이 각도는 θ_2 가 된다.

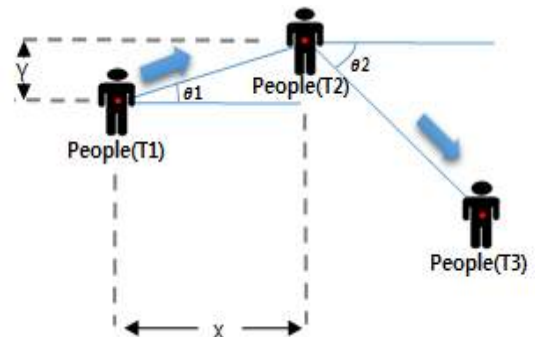


그림 2. 무게중심점 사이의 각도 측정

대표 무게중심점 사이의 각도를 구한 뒤 식 3을 이용하여 각도의 변화량을 측정하고 변화량에 따른 상대적인 가중치를 부여한다. θ_1 은 현재 대표 무게중심점 사이 각, θ_2 은 다음 대표 무게중심점 사이 각, $Diff$ 는 현재 사이 각과 다음 사이 각의 각도 변화량, $Diff_{weight}$ 은 각도 변화량에 따른 가중치, A_{weight} 는 가중치 누적 합이다. 그림 3은 각도 변화량 기준을 나타낸다. 화살표가 가리키는 부분은 그림 2에서의 T1과 T2를 연결한 직선이며 현재 객체의 이동방향이다. 현재 객체의 대표 무게중심점 각도와 다음 객체의 대표 무게중심점 사이의 각도의 변화량에 따른 상대적인 가중치는 표 2에 나타낸다. 객체의 방향변화가 작은 경우 낮은 가중치를, 큰 경우 높은 가중치를 부여함으로써 객체의 방향변화에 민감도를 부여하였다.

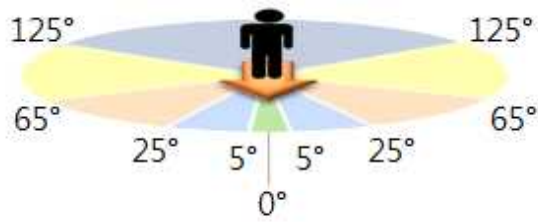


그림 3. 무게중심점 사이의 각도 변화량

$$\begin{aligned} Diff &= \theta_1 - \theta_2 \\ A_{weight} &+= Diff_{weight} \end{aligned} \quad (3)$$

표 2. 각도 변화량에 따른 가중치

각도의 변화량	가중치
0~5	0.01
5~25	0.02
25~65	0.04
65~125	0.07
125초과	0.10

3. 무게중심점 이동거리 측정

배회행위를 하는 사람은 특정한 곳을 중심으로 이리저리 돌아다니기 때문에 그렇지 않은 사람에 비해 이동 거리가 길다. 따라서 본 논문에서는 배회행위를 검출하기 위한 조건 중 하나로 그림 4와 같이 객체 대표 무게중심점의 픽셀 이동 거리를 측정하는 방법을 사용한다. 객체가 이전 대표 무게중심점(T1)에서 현재 대표 무게중심점(T2) 위치로 이동하였을 때의 변화하는 좌표는 X, Y 이며 H는 객체의 높이, L1은 객체의 이동 거리를 나타낸다. 아래의 식 4를 이용하여 객체의 높이에 반비례하는 이동 거리를 측정하였다. 카메라와 객체의 거리를 고려하기 위해 객체의 픽셀 이동길이 값을 객체의 높이 정보를 이용하여 나눈다.

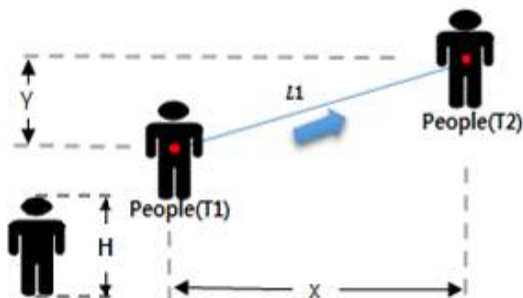


그림 4. 대표 무게중심점 이동길이 측정

$$L1 = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{H}, L_{move} += L1 \quad (4)$$

본 논문에서는 객체의 대표 무게중심점 사이 각도의 변화량에 따른 가중치 누적 합과 객체의 높이에 반비례 하는 대표 무게중심점의 픽셀 이동길이 누적 합을 이용하여 배회행위를 판단한다. 아래의 식 5와 같이 조건 2개를 모두 만족하여야 배회행위로 검출된다.

$$A_{change} > Th_a \text{ and } L_{move} > Th_L = Loiter \quad (5)$$

4. Raspberry Pi

Raspberry Pi는 영국의 Raspberry Pi 재단이 학교에서 기초 컴퓨터 과학 교육을 증진시키기 위해 만든 싱글 보드 컴퓨터로 손바닥만한 작은 크기와 저렴한 가격이다. 또한, Raspberry Pi 2는 40개의 GPIO 포트와 오디오 포트를 지니고 있어 경고음 출력 및 LED 점등 등 다양하게 응용이 가능하며 낮은 소비전력과 고장 가능성이 적어 지능형 영상감시 시스템의 하드웨어로 적합하다.

IV. 실험 결과

실험에서 사용한 Raspberry Pi 2는 메모리 1GB, CPU 900MHz의 성능을 가지며 디스플레이장치로는 Raspberry Pi 전용 7인치 스크린을 사용하고 운영체제는 라즈비안을 사용했다. 웹캠은 로지텍사의 웹캠 C525를 사용하였고 언어는 C언어 기반의 영상처리 라이브러리인 OpenCV 2.4.9 버전을 이용해 실험했다. Raspberry Pi의 오디오 포트를 사용하기 위해 ALSA를 사용했다.

표 3은 배회행위가 검출되었을 때의 각도 변화량 가중치 및 객체의 높이에 반비례하는 이동 거리, 시간 수치를 나타낸다. 배회행위가 검출되었을 때 변화량 가중치가 상대적으로 높은 경우 이동 거리가 짧으며 방향 변화가 많음을 알 수 있으며, 낮은 경우 이동 거리가 길며 방향변화가 적음을 알 수 있다. 배회행위가 검출되는 시간은 46~101초까지 다양하게 나타남을 확인하였다.

표 3. 제안한 배회행위 검출 실험결과

구분	변화량 가중치	이동거리	시간 (초)	장소
DB1	4.10	150.05	93	실내
DB2	3.61	150.05	96	실내

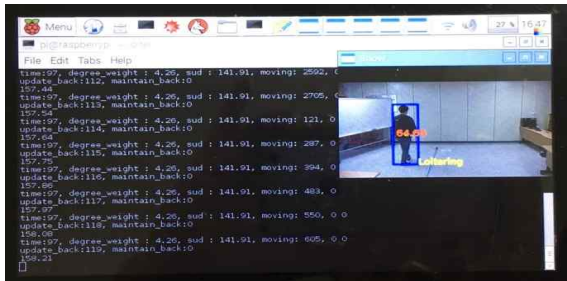
DB3	3.26	150.07	99	실내
DB4	4.43	150.01	101	실내
DB5	2.51	194.89	46	실외



(a) 객체의 이동궤적



(b) 실외 환경에서의 배회행위 검출



(c) 실내 환경에서의 배회행위 검출

그림 4. 실험 결과

그림 4는 제안하는 배회행위 검출 알고리즘의 실험결과를 나타낸다. 그림 4(a)는 객체의 무게중심점을 이용하여 객체의 이동 궤적을 표시하였다. 그림 4(b)는 640*480 영상을 사용하여 실험하였으며 실외 환경에서 객체와 카메라와의 거리는 20m 이상이다. 그림 4(c)는 320*240 영상을 사용하여 실험하였으며 실내 환경에서 객체와 카메라와의 거리는 5m 이내이다. 입력되는 영상에서 객체가 검출되면 그림 4(b), (c)에서 볼 수 있듯이 파란색 네모로 표시하였으며 초록색 점은 객체의 무게중심점을 표시, 빨간색은 객체의 대표 무게중심점의 사이의 각도를 표시하였다. 객체의 행동이 배회행위로 판단되면 파란색 네모 아래에 노란색으로 'Loitering' 이란 글씨를 출력하며 Raspberry Pi의 오디오 포트를 이용하여 경고음을 출력한다.

표 4. 배회행위 검출 방법 비교

검출 방법	시간	오검출 횟수
시간측정	33.74ms	3/10
각도측정	35.38ms	1/10
각도 분산량 측정	38.43ms	0/10
제안한 방법	33.62ms	0/10

표 4는 제안한 배회행위 검출 방법과 다른 방법들을 비교하여 표시하였다. 제안한 배회행위 검출 알고리즘은 최적화를 통해 속도를 향상 시켰으며 사용한 DB 10개 중 5개는 배회행위를 하였으며, 2개는 지나가는 행위, 3개는 한곳에 오랫동안 머무르는 영상이다. 시간 측정 방법은 한곳에 오랫동안 머무르는 영상을 배회행위로 오검출 하였으며, 임계값 이상의 각도를 측정하는 방법은 손 뻗음, 몸의 회전등으로 무게중심점의 위치가 달라질 경우 오검출이 발생함을 확인하였다.

본 논문에서는 객체의 대표 무게중심점 각도의 변화량과 객체의 높이에 반비례하는 픽셀 이동길이 값을 이용하여 배회행위를 검출함으로써 오랫동안 한 장소에 머무를 때 배회행위로 오검출 하는 시간 측정 방법과 사용할 장소에 제약은 받는 마르코프 랜덤 워크 모델의 단점, 시간이 지날수록 연산량이 많아지는 각도의 분산량을 이용한 방법의 단점을 보완하였다.

V. 결론

대부분의 범죄가 발생하기 전에 이루어지는 행동으로는 배회행위이다. 따라서 배회행위를 검출함으로써 다양한 범죄를 사전에 예방할 수 있다. 본 논문에서는 Raspberry Pi를 이용한 영상 기반의 배회행위 검출 알고리즘을 제안한다. 객체를 검출하기 위해 적응형 차영상과 모폴로지 연산을 사용하였으며 배회행위를 판단하기 위해 객체 무게중심점의 각도 변화량과 객체 높이에 반비례하는 픽셀 이동 거리를 사용했다. 배회행위로 판단되면 Raspberry Pi에서 경고음을 출력하여 배회행위가 발생함을 알린다.

실험결과 실내 및 실외 환경에서 배회행위를 검출하였으며 검출시간은 객체의 움직임에 따라서 46-101초까지 다양하게 나타났다. 제안하는 배회행위 검출 알고리즘은 단일 객체에 대해 검출률이 좋지만 다중객체에 대해서는 잘 검출하지 못한다는 단점이 있다. 향후에는 객체의 옷 색상을 Lab 색 공간을 이용하여 동일인 여부 판별을 하여 다중객체에 대한 배회행위 검출률을 향상시킬 계획이다.

References

- [1] 박화진, "객체 추적을 통한 이상 행동 감시 시스템 연구", *디지털콘텐츠학회논문지*, 제14권, 제9호,

589-596쪽, 2013년 12월

- [2] 김원제, "CCTV 시장 동향 및 전망", 전자정보센터, 2011.
- [3] 장일식, 차현희, 박구만, 이광직, 김성권, 차재상, "지능형 감시 카메라 동향 및 시나리오 연구", *한국ITS학회논문지*, 제8권, 제4호, 93-101쪽, 2009년 8월
- [4] 강주형, 곽수영, "지능형 감시시스템을 위한 배회, 도주, 침입자 검출", *한국정보과학회 학술발표 논문집*, 제31권, 제1호, 353-355쪽, 2012년 6월
- [5] Nathaniel D. Bird, Osama Masoud, Nikolaos P.Papanikolopoulos, Aaron Isaacs, "Detection of Loitering Individuals in Public Transportation Areas", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, no. 2, pp. 167-177, June 2005.
- [6] Mohannad Elhamod, Martin D.Levine, "Automated Real-Time Detection of Potentially Suspicious Behavior in Public Transport Areas", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 2, pp. 688-699, June 2013.
- [7] 장태우, 신용태, 김종배, "지능형 감시를 위한 객체 추출 및 추적시스템 설계 및 구현", *한국통신학회 논문지*, 제38권, 제7호, 589-595쪽, 2013년 7월
- [8] Thi Thi Zin, Pyke Tin, Takashi Toriu, Hiromitsu Hama, "A Markov Random Walk Model for Loitering People Detecion", *IEEE Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, vol. 7, no. 1, pp. 680-683, Oct 2010.
- [9] Jong-Gook Ko, Jang-Hee Yoo, "Rectified Trajectory Analysis based Abnormal Loitering Detection for Video Surveillance", *IEEE Artificial Intelligence, Modelling and Simulation*, pp. 289-293, Dec 2013.
- [10] Wenting Li, Dongping Zhang, Min Sun, Yibo Yin, Ye Shen, "Loitering Detection Based on Trajectory Analysis", *IEEE Intelligent Computation Technology and Automation*, pp. 530-533, June 2013.
- [11] 이창수, 전문석, "적응형 배경영상과 그물형 픽셀 간격의 윤곽점 검출을 이용한 객체의 움직임 검출", *한국통신학회논문지*, 제30권, 제3호, 92-101쪽, 2005년 3월

저 자 소 개

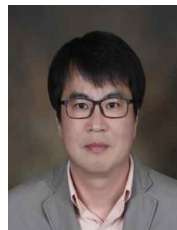


김진수(학생회원)

2016년 조선대학교 제어계측로봇공학과 학사 졸업.

2016년 ~ 현재 조선대학교 제어계측공학과 석사과정

<주관심분야 : 영상처리, 오픈소스하드웨어>



반성범(정회원)

1999년 서강대학교 공학박사.

2005년 한국전자통신 연구원 정보보호연구단 생체인식기술 연구팀 팀장

2005년 ~ 현재 조선대학교 전자공학과 교수

<주관심분야 : 영상처리, 바이오인식, VLSI 신호처리>