

교통 환경 분석을 위한 움직임 기반 배경영상 추출

오정수*

Motion-Based Background Image Extraction for Traffic Environment Analysis

Jeong-su Oh*

Department of Image Science & Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-737, Korea

요 약

본 논문은 스쿨존 영역의 교통 환경 분석을 위한 배경영상 추출 알고리즘을 제안하고 있다. 제안된 알고리즘은 교통 환경에서 수시로 발생하는 밝기 변화와 정지 객체에 의한 문제를 해결하고 있다. 전자를 위해 고속 Sigma-Delta 알고리즘을 이용해 배경영상을 현 프레임으로 고속 갱신하고, 후자를 위해 직전 프레임과 오랜 시간의 평균 배경영상을 이용해 동적 영역을 검출하여 정지 객체를 배경영상에서 배제한다. 실험 결과 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘들과 비교하여 밝기 변화에 빠르게 잘 적응하고 있고, 배경영역의 SAD (Sum of Absolute Differences)를 약 40~80% 정도를 줄여주고 있다.

ABSTRACT

This paper proposes a background image extraction algorithm for traffic environment analysis in a school zone. The proposed algorithm solves the problems by level changes and stationary objects to be occurred frequently in traffic environment. For the former, it renews rapidly the background image toward the current frame using a fast Sima-Delta algorithm and for the latter, it excludes the stationary objects from the background image by detecting dynamic regions using a just previous frame and a background image averaged for a long time. The results of experiments show that the proposed algorithm adapts quickly itself to level change well, and reduces about 40~80% of SAD in background region in comparison with the conventional algorithms.

키워드 : 배경영상, 교통환경, 감시카메라, 객체검출

Key word : Background image, Traffic environment, Surveillance camera, Object detection

접수일자 : 2013. 04. 12 심사완료일자 : 2013. 05. 13 게재확정일자 : 2013. 05. 30

* **Corresponding Author** Jeong-su Oh (E-mail: ojs@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-6414)

Department of Image Science & Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-737, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.8.1919>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 네트워크 카메라 같은 감시 카메라의 발전과 공공장소에서 안전에 대한 관심의 증가로 감시 카메라의 활용 영역이 넓어지고, 수요가 증가하고 있다. 기존 감시 카메라는 인력에 의존하여 활용되었으나 최근에는 컴퓨터 비전을 이용해 객체를 추적하고, 통행량 측정하는 등 지능적인 시스템으로 발전하고 있다[1-3]. 지능적인 시스템에서 감시 카메라에 의해 취득된 영상에서 움직이는 객체를 검출하는 것은 필수적이고, 이를 원활하게 수행하기 위해서는 배경영상 추출이 선행되어야 한다. 배경영상 추출은 고정 객체들로 구성되는 장면의 영상을 생성하는 것으로 객체 추출은 물론 시스템의 성능에 큰 영향을 주는 핵심 기술이다.

배경영상 추출은 감시 카메라 활용영역에서 지속적으로 연구되어 왔고, 대표적인 알고리즘으로 시간 영역에서 평균(average), 중간(median) 등의 통계 자료를 이용하는 단순한 알고리즘도 있고, 시간 영역의 화소들의 히스토그램 분포를 이용하는 혼합 가우시안(Mixture Gaussian), KDE (Kernel Density Estimators) 등과 같이 다소 복잡한 알고리즘들도 있다[4-7]. 전자는 간단한 통계 자료만을 사용하여 속도가 빠르나 다수의 프레임에서 자료를 취득하므로 많은 저장 공간이 필요하다. 후자는 다수의 프레임에서 다소 복잡한 통계를 취득해야 하므로 많은 저장 공간이 필요하고 많은 계산량이 요구된다. 성능 측면에서 전자가 다소 뒤지나 시스템에 사용할 수 있을 정도의 충분한 성능을 보여 주고 있어 실시간 처리 시스템에 많이 사용되고 있다.

제안된 알고리즘은 학교 주변 어린이 보호구역인 스킨존 (school zone)에서 교통 환경을 분석하기 위한 시스템에 적용할 것으로 적은 저장 공간과 실시간 처리가 가능한 알고리즘이 요구된다. 또한 교통 환경에서는 시간과 날씨에 따른 밝기 변화가 지속적으로 발생하고, 교통신호에 따라 혹은 불법적으로 일정 시간 주정차 하는 자동차가 수시로 발생한다는 것을 고려해야 한다. 따라서 제안된 알고리즘은 입력되는 프레임에서 동적 영역을 검출하여 그 양에 따라 정적인 프레임과 동적인 프레임으로 구분하고, 각 프레임에서 정적 화소와 동적 화소를 구분한다.

그리고 밝기 변화에 적극적으로 대응하기 위해 프레임과 화소 움직임에 의존하여 현 프레임에 접근 속도를

높였고, 주정차에 의해 객체가 배경영상에 포함되는 것을 방지하기 위해 이전 영상은 물론 오랜시간 누적된 평균 배경영상까지 고려해 동적 영역을 검출한다. 그래서 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘들보다 밝기 변화에 더 빠르게 잘 적응할 것이고, 일시 정지뿐만 아니라 장시간 정지한 객체들이 배경에 포함되는 것을 방지할 것이다.

II. 기존 알고리즘

본 장에서는 제안된 알고리즘과 비교될 기존 알고리즘인 Temporal average algorithm (TAA)과 단순화된 Sigma-Delta algorithm (SDA)을 소개한다[8-10]. 이들은 메모리 사용이 적고, 구조가 간단하여 실시간 처리를 가능하게 한다.

2.1. 배경영상

배경영상은 고정된 객체들로 구성된 장면의 영상으로 CCD 카메라에 의해 생성되는 프레임들에서 움직이는 객체를 제거하여 불변인 장면을 영상화하는 것이다. 배경영상 (BI)을 추출하기 위한 가장 기본적인 방법은 식 (1)과 같이 입력된 n개 프레임 (I)에 대해 화소단위 평균을 계산하는 것이다. (x,y)는 프레임 내 화소의 위치이다.

$$BI(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i(x,y) \quad (1)$$

화소를 객체가 점유하는 시간보다 고정된 배경이 점유하는 시간이 훨씬 길기 때문에 식 (1)과 같이 평균으로 배경영상을 추출하는 것이 가능하다. 그러나 시간에 따른 밝기의 변화를 능동적으로 반영할 수 없고, 장시간 정지하는 객체를 포함시킨다. 그리고 움직이는 객체의 영향을 최소화하기 위해 많은 프레임이 필요하고 이를 위해 방대한 메모리가 요구된다. 이런 문제들을 해결하기 위해 메모리 없이 근사적인 평균을 계산하는 방법, 밝기 변화에 적극적 대응하는 방법, 움직이는 객체의 영향을 줄이는 방법들이 적용되는 알고리즘들이 제안되고 있다.

2.2. TAA

TAA는 식 (2)처럼 현 프레임 (It)과 현 배경 영상 (BI_t) 사이의 차영상 (Dt)을 생성하여 프레임을 객체 영역 (|Dt|>T)과 배경 영역 (|Dt|≤T)으로 구분한다. 그리고 객체 영역의 화소에서는 기존 배경영상 (BI_t)을 그대로 사용하여 배경영상을 갱신하고, 배경영역의 화소에서는 기존 배경영상과 현프레임을 파라미터 α에 의존하여 식 (2)와 같이 배경영상을 갱신한다.

$$BI_{t+1}(x,y) = \begin{cases} (1-\alpha)BI_t(x,y) + \alpha I_t, & \text{if } |D_t(x,y)| \leq T \\ BI_t(x,y), & \text{if } |D_t(x,y)| > T \end{cases} \quad (2)$$

$$D_t(x,y) = BI_t(x,y) - I_t(x,y)$$

여기서 T는 객체와 배경을 구분하기 위한 문턱치로 본 논문에서는 10을 사용하고 있다.

TAA는 입력되는 프레임의 화소값을 기존 배경영상에 조금씩 누적시키는 알고리즘으로 오랜 시간이 지나면 평균 영상과 유사하게 된다. 구성이 매우 단순하고, 평균 영상을 위해 메모리를 요구하지 않아 실시간 동작에 적합하다. 그러나 배경영상이 파라미터 α에 의해 영향을 많이 받는다. 즉, 작은 α에 대해서는 일시적으로 정지하는 객체의 영향을 무시할 수 있는 장점이 있으나 수시로 변화가 요구되는 배경에는 적용할 수 없는 단점을 갖는다. 큰 α에 대해서는 반대의 영향을 받는다.

2.3. SDA

SDA는 ∑-Δ 변조 알고리즘을 이용한 기존 알고리즘을 비교 평가를 위해 객체 영역 검출을 단순화한 것이다. TAA처럼 식 (2)의 차영상 (Dt)을 생성하여 화소 단위로 식 (3)과 같이 배경영상을 갱신한다. 즉, 배경영상과 비교하여 현 프레임의 화소값이 작으면 배경영상의 화소값을 1 감소시키고, 현 프레임의 화소값이 크면 배

경영상의 화소값을 1 증가시키고, 같으면 배경영상 화소를 그대로 유지시킨다.

$$BI_{t+1}(x,y) = \begin{cases} BI_t(x,y) + 1, & D_t(x,y) < 0 \\ BI_t(x,y), & D_t(x,y) = 0 \\ BI_t(x,y) - 1, & D_t(x,y) > 0 \end{cases} \quad (3)$$

SDA는 배경영상과 현 프레임간 화소값 차이를 프레임 단위로 ±1 접근하므로 시간에 따른 변화에 배경에 매우 적응적이거나 일시적으로 정지하는 객체에도 쉽게 배경으로 포함하는 문제를 갖는다.

III. 제안된 알고리즘

본 장에서는 교통 환경 영상의 특징에 대해 기술하고, 배경영상을 추출하는 알고리즘을 제안한다.

3.1. 교통 환경 영상의 분석

본 논문의 배경영상 추출 알고리즘은 스쿨존에서 교통 환경 분석을 위해 고정된 CCD 카메라에서 취득되는 동영상에 대상으로 한다. 대상 동영상은 오전 8시부터 오후 6 사이에 취득되어 시간에 따라 밝기 변화도 생기고, 그림자 강도와 방향도 바뀐다. 또한 횡단보도를 포함하고 있어 신호등의 신호에 따라 일시 정지하는 자동차가 주기적으로 발생하고, 불규칙적으로 불법 주정차하는 자동차도 발생한다. 그림 1은 기존 알고리즘을 적용해 배경영상을 추출할 때 어려울 수 있는 교통 환경들을 보여주고 있다. 영상1은 교통신호에 의해 자동차가 정지한 영상이고, 영상2는 아주 맑은 날 구름에 의해 그림자의 밝기가 수시로 급격하게 변하는 영상이고, 영상3은 불법으로 버스가 정차한 영상이다. 영상2의 작은 내부 영상은 그림자의 밝기가 변한 모습을 보여주고 있

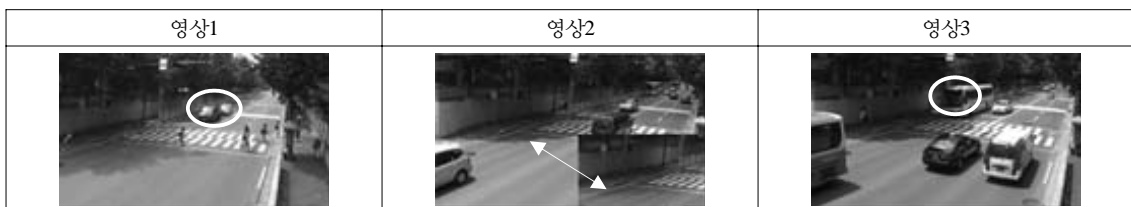


그림 1. 교통 환경 영상
Fig. 1 Traffic environment images

고, 영상1과 영상2은 시간에 따라 달라진 그림자의 모습도 보여주고 있다.

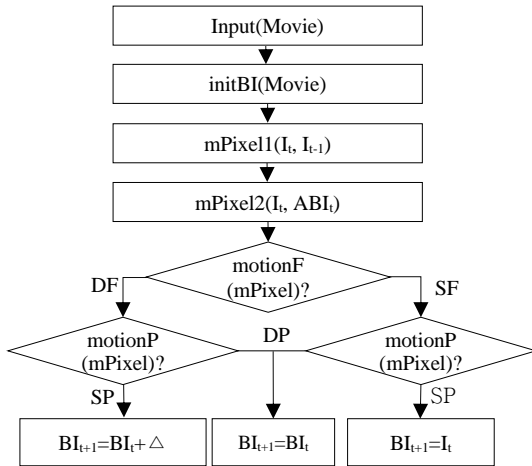


그림 2. 제안된 알고리즘의 흐름도
Fig. 2 Flow chart for the proposed algorithm

3.2. 움직임에 적응적인 배경영상 추출

제안된 알고리즘은 시간에 따라 밝기가 변하고, 불규칙적으로 추정하는 자동차가 자주 발생하는 교통 환경 동영상에 적합한 배경영상 추출 알고리즘이다. 이는 그림 2의 흐름도처럼 프레임과 화소의 움직임에 따라 적응적으로 배경영상을 갱신하고 있다.

블록 initBI는 동영상의 초기 2000 프레임을 가지고 식 (1)으로 배경영상 (BI)을 생성한다. 이는 이후 생성되는 배경영상뿐만 아니라 장시간의 평균 배경영상 (LABI)의 초기 영상으로 활용된다. 블록 mPixel1과 블록 mPixel2는 움직이는 객체로 배경이 가려진 동적 영역을 식 (4)처럼 차영상과 모폴로지 연산으로 검출한다. 전자는 현 프레임과 이전 프레임의 차영상을 이용해 순간순간 동적 영역을 검출하고, 후자는 현 프레임과 평균 배경영상의 차영상을 이용해 앞에서 검출하지 못한 동적 영역 즉 추정차 객체를 검출한다. 이는 평균 배경영상에는 정지 객체가 포함되기 어렵기 때문에 가능하다.

$$mPixel1 = Dil(Ero(|I_t - I_{t-1}|, 2), 15) \quad (4)$$

$$mPixel2 = Dil(Ero(|LABI_{t-1} - I_t|, 2), 11)$$

여기서 Ero(·)은 잡음을 제거하기 위한 모폴로지 침

식 (erosion) 연산이고, Dil(·)은 분리된 객체를 연결하고, 객체 주변의 불분명한 배경을 배제하기 위한 모폴로지 팽창 (dilation) 연산이다. 수식의 상수들은 모폴로지 연산을 위한 구조 요소의 크기이다. 따라서 현 프레임에 동적 영역은 mPixel1 블록과 mPixel2 블록에서 검출한 동적 영역이 결합된 영역으로 식 (5)와 같이 논리합으로 계산된다.

$$mPixel = mPixel1 \cup mPixel2 \quad (5)$$

블록 motionF는 식 (5)에 의해 계산된 동적 영역의 화소 수에 따라 즉 프레임의 중요 영역인 하단 80% 영역에 동적 화소의 양 (약 2.2%)에 따라 동적 프레임 (DF)과 정적 프레임 (SF)으로 구분한다 그리고 나서 블록 motionP에서 프레임 내 화소가 동적 영역에 포함 여부에 의해 동적 화소 (DP)와 정적 화소 (SP)를 구분한다. 동적 객체가 많은 동적 프레임에서 객체에 의한 그림자, 반사 등이 배경영역에 영향을 준다. 그래서 동적 프레임에서 동적 화소의 배경은 이전 배경영상으로 갱신하고, 정적 화소는 식 (6)을 이용해 배경영상을 갱신한다. 식 (6)의 Δ는 SDA보다 더 적극적으로 밝기 변화에 대응할 수 있다.

$$BI_{t+1} = BI_t + \Delta$$

$$\Delta = \begin{cases} + \frac{|D_t(x,y)|}{2.5}, & D_t(x,y) < 0 \\ 0, & D_t(x,y) = 0 \\ - \frac{|D_t(x,y)|}{2.5}, & D_t(x,y) > 0 \end{cases} \quad (6)$$

정적 프레임에서는 동적 객체가 거의 없다. 그래서 객체로 가려진 동적 화소는 이전 배경영상을 그대로 사용하여 배경영상을 갱신하고, 주변 영향을 거의 받지 않는 순수한 배경인 정적 화소는 현 프레임을 그대로 사용하여 배경영상을 갱신한다.

IV. 실험 결과 검토

본 장에서는 촬영된 동영상에서 제안된 알고리즘 (PROP)과 기존 알고리즘인 TAA, SDA의 배경영상 추출 성능을 비교하고 있다.



그림 3. 실험 동영상
Fig. 3 Experiment videos

4.1. 실험 동영상

실험 동영상은 한 지역의 스쿨존에서 640×360 해상도의 네트워크 카메라 (NCAM-570)로 촬영된 동영상들 중 그림 3과 같이 4개를 선택하였다. 동영상1은 맑은 날 오전에 일반적으로 얻을 수 있는 동영상이고, 동영상2은 아주 맑은 날 오후의 그림자 변화가 심한 동영상이고, 동영상3은 비오는 날에 도로 반사가 심한 동영상이고, 동영상4는 저녁 무렵에 밝기가 낮고 자동차 전조등이 켜지기 시작하는 동영상이다.

4.2 성능 평가

알고리즘들의 성능 평가를 위해 4개의 대상영상에 대해 입력된 프레임과 배경영상을 비교하고, 동적인 객체가 제외된 배경영역 (B)에서 영상의 다른 정도를 평

가하기 위해 식 (7)의 SAD를 계산하였다. 계산 영역을 배경영역으로 제한한 것은 정적인 객체들이 배경에 포함되는 문제를 평가하기 위한 것이다.

$$SAD_{(t,B)} = \sum_B |BI_t - I_t|, B \sim mPixel \quad (7)$$

그림 4는 동영상1의 프레임 #3226에서 각 알고리즘에 의해 추출된 배경영상과 차영상을 비교하고 있다. SDA에서 승객을 내리기 위해 일시 정차한 버스가 배경영상에 포함된 모습을 보여주고 있고, TAA에서 신호에 의해 정지한 자동차가 초기 배경영상에 포함되어 오래 동안 유지되는 모습과 외곽에 밝기 변화에 적응이 늦은 것을 보여주고 있다.

그림 5는 초기 배경영상을 얻은 후 500 프레임에 대

	PROP	SDA	TAA
배경영상			
$ BI_t - I_t $			
$10 \times BI_t - I_t _B$			

그림 4. 추출된 배경영상과 오차영상
Fig. 4 Extracted background images and error images

해 프레임별 평균 SAD를 보여주고 있다. 동영상1의 100~250 프레임과 동영상3의 0~150 프레임에서 다소 큰 SAD는 흰색 자동차들이 카메라 밑을 지나가면서 자동 밝기 조절기능에 영향을 주어 발생하고 있고, 동영상2의 0~250프레임의 다소 큰 SAD는 날씨에 의한 밝기 변화에서 생기는 현상이고, 동영상4의 150 이후 프레임의 다소 큰 SAD는 자동차 전조등이 강해 주변 밝기에 영향을 주면서 발생하는 현상이다.

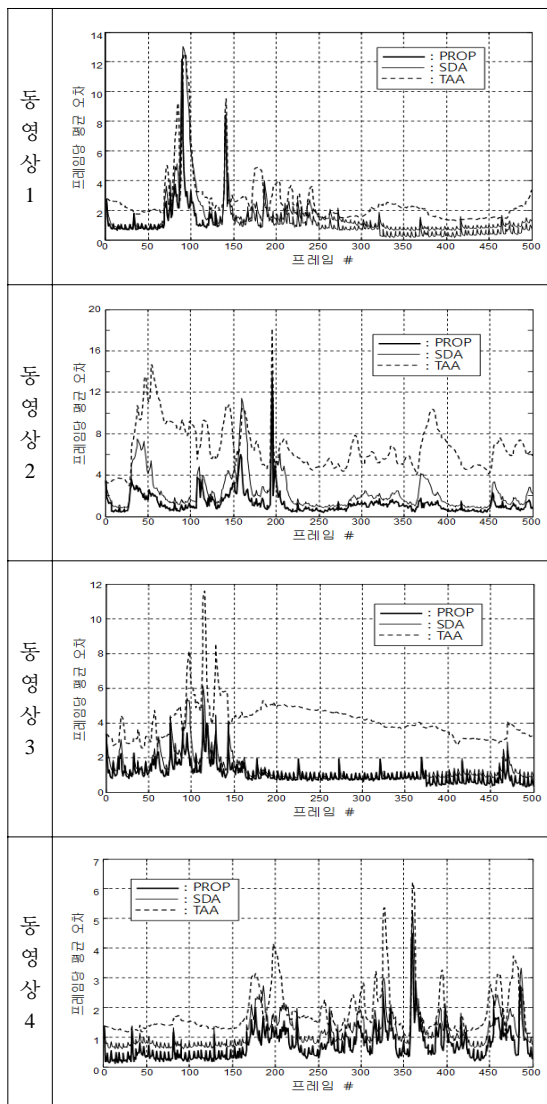


그림 5. 프레임별 평균 SAD
Fig. 5 Average SAD of frames

그러나 모든 영역에서 제안된 알고리즘은 다른 알고리즘에 비해 밝기 변화의 영향을 적게 받고 있고, 밝기 변화에 빨리 적응해 다른 알고리즘보다 빨리 SAD를 줄여주는 것을 볼 수 있다. 한편 각 동영상에서 주기적으로 나타나는 펄스 형태의 작은 SAD 피크 (peak)는 카메라가 갖고 있는 주기적인 자동밝기 조절기능에 의해 발생하는 것이다.

표 1은 각 동영상의 전체 프레임에 대한 평균 SAD를 보여주고 있다. PROP의 괄호 안의 값은 각각 SDA와 TAA의 평균 SAD들에 대한 PROP의 평균 SAD의 백분율이다. 날씨에 의한 밝기 변화가 수시로 발생하는 동영상 2에 가장 큰 SAD를 나타내고 있고, 제안된 알고리즘은 밝기 변화에 잘 대응하고 있음을 보여준다. 전체적으로 제안된 알고리즘의 평균 SAD는 SDA와 TAA에 비해 54.9~64.9%와 19.3~ 38.7% 정도로 기존 알고리즘보다 우수하다.

표 1. 동영상별 평균 SAD
Table. 1 Average SADs of videos

	PROP	SDA	TAA
동영상 1	0.8904(61.3%, 38.3%)	1.4475	2.3266
동영상 2	1.2197(54.9%, 19.3%)	2.2218	6.3268
동영상 3	1.0485(64.9%, 29.0%)	1.6205	3.6212
동영상 4	0.7063(60.2%, 38.7%)	1.1760	1.8223

V. 결 론

본 논문은 스킵존 영역의 교통 환경 분석을 위한 배경영상 추출 알고리즘을 제안하고 있다. 교통 환경에서 시간과 날씨에 따라 수시로 변하는 밝기 변화와 교통 신호에 따라 혹은 불법적으로 정지하는 객체들은 기존 알고리즘에서 배경영상 추출을 어렵게 만드는 요인이다. 제안된 알고리즘은 동적 영역을 검출하기 위해 직전 영상과 평균 배경영상을 이용하여 정적인 객체들이 배경영상에 포함되는 것을 방지하고 있고, 검출된 동적 영역으로 정적인 프레임과 동적인 프레임을 구분하고, 프레임 내에 정적 화소와 동적 화소를 구분하여 적응적이고 고속의 Sigma-Delta 알고리즘을 적용하여 밝기 변화에 빠르게 적응하고 있다. 실험 결과를 통해 기존 알

고리즘 TAA는 밝기 변화에 잘 적응하지 못해 일정 레벨이상 SAD가 계속 유지되고 있고, SDA는 밝기 변화에 잘 적응하고 있으나 제안된 알고리즘만 못하고 정지 객체를 쉽게 배경영상에 포함시키고 있다. 반면에 제안된 알고리즘은 밝기 변화에 빠르게 적응하고 있을 뿐만 아니라 정지한 객체를 효율적으로 잘 배제하고 있어 기존 알고리즘과 비교하여 배경영역의 SAD를 최소 40%에서 최대 80% 정도를 줄여주고 있다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비 (2013년)에 의하여 연구되었음

REFERENCES

- [1] B. Zhan, D. N. Monekosso, S. A Remagnino, and L. Q. Xu, "Crowd analysis: a survey," *Machine Vision and Applications*, vol. 19, pp. 345-357, 2008.
- [2] L. M. Fuentes, and S. A. Velastin. "People tracking in surveillance applications," *Image and Vision Computing*, vol. 24, no. 11, pp. 1165-1171, 2006.
- [3] A. B. Chan, "Privacy Preserving Crowd Monitoring: Counting People Without People Models or Tracking," in *IEEE Conference on CVPR*, pp. 1-7, 2008.
- [4] S. Brutzer, B. Hoferlin, and G. Heidemann, "Evaluation of background subtraction techniques for video surveillance," in *IEEE Conference on CVPR*, pp. 1937-1944, 2011.
- [5] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. Prati, "Detecting Moving Objects, Ghosts, and Shadows in Video Streams," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 25, no. 10, pp. 1337-1342, 2003.
- [6] T. Bouwmans, F. El Baf, and B. Vachon, "Background Modeling using Mixture of Gaussians for Foreground Detection-A Survey", *Recent Patents on Computer Science*, vol. 1, no. 3, pp. 219-237, 2008.
- [7] A. Mittal, and N. Paragios. "Motion-based Background Subtraction Using Adaptive Kernel Density Estimation." in *IEEE Conference on CVPR*, vol. 2, pp. 302-309, 2004.
- [8] Z. Mayo and J. R. Tapamo, "Background Subtraction Survey for Highway Surveillance," in *Proc. Annu. Symp. PRASA*, pp. 77-82, 2009.
- [9] J. Heikkila and O. Silven, "A Real-time System for Monitoring of Cyclists and Pedestrians." *Image and Vision Computing*, vol. 22, no. 7, pp. 563-570, 2004.
- [10] A. Manzanera and J. C. Richefeu. "A New Motion Detection Algorithm Based on Sigma-delta Background Estimation," *Pattern Recognition. Letter*, vol. 28, no. 3, pp. 320-328, 2007.



오정수(Jeong-su Oh)

전자통신공학과 공학박사
 중앙대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 공학박사
 현재 부경대학교 이미지시스템공학과
 ※ 관심분야 : 디지털영상처리, 비디오영상처리, 적외선 신호처리