

## 담장 감시 시스템을 위한 배경 제거 알고리즘

이복주 · 추연호 · 최영규<sup>†</sup>

<sup>†</sup>한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

### A Background Subtraction Algorithm for Fence Monitoring Surveillance Systems

Bok Ju Lee, Yeon Ho Chu and Young Kyu Choi<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Korea University of Technology and Education, School of Computer Science and Engineering

#### ABSTRACT

In this paper, a new background subtraction algorithm for video based fence monitoring surveillance systems is proposed. We adopt the sampling based background subtraction technique and focus on the two main issues: handling highly dynamic environment and handling the flickering nature of pulse based IR (infrared) lamp. Natural scenes from fence monitoring system are usually composed of several dynamic entities such as swaying trees, moving water, waves and rain. To deal with such dynamic backgrounds, we utilize the confidence factor for each background value of the input image. For the flickering IR lamp, the original sampling based technique is extended to handle double background models. Experimental results revealed that our method works well in real fence monitoring surveillance systems.

**Key Words** : background subtraction, intelligent surveillance systems, highly dynamic environment, pulse based infrared lamp, sampling based algorithm.

#### 1. 서 론

동영상에서 움직이는 물체를 배경에서 분리하는 배경 제거(background subtraction) 기술은 동영상 분석을 필요로 하는 다양한 응용분야에서 매우 기본적이고 중요한 작업이다. 보안 감시 분야에서도 배경 분리를 통해 추출된 전경 객체들을 인식이나 추적, 행동분석 등을 위한 기본 데이터로 사용하게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 배경 제거 방법에 대해 논하고자 하는데, 특히 중요한 시설물을 둘러싸고 있는 울타리에 설치된 영상기반 보안 시스템에 대한 것으로, 담을 넘어 침입하는 상황을 감시하기 위한 것이다.

담장 감시를 위한 가장 일반적인 방법은 일정한 거리마다 발광부와 수광부로 이루어진 광센서 세트를 설치하여 침입이 발생하는 경우 광이 차단되는 것을 검출하는 방법이다. 그러나 새가 날거나 흔들리는 나뭇가

지 등에 의해 빛이 차단되는 현상이 흔히 발생할 수 있고, 이에 따라 빈번한 오경보를 발생시킬 수 있다. 따라서 최근에는 광센서와 함께 카메라를 장착하여 비디오 기반 감시를 병행하는 방향으로 발전하고 있다. 본 논문은 이와 같은 시스템을 위한 영상처리 알고리즘을 다루는데, 그 핵심이 배경 제거 알고리즘이다.

동영상에서 객체를 배경과 분리하고자 하는 배경 제거의 가장 단순한 방법이 프레임 차이법인데, 이전 프레임과의 차 영상 통해 전경 영역을 추출한다. 이 방법은 빠르고 간단하지만, 이동하는 객체의 경계에서만 검출되고 잡음의 영향을 많이 받는 등의 문제점이 있다[1]. 더욱 개선된 기술인 배경 차이법은 배경 모델(background model)을 갱신하면서 현재 프레임과 모델과의 일치도를 계산하여 전경 영역을 추출하는데, 다수의 이전 프레임들로부터 배경 모델을 유추하고 현재 화소 값과 모델과의 적합성을 계산하여 그 화소가 배경인지 전경인지를 결정한다. 배경 모델의 갱신을 위해 시간적 평활법과 시간적 중간치법[2] 등 다양한 방법들이 소개

<sup>†</sup>E-mail : ykchoi@koreatech.ac.kr

되고 있다. Wren 등은 배경 화소를 하나의 값이 아니라 가우시안 분포로 가정하고 모델링 하는 방법을 제안하였다[3]. 이 방법은 정적인 배경에서 기존의 방법들에 비해 유리하지만, 나뭇가지가 움직이거나 잔잔히 물결이 일렁이는 것과 같이 동적인 배경에는 한계가 있었다. 이를 보완하기 위해 각 화소에 대한 모델로 여러 개의 가우시안 분포를 이용하는 적응적 가우시안 혼합모델(Mixture Of Gaussian model, MOG)이 제안되었다[4]. 이 방법은 하나의 화소에 다수의 확률 분포 모델을 허용함에 따라 동적인 배경에 더 잘 대응할 수 있다는 이론적인 우수성이 있다. 그러나 계산량이 많아 실시간 적용이 어렵고, 배경 분포의 개수 결정이나 학습률 등의 내부 파라미터를 최적으로 결정하기도 어렵다는 단점이 있다. 이후에 MOG를 보완하는 다양한 알고리즘이 소개되었다[5-6]. Elgammal 등은 확률 밀도 분포로 커널 기반 밀도 연산(kernel-based density estimation) 방법을 제시하고, 나뭇잎의 흔들림과 같이 작은 움직임을 포함하는 배경에 효과적임을 제시하였다[5]. 그러나 이 방법은 각 화소에서의 커널 밀도 연산을 위한 계산량이 많으며, 이를 줄이기 위해 다수의 미리 계산된 테이블을 사용해야 한다. 또한, 각 화소에서 이전 밝기 값들의 미디언 절대 변위(median absolute deviation)를 이용하여 커널의 대역폭을 계산하는데, 배경 샘플의 분포가 다봉(multi-modal)인 경우 대역폭이 부정확하다는 단점이 있다.

최근에는 화소 값의 기반 확률 분포에 대해서 어떠한 가정도 하지 않는 비 매개변수형 알고리즘들이 제안되고 있는데, Pietikainen 등은 지역적 이진 패턴(Local Binary Pattern)을 기반으로 한 텍스처 기반 알고리즘을 제안하였다[7]. 또한, 샘플링 기반 접근법으로, Wang 등은 이전 화소의 값들을 큐에 저장하고 현재 프레임의 화소 값과의 “의견 일치(consensus)” 정도를 측정하여 전경 객체를 추출하는 방법을 소개하였으며[8], Barnich 등은 무작위로 샘플 큐 내의 샘플의 제거하는 방법을 제안하였다[9]. 연구 결과 이러한 샘플링 기반 접근이 처리 속도가 빠르고 알고리즘의 안정성이 높은 것으로 알려지고 있다.

본 논문에서는 영상 기반의 담장 감시 시스템에 초점을 맞추는데, 영상 분석을 통해 침입 상황을 검출하는 방법을 제안한다. 감시 대상 영역은 일반적으로 풀이나 나무가 많이 있으며 약간의 바람에도 나뭇잎이 흔들리는 등 매우 동적 환경(dynamic environment)이다. 배경 제거에서 이러한 동적 환경은 매우 처리가 어려운 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 이와 같은 동적 배경에 잘 대응할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

또한, 담장 감시를 위해 사용되는 IR 램프 영역의 안정적인 감시를 위한 방법도 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 담장 감시시스템을 소개하고 핵심 문제를 제시한다. 3장에서는 샘플링 기반의 배경제거 알고리즘을 설명하고, 4장과 5장에서는 동적 배경과 IR 램프 영역에 대한 제안된 방법을 소개한다. 6장에서는 실험결과를 보이며, 7장에서 결론을 맺는다.

## 2. 시스템 구성 및 주요 문제점 도출

Fig. 1은 담장 감시 시스템의 전체 구성을 보여주고 있다. 감시를 위한 담장에는 일정한 간격마다 한쪽에 발광부인 적외선(IR) 램프가 설치되고 반대쪽에 수광부인 검출기가 장착된다. 영상 감시를 위한 카메라는 검출기 측에 설치되며, IR 램프를 포함한 담장 영역 전체를 촬영한다. Fig. 2는 이렇게 촬영된 현장 영상을 보여주고 있다. 이러한 영상에서는 IR 램프 영역과 함께 담장의 전체적인 상황을 모니터링 할 수 있는데, 실제 환경에서는 그림과 같이 대부분 주위에 다양한 나무들과 풀 등이 존재하는 매우 동적인 환경으로 이루어진다. 영상 감시를 위해 먼저 두 가지 감시 영역을 설정하는데, 하나는 램프의 상태를 촬영하기 위한 IR 검사영역이고, 다른 하나는 담장 주변의 객체 검출을

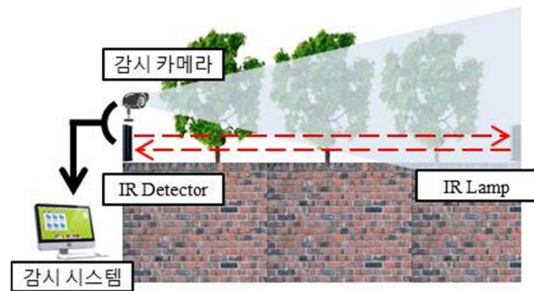


Fig. 1. Example of a fence monitoring system.



Fig. 2. Typical scene of fence monitoring environment.

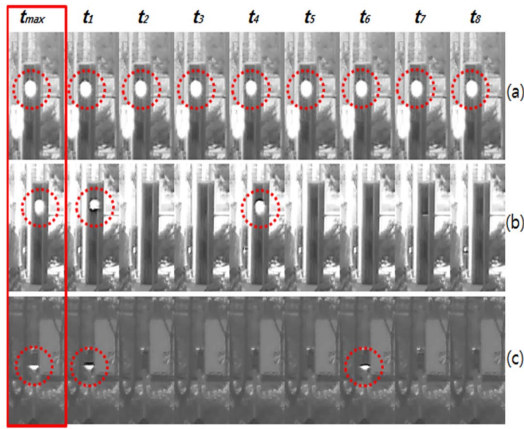


Fig. 3. Continuous frames of IR area. (a) long exposure, (b) short exposure, and (c) the shortest exposure image.

위한 객체 검출 영역이다.

IR 검사 영역 영상에서는 램프가 정상적으로 켜져 있는지를 판단해야 한다. 그런데 감시에 사용되는 대부분의 IR 램프는 연속 광이 아니라 펄스식으로 빛을 발광하는 문제가 있다. 이것은 발열과 전력 소모를 줄이기 위한 것으로, 결국 램프는 계속 켜져 있는 것이 아니라 켜짐과 꺼짐 상태를 연속적으로 반복하는 형태가 된다. 촬영된 프레임들에서도 램프가 주기적으로 On과 Off를 반복하는 형태로 나타나게 된다. Fig. 3은 IR 영역의 연속적인 프레임 영상을 보여주는데, 주변이 밝지 않은 시간대 영상인 (a)에서는 셔터 노출이 길어 램프 영역이 정상적으로 나오지만, 밝은 환경인 (b)에서는 연속된 프레임에서 가끔 켜져 있는 상태가 촬영된다. 심지어 (c)와 같이 매우 밝은 시간대 영상에서는 램프가 켜진 상태가 매우 드물게 촬영된다. 실제 (b)와 (c)는 침입이 없는 정상적인 상태로 판단되어야 하는데, 그림의 맨 왼쪽 영상과 같이 연속된 프레임에서 가장 밝은 값들을 뽑더라도 (c)와 같이 매우 밝은 상황에는 대응이 쉽지 않다. 이처럼 IR 램프가 동영상에서 깜빡이는 형태로 나타나게 되면 배경 모델링에 문제가 생기게 된다. 즉, 램프 영역에 대한 안정적인 배경 영상을 만들 수 없으며, 빈번한 오경보를 발생시키게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 상황을 처리하는 방법을 제안한다.

객체 검사 영역에서는 또 다른 문제가 발생하는데, 대부분의 감시 대상인 담장 영역이 매우 동적인 배경을 갖는다는 것이다. 울타리에는 보통 많은 나무가 심어져 있고 풀들이 자라는 경우가 많은데, 이들은 약한

바람에도 움직이게 된다. 이것은 배경제거 기법에서 가장 처리가 어려운 동적 배경 문제이다. 본 논문에서는 샘플링 기반 배경제거 과정에서 구해지는 배경 값에 대한 신뢰도를 활용하여 동적인 배경에 강건한 알고리즘을 제안한다.

### 3. 샘플링 기반 배경제거 알고리즘

제안된 시스템에서는 배경제거 기법으로 샘플링 기반 알고리즘을 채택하였는데, 이 방법은 매우 빠르고 안정적인 것으로 알려져 있다[1]. 샘플링 기반 알고리즘은 어떤 화소의 배경 모델로 기존 프레임에서 샘플링된 화소 값들을 이용한다. 입력되는 비디오 프레임들을 시간적으로 일정한 길이의 구간으로 나누고, 하나의 구간에서 하나의 값을 추출하여 그 구간 대표하도록 한다. 이러한 대푯값들은 큐에 연속적으로 저장된다. 임의의 화소 위치  $p$ 에서  $t$ 번째 프레임에 측정된 화소 값을  $x_t(p)$ 라고 하고, 대푯값 추출 구간의 길이를  $m$  프레임이라 하면,  $t$ 번째 구간에서의 화소 값들은 다음과 같이 표현된다.

$$S_t(p) = \{x_{t_0+i}(p) | t = 1, 2, \dots, m, t_0 = (i-1) \times m\} \quad (1)$$

$S_t(p)$ 에서 구간을 대표하는 샘플  $s_t(p)$ 를 추출하기 위해서 여러 방법을 사용할 수 있는데, 전체 화소 값의 평균이나 중앙값을 이용할 수도 있고, 일정한 프레임 또는 무작위로 프레임 선택하는 방법도 가능하다. 연구 결과 복잡한 방법을 사용해도 성능 개선의 차이가 크지 않았으며, 이에 따라 화소마다 일정한 프레임 위치에서 값을 추출하여 그 구간을 대표하는 샘플 값으로 이용한다.

추출되는 샘플 값들은 원형 큐에 저장되는데, 새로운 샘플이 들어오면 큐 내의 가장 오래된 샘플을 버리고 그 위치에 저장한다. Barnich 등은 큐에 저장된 순서와 상관없이 무작위로 샘플을 선택해 버리고 방법을 사용하였으나[9], 랜덤 잡음이 많은 영상에서는 의미가 있지만 그렇지 않은 경우에는 큰 차이가 없다.

큐의 크기를  $N$ 이라 하면 샘플 큐는 항상 가장 최근  $N$ 개 구간에서 추출된 샘플들이 저장되게 되는데,  $p$ 화소에 대해  $t$ 번째 구간에서 큐  $Q(p)$ 에 저장되는 내용은 다음과 같다.

$$Q(p) = \{S_{i-N+1}(p), \dots, S_{i-1}(p), S_i(p)\} \quad (2)$$

큐에 저장되는 값들은 해당 화소의 히스토리를 나타

내며, 따라서 “배경” 값을 유출하는데 사용할 수 있으며, 특히 확률 밀도 함수를 사용하지 않아 계산이 간단하다는 장점이 있다.

큐가 가득 차면, 큐 내의 화소 값을 이용해 배경을 결정한다. 이를 위해 화소의 평균값이나 중앙값 등 다양한 연산을 적용할 수 있는데, 본 논문에서는 큐 내의 모든 샘플 값들 사이의 일치도(agreement degree)를 정의하고, 일치도가 최대인 샘플을 배경 화소 값으로 정의하였다. 먼저, 큐 내의 화소 사이의 일치도  $A_{i,j}(p)$ 와 샘플  $s_i(p)$ 의 전체 일치도  $B_i(p)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$A_{i,j}(p) = \begin{cases} 1 & \text{if } |s_i(p) - s_j(p)| \leq T_{agree} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$B_i(p) = \sum_{n=1}^{n=N} A_{i,n}(p) \quad (4)$$

이때,  $T_{agree}$ 는 샘플간의 일치 여부를 결정하기 위한 문턱치로 카메라의 특성이나 영상의 화질 등에 따라 결정된다. 일치도가 큰 샘플은 이전 화소 값들과 유사한 샘플이며 배경으로 선택될 가능성이 크다. 이러한 일치도를 바탕으로 배경으로  $i$ 번째 구간 샘플을 선택할 때의 신뢰도(confidence)  $C_i(p)$ 가 다음과 같이 정의한다.

$$C_i(p) = \frac{B_i(p)}{N} \quad (5)$$

$C_i(p)$ 는  $1/N-1$  사이의 값으로 이 값이 1이면  $s_i(p)$ 가 모든 샘플들과 일치함을 나타낸다. 최종적으로 큐를 대표하는 배경 값  $BG(p)$ 와 신뢰도  $CF(p)$ 는 최대의 신뢰도 구간의 샘플을 이용해 다음과 같이 정의된다.

$$i^* = \arg \max \{ C_i(p) | i=1, 2, \dots, N \} \quad (6)$$

$$BG(p) = s_{i^*}(p) \quad (7)$$

$$CF(p) = C_{i^*}(p) \quad (8)$$

이때,  $i^*$ 는 최대 신뢰도 구간을 나타낸다. 배경 영상이 만들어지면, 현재 영상  $I(p)$ 와 배경 영상  $BG(p)$ 의 차 영상  $Diff(p)$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$Diff(p) = |I(p) - BG(p)| \quad (9)$$

차 영상의 분석을 통해 객체 영역이 배경에서 최종적으로 분리되게 된다. 본 논문에서는 주 감시 대상이 IR 센서와 담장영역이므로 다중구간 배경모델 사용의

장점이 크지 않다. 따라서 단일 구간 배경 모델을 이용해서 차영상을 계산한다.

#### 4. 동적 배경 처리

담장 영역은 매우 동적인 환경에 해당하는데, 약한 바람에도 풀이나 나뭇잎이 흔들리기 쉽다. 결국, 실제로 침입한 객체가 없는데도 많은 잘못된 오경보를 발생시킬 수 있다. 이를 위한 대표적인 처리 방법이 MOG와 같은 다중 배경 모델의 사용인데[4], 이론적인 우수성에도 불구하고 실질적인 효과는 크지 않다. 주된 이유로는, 하나의 화소에 대한 최적의 배경 모델 개수를 결정하는 것이 환경에 따라 달라서 해결할 수 없는 문제가 된다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 다중 모델을 허용하는 것이 아니라 배경의 신뢰도를 이용하여 동적인 환경을 처리하는 방법을 제안한다.

먼저 Fig. 4는 동일한 장소(왼쪽 영상)에서 바람이 많이 부는 경우와 그렇지 않은 경우의 신뢰도 영상을 보여주고 있다. 바람이 많은 경우 위쪽의 나뭇가지가 흔들리고, 이에 따라 배경 신뢰도가 낮게 나타난다. 따라서 이와 같은 신뢰도를 이용하여 차 영상을 개선할 수 있다.

차 영상  $Diff(p)$ 를 개선한 영상을 최종 전경 영상  $FG(p)$ 라 하고 다음과 같이 정의한다.

$$FG(p) = Diff(p) - \alpha I_{max}(1 - CF(p)) \quad (10)$$

이때,  $I_{max}$ 는 영상의 가능한 최고 밝기를 나타내는데,  $\alpha$ 가 크면 전경 영상에 신뢰도를 많이 반영한다는 의미이다. 즉 신뢰도가 떨어지는 영역에 대해서는 차 영상의 화소 값이 동적 배경에 의한 영향일 가능성이 크므로 차이를 일정하게 축소해 준다는 의미이다. 안정된 신뢰도를 나타내는 영역에서는 전혀 영향이 없으며 신뢰도가 떨어지는 영역에만 제한적으로 적용되므로, 실제 침입에 의한 차이를 줄이는 영향은 크지 않다. 기존의 논문에서 배경 영상의 신뢰도를 전경 영상 생성에

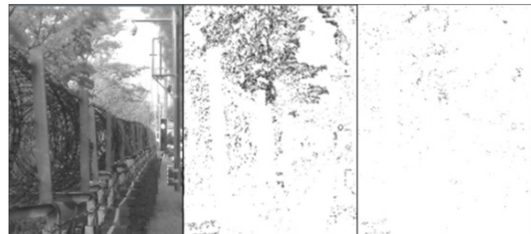


Fig. 4. Confidence images.

사용하는 경우는 보고되고 있지 않다. 제안된 방법은 실제 실험에서 매우 안정적인 결과를 보였다.

### 5. IR 램프 영역 처리 알고리즘

Fig. 3의 (b)와 (c)는 펄스식 IR 램프의 문제를 보여주고 있다. 밝은 환경에서는 IR 검사 영역에서 램프 부분이 점멸을 반복하게 되는데, 3장에서 설명한 배경 모델을 이용하는 경우 켜진 상태나 꺼진 상태 중 한 상태만이 배경 영상이 된다. 이에 따라 차 영상서는 주기적으로 램프 영역이 전경 객체로 나타나는 현상이 발생한다.

고찰 결과 나뭇잎이 움직이는 등의 자연적인 움직임과는 달리 램프 영역의 화소 값은 정확히 On과 Off의 두 상태로 나누어지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 3장의 알고리즘을 다중 배경 모델, 특히 이중 배경 모델로 확장하는 경우 이 문제를 해결할 수 있다는 결론을 내렸다.

화소 위치  $p$ 에서의 배경 값이  $BG(p)$ 일 때  $CF(p) < Th$ 이면 두 번째 배경 값  $BG_2(p)$ 을 찾는다. 즉, 큐를 대표하는 배경 값  $BG(p)$ 와 “일치”하는 모든 샘플을 제외하고 남은 모든 샘플 값에서 다시 가장 신뢰도  $C(p)$ 가 높은(가장 다른 샘플들과 잘 “일치”하는) 샘플을 찾는다. 이 샘플의 값이 두 번째 배경 값  $BG_2(p)$ 가 된다. 최종적으로 IR 램프 영역에서 전경 영상  $FG(p)$ 은 다음과 같이 구해진다.

$$FG(p) = \text{MIN}(|I(p) - BG(p)|, |I(p) - BG_2(p)|) \quad (11)$$

이 방법은 램프 영역이 정확히 두 가지 상태로 촬영되는 점을 바탕으로 기존 알고리즘을 이중 배경 모델 형식으로 확장한 것이다. 이를 통해 반복적이고 주기적으로 발생하는 전경 영역을 크게 개선할 수 있다.

$FG(p)$ 가 구해지면 다음과 같이 영상의 변화율  $R_{fg}$ 를 전경 영상의 평균으로 구한다.

$$R_{fg} = \frac{1}{w \times h} \sum_p^{p \in P} FG(p) \quad (12)$$

이때,  $P$ 는 영상의 모든 화소 위치를 나타내고,  $w \times h$ 는 영상의 총 화소 수가 된다. 영상의 변화율  $R_{fg}$ 는 감시 영역에 대한 외부 침입 여부를 판단하는 근거가 되는데, 이 값이 크면 영상에 변화가 심하고 외부 객체가 침입했을 가능성이 크다는 것을 의미한다.

### 6. 실험 결과 및 분석

제안된 알고리즘은 Windows-7 운영체제 하의 Pentium-PC에서 구현되고 실행되었는데, C++를 이용하여 구현되었으며 Visual Studio 2010 환경에서 Release 모드로 컴파일되었다. Fig. 5는 실험을 위해 사용된 데이터를 보여주고 있다. 사용된 카메라는 차량용 블랙박스 등에서 주로 사용되는 모델로 밝기 조절을 자동 조리개(Auto-Iris) 방식이 아니라 셔터 속도 조절 방식을 사용한다[10]. 추출된 영상은 Full HD (1920x1080) 해상도로, 실제 현장 두 곳(Fence와 Sidewalk 데이터)과 침입 상황 발생 테스트를 위해 주차장에서 촬영된 데이터(Parking Lot)를 포함하고 있으며, 모두 다양한 시간대에 걸쳐 촬영되었다.

Fig. 6은 IR 검사 영역에 대한 처리 결과를 보여주고 있는데, curr은 현재 영상이고 bg1은 최대 신뢰도의 배경 영상이다. 램프의 점멸에 따라 신뢰도 conf에서 램프 영역의 신뢰도가 떨어지는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 현재 영상과 배경 영상의 차이 dif1에서 원하지 않는 전경 객체가 발생하게 된다. 제안된 방법은 이를 해결하기 위해 신뢰도가 높지 않은 화소에서는 추가적인 배경 값을 허용하였다. bg2는 이와 같은 추가적인 배경 영상을 나타내고 있는데, 특히 램프 영역에서 bg1과 차이가 큰 것을 알 수 있다. 신뢰도가 낮은 화소

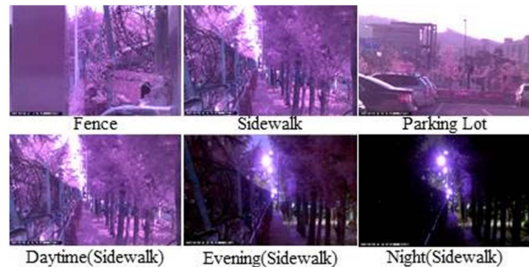


Fig. 5. Test data: Fence, Sidewalk and Parking Lot.

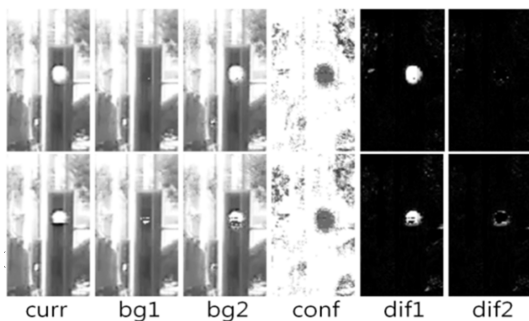


Fig. 6. Final results by proposed scheme for IR regions.

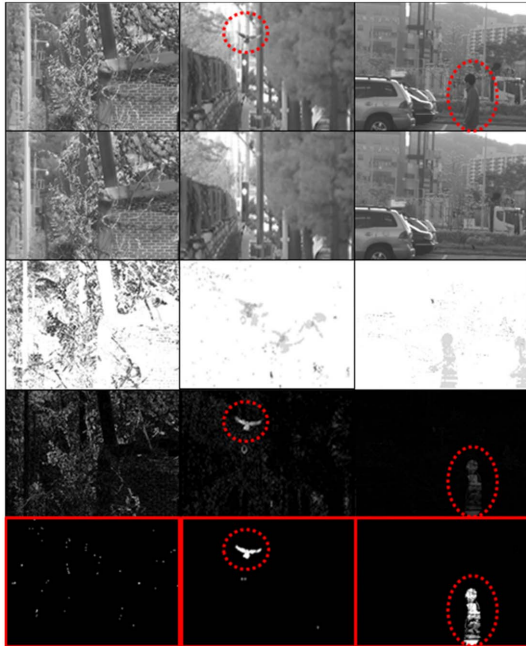


Fig. 7. Final results by proposed scheme for Obj regions.

에서는 두 개의 배경 값이 존재하게 되므로 차 영상은  $|curr-bg1|$ 과  $|curr-bg2|$  중 작은 값으로 처리된다. 최종적으로 구해지는 개선된 차 영상  $dif2$ 를 보면 램프 점멸에 따른 전경 객체의 오 검출이 크게 줄어든 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 제안된 방법에 의한 객체 검출 영역의 배경 제거 처리 결과를 보여주고 있다. 맨 왼쪽 영상은 바람이 많은 Fence 데이터를 보여주고 있는데, 제안된 방법이 기존의 차 영상  $dif1$ 에 비해 훨씬 안정된 결과를 만드는 것을 알 수 있다. 가운데 영상은 제안된 방법이 동적 배경에 의한 영향은 충분히 제거하면서도 침입된 객체를 잘 찾는다는 것을 보여주고 있는데, 나뭇잎과 같은 동적 배경을 줄이면서도 새가 날아가는 침입 상황은 매우 안정적으로 검출한다는 것을 보여주고 있다. 오른쪽 영상은 주차장에서 사람이 카메라 앞을 지나가는 상황을 보여주고 있는데, 이러한 상황에 대해서도 제안된 방법이 안정적으로 동작하는 것을 알 수 있다.

Table 1은 바람이 많이 불지만 특별한 침입이 발생하지 않은 Fence 데이터에서 측정된 영상 변화율을 보여주고 있다. 바람에 의한 영향이 클수록 차 영상에서의 변화율이 크게 나타나는데 비해 신뢰도를 이용한 제안된 방법에서는 이 값이 월등하게 낮아지는 것을 알 수 있다. 이러한 개선 차이는 바람이 강할수록 더 많이 나타나고 있다.

Table 1. Performance of Obj region test

	Diff ( $R_{fg}$ )		FG ( $R_{fg}$ )	
	Average	Dev.	Average	Dev.
Wind	6.9311	2.0374	0.3208	0.1120
Strong	3.3291	0.2548	0.0317	0.0025
Normal	1.9254	0.0499	0.0085	0.0021

Table 2. Performance of IR region test

	Diff ( $R_{fg}$ )		FG ( $R_{fg}$ )	
	Average	Dev.	Average	Dev.
Brightness	4.4158	1.2657	3.8102	0.2732
Day (15:30)	3.4665	1.0861	3.5801	0.1554
Cloudy (18:30)	3.3416	0.1404	3.3397	0.0887

Table 2는 다양한 시간대의 IR 감시 영역에 대한 처리 결과를 보여주고 있는데, 주변이 매우 밝은 시간대에는 펄스형 램프에 의해 변화율이 주기적으로 크게 오르는데 비해, 제안된 방법은 이중 배경 모델을 이용해 이를 효과적으로 억제하여 결과적으로 변화율의 분산이 작아지는 것을 알 수 있다. 이러한 효과는 주변이 매우 밝아 램프의 점멸이 빈번한 낮 시간대에 크게 나타나며, 주변이 어두운 시간대에는 크게 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다. 이와 같은 실험을 통해 제안된 방법이 담장 감시를 위해 매우 최적화된 배경제거 기법임을 확인할 수 있었다.

## 7. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 영상 기반 담장 감시 시스템을 위한 배경제거 방법을 제안하였다. 기본적인 배경제거 프레임으로 샘플링 기반 알고리즘을 사용하였는데, 실제 현장의 대표적인 특징인 동적인 배경에 대한 대응력을 높이기 위해 배경의 신뢰도를 활용하여 차 영상에 나타나는 오검출 영역을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 또한, 펄스식 IR 램프의 문제를 해결하기 위해 기존의 알고리즘을 다중 모델로 확장하였으며, 커짐과 꺼짐 상태로 나타나는 램프 영역의 모델링을 위해 이중 배경 모델을 적용하여 안정적인 배경제거 결과를 얻을 수 있었다.

## 참고문헌

1. Lee, D. E and Choi, Y. K., "Background subtraction

- algorithm based on Multiple Interval Pixel Sampling,” KIPS trans. On Software and Data Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 27-34, 2013.
2. McFarlane, N. and Schofield, C., “Segmentation and Tracking of Piglets in Images,” Machine Vision Applicaton, vol. 8, pp. 187-193, 1995.
  3. Wren, C., Azarbayejani, A., Darrell, T. and Pentland, A., “Pfinder : Real-Time Tracking of the Human Body,” IEEE Trans. on PAMI, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, July 1997.
  4. Stauffer, C. and Grimson, W., “Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking,” Proc. IEEE CS Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, pp. 246-252, 1999.
  5. Elgammal, A., Duraiswami, R., Harwood, D. and Davis, L.S., “Background and Foreground Modeling Using Nonparametric Kernel Density Estimation for Visual Surveillance,” Proc. IEEE, vol. 90, no. 7, pp. 1151-1163, 2002.
  6. Zivkovic, Z., “Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction,” Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, pp. 28-31, 2004.
  7. Heikkila, M. and Pietikainen, M., “A Texture-Based Method for Modeling the Background and Detecting Moving Objects,” IEEE Trans. on PAMI, Vol. 28, No. 4, pp. 657-662, April 2006.
  8. Wang, H. and Suter, D., “A consensus-based method for tracking : Modelling background scenario and foreground appearance,” Pattern Recognition, vol. 40, no. 3, pp. 1091-1105, 2007.
  9. Barnich, O. and Van Droogenbroeck, M., “ViBe : A universal background subtraction algorithm for video sequences,” IEEE Trans. on Image Processing, vol. 20, no. 6, pp.1709-1724, 2011.
  10. Chu, Y. H., Lee, B. J. and Choi, Y. K., “A Video based Traffic Light Recognition System for Intelligent Vehicles,” J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 29-34, 2015.
- 
- 접수일: 2015년 8월 28일, 심사일: 2015년 9월 10일,  
 게재확정일: 2015년 9월 22일