

감시 시스템에서의 야간 영상 보정 알고리즘을 이용한 IR LED Camera의 적정 노출 영상 획득

우승원, 손종인, 김승룡, 김준형, 김영중, 손광훈
연세대학교
khsohn@yonsei.ac.kr

Enhancement of the Nighttime Image Exposure with IR LED Camera for surveillance camera

Woo, Seung-won Sohn, Jong-in Kim, Seung-ryong Kim, Jun-hyung
Kim, Young-jung Sohn, Kwang-hoon

School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

감시 카메라에서 야간 시간대의 영상 품질은 매우 중요한 요소 중 하나이다. 본 논문에서는 IR LED Camera에서 적외선 LED를 사용한 회로적 제어를 통한 노출 제어에 문제점을 분석하고, 이를 해결하기 위한 적응적 배경 모델링과 IR 카메라의 특화된 객체 검출 방법을 제안한다. 노출 제어 방식의 배경을 제외한 적응적 배경과 객체의 합성으로 향상된 야간 영상 획득 방식을 제안한다. 영상 개선 실험 결과는 기존의 회로적 노출 제어 방식의 영상보다 제안하는 방식이 프로세스의 단순화를 통한 비용 절감 효과와 야간 영상 품질 향상의 우수성을 보여준다.

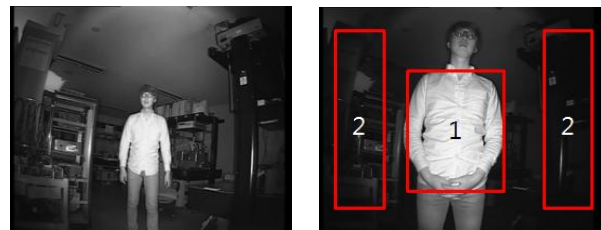
1. 서론

최근 저조도 환경에서 고품질의 영상을 얻기 위한 감시 시스템에 대한 연구가 중요하게 대두 되고 있다[1]. 기존의 일반 CCD 카메라의 경우 초 저조도 환경에서 영상의 식별이 어려운 한계점을 가진다. 이러한 한계점을 보완하기 위하여, CCTV와 같은 감시 시스템에도 범용으로 사용될 수 있는 초 저조도 환경에 적합한 IR LED(Infrared Light emitting diode)를 사용한 제품들이 많이 출시되고 있다.

IR LED Camera의 가장 큰 관심사 중 하나는 LED 방사에 따른 적정 노출(Exposure)로 영상을 제어하는 것이다. 감시 시스템 제품들은 사용 목적의 특성상 정확한 영상을 실시간으로 획득하는 것이 가장 중요한데, IR LED를 부정확하게 제어하는 경우 과 노출 현상(Over Exposure)이 쉽게 발생하여 관심 대상에 대한 영상 획득이 어려울 뿐만 아니라 자칫 감시 시스템의 가장 기본적인 기능에도 충실하지 못할 수 있다.

IR LED Camera에서 적정 노출을 얻기 위해서는 IR LED를 제어해야 하는데 가장 범용으로 사용되고 있는 방법이 PWM 신호를 이용한 LED 제어 방식이다. 이 방식은 회로적인 제어 방식으로 영상의 노출을 인식한 후 이 결과값을 입력 받아 Photo diode에 공급하는 전원의 세기를 변화시킴으로서 방사되는 적외선 양을 조절하는 방식이다. 이 때 제어 신호로서 PWM 신호의 Duty Cycle을 이용하게 된다[2]. 하지만 이러한 제어 방법으로 적정 노출의 영상을 획득하고자 하는 경우 특정 영상에서 여전히 노출 관련 문제점을 보여준다.

이러한 문제를 영상처리 알고리즘으로 해결하기 위해 사용되는 배경 차분 방식[3],[4]과 영상 차분 방식[5]은 영상의 밝기의 대역대가 좁은 IR 영상에서 효율적으로 사용할 수 없다는 한계를 가진다.



(a) 적정 노출 영상

(b) 불규칙 노출 영상

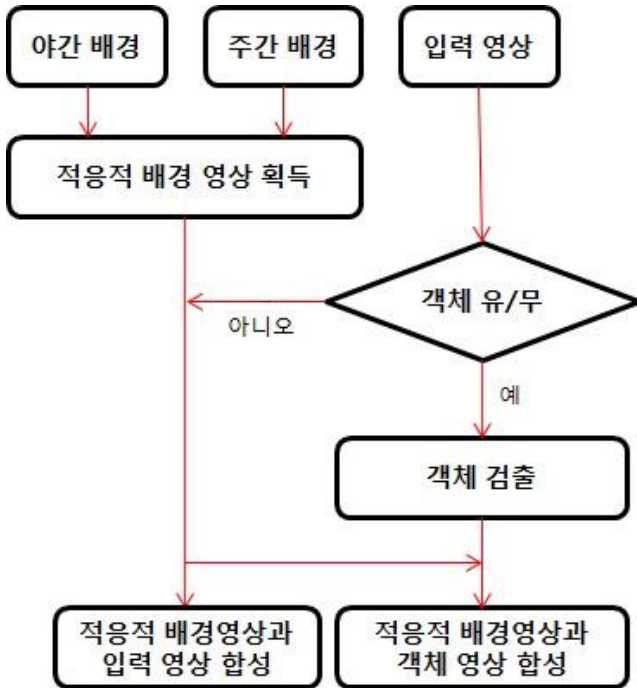
그림 1.) 회로적 제어를 통한 노출 제어 획득 영상

본 논문에서는 이러한 회로적인 방식의 한계와 불필요한 소모를 막고, IR 영상에 특화된 배경 차분과 객체 검출 알고리즘을 사용하여, 회로적인 제어 방식보다 효율인, 새로운 방식의 적정 노출 제어 방식을 제안한다. 2 장에서는 회로적 제어 방식을 통한 결과와 한계에 대해 설명한다. 3 장에서는 제안하는 알고리즘에 전체 흐름과 내용을 설명한다. 4 장에서는 실제 적용한 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 5 장에서는 이 논문의 결론을 도출한다.

2. 회로적 제어를 통한 노출 제어

회로적 제어는 기본적으로 PWM 신호를 이용한 방법이다. 일반적으로 영상을 실시간으로 입력 받으면서 동시에 IR LED를 제어한다[2]. 적정 노출 획득을 위한 회로적 접근법은 특정 영상에서 불만족스러운 부분을 보여준다. 특히 감시 대상 물체와 배경 사이에 노출 차이가 크면 대상 물체를 기준으로 노출이 맞춰지기 때문에 배경이 상대적으로 어두워져 사물의 구분이 어려워지는 단점이 있다. 그림 1은 회로적 노출 제어 방식을 통해 얻어진 저조도 상황에서의 획득 영상이다. 그림 1.(a)의 경우는 해당 객체가 배경과 같은 위치에 놓이면서, 적정한 노출 제어 영상 획득이 가능하다. 그러나 그림 1.(b)의

[표.1] 제안하는 노출 제어 방법 차트



경우 객체와 카메라와의 거리가 가까워지면서 1 번 영역(그림 1.(b)의 가운데 테두리)은 과 노출 현상과 그림 2 번 영역(그림 1.(b)의 왼쪽/오른쪽 테두리)은 노출 부족 현상을 얻게 된다. 결론적으로 객체와 카메라의 영상의 비례하여 효율적인 노출제어에 한계가 생기는 것을 확인할 수 있다.

3. 제안하는 자동 노출 제어 방법

[표 1]은 제안하는 자동 노출 제어 방법의 전반적인 알고리즘의 흐름을 보여준다. 제안하는 방법은 3 가지 파트로 구분될 수 있다. 첫째는, 고정된 카메라에서 획득한 주간 영상과 야간 영상의 배경을 가지고 적응적 배경 영상을 모델링 하는 것이다. 둘째는, 입력영상의 객체가 있는지 없는지를 판단하고 객체가 있을 경우 객체를 검출한다. 마지막으로 객체가 있는 영상의 경우 객체를 제외한 적응적 배경영상을 합성하고 객체가 없는 영상의 경우 입력 영상의 적응적 배경 영상을 합성하여 노출 부족에 대해 향상된 영상을 획득 하는 것이다. 잡음에 강인하고 환경 적응적인 배경 영상을 획득하기 위해서, 야간 배경의 영상과 주간 배경의 영상을 합성하여, 적응적 배경 영상을 획득한다[6].

$$D_i(x,y) = (\sum_{i=1}^n D_i(x,y))/n \quad (1)$$

$$N_i(x,y) = (\sum_{i=1}^n N_i(x,y))/n \quad (2)$$

$$AB(x,y) = \alpha \times D_i(x,y) + (1 - \alpha) \times N_i(x,y) \quad (3)$$

식(1)은 주간 영상의 배경을 식(2)는 야간 영상의 배경을 얻는 식을 의미한다. 이렇게 얻어진 주간과 야간 배경영상의 모델링 통해서 식(3)은 적응적 배경 영상을 얻을 수 있다.

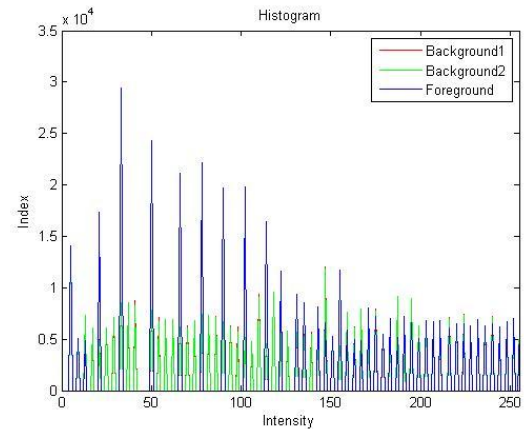


그림 2.) 배경영상들과 객체가 포함된 배경영상의 히스토그램 평활화를 수행한 결과



(a) 입력 영상 (b) 객체 검출 영상

그림 3.) 객체 검출 결과

D_i, N_i, AB 는 주간 배경영상, 야간 배경 영상 그리고 적응적 배경영상을 각각 의미한다. i 는 영상의 프레임 번호, 전체 개수 이고, 적응적 배경영상을 구하기 위해서 두 영상의 합성을 위해 사용된 는 실험적으로 0.3 으로 지정 하였다. 입력 영상이 들어왔을 때, 입력 영상과 적응적 배경 영상의 히스토그램 매칭[7]을 통해서 영상의 객체가 있는지 없는지 여부를 판단한다. 일반적으로 객체가 없는 영상의 경우 그림 2 에서와 앞에서 얻어진 배경 영상의 히스토그램과 피크를 기준으로 매칭했을 때, 변화가 적은 것을 확인 할 수 있다. 하지만 객체가 있는 경우 히스토그램의 변화가 크기 때문에 이를 통해서 영상의 객체 유무를 판단 할 수 있다. 이때 객체가 있는 입력영상의 경우, 식(4)를 통해서 객체를 검출한다.

$$O(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } I(x,y) > th_{ostu} \\ 0, & \text{if } I(x,y) < th_{ostu} \end{cases} \quad (4)$$

$O(x,y), I(x,y)$ 는 객체 이진화 영상과 입력 영상을 의미한다. 입력 영상에 노출이 된 객체가 검출될 경우 장애물의 밝기 값이 급격히 증가하기 때문에, 영상의 피크를 통계적으로 추출 하고 OSTU 알고리즘[8]을 사용하여 임계값을 설정하고 객체를 추출한다. I 는 입력영상에서 OSTU 알고리즘을 통해 얻어진 최적화된 임계값을 의미한다. 검출된 객체 영상의 결과는 그림 3에서 볼 수 있다. 객체가 있는 영상과 없는 영상을 구분하여 영상을 합성하여 적응적 배경을 이용한 자동 노출 제어 영상을 획득한다.

4. 실험 및 분석



(a) 입력 영상 (b) 자동 노출 제어 영상
그림 4.) 자동 노출 제어 결과

알고리즘은 Microsoft Visual C 언어로 구현하였으며, 인텔 i-5 1.7 기가 클럭 CPU 와 2GB 메모리의 컴퓨터 환경에서 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 영상은 LG IR LED Camera(모델명: LCD5300R)을 사용하여 획득하였으며 영상 사이즈는 720×576 이다. 그림 4 는 최종적으로 배경과 입력 영상이 적응적으로 합성된 영상을 보여 주고 있다. 앞에서 회로적 노출 제어 방식의 한계로 보여졌던 부족 노출 부분도 자동적으로 합성되어 전반적으로 만족스러운 품질을 보여 주고 있음을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 IR LED Camera 의 회로적 제어 기법을 통한 적정 노출 영상 획득의 한계점을 알아보고 이 부분을 보완할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 해당 알고리즘 적용 시 적정 노출을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 회로의 단순화가 가능하고 이에 따른 비용절감 효과도 기대할 수 있을 것이다. 실내에서는 상당한 기대 효과를 보이고 있으나 실외 환경에서 어느 정도 수준의 효과를 보일 수 있는지에 대한 실험은 아직 준비 중이며 향후 다양한 환경에서의 실험을 진행할 예정이다.

6. 참고문헌

[1] YunBo Rao, W. Lin and L. T. Chen, "Image-based fusion for video enhancement of nighttime surveillance", Optical Engineering Letters, vol. 49, no. 2, pp. 2010.

[2] 백중협, 황남, 송상빈, 조용익, 유명문, "LED 기초와 응용", Optical Science and technology, pp. 10, 2007

[3] F.-C. Cheng, S.-C. Huang, and S.-J. Ruan, "Advanced background subtraction approach using Laplacian distribution model," in Proc. Int' l Conf. Multimedia & Expo, , pp. 754-759, 2010.

[4] A. Monnet, A. Mittal, N. Paragios, and V. Ramesh, "Background modeling and subtraction of dynamic scenes," in Proc. 9th IEEE Int' l Conf. Computer Vision, pp. 1305-1312. 2003.

[5] Shao-Yi Chien, Shyh-Yih Ma, Liang-Gee Chen, "Efficient moving object segmentation algorithm using background registration technique," Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Volume 12, Issue 7, Page(s):577 - 586 , 2002

[6] Han-Sung Park, Kang-Hyun Jo, "Real-time hand gesture recognition for augmented screen using average background and camshift", Frontiers of Computer vision , 2013

[7] M.J. Swain and D.H. Ballard, "Color indexing.", Computer Vision, vol. 7, no. I, pp. 11-.12, 1991.

[8] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation". Journal of Electronic Imaging, 2004