

# 실시간 감시 시스템을 위한 배경 모델링과 응용

최정훈<sup>○\*</sup> 조정현<sup>\*\*</sup> 김승호<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>경북대학교 컴퓨터공학과

<sup>\*\*</sup>영남이공대학 컴퓨터정보기술계열

jhchoi<sup>○</sup>@mmlab.knu.ac.kr, petercho@ync.ac.kr, shkim@knu.ac.kr

## Background modeling and Application for Real-time Surveillance

Jung-Hoon Choi<sup>○\*</sup> Jeong-Hyun Cho<sup>\*\*</sup> Sung-Ho Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

<sup>\*\*</sup>Division of Computer Information Technology, Yeungnam College of Science & Technology

### 요 약

본 논문에서는 실외 환경의 실시간 감시 시스템에 응용할 배경 모델링을 설계 구현한다. 일반적인 감시 시스템은 배경 모델링, 오브젝트 검출, 그리고 오브젝트 추적으로 나뉜다. 실시간으로 배경 모델링과 갱신을 수행하고 객체를 추적하기 위해서는 연산 시간이 적어야하며 노이즈 제거를 수행해야 한다. 노이즈 제거를 위하여 메디안 검출 방법을 이용하고 있으나 정렬 시간이 많은 문제점이 있다. 본 논문에서는 윈도우 기반의 러닝 윈도우 리스트 (running window list)를 제안하여 메디안 정렬 시간을 최소화하고 실시간으로 배경 모델링과 배경 갱신을 수행하는 방법을 제안한다.

## 1. 서 론

실시간 감시 시스템은 응용 분야의 기본이 되는 중요한 것으로 최근 들어 많이 연구가 진행되었다 [1-7]. 기존의 배경 모델링에 사용된 Kalman filter, Gaussian mixture, Non-parametric model, Adaptive smoothness 등은 [1] 실시간에 적합하지 않고 실외 환경에 존재하는 나무의 움직임, 물체의 반사광, 주변 밝기 변화 등의 노이즈 제거에 효과적이지 않다. Haritaoglu는 자신이 제안한 시스템인 W4에서 노이즈에 강한 메디안 방법을 사용하였으나 [4,5], 배경 영상이 생성된 이후의 입력 영상을 반영하는 갱신 시점 결정에서 급격한 밝기 변화 등의 노이즈 제거를 할 수 없었다.

본 논문에서는 배경 모델링 방법으로 기존의 메디안의 장점을 유지하고, 단점인 속도를 개선 할 수 있는 방법을 제안한다. HSV 색상 좌표계를 사용하여 각각의 채널을 양자화 한다. 배경 초기화 동안 동일한 양자화 값에 대해 카운트 계수를 증가시키고, 각 카운트 정보에 대해 1 이상인 양자화 값에 대해 더블 링크드 리스트로 재구성하며, 이를 이용하여 메디안 추출 시간을 단축한다. 배경 초기화가 끝난 이후의 입력 영상에 대해 해당 윈도우의 카운트를 감소하고 증가하는 방법을 사용하여 실시간 배경 갱신을 하게 된다. 이러한 방법은 입력 영상 전체에 영향을 주는 노이즈로부터 배경 모델링의 정확성을 높여 주며 주변의 노이즈가 작은 실내 환경의 경우 갱신 과정의 수행 속도를 향상시킬 수 있다. 제안된 방법은 실시간으로 배경 갱신을 반영하기 때문에 갱신 시점의 문제가 없으며 오브젝트 추출과 추적 과정이 용이하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 시스템 개요 및 배경 모델링의 전처리 과정에 대해서 알아보고, 3장에서는 배경 영상 모델링과 갱신에 대해서 설명하고, 4장에서는 제안한 방법에 의해 구현된 실시간 배경 모델링의 시스템을 실험 영상에 적용한 결과를 보이고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 과제를 제시한다.

## 2. 시스템 개요 및 배경 모델링의 전처리 과정

본 논문에서 제안된 시스템은 입력된 영상으로부터 배경 모델링을 위하여 N 프레임동안 러닝 윈도우 리스트를 구성하게 된다. 이 리스트를 구성하기 위해 색상 좌표계를 바꾸고 각 채널별로 윈도우 리스트를 생성하게 된다. 이후, 실험 결과를 확인하기 위하여 차영상을 만들고 실시간으로 배경을 갱신하게 된다 (그림 1).

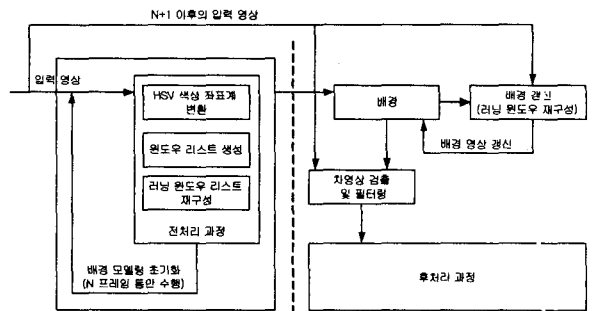


그림 1. 전체 시스템 개요

2.1 색상 변환 및 양자화 영상의 카운트 리스트

색상 좌표계는 그림자 정보의 효과적인 제거와 오브젝트의 특징 추출을 위하여 H, S, V 정보를 사용한다. HSV 색상 좌표계를 사용하여 오브젝트 자체에 존재하는 그림자(Cast shadow)를 제거하게 된다. RGB에서 HSV 좌표계로 변환하는 방법은 식 (1)과 같다.

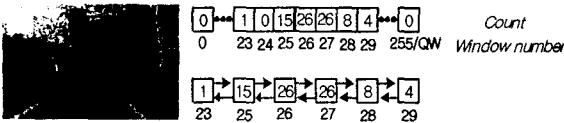
$$H = \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right]$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+B+G)} [\min(R, G, B)] \quad V = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (1)$$

양자화 영상을 생성하기 위해서 HSV 좌표계의 값들을 0 ~ 255의 값으로 재구성을 하고, 재구성된 H, S, V의 값은 윈도우 크기 (QW)만큼 양자화 한다. 입력 영상의 한 픽셀은 H, S, V 각각에 해당하는 256/QW 크기의 카운트 리스트를 가지며 0으로 초기화 한다. 카운트 리스트는 순차적으로 입력된 영상에서 픽셀 단위로 H, S, V의 양자화 값을 계산하여 해당 윈도우의 값을 1 단위로 증가시키게 된다. 카운트 리스트 내의 윈도우에는 일부분의 카운트만 존재하게 되며, 대부분의 윈도우는 0의 값으로 존재한다.

2.2 매디안 검출을 위한 러닝 윈도우 리스트

매디안 값으로 구성된 배경 영상을 생성하기 위해서는 카운트 리스트에서 N/2 이상인 윈도우를 찾아야 하나, 영상을 구성하는 픽셀의 수가 360x240 이므로 실시간으로 순차 방문은 불가능하다. 매디안 검출이 실시간으로 가능하기 위해서 각 픽셀마다 0보다 큰 값을 가지는 윈도우로 구성된 러닝 윈도우 리스트를 생성한다. 정지 배경의 경우 부분적인 노이즈가 존재하더라도 3 ~ 4개의 러닝 윈도우 리스트로 구성되기 때문에 매디안 검출 과정의 시간 복잡도를 줄일 수 있으며, 이후에 배경 갱신이 실시간으로 적용될 수 있다. 그림 2(a) 배경 영상 모델링을 위한 입력 영상이고 그림 2(b)는 이 입력 영상을 통하여 구한 카운트 리스트의 형태와 러닝 윈도우 리스트를 나타낸다.



(a) 입력 영상 (b) 러닝 윈도우 리스트  
그림 2. 카운트 리스트와 러닝 윈도우 리스트

3. 배경 영상 모델링과 갱신

매디안 정보로 이루어진 배경 영상을 추출하기 위해서는 초기화 프레임 개수 N의 정의가 필요하다. 기존의 score map [6]은 고속도로와 같이 오브젝트가 빠르게 움직이고

주위 환경의 노이즈 변화가 거의 없는 경우에 적합하지만 일반 환경에서는 유용한 방법이 아니다. 제안된 방법에서는 알고리즘1과 같이 검출시점을 결정하고 만약, 80 프레임 이내에 결정이 되지 않으면 N을 80으로 정의하고 배경 모델링을 종료한다.

배경 모델링의 검출 시점이 결정되었으면 러닝 윈도우 리스트에서 각 H, S, V의 MP (median point)를 생성한다. 만들어진 러닝 윈도우 리스트를 순차 방문하면서 각 윈도우의 카운트 값을 누적한다. 누적 값이 N/2가 이상이 되는 시점이 MP가 되며 이후 러닝 윈도우 리스트에 새로운 양자화 값이 들어오면 MP의 양자화 값과 비교하여 갱신이 됨으로 윈도우 리스트의 검색 범위를 1/2로 줄일 수 있다.

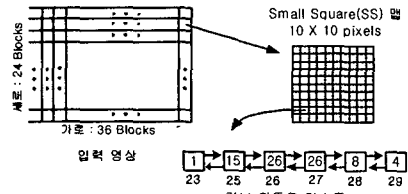


그림 3. SS 윈도우의 구성

알고리즘 1: 정지 배경 영상의 검출 시점 결정

입력: 현재 생성된 정지 배경 영상

출력: 검출 시점 프레임 N

1. SS 윈도우에 속하는 픽셀의 러닝 윈도우 리스트 중에서 (N/2) + 1보다 큰 값이 존재하면 그 픽셀은 검출 가능 픽셀로 설정한다.
2. SS 윈도우에 속하는 모든 픽셀이 검출 가능 픽셀이면 해당 SS 윈도우는 검출 가능 SS로 설정한다.
3. 모든 SS 윈도우가 검출 가능으로 설정될 때까지 다음 프레임의 입력을 받아 검출 가능 SS로 설정되지 않은 윈도우에 대하여 1,2 과정을 반복한다.

4. 실험 결과

정지 배경을 초기화하기 위해서는 프레임의 크기 N이 정의되어야 하며 초기화 프레임의 크기는 알고리즘 1에 의하여 결정된다. 만약, 80 프레임 이내에 검출 시기가 결정되지 않으면 실험 결과 값 80으로 결정 되어진다. 다음의 표 1은 실내 환경과 실외 환경에서 제안된 검출 시점 결정 방법을 적용하였을 때 평균적인 초기화 프레임의 크기를 나타낸다. 표1의 실험 결과는 실내 환경과 같이 노이즈(주위 환경)의 변화가 작은 경우 정지 배경을 80 프레임 이전에 검출할 수 있고, 노이즈의 변화가 많은 실외 환경의 경우 기존의 실험 결과인 80 프레임과 크게 차이가 나지 않은 것을 보여 준다.

H, S, V의 양자화 크기는 그림 4(a)와 같이 PSNR의 값이 높은 3, 3, 8의 단위로 결정하였다. 즉, H의 간격을 3으로 했을 시 양자화를 하지 않은 경우와 거의 유사한 PSNR을 나타내

게 되었다. 따라서 양자화의 크기에 의해 가질 수 있는 최대 윈도우 개수는 H는 86개, S는 86개, 그리고 V는 32개이다. 실제 정지 배경 모델링에 사용되는 러닝 윈도우 리스트의 평균 윈도우 크기는 그림 4(b)와 같다. 러닝 윈도우 리스트의 평균 윈도우 크기는 양자화의 크기와 반비례하며 이전 실험에서 선택한 HSV의 양자화 크기를 적용하면 평균 윈도우의 크기는 H의 경우 6개, S의 경우 8개, V의 경우 5개로 나타났다. 이는 모든 픽셀의 HSV를 순차 방문하는 불필요함을 줄일 수 있으며 검색에 필요한 시간을 최소화할 수 있다. 즉, 정지 배경의 실시간 갱신에서 평균 비교 횟수는 평균 윈도우 개수의 반임으로 제안된 배경 모델링 시스템은 실시간에 적합함을 알 수 있다. 그리고 본 논문에서 제안한 방법은 배경 모델링 갱신을 위한 처리과정이 평균 0.05초로 나타났다.

표 1. 각각의 실험 영상에 대한 초기화 프레임의 크기

실외 환경	평균적인 크기	실내 환경	평균적인 크기
농구장	78	연구실	35
운동장	85	복도	38
주차장	93	도서관	34

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{MSE} \right],$$

$$\text{where } MSE = \frac{1}{\text{Height} \times \text{Width}} \sum_{y=1}^{\text{Height}} \sum_{x=1}^{\text{Width}} [f(x, y) - f'(x, y)]^2 \quad (2)$$

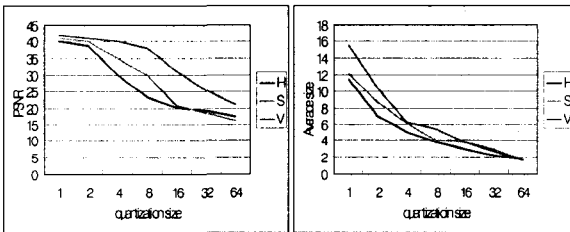


그림 4. 양자화 크기, PSNR, 그리고 러닝 윈도우 리스트와의 관계

그림 5은 본 논문에서 제안한 배경 모델링을 이용하여 실제 입력 영상에서 어떻게 나타나는 지를 보여 준다. 그림 5(b)는 입력 영상 (그림 5(a))과 배경 영상의 차로 나타낸 영상이며, 노이즈 제거를 위한 필터링 과정은 수행하지 않았다. 그리고 그림 5(c)는 모폴로지컬 필터를 사용하여 나온 결과이다.

### 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 정지 배경 영상 모델링과 오브젝트 추적을 실시간에 수행하기 위해 윈도우 기반의 메디안 검출 방법 알고리즘을 제안하였다. 제안한 실시간 정지 배경 갱신 모델링

은 평균적으로 러닝 윈도우 리스트의 평균 크기/2의 비교 연산을 수행함으로써 영상 재생의 지연없이 실시간에 수행 가능하게 되었다. 실험을 통하여 제안된 시스템은 실시간에 배경 영상을 검출하고 오브젝트 추출과 실시간 정지 배경 갱신이 가능함을 보였다. 제안된 방법이 다양한 목적으로 활용되기 위해서는 실시간에 영상을 처리하는 데 영향을 주지 않는 오브젝트의 특징 벡터가 추가 되어야 하고, 어두운 지하 환경과 비 또는 눈이 오는 환경에서 신뢰할 수 있는 배경 영상 모델링 방법과 오브젝트 검출 방법에 대한 연구가 필요하다.



(a) 입력 영상 (b) 필터링 전 차영상 (c) 필터링 후 그림 5. 실험 결과

### 참고 문헌

- [1] Dan Gutchess, Miroslav Trajkovic, Eric Cohen-Solal, Damian Lyons and Anil Jain, "A Background Model Initialization Algorithm for Video Surveillance," IEEE: Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on , Volume: 1 , 7-14 July 2001.
- [2] Ng Kim Piau and Ranganath S., "Tracking People," IEEE: Pattern Recognition, 2002. Proceedings. 16th International Conference on , Volume: 2 , 11-15 Aug. 2002.
- [3] Stauffer, C. and Grimson, W.E.L., "Adaptive background mixture models for real-time tracking," IEEE: Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. Computer Society Conference on. Volume: 2 , 23-25 June. 1999.
- [4] Ismail Haritaoglu, David Harwood and Larry S. Davis, "A Fast Background Scene Modeling and Maintenance for Outdoor Surveillance," IEEE: Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on , Volume: 4 , 3-7 Sept. 2000.
- [5] Ismail Haritaoglu, "W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities," IEEE: Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on , Volume: 22 Issue: 8 , Aug. 2000.
- [6] Andrew H. S.Lai and Nelson H. C. Yung, "A Fast and Accurate Scoreboard Algorithm for Estimating Stationary Backgrounds in an Image Sequences," IEEE: International Symposium on , Volume: 4 , June 1998.
- [7] Ahmed Elgammal, David Harwood, Larry Davis, "Non-parametric Model for Background Subtraction," Lecture Notes in Computer Science, Publisher : Springer-Verlag Heidelberg. ISSN: 0302-9743, Vol:umn: Volumn 1843/ 2000, 751-767 Janu. 2000.