

블록 영상의 통계적 특성을 이용한 적응적 상황 검출 알고리즘

하영욱, 김희태, 강경호, 임준석*, 김상철*, 김용득, 최태영
아주대학교 전자공학부, *현대 중공업(주)

An Adaptive Event Detection Algorithm Based on Statistics of Subblock Images

Young Wook Ha, Hee Tac Kim, Kyoung Ho Kang,
Jun Seok Im*, Sang Chul Kim*, Yong Deak Kim, and Tae Young Choi
Division of Electronics Engineering, Ajou University, *HYUNDAI Heavy Industries Co.
Phone: 0331-219-2490, Fax: 0331-212 9531, E-mail: taeyoung@madang.ajou.ac.kr

Abstract

In this paper, an adaptive event detection algorithm is proposed, for which we use the statistics of subblock image and adaptive threshold levels. The adaptive threshold level for a parameter binarization is taken by averaging the corresponding parameter obtained from several input images. As simulation results, it is shown that the proposed algorithm is much more adaptive to the input images and effective in event detection rate than the conventional difference based algorithms.

I. 서 론

고도화되어 가고 있는 첨단 장비 및 시설물들의 보안과 공공장소에서의 범죄 예방 등에 인력을 보조하거나 대체하기 위하여 무인 감시 시스템이 많이 활용되고 있다. 그러나, 현재의 무인 감시 시스템은 CCTV에 의한 실시간 모니터링이나 VCR 녹화 기법이 대부분이며, 이는 상황 발생 유무에 관계없이 모든 데이터를 저장하기 때문에 방대한 메모리 양이 필요하다. 그러나, 감시 목적에 따라서는 계속적으로 감시데이터를 저장할 필요가 없는 경우가 있을 수 있다. 예를 들어, 화재 경보 및 발화원인 기록, 중요 자재 보관소의 상황 변화 기록이나 위험물 상태 변화 기록 등과 같은 경우이다. 이 경우, 영상시 정적인 상태를 유지하여 계속적인 감시 데이터의 기록이 무의미하고, 돌발 상황

이 발생할 때부터 정적인 상태로 복귀한 때까지만 즉, 상황 변화 시간 동안만 기록하는 것으로 감시 목적을 달성할 수 있다.

이러한 돌발적인 상황 변화 검출 연구는 현재 카메라가 고정된 위치에서 작동한다는 가정하에서 참고 영상과 입력 영상의 차 영상에 기초하는 것이 대부분이다 [1-6]. 그러나, 공장이나 선박, 자동차, 승강기와 같이 움직임이 있는 곳에서는 카메라가 흔들릴 수 있고, 이에 의한 프레임간의 변화의 폭이 크게 나타나기 때문에 카메라의 흔들림이 있는 상황하에서 차 영상만을 이용한 감시 알고리즘들은 그 신뢰성을 발휘하기 어렵다. 이에 관한 내용은 이미 기술된 바 있다 [7]. 또한, 상황 변화 (사립, 화재, 기계의 고장)가 다양해서 영상의 특징을 추출해내기가 쉽지 않기 때문에 여러 가지 상황을 고려한 알고리즘을 사용해야 한다. 이에, 본 논문에서는 참고 영상, 입력 영상과 차 영상의 통계적 특성을 바탕으로 상황 변화를 감지하는 방법을 제안하고자 한다. 아울러, 국부적인 상황 변화의 효과적 검출을 위하여 영상을 몇 개의 블록으로 나누어 처리하고, 다양한 상황을 고려하여 연속된 여러 장의 입력 영상으로 문턱값을 설정하는 방법을 사용하고자 한다.

II. 상황 검출 알고리즘

본 논문에서는 참고 문헌 [7]에서 기술한 알고리즘을 개선한 블록화된 영상의 통계적 특성과 적응 문턱값을 이용한 돌발적 상황 검출 알고리즘을 제안한다.

2.1 영상의 블록화

차 영상 기반 상황 발생 검출법이나 본 논문에서 제안하는 방법은 차 영상과 영상의 평균, 표준편차를

이 연구는 현대중공업(주)의 1997년도 수탁과제 연구지원비에 의해 연구되었습니다.

상황 변화의 판단 기준으로 사용한다. 영상의 크기가 $M \times N$ 이고, 씬 (m, n) 에서의 참고 영상, 입력 영상, 차 영상의 화소값을 각각 $r(m, n)$, $c(m, n)$, $d(m, n)$ 이라 할 때, 차 영상, 차 영상의 평균과 분산은 각각 식 (1), (2), (3)으로 나타낼 수 있다.

$$d(m, n) = |r(m, n) - c(m, n)|, \quad (1)$$

$$m_d = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N d(m, n), \quad (2)$$

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (d(m, n) - m_d)^2. \quad (3)$$

마찬가지로 참고 영상과 입력 영상의 평균과 분산도 식 (2), (3)과 같은 방법으로 구할 수 있다.

차 영상 기반 상황 발생 검출법이나 본 논문에서 제안하는 방법은 상황에 해당하는 대상물이 영상의 평균과 표준편차 값에 어느 정도 영향을 미칠 수 있는 크기나 밝기를 가지야 한다. 그래서, 본 논문에서는 국부적 영상의 상황 변화를 감지하기 위하여, 전체 영상을 몇 개의 블록으로 나누고 블록별 영상의 통계적 특성을 이용하여 국부적 상황 변화를 판단하고자 한다.

2.2 세 가지 영상의 통계적 특성 이용

참고문헌 [7]에 기술된 바와 같이 상황 변화가 전혀 없더라도 카메라가 흔들림 경우, 차 영상만으로는 상황 변화가 있는 것으로 오판하기가 쉽다. 그래서, 차 영상 이외에 입력 영상과 참고 영상 그 자체의 통계적 특성을 이용하고자 한다. 즉, 상황 변화가 전혀 없고 카메라의 흔들림이 있는 경우, 참고 영상과 입력 영상의 통계적 특성이 거의 동일할 것이라는 점을 이용하기로 한다. 본 논문에서는 참고 영상, 입력 영상, 차 영상 각각에 대한 평균 (m_r, m_c, m_d) 과 표준편차 $(\sigma_r, \sigma_c, \sigma_d)$ 값을 이용하되, 경우의 수를 줄이기 위하여 참고 영상, 입력 영상의 경우에는 평균과 표준편차의 상대적인 비를 사용한다. 그런데, 참고 영상과 입력 영상의 표준편차 비와 평균 비는 영상의 밝기에 따라 크게 변할 수 있다. 따라서, 참고 영상과 입력 영상의 평균 밝기와 표준편차 값에 따라 평균의 비와 표준편차의 비를 가중시키 식 (4), (5)와 같은 통계특성함수를 사용하기로 한다.

$$C_m = k_m(m_r + m_c) \left(\frac{\text{Max}(m_r, m_c)}{\text{Min}(m_r, m_c)} - 1 \right) = \frac{k_m |m_r^2 - m_c^2|}{\text{Min}(m_r, m_c)}, \quad (4)$$

$$C_\sigma = k_\sigma(\sigma_r + \sigma_c) \left(\frac{\text{Max}(\sigma_r, \sigma_c)}{\text{Min}(\sigma_r, \sigma_c)} - 1 \right) = \frac{k_\sigma |\sigma_r^2 - \sigma_c^2|}{\text{Min}(\sigma_r, \sigma_c)}, \quad (5)$$

여기서, k_m, k_σ 는 상수이고, $m_r + m_c$ 와 $\sigma_r + \sigma_c$ 는 평균과 표준편차의 값에 따라 m_r 과 m_c 의 비, σ_r 과 σ_c 의 비를 조절하는 가중치이다.

식 (2), (3), (4), (5)에서 정의된 네 가지 변수 $(C_\sigma, C_m, \sigma_d, m_d)$ 에 따라 상황 변화를 분류하는 데에는 여러 가지 방법이 있겠지만 본 논문에서는 이들 네 가지 변수를 적절한 문턱값으로 이치화하여 총 16가지 경우로 상황을 분류하도록 한다. 표 1은 이들 16가지 중 실제 일어날 수 있는 경우를 나타낸 것으로, 표 안의 0과 1은 네 가지 변수 $(C_\sigma, C_m, \sigma_d, m_d)$ 가 제각각 주어진 문턱값보다 작은 경우와 큰 경우를 뜻하는 것이다.

Table 1. Classification of events versus four parameters.

상황	C_σ	C_m	σ_d	m_d	상황 분류
1	0	0	0	0	정적 상태
2	0	0	0	1	카메라의 흔들림
3	0	0	1	0	국소적 밝기 변화
4	0	0	1	1	카메라의 흔들림
5	0	1	0	1	전체 밝기 변화
6	0	1	1	1	상황 발생
7	1				상황 발생

표 1에서 제외된 두 가지 상황 (0100)과 (0110)는 정상적인 상황에서 일어날 수 없는 상황이므로, 상황 판단의 기준으로 적용하지 않았다.

2.3 문턱값 설정

다양한 상황 (실내·외, 주·야간 등)에서 상황 변화 (사람, 화재, 기계의 고장 등)를 정확하게 판단하기 위해서는 문턱값을 적절하게 설정하는 것이 중요하다. 또한, 입력 영상과 영상의 각 블록 내의 다양한 특성을 고려하여 문턱값을 설정하면 상황 변화 감지력을 개선할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 $S \times S$ 블록으로 나누어진 참고 영상과 인속된 Q 개의 입력 영상을 이용하여 다양한 상황에 적용할 수 있고 각 블록의 특성을 고려한 문턱값을 다음과 같이 설정하고자 한다.

$$T_{R_i} = R_{oi} + k_{R_i} \left(\frac{\text{Max}(Avg.(R_{oi}), R_{oi})}{\text{Min}(Avg.(R_{oi}), R_{oi})} - 1 \right),$$

$$T_{R_m} = R_{mi} + k_{R_m} \left(\frac{\text{Max}(Avg.(R_{mi}), R_{mi})}{\text{Min}(Avg.(R_{mi}), R_{mi})} - 1 \right),$$

$$T_{\sigma_{oi}} = \sigma_{oi} + k_{\sigma_{oi}} \left(\frac{\text{Max}(Avg.(\sigma_{oi}), \sigma_{oi})}{\text{Min}(Avg.(\sigma_{oi}), \sigma_{oi})} - 1 \right),$$

$$T_{m_{oi}} = m_{oi} + k_{m_{oi}} \left(\frac{\text{Max}(Avg.(m_{oi}), m_{oi})}{\text{Min}(Avg.(m_{oi}), m_{oi})} - 1 \right). \quad (6)$$

여기서, $i = 1, 2, 3, \dots, Q$ 이고, $k_{R_i}, k_{R_m}, k_{\sigma_{oi}}, k_{m_{oi}}$ 는 상수이다. 또한, $R_{oi}, R_{mi}, \sigma_{oi}, m_{oi}$ 는 참고 영상과 첫 번째 입력 영상 (Input image 0)간의 네 가지 변수이고,

$Avg.(R_a), Avg.(R_m), Avg.(\sigma_d), Avg.(m_d)$ 는 연속된 Q 개의 네 가지 파라미터 각각의 평균을 나타낸 것이다 (그림 1 참조).

본 논문에서 제시하는 문턱값은 기존에 일반적으로 적용되던 문턱값에 의해 상황을 잘못 분류하는 현상을 개선하기 위한 것이다. 카메라의 흔들림이 거의 없는 경우, 식 (6)에서 $Avg.(R_a) \approx R_{a_0}, Avg.(R_m) \approx R_{m_0}, Avg.(\sigma_d) \approx \sigma_{d_0}, Avg.(m_d) \approx m_{d_0}$ 이므로, 네 가지 파라미터의 문턱값 ($T_{R_a}, T_{R_m}, T_{\sigma_d}, T_{m_d}$)은 작은 값을 가지지만, 카메라의 흔들림이 발생하는 경우에는 연속된 Q 개의 네 가지 파라미터 각각의 평균과 참고 영상과 첫 번째 입력 영상간의 네 가지 변수 ($R_{a_0}, R_{m_0}, \sigma_{d_0}, m_{d_0}$) 값의 차이가 많이 나고, 네 가지 변수의 문턱값 ($T_{R_a}, T_{R_m}, T_{\sigma_d}, T_{m_d}$)은 카메라의 흔들림이 거의 없는 경우의 문턱값에 비해 어느 정도 큰 값을 가지게 되는 것을 이용하였다.

현재 영상 (current image)이 상황 변화가 없으면, 다음 입력 영상 (next input image)에 적용한 문턱값은 현재 영상을 포함한 Q 개의 연속된 입력 영상을 이용하여 문턱값을 갱신한다. 즉, $P+2$ 번째 입력 영상부터 현재 영상까지 Q 개의 연속된 영상을 이용하는 것이다. 현재 영상이 상황 변화가 있다면 상황 변화의 주체가 고정 물체인지 이동 물체인지를 확인하여 고정 물체인 경우 문턱값을 갱신한다. 만약 상황 변화의 주체가 이동 물체라면 문턱값은 상황 변화가 종료 될 때까지 갱신하지 않고 계속 적용한다.

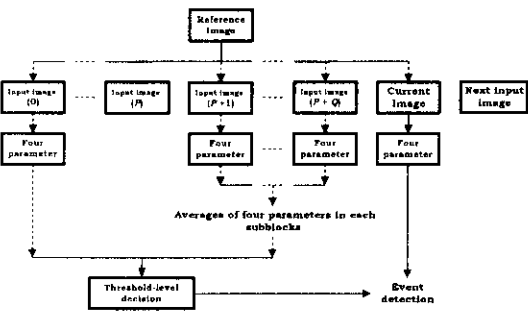


Fig. 1. Decision of threshold level.

2.4 제안 알고리즘

2.1절, 2.2절과 2.3절을 종합해보면 국부적 상황 변화를 감지하기 위해서는 영상을 작은 블록으로 나누어 블록별 통계 특성을 이용해야하지만, 영상을 너무 작은 블록으로 나누면 카메라의 흔들림 영향을 많이 받으므로 블록의 크기는 카메라의 흔들림 영향을 받지 않을 만큼 커야한다. 또한, 카메라의 흔들림 정도에 따

라 상황 감지력이 크게 좌우되므로, 어느 한 블록의 크기에 의해 상황을 감지하는 것보다 서로 다른 크기의 블록의 통계 특성을 이용하는 것이 상황 변화 감지에 효과적인 수 있다. 따라서, 식 (7), (8)과 같은 통계 특성함수를 제안한다.

$$R_m = C_m \times \widehat{C}_m, \tag{7}$$

$$R_a = C_a \times \widehat{C}_a, \tag{8}$$

여기서, $\widehat{C}_m, \widehat{C}_a$ 는 C_m, C_a 계산시의 블록 크기보다 더 큰 블록의 통계 특성을 나타낸다.

식 (2), (3), (7), (8)에서 구한 네 가지 변수 (R_a, R_m, σ_d, m_d)를 각각의 문턱식 (식 (6))에 의해 이치화하여 검출의 수로 분류하면 표 1과 거의 동일하게 된다. 이를 기준으로 세안한 상황 검지 알고리즘은 다음과 같다. 먼저, 참고 영상, 입력 영상, 차 영상을 블록화하고, 블록화 된 각각의 영상을 아래와 같은 방법으로 상황을 판단한다.

```

if  $R_a > T_{R_a}$  then [event appearance]
    if mobility then [moving object]
    else [fixed object]
end;
else
    if  $R_m > T_{R_m}$ 
        if  $\sigma_d > T_{\sigma_d}$ 
            if  $m_d > T_{m_d}$  then [event appearance]
                if mobility then [moving object]
                else [fixed object]
            end;
        else
            if  $m_d > T_{m_d}$  then [illumination change]
            end;
        else
            if  $\sigma_d > T_{\sigma_d}$ 
                if  $m_d > T_{m_d}$  then [camera trembling]
                else [illumination change]
            else
                if  $m_d > T_{m_d}$  then [camera trembling]
                else [background period]
            end;
        end;
    end;

```

IV. 모의 실험 및 결과

세안한 상황 검지 알고리즘의 성능을 평가하기 위

하여 실제 영상에 대하여 실험해 보았다. 영상의 크기는 320×240 화소이고, 통계특성함수 C_m 과 C_o , \hat{C}_m 와 \hat{C}_o 의 소분류 수는 각각 64 (8×8)개, 16 (4×4)개로 하였다.

카메라의 흔들림이 없는 경우는 기존의 차 영상 기반 알고리즘을 사용해도 어느 정도 상황 변화를 바르게 감지 할 수 있지만, 카메라의 흔들림이 있는 경우는 참고 영상과 입력 영상의 차 영상이 영상의 전체에 대해 edge 영상처럼 나타나기 때문에 차 영상의 표준편차 (σ_d)와 평균 (m_d)이 거의 모든 블록에 대해 큰 값을 가지므로, 이 경우 상황 변화를 정확하게 감지할 수 없다. 제안 알고리즘은 카메라의 흔들림의 유무에 관계없이 상황을 바르게 감지 하였다.

그림 2는 참고 문헌 [4]에서 사용한 실험 영상으로 두 사람이 오목을 두는 영상 중에서 대표적인 영상이다. 표 2는 그림 2에 대한 실험 결과를 나타낸 것으로, 참고 문헌 [4]는 90.5%의 영상을 올바르게 판단하였고 9.5%는 오판하였고, 참고 문헌 [7]은 96.8%의 영상을 바르게 판단하였고 3.2%의 영상을 오판하였다. 제안 방법은 참고 문헌 [7]과 비슷한 결과를 얻은 것을 알 수 있는데, 제안 방법은 참고 문헌 [7]과 달리 문턱값이 상황에 따라 적용적으로 변화하기 때문에 상황에 따라 문턱값을 다르게 적용해 줄 필요가 없다. 그리고, 제안 방법은 영상의 각 블록에 대해 문턱값을 다르게 적용함으로써 상황 변화의 주체를 정확하게 검출할 수 있었다. 표 2를 통해 카메라의 흔들림이 없는 상황에서도 제안 알고리즘이 기존 알고리즘보다 성능이 우수함을 알 수 있었다.

Table 2. Simulation results of Fig. 2.

	참고 문헌 [4]	참고 문헌 [7]	제안 방법
TI	1100	1100	1100
CI	996 (90.5%)	1064 (96.8%)	1074 (97.6%)
FI	104 (9.5%)	36 (3.2%)	26 (2.4%)

TI: 총 영상 수. CI: 바르게 분류된 영상 수.

FI: 잘못 분류된 영상 수.

V. 결론

본 논문에서는 카메라 흔들림 조건하에서 정적인 상태에서 동적인 상태로의 상황 변화를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 상황 발생 부위의 크기를 고려하여 영상을 64개와 16개의 작은 블록으로 나누고 블록별 통계적 특성 (참고영상, 입력영상, 차 영상)에 바탕을 둔 네 가지 파라미터 (R_n, R_m, σ_d, m_d)에 의하여 7

가지 경우로 상황을 분류하였다. 또한, 여러 장의 입력 영상을 이용해 각 블록의 문턱값을 선정함으로써 다양한 상황에 바르게 적용할 수 있었다. 모의 실험 결과, 카메라의 흔들림이 있을 때의 상황 변화를 정확히 판단할 수 있었고, 카메라의 흔들림이 없는 경우라도 차 영상의 통계 특성만을 이용한 기존 알고리즘에 비하여 상황 변화 검출력이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

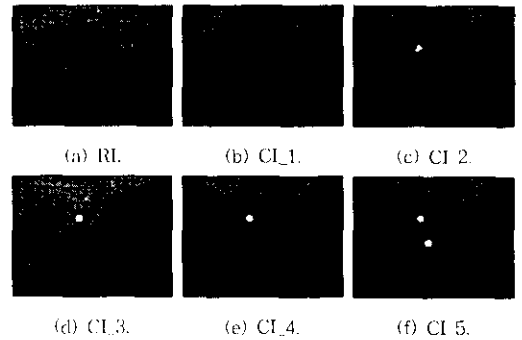


Fig. 2. Test images.

RI: Reference image. CI: Current images.

참고 문헌

- [1] J. D. Courtney, "Automatic video indexing via object motion analysis," *Pattern Recognition*, vol. 30, no. 4, pp. 607-625, 1997.
- [2] S. Nagaya, et al., "Moving object detection by time-correlation-based background judgement," *Proc. ACCV'95*, no. 2, pp. 717-722, Singapore, 1995.
- [3] M. Fathy and M. Y. Siyal, "An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real-time traffic analysis," *Pattern Recognition Letters* 16, pp. 1321-1330, 1995.
- [4] Y. H. Joo and Y. S. Moon, "Real-time scene classification and moving object detection for video surveillance," *KSPC '97*, vol. 10, no. 1, pp. 499-502, 1997.
- [5] Y. H. Kim, K. W. Lee, J. G. Jeon, and K. T. Park, "Moving object discrimination and tracking for unmanned surveillance system," *Proc. VCIP'96*, vol. 2727, pp. 175-186, 1996.
- [6] H. T. Kim, et al., "Unmanned surveillance algorithm for camera trembling," *KSPC '97*, vol. 10, no. 1, pp. 127-130, 1997.
- [7] Y. W. Ha, et al., "Event detection algorithm for camera trembling," *J. of ERI*, 22, Ajou University, pp. 199-207, Feb. 1998.