

퍼지 이진화를 이용한 침입자 감시 시스템에 관한 연구

류재호* · 최경열* · 조재현** · 송두헌*** · 김광백*

*신라대학교 컴퓨터정보공학부

**부산가톨릭대학교 컴퓨터공학과

***용인송담대학 컴퓨터게임학과

A Study on Intruder Surveillance System using Fuzzy Binarization

Jae-ho Ryu* · Kyoung-yeol Choi* · Jae-Hyun Cho** · Doo Heon Song*** · Kwang-Beak Kim*

*Division of Computer and Information Engineering, Silla University

**Dept. of Computer Engineering, Catholic University of Pusan

***Dept. of Computer Game & Information, Yong-in SongDam College

E-mail : nasaho07@naver.com, gkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 WebCam 영상을 이용하여 빛의 영향을 감안하여 제시된 퍼지 이진화 기법을 적용하여 영상을 이진화 한 후에 흰색 픽셀 정보를 이용하여 차 연산을 수행하고 GRASSFIRE 알고리즘을 적용하여 침입자를 감시하는 방법을 제안한다. 제안된 침입자 감시 방법을 실험한 결과, 기존의 방법보다 빛의 영향에 민감하게 반응하지 않고 효과적으로 침입자를 감시할 수 있는 것을 확인하였다.

I. 서 론

일반적으로 불법 침입자가 발생하거나, 화재, 폭발, 기계 고장 등과 같은 비정상 상태는 대부분 시각적으로 인식 가능하다. 불법 침입자에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 침입자가 발생했을 때 신속하게 관계자에게 알릴 수 있어야 한다. 또한, 각종 인적, 물적 재산상의 피해를 미연에 방지하고 신속히 대처하기 위해서는 해당 장소에 지속적으로 상주하여 감시하는 별도의 인력이 요구되며, 경우에 따라 고가의 모니터링 장치와 자동 경보 장치를 필요로 하기도 한다. 고가의 장비를 구입하기 힘든 일반 가정에서는 지속적인 인력이 요구되며, 기존의 CCTV는 고가로써 활용도가 떨어진다.

이러한 요구 사항과 문제점을 해결하기 위하여 가정용 PC를 이용하여 가격이 저렴한 WebCam

으로 CCTV역할을 할 수 있게 하여 별도의 인력이 해당 장소에 상주할 필요가 없게 되었다.

WebCam을 이용한 영상 처리 방법은 기존의 CCTV가 가지고 있는 비효율적인 측면의 비효율성을 개선한다. 따라서 본 논문에서는 WebCam을 이용하여 실시간으로 획득한 영상을 대상으로 퍼지 이진화 방법 등을 적용하여 객체의 움직임을 추출한 후, 영상의 흰색 픽셀 정보를 이용하여 차 연산을 수행 침입자를 감시하는 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

WebCam의 영상을 이용하여 이동 객체의 영역 및 움직임을 검출하는 방법에는 객체의 외곽선을 이용하는 방법, 배경 차이를 이용하는 방법, 객체의 특징 정보를 이용하는 방법, 움직임을 이용하는 방법, 차영상을 이용하는 방법 등이 있다

[1].

객체의 특징 정보를 이용하는 방법[2]은 추적하고자 하는 객체의 색 또는 모양 등의 특징 정보를 모델링하여 가장 적합한 영역을 객체의 이동 영역으로 결정한다. 이 방법은 비교적 연산량이 적으며, 객체의 특징이 두드러지는 경우에 객체 감시 및 움직임 파악이 쉽지만, 처음 이동 객체를 인식하는 것이 어렵고 시간 또는 빛에 따라 색상이나 모양이 변화는 경우에는 탐색하기가 힘든 단점을 가진다.

배경 차이를 이용하는 방법[3]은 WebCam으로 촬영 가능한 모든 부분을 미리 촬영하여 얻은 배경 영상을 저장한 후, 전체 배경 영상으로부터 현재 영상의 배경 영역을 찾아 비교하여 객체와 움직임을 검출한다. 이 방법은 객체의 속도나 특성에 관계없이 완전하게 객체만을 검출할 수 있는 장점을 가지는 반면, 넓은 배경 영상 데이터를 가지고 있어야 되므로 메모리를 많이 사용하며 동일 배경 지역을 찾는 데 많은 연산량이 필요하다. 또한 배경이 바뀌는 경우에는 객체의 검출 및 추적이 불가능하므로 주기적인 배경 영상의 갱신이 필요하다.

일반적으로 WebCam 영상은 명암도 스펙트럼에서 물체 영역과 인접 잡음 영역이 유사한 범위를 형성하고 있다. 따라서 WebCam에서 획득한 영상을 그레이로 변환하는 경우에는 물체 영역과 잡음 영역의 컬러 정보가 유사해진다.

따라서 본 논문에서는 WebCam을 고정시킨 후, 빛의 영향을 감안하여 제시된 퍼지 이진화 기법을 적용하여 영상을 이진화 한 후에 흰색 픽셀 정보를 이용하여 차 연산을 수행하여 침입자를 검출하는 방법을 제안한다.

III. 제안된 퍼지 이진화 방법을 이용한 WebCam 영상의 이진화

본 논문에서는 퍼지 이진화 기법을 적용하여 영상을 이진화 한 후에 흰색 픽셀 정보를 추출한다. 우선, 이진화 영상을 얻기 위하여 고정 시킨 WebCam의 영상을 그레이 영상으로 변환하고 퍼지 소속 함수를 이용하여 WebCam 영상을 이진화 시킨다.

기존의 이진화 방법은 최적의 임계치를 결정하기 위해 히스토그램으로 밝기를 분석한다. 배경과 객체의 밝기 차이가 큰 경우에는 최적의 임계치를 찾기 위해 분할한 히스토그램의 골짜기를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치를 얻을 수 있다. 그러나 밝기 차이가 크지 않을 때는 히스토그램의 분석만으로 최적의 임계치를 얻기 어렵다[4].

따라서 본 논문에서는 퍼지 소속 함수를 이용한 이진화 방법을 제안하여 WebCam 영상을 이진화 하는데 적용한다. WebCam 영상의 전체 평균 밝기 값을 I_{Mid} 으로 정의하면, I_{Mid} 은 각 밝기 값과 밝기의 빈도수를 곱하여 전체 영상 픽셀 개수로

나눈 값으로 식(1)과 같이 계산한다.

$$I_{Mid} = \sum_{i=0}^H \sum_{j=0}^V P_{ji} |H^* V$$

$$P = \sum_{i=0}^{255} (h[i]*i) \tag{1}$$

여기서, H는 영상의 수평 길이이고, V는 영상의 수직 길이이며, $h[i]$ 는 축적 히스토그램이다. 그림 1은 이진화를 위해 제안된 퍼지 소속 함수이다.

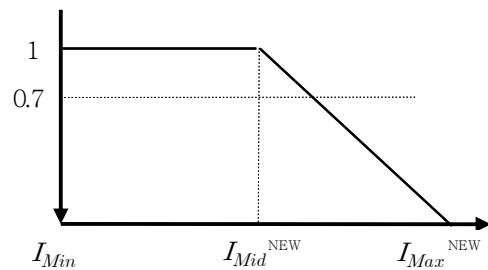


그림 1. 제안된 퍼지 소속 함수

영상의 영역에서 가장 어두운 값을 I_{Min} 으로 정의하고 가장 밝은 값을 I_{Max} 로 정의하여 제안된 퍼지 이진화의 소속 함수 구간 $[I_{Min}^{New}, I_{Max}^{New}]$ 을 결정하는데 적용한다. 제안된 퍼지 이진화 방법에서 소속 함수의 구간을 결정하는 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1. $I_{Min}^F = I_{Mid} - I_{Min}$
 $I_{Max}^F = I_{Max} - I_{Mid}$
- 단계 2. If $I_{Mid} > 128$ then $I_{Mid}^F = 255 - I_{Mid}$
else $I_{Mid}^F = I_{Mid}$
- 단계 3. If $I_{Mid}^F > I_{Max}^F$ then
 If $I_{Min}^F > I_{Mid}^F$ then
 $a = I_{Mid}^F$
 else $a = I_{Max}^F$
 else If $I_{Max}^F > I_{Mid}^F$ then
 $a = I_{Mid}^F$
 else $a = I_{Max}^F$
- 단계 4. 정규화된 I_{Min}^{New} 과 I_{Max}^{New} 를 구한다.
 $I_{Min}^{New} = I_{Mid} - a$
 $I_{Max}^{New} = I_{Mid} + a$

일반적으로 WebCam 영상은 그림자로 인해서 객체와 배경 사이에 잡음이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 이진화를 적용하여 객체와 배경 사이의 그림자로 인한 잡음을 제거한다.

그림 1의 소속 함수에서 구해진 소속도 $u(I)$ 값

을 이용하여 0 또는 255로 설정하여 WebCam 영상을 이진화 한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 개선된 퍼지 이진화를 이용한 이진화 결과이다.

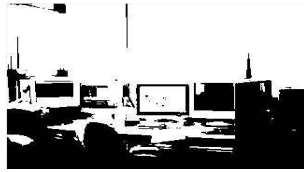


그림 2. 퍼지 이진화를 적용한 결과

WebCam으로부터 실시간으로 받은 영상에서 퍼지 이진화를 이용하여 이진화 한다. 이진화된 영상을 이용하여 침입자가 발생하였을 경우, 침입자가 발생하기 이전 영상과 현 영상의 흰색 픽셀 개수 차이를 이용하여 침입자 발생 여부를 판단한다. 두 영상의 차 연산은 식(2)와 같이 계산한다.

$$P_n = |P_{old} - P_{now}| \quad (2)$$

식(2)에서 P_{now} 는 현재의 영상을 이진화한 영상이고 P_{old} 는 이전의 이진화된 영상을 의미한다. 객체의 움직임이 감지되었을 경우에는 영상을 이진화한 후, 이전 영상과 현재 영상의 픽셀을 비교하여 현재 이진화 된 영상의 흰색 픽셀 수에서 이전에 이진화 된 영상의 픽셀 수를 빼서 절대 값을 이용하여 침입자 여부를 판별한다. 차 연산을 통한 픽셀 비교 값은 다양하게 임의로 실험한 결과, 2000로 설정하는 것이 효과적으로 침입자를 판별하는데 효과적이었다. 그림 3은 차 연산을 통한 픽셀 수의 변화를 나타낸 것이다.



그림 3. 픽셀 개수

두 영상의 차 연산만으로는 침입자를 정확하게 추출할 수가 없는 경우가 발생한다. 따라서 침입자가 발생하였을 경우에 Labeling 기법을 추가하여 침입자를 판별하는데 적용한다.

본 논문에서는 현재의 이진화된 영상을 M^{Now} 로 정의하고, 이전의 이진화된 영상을 M^{Old} 로 정의한다. M^{Now} 와 M^{Old} 를 비교하여 식(3)과 같이 같은 부분은 255로 다른 부분은 0으로 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{If}(M^{Now} == M^{Old}) \\ & \quad M^{Pre} = 255 \\ & \text{else} \\ & \quad M^{Pre} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)을 적용한 영상의 밀도 값을 이용하여 잡음을 제거한다. 침입자가 발생 한 영역은 높은 밀도와 높은 명암도를 가지며, 잡음 영역은 낮은 밀도와 낮은 명암도를 가진다. 이러한 밀도 정보를 이용하여 잡음을 제거하기 위해 GRASSFIRE 알고리즘을 수행한 후, 식(4)를 적용한다.

$$f = \frac{A_{ob}}{A_x \times A_y} \quad (4)$$

식(4)에서 A_x , A_y 는 GRASSFIRE 알고리즘을 적용하여 추출된 객체를 외접하는 직사각형의 폭과 높이를 의미하고, A_{ob} 는 영상에서 추출된 객체를 의미한다. 객체의 크기가 작을 경우에는 잡음으로 간주하여 제거한다. 잡음이 제거된 객체들의 가로 및 세로의 가장 큰 좌표 값과 가장 작은 좌표 값을 계산하여 객체를 추출하고 침입자 영역으로 간주한다.



그림 4. Labeling을 통한 침입자 감시

그림 4는 두 영상을 비교하여 얻어 낸 영상에 라벨링 기법을 적용하여 침입자를 추출한 결과이다.

IV. 실험 및 결과분석

실험 환경은 Intel Pentium4 3.0G CPU와 1.50GB RAM이 장착된 IBM 호환 컴퓨터에서 Lebeca Web Cam Lebace Plus를 이용하여 제안된 방법을 구현하였다. 성능 평가를 위하여 WebCam의 영상을 이용하여 기존의 이진화 방법과 퍼지 이진화 방법을 각각 적용하여 침입자 감시 결과를 비교 분석하였다.

기존의 이진화 방법을 적용한 경우에는 빛의 변화로 인해 이진화된 영상에서 흑백 픽셀의 빈도수 차이가 많이 나는 것을 확인 할 수 있다. 그림 5는 기존의 이진화 방법을 적용한 영상을 나타내었다.



그림 5. 기존의 이진화 방법을 적용한 결과

퍼지 이진화를 적용하였을 경우에는 흑백 픽셀을 결정하는 임계치의 값이 전체 영상의 명암도

에 의해서 동적으로 결정되기 때문에 빛의 변화에 민감하지 않으므로 흑백 픽셀의 빈도수의 차이가 크게 나지 않는 것을 그림 6에서 확인할 수 있다.



그림 6. 퍼지 이진화 방법을 적용한 결과

기존의 이진화 방법은 10번의 실험 중에서 4번 정도가 차 연산을 수행하여 침입자를 판별하는데 실패하였다. 퍼지 이진화 방법을 적용할 경우에는 10번의 실험 중에서 1번이 침입자를 판별하는데 실패하였다.

침입자가 감시되었을 경우 기존의 영상과 현재 영상의 흰색 픽셀 수의 차 연산을 통해 그림 7과 같이 침입자 발생을 알려준다.



그림 7. 침입자 발생

실험에서 알 수 있듯이 퍼지 이진화 방법과 차 연산 및 GRASSFIRE 알고리즘을 적용한 침입자 감시 방법이 침입자를 판별하는데 효과적인 것을 확인할 수 있다. 그러나 다중 침입자 환경에서 제시된 방법을 적용할 경우에는 다중 침입자를 추출하고 판별하는데 실패하였다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 WebCam 영상으로부터 실시간으로 퍼지 이진화 방법과 차 연산 및 GRASSFIRE 알고리즘을 이용하여 침입자를 감시하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 객체의 움직임을 감시하는 방식으로 먼저, 고정된 일정한 영역의 영상을 지속적으로 감시하고, 객체가 감시되었을 경우에는 고정된 영상과 움직임이 감시된 영상을 이진화 한 후에 차 연산을 이용하여 객체를 추출하였다. 그리고 GRASSFIRE 알고리즘을 적용하여 잡음을 제거한 후에 침입자 영역을 검출하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법을 실험한 결과, 기존의 이진화 방법들을 적용하여 침입자를 감시하는 것보다 제안

된 퍼지 이진화 방법을 적용하여 침입자를 감시하는 것이 효율적인 것을 확인하였다. 그러나 제시된 침입자 감시 방법은 단일 침입자인 경우에는 효과적으로 침입자를 판별할 수 있으나 다중 침입자일 경우에는 적용할 수 없는 문제점이 있다.

따라서 향후 연구 과제는 제안된 퍼지 이진화를 이용한 침입자 감시 방법을 기반으로 객체의 움직임이 감시 되었을 경우, SMS Message 발송을 통해 침입자가 감시된 것을 사용자의 휴대폰으로 알려주도록 확장할 것이고 다중 침입자를 판별할 수 있는 알고리즘에 대해 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] K. W. Lee, S. W. Ryu, S. J. Lee. and K. T. Park. "Motion based object tracking active camera", Electron. Lett., Vol. 34, No. 3, pp. 256-258, Feb. 1998.
- [2] D.Comaniciu and V. Ramesh. "Mean shift and optimal prediction for efficient object tracking.", Proc. 2000 IEEE Int. Conf. Image Processing. Vol. III. PP. 70-73. Vancouver, Canada. Sept. 2000.
- [3] K. S. Bhat, M. Saptharishi, and P. K. Khosla, "Motion detection and segmentation using image mosaics.", Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia and Expo. Vol. 3. pp. 1577-1580, New York, USA. Jul. 2000.
- [4] 윤형근, 이지훈, 김광백, "퍼지 이진화 방법에 관한 연구," 한국지능정보시스템 추계발표논문집, pp.510-513, 2002.