

논문 2007-44SP-2-14

중요지역 보안을 위한 조명환경 적응형 실시간 영상 감시 시스템

(Illumination Environment Adaptive Real-time Video Surveillance
System for Security of Important Area)

안 성 진*, 이 관 희*, 권 구 락**, 김 남 형***, 고 성 제***

(Sung-Jin An, Kwan-Hee Lee, Goo-Rak Kwon, Nam-Hyung Kim, and Sung-Jea Ko)

요 약

본 논문에서는 군대 주둔지, 교도소, 전략적 산업구조물 등 중요한 지역의 보안을 위한 조명환경 적응적인 실시간 영상 감시 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 밝은 환경에서 뿐만 아니라 객체 판별이 어려운 어두운 환경에서도 객체 추출이 추적 가능하도록 구현하며 그 절차는 다음과 같다. 첫 번째 단계에서는 입력 영상의 분포를 판별하여 전처리 여부를 판단하고 입력 영상이 어두워 객체 탐지가 어렵다고 판단되는 경우에는 Multi-scale Retinex Color Restoration (MSRCR) 과정을 거쳐 보정된 입력 영상을 얻는다. 두 번째 단계인 객체 정보 획득 과정에서는 정확한 객체의 추출을 위해 보정된 배경영상과 입력 영상과의 차영상을 이용하여 객체를 탐지하고 이진화 및 모폴로지 등 기본적인 영상처리 작업을 통하여 정확하게 객체를 추출한다. 마지막 단계에서는 추출된 객체의 중심점을 이용하여 좀 더 정확하게 객체를 추적할 수 있도록 한다. 실험 결과에서 제안하는 시스템은 어두운 환경에서 객체의 빠른 움직임에도 불구하고 효율적인 객체 탐지 및 추적을 수행한다.

Abstract

In this paper, we propose a illumination environment adaptive real-time surveillance system for security of important area such as military bases, prisons, and strategic infra structures. The proposed system recognizes movement of objects on the bright environments as well as in dark illumination. The procedure of proposed system may be summarized as follows. First, the system discriminates between bright and dark with input image distribution. Then, if the input image is dark, the system has a pre-processing. The Multi-scale Retinex Color Restoration(MSRCR) is processed to enhance the contrast of image captured in dark environments. Secondly, the enhanced input image is subtracted with the revised background image. And then, we take a morphology image processing to obtain objects correctly. Finally, each bounding box enclosing each objects are tracked. The center point of each bounding box obtained by the proposed algorithm provides more accurate tracking information. Experimental results show that the proposed system provides good performance even though an object moves very fast and the background is quite dark.

Keywords : Surveillance system, Object detection, Object tracking, Multi-scale Retinex color restoration

* 학생회원, 고려대학교 전자컴퓨터공학과
(Dept. of Electronic Computer Engineering, Korea University)

** 정회원, 고려대학교 메카트로닉스학과
(Dept. of Mechatronics, Korea University)

*** 정회원, 고려대학교 전기전자전파공학부
(School of Electrical Engineering, Korea University)

접수일자: 2006년10월31일, 수정완료일: 2007년2월22일

I. 서 론

실시간 영상에서 객체를 추적하는 영상감시시스템은 수년간 컴퓨터 비전 및 여러 실용적 응용 분야에서 관심을 가지는 주제중 하나이다. 그중에서 최근 들어 사용되는 기법이 다중 카메라를 이용하여 다양한 방향에서 관찰하여 정확히 객체를 탐지하는 방법^[1]과 센서를

통해 정보를 획득하고 행동을 예측하는 방법^[2] 등이다. 이 시스템들은 카메라의 흔들림을 흡수함과 동시에 고속화를 추구하고 있으며 얼굴영역의 판별 및 추출에 관해서도 뛰어난 성능을 보이고 있다. 또한, 설치 환경적인 측면에서 이러한 시스템은 외부에 노출되어 설치되기 때문에 경고 목적의 용도로 사용되며, 객체를 인식할 수 있도록 별도의 조명이 갖춰진 장소에 설치된다. 반면 군대 주둔지, 전략적 산업 구조물 등 중요한 지역의 보안을 위해 설치된 감시 시스템은 이와 같이 노출된 경고목적의 시스템으로는 제 역할을 수행하기가 어렵다. 왜냐하면 침입자가 시스템의 위치를 알 수 있는 노출된 장소로 침입할 경우는 거의 드물기 때문이다. 따라서 중요지역 보안을 위해 설치되는 시스템은 외부에서 쉽게 알 수 없도록 은폐된 장소에 설치하여 은밀하게 침입하는 침입자를 감시할 수 있어야 한다. 그러나 은폐된 장소에서는 열악한 조명환경으로 인해 주변 환경과 침입자를 구분하는데 어려움을 겪게 된다. 특히, 침입자가 야간에 주변 환경과 조화된 복장을 하고 침입한다면, 사람이 아닌 감시시스템으로 침입자를 탐지하는 것은 더욱 어렵게 된다.

본 논문에서는 위에서 살펴본 바와 같이 감시시스템으로써의 경고목적의 한계를 극복하기 위한 다양한 조명 환경에서도 신속하고 정확하게 객체를 추출 및 추적할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 열악한 조명환경 하에서도 객체를 추출할 수 있어야 하기 때문에 보정된 영상을 얻는 전처리 과정을 둔다. 전처리 과정으로는 레티넥스(Retinex) 방법을 이용하며, 이 방법을 통해 보정된 영상을 입력받는 객체정보 획득 과정에서는 객체 탐지, 객체 추출, 객체 추적, 객체 counting 및 이동방향 탐지 등의 일련의 과정을 다양한 영상처리 기법을 통해 구현함으로써 감시자로 하여금 즉각적인 조치를 할 수 있는 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 어두운 영상 개선에 대한 기존의 연구내용을 소개하고, III장에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 제안하는 방법의 실험결과와 구현 시스템을 보여주고, 마지막으로 5 장에서는 본 연구의 내용을 정리 및 종합하고 앞으로 연구와 개발할 분야에 대한 결론을 제시한다.

II. 어두운영상 개선방법

1. 히스토그램 균등화

히스토그램 균등화는 간단하고 효과적 기능 때문에

다양한 응용 분야에서 콘트라스트 향상을 위해 널리 사용된다. 히스토그램 균등화^[3]는 출력 영상의 히스토그램 분포가 균등하게 되도록 처리하여, 영상의 대비를 향상시켜 영상을 개선시킨다. 먼저 수식을 예로 들어 간단히 설명하면, 구간 [0,1]에서 연속적인 그레이 레벨 x 에 대한 변환 $y = T(x)$ 를 정의 하고 변환 y 가 균일한 분포를 갖도록 하는 것이 히스토그램 균등화 기법이다. 이는 y 에 대한 확률 밀도 함수가 $p_y(y) = c$ (c 는 상수)를 성립되도록 히스토그램을 처리하는 것이다.

변환함수 $T(x)$ 에 대해서는 다음과 같은 조건을 만족한다고 가정한다.

- 조건1 : $T(x)$ 은 구간[0,1] 내에서 단조증가하며 화소 x 에 대해 변환된 y 는 일대일로 대응한다.
- 조건2 : $0 \leq x \leq 1$ 에 대해 $0 \leq T(x) \leq 1$ 이다.

여기서, x 에 대한 확률 밀도 함수인 $p_x(x)$ 와 $T(x)$ 가 정의되고 역변환 함수인 $T^{-1}(y)$ 가 y 에 대한 위의 조건1을 만족한다면 y 에 대한 확률 밀도 함수인 $p_y(y)$ 는 (1)식과 같이 표현된다.

$$p_y(y) = [p_x(x) \frac{dx}{dy}]_{x=T^{-1}(y)} \quad (1)$$

히스토그램 균등화를 위해서 y 에 대한 확률 밀도 함수가 구간 [0,1] 사이에서 균등한 확률 밀도함수 $p_y(y) = 1$ 을 갖는다면 (1)식으로부터 (2)식과 같은 누적분포함수(cumulative distribution function, CDF)를 변환함수로 갖게 된다.

$$y = T(x) = \int_0^x p_x(t)dt \quad (2)$$

여기서, t 는 적분을 위한 가변수(dummy variable)이다. (2)식을 디지털 영상처리에 사용하기 위해 이산함수(discrete function)형태로 바꾸면 다음 (3)식과 같다.

$$y_k = T(x_k) = \sum_{j=0}^k p_x(x_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (3)$$

(3)식에서 얻은 누적 확률 분포 값에 최대 그레이 레벨 값을 곱한 후 반올림하여 원영상의 그레이 레벨에 대한 변환 값으로 1:1 대응시키면 히스토그램 균등화 처리가 완료된다. 히스토그램 균등화 처리는 그레이 레벨의 분포를 고르게 하여 결과적으로 영상의 대비를 증가시킨다.

2. 레티넥스(Retinex) 알고리즘

레티넥스 알고리즘에서는 칼라입력영상을 MSR처리한다. MSR은^{[4][5]} Single-scale Retinex (SSR)로부터 쉽게 유도된다. SSR은 (4)식과 같이 주어진다.

$$R_i(x, y) = \log [I_i(x, y)] - \log [F(x, y) * I_i(x, y)] \quad (4)$$

여기서, $R_i(x, y)$ 는 i 번째 spectral band의 레티넥스 결과 값이며, $I_i(x, y)$ 는 i 번째 spectral band의 영상분포이다. '*'는 convolution 연산을 나타내며, $F(x, y)$ 는 식(5)의 가우시안 서라운드 함수 (Gaussian surround function) 이다.

$$F(x, y) = Ke^{-(x^2+y^2)/c^2} \quad (5)$$

여기서, c 는 가우시안 서라운드 공간 상수이고, K 는 식 (6)에 의해 구해진다.

$$\int \int F(x, y) dx dy = 1 \quad (6)$$

N 개의 scales를 가지는 MSR 결과 값은 N 개의 SSR 결과에 가중치 값을 적용한 후 모두 합한 값이며 수식은 (7)식과 같다.

$$R_{MSR_i} = \sum_{n=1}^N w_n R_n, \quad \sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad (7)$$

R_n 는 n 번째 scale의 i 번째 spectral 성분이고, R_{MSR_i} 는 MSR 결과의 i 번째 spectral band의 레티넥스 결과 값이며 w_n 는 n 번째 scale과 연관된 가중치이다. $R(x, y)$ 와 $R_n(x, y)$ 의 한 가지 다른 점은 $R_n(x, y)$ 의 가우시안 서라운드 함수가 식(8)과 같이 주어진다라는 것이다.

$$F_n(x, y) = Ke^{-r^2/c_n^2} \quad (8)$$

MSR은 그레이 스케일 영상에서 좋은 효과를 보여준다. 그러나 칼라 영상에서는 각 채널에 대한 명도의 관계를 고려하지 않았기 때문에 문제가 발생한다. 따라서 RGB각각의 색상에 대한 칼라 복원이 이루어 져야 좀 더 향상된 영상을 얻을 수 있다. 칼라채널에 대한 칼라복원 함수에서 i 번째 밴드에 관한 식은 식 (9)와 같이 나타내어지며,

$$C_i(x, y) = f [I'_i(x, y)] \quad (9)$$

세 가지 색상채널의 명도 관계는 식 (10)과 같이 나타내어진다.

$$I'_i(x, y) = \frac{I_i(x, y)}{\sum_{i=1}^S I_i(x, y)} \quad (10)$$

여기서 $I_i(x, y)$ 는 입력영상의 i 번째 스펙트럼 영상이며, S 는 사용되는 영상의 채널 개수이다. 이를 이용한 식 (11)의 gain/offset을 이용한 색상 복원 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} C_i(x, y) &= \beta \log [\alpha I'_i(x, y)] \\ &= \beta \log [\alpha I_i(x, y)] - \log \left[\sum_{i=1}^S I_i(x, y) \right] \end{aligned} \quad (11)$$

여기서, β 는 gain 상수이며, α 는 offset을 비선형적으로 조정하는 상수이다. 이 칼라복원 방법은 다음과 식 (12)와 같이 설명되어질 수 있다.

$$R_{MSRCR_i}(x, y) = C_i(x, y) * R_{MSR_i}(x, y) \quad (12)$$

여기서, $R_{MSRCR_i}(x, y)$ 는 i 번째 색상채널에 대한 멀티스케일 레티넥스의 출력 값 $R_{MSR_i}(x, y)$ 의 복원된 색상을 가지는 레티넥스 출력 결과이다.

3. 감시 시스템에 적용을 위한 분석

기존의 많은 방법들이 객체 탐지 및 얼굴 인식을 위한 어두운 영상에 대한 개선방법^{[6][7]}으로 제안되어 왔다. 일반적으로 밝은 환경에서는 감시지역 내에 들어오는 객체에 대해 탐지하기가 쉬운 반면에 어두운 환경에서는 탐지하기가 어렵기 때문에 객체 탐지 과정에서의 초점은 어두운 영상에 대한 개선방법을 사용하는 것으로 맞춰진다.

위에서 보여주는 히스토그램 균등화 방법은 어두운 영상에서 어느 정도의 보정된 영상을 얻어 객체를 탐지하는 과정으로 넘어가기 때문에 전처리 과정이 없는 환경에서 객체를 탐지하는 것 보다 성능이 좋다. 반면에 밝은 영상에는 불필요한 처리를 하게 되어 효율이 다소 떨어지는 현상을 보여주며 어두운 영상에서도 객체 탐지 성능이 좋아지지만 어두운 정도가 심해짐에 따라 처리한계가 나타난다.

다른 방법으로는 레티넥스 기법을 사용하는 방법이 있다. 레티넥스 기법은 어두운 영상에 대해 확연한 영상 개선효과를 가져오기 때문에 야간에 매우 좋은 성능을 보여준다. 하지만 계산량이 많아 처리시간이 다소 길기 때문에 빠르게 움직이는 객체에 대해서는 객체 탐지 효율이 다소 떨어지는 경향이 있다.

III. 제안하는 알고리즘

제안하는 시스템은 실시간 시스템에서 조명의 영향을 받지 않고 신속하고 정확하게 객체를 탐지하는 것이 주된 목적이라 할 수 있다. 따라서 전처리 과정에서는 그림에서 보는 바와 같이 신속한 처리를 위해 입력영상에 대한 영상분포를 판별하여 어두운 분포의 영상에 대해서만 레티넥스 과정을 거치는 전처리를 실행하고, 그 외의 영상에 대해서는 전처리 과정을 실행하지 않는 선택적 전처리 방법을 사용 한다. 다음 객체정보를 획득하는 방법으로 배경보정, 객체탐지, 객체추출, 객체추적, 그리고 객체 counting^[8] 및 방향 탐지 과정으로 구성된다.

1. 신속한 영상분포 판별 레티넥스 방법을 사용한 전처리 과정 알고리즘

제안하는 시스템은 실시간 처리를 기반으로 하기 때문에 모든 절차가 신속하게 수행되어야만 빠르고 정확하게 객체를 탐지하고 추출, 추적이 가능하다. 그러나 어두운 환경에서의 조명의 영향을 받지 않고 객체를 추출하기 위한 전처리 과정이 주간에도 실행된다면 주간에는 불필요한 시스템 성능 저하를 가져온다. 따라서 제안하는 시스템에서는 조명의 영향 없이 객체를 탐지할 수 있는 주간에는 전처리과정을 실행하지 않고, 어두운 야간에만 전처리 과정을 실행하여 시스템 성능의 향상을 가져온다. 전처리 과정의 실행여부는 입력 영상의 분포를 판별하여 판단하며, 그 과정은 다음과 같다.

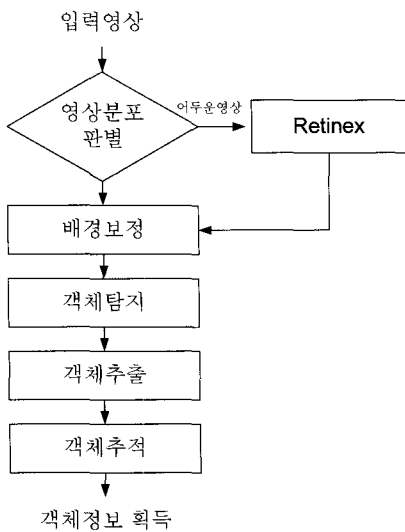


그림 1. 제안하는 알고리즘의 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of proposed algorithm.

우선 영상의 어두운 정도를 판별하기 위하여 (13)식과 같이 입력 영상의 누적분포함수(CDF)를 구한다.

$$CDF(X_k) = \sum_{i=0}^k X_i, k = \frac{255}{3} \quad (13)$$

여기서, X_i 는 i 의 값을 그레이 레벨 값으로 갖는 픽셀의 개수이고, 255는 최고의 그레이 레벨 값이며 레벨 값에 따른 3개의 영역을 설정하여 0~85 레벨 값 까지를 어두운 영역, 86~170까지 중간 영역, 171~255 레벨 값을 밝은 영역으로 판단하여 어두운 영역인 레벨 값 85이하의 영상 값을 가지는 픽셀의 개수에 대한 누적분포함수를 구한다. 다음 (14)식과 같이 (13)식의 결과 값이 전체 영상의 일정한 값 이상을 차지한다면 해당영상을 어두운 영상의 분포를 가진 영상으로 판별한다.

$$CDF(X_k) \geq threshold \quad (14)$$

여기서, 임계치(threshold) 값은 일몰 시점을 기준으로 영상들의 히스토그램 분포를 통하여 설정하였으며 본 논문에서는 임계치 값을 영상전체의 픽셀 수에서 X_k 를 만족하는 픽셀 수가 전체에서 60%이상이면 어두운 영상으로 판단하여 처리하도록 하였다. 이 과정을 통하여

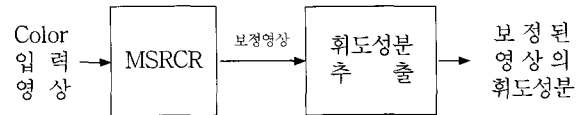


그림 2. 입력영상 보정 절차
Fig. 2. Procedure of input image revision.

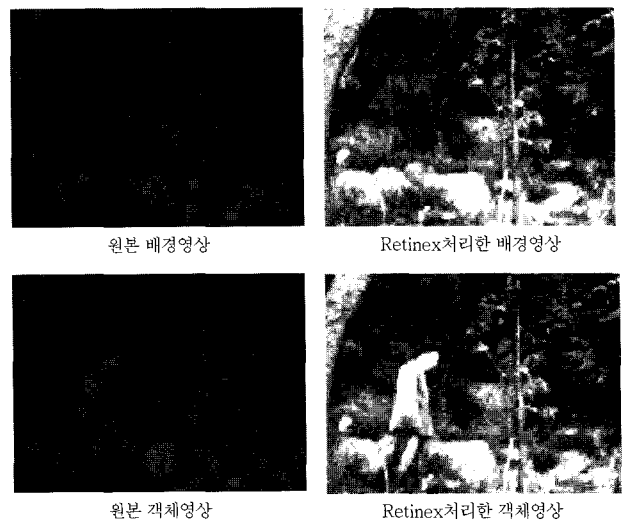


그림 3. 전처리 과정 효과
Fig. 3. Effect of pre-processing.



그림 4. 원본영상과 Retinex 영상의 성능비교
 Fig. 4. Comparison of original and Retinex image.

어두운 영상은 레티넥스 전처리를 사용하여 영상개선효과를 가져오며 밝은 영상은 전처리의 과정 없이 처리하여 보다 신속한 처리를 하여 성능이 향상 되었다. 그림 2는 입력영상 보정 절차를 보여준다. 우선 color 입력영상에 대해 레티넥스 처리를 하면 보정된 영상을 얻게 된다.

객체정보를 얻는 과정은 그레이 스케일 연산을 하므로 다음과정을 위해 보정된 color 영상의 휘도 성분을 추출한다. 그림 3은 전처리 과정을 거친 영상과 전처리 과정을 거치지 않은 영상간의 차영상의 결과를 보여준다. 어두운 영상분포를 가진 입력영상이 들어왔을 때 전처리 과정을 거치지 않는다면 그림 4에서 보는 바와 같이 객체영역을 찾기 어렵기 때문에 객체탐지가 불가능하다. 반면 전처리 과정을 거치면 객체 부분이 명확히 나타나기 때문에 객체 탐지 및 추적이 가능하다.

2. 객체정보 획득 알고리즘

객체정보획득 과정은 그림 5의 알고리즘과 같이 배경보정, 객체탐지, 객체추출, 객체추적, 그리고 객체 counting 및 방향 탐지 과정으로 구성된다. 배경추정 과정은 객체를 추출하기 위해 이전의 배경영상과 현재의 배경영상, 그리고 현재 입력 받은 영상의 평균값으로 보정한다. 객체 탐지 및 추출과정은 그림 3 에서 보듯이 보정된 배경 영상과 현재 입력영상과의 차영상을 이용하여, 입력된 차영상에 대해 이진화 및 모폴로지 처리를 하여 이루어진다. 객체를 추적과정에서는 정확한 추적을 위해 객체영역에 마스크를 생성하고 이를 15도 각도씩 움직여 객체와 마스크의 점점 위치를 찾은 다음, 마스크가 360도 회전한 후에 찾은 점점으로부터 convex hull 을 생성한다. 이 중심점을 이용하여 최종적

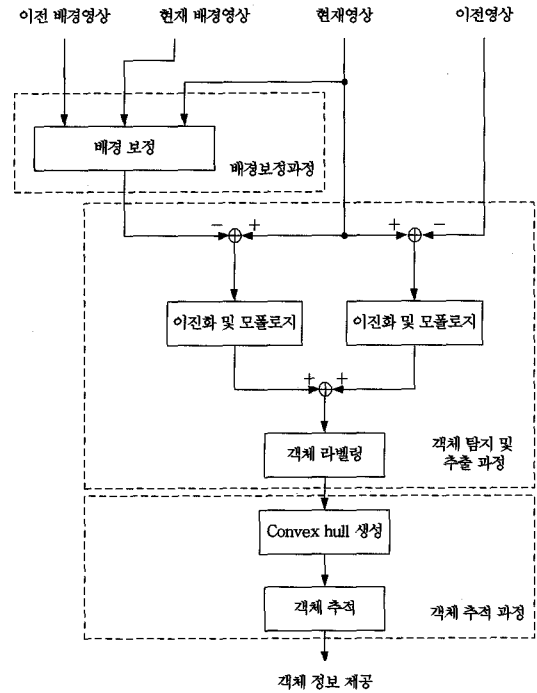


그림 5. 객체 정보 제공 알고리즘
 Fig. 5. Object information providing algorithm.

으로 객체를 추적하며, 중심점이 시스템 내부에 설정한 counting line의 통과여부를 파악하여 들어오고 나간 객체 수를 counting 하고 객체의 상하좌우 이동방향도 파악한다.

가. 배경보정

제안하는 시스템에서 객체추출은 배경영상과 현재 입력영상의 차이를 이용하기 때문에 이 과정은 시스템 성능에 큰 영향을 준다. 시스템에서 받아들이는 배경영상은 시간이 지남에 따라 빛의 상태가 달라지기 때문에 고정적인 배경영상을 사용한다면 빛의 영향으로 인해 배경이 객체로 추출되는 오류를 범하게 된다. 따라서 제안하는 시스템은 이와 같은 오류를 줄이도록 보정된 배경영상을 만들어 실시간으로 배경을 갱신하는 과정을 실시한다. 보정된 배경영상을 얻는 방법은 다음 (15) 식과 같이 표현 된다.

$$B_r(x,y) = \frac{I_t(x,y) + B_c(x,y) + B_p(x,y)}{3} \quad (15)$$

여기서, $B_r(x,y)$ 는 보정된 배경영상을 의미하며, $I_t(x,y)$ 는 현재 프레임 $B_c(x,y)$ 는 현재 배경영상을, $B_p(x,y)$ 는 이전 배경영상을 나타낸다. 그림 6에서는 보정된 배경영상을 얻는 과정을 보여준다. 우선 시

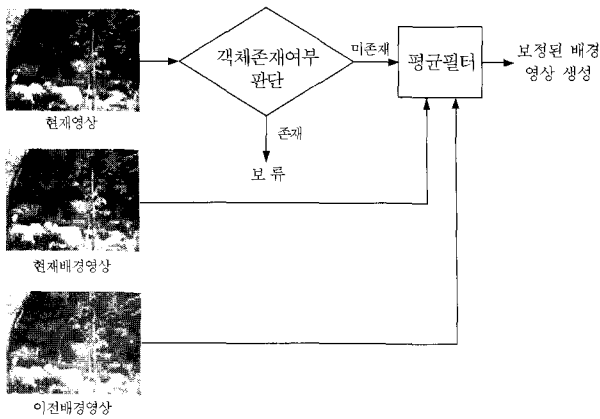


그림 6. 배경영상 보정 알고리즘
Fig. 6. Background image revision algorithm.

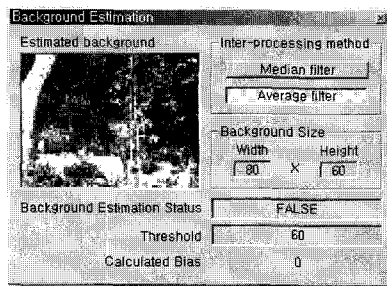


그림 7. 보정된 배경영상 생성 UI
Fig. 7. Revised background image creation UI.

시스템에서 객체가 배경으로 인식되는 오류를 피하기 위해 입력된 영상에 객체가 존재하는지 여부를 확인한다. 그다음에 시스템 내부에 움직이는 객체가 존재하지 않으면 이전배경영상과 현재배경영상 그리고 현재 입력된 영상의 평균값으로 새로운 배경영상을 만들어낸다. 그러나 보정된 배경영상을 계속적으로 생성한다면 시스템의 성능 저하의 원인이 될 수 있으므로 일정한 임계값을 두어 시간 간격을 두고 배경영상을 갱신한다. 그림 7은 사용자 환경에서의 보정된 배경영상 결과를 보여준다.

나. 객체 탐지 및 추출

객체탐지과정은 보정된 배경영상과 현재영상과의 차영상을 이용하여 이루어진다. 차영상을 획득하는 방법은 다음 (16)식과 같이 표현될 수 있다.

$$\delta I(x, y) = abs(I_t(x, y) - B_r(x, y)) \quad (16)$$

여기서, $\delta I(x, y)$ 는 현재영상과 보정된 배경영상의 차영상을 나타내며, 차영상에 대한 이진화는 식 (17)과 같이 나타낸다.

$$D(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } \delta I(x, y) > threshold \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (17)$$

여기서, 이진화의 임계치(threshold) 값은 객체부분을 가장 정확하게 추출할 수 있도록 주·야간 영상들의 실험을 통해 최적의 실험값인 그레이 레벨 값 50으로 설정하여 적용하였다. 이 과정을 통해 획득한 영상은 주 객체부분과 주 객체부분에서 일부 분할된 부분, 그리고 일부 잡음을 가진 영상으로 나타난다. 여기서 별도 처리 없이 다음과정으로 넘어가면 분할되어 있는 부분이 별도의 객체로 인지될 수 있다. 따라서 좀 더 정확한 객체를 탐지하기 위해 opening-closing 모폴로지 영상처리기법을 사용하여 분할된 객체영역을 합치는 처리를 한다. opening 처리시 마스크 크기는 5*5로 하며 closing 처리시에는 마스크 크기를 3*3로 하여 객체영역에 정확도를 높인다. 식 (18)은 opening 연산을 나타내며,

$$g_o(m, n) = (I \circ B)(m, n) = [(I \ominus B) \oplus B](m, n) \quad (18)$$

식 (19)는 opening 연산 후에 closing 연산 처리 과정을 나타낸다.

$$g_c(m, n) = (g_o \bullet B)(m, n) = [(g_o \oplus B) \ominus B](m, n) \quad (19)$$

이 과정을 통해 얻은 영상은 객체로서 인식하기에 다소 미흡한 부분이 있다. 따라서 추가적인 처리를 하게 되는데 그 과정은 식 (20)에서 보듯이 현재의 객체 영상

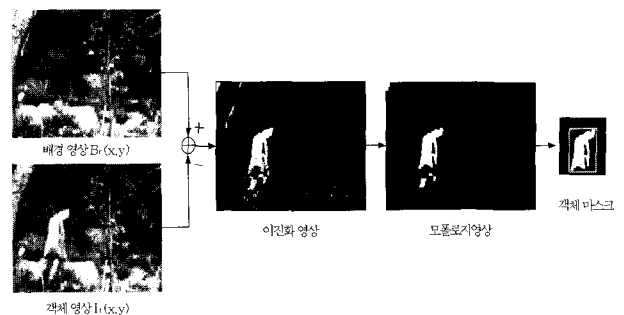


그림 8. 객체 추출 알고리즘
Fig. 8. Object extraction algorithm.

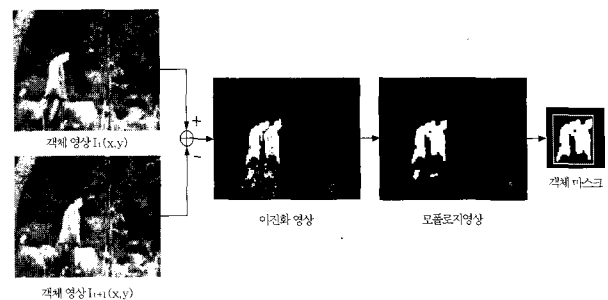


그림 9. 보상 객체 생성 알고리즘
Fig. 9. Compensation object creation algorithm.

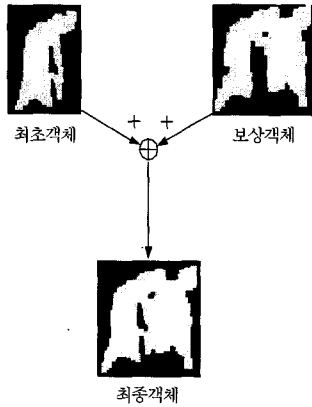


그림 10. 최종 객체 생성 알고리즘
Fig. 10. Final object creation algorithm.

과 이전의 객체 영상의 차이를 구한 뒤 위에서의 처리 과정과 동일하게 이진화 및 모폴로지 처리를 하여 위에서 구한 영상과 합하여 하나의 영상으로 나타낸다.

$$\delta I(x, y) = abs(I_t(x, y) - I_{(t-1)}(x, y)), \quad (20)$$

그림 8은 현재 영상과 이전영상과의 차영상을 이용하여 객체부분을 탐지하고 정확한 객체 추출을 위해 이진화 및 모폴로지 처리한 결과를 보여준다. 또한 그림 9에서는 그림 8에서 추출한 객체에 대한 정확도를 높이기 위해 객체가 탐지된 영상들의 시간적 차에 의해 생긴 차영상에 대한 추가영역을 생성하여 보상하는 보상 객체 생성 알고리즘을 보여준다. 이 두 영상을 합치면 그림 10에서 보는 바와 같이 최종적인 객체가 생성된다. 추출과정의 마지막으로 추출된 객체부분에 다음 과정인 객체추적을 위해 객체주변을 감싸는 bounding 마스크를 만들어 객체를 라벨링 하면 추출과정이 마무리 된다.

다. 객체 추적

객체추적과정은 그림 11에서 보는바와 같이 labeling 된 객체의 convex hull을 이용하여 처리한다. convex

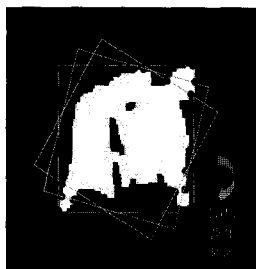


그림 11. Convex hull 생성
Fig. 11. Convex hull creation.

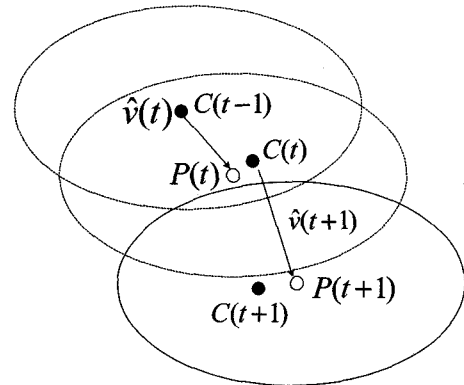


그림 12. 움직임 예측을 사용한 객체추적방법
Fig. 12. Method of object tracking using motion compensation.

hull을 구하는 방법은 다음과 같다. 최초 추출된 객체영역을 둘러싸는 bounding box를 15도 간격으로 하여 360도 회전을 시키면서 객체부분과의 접점을 확인하고 해당 접점들로 이루어진 convex hull을 생성하여 객체의 중심점을 찾는다. 여기서 얻은 객체의 중심점을 가지고 객체를 추적한다. 추적방법은 그림 9에서 보는 바와 같다. 우선 이전영상에서의 움직이는 객체의 속도정보를 가지고 (21)식에 넣어 현재영상에서의 객체의 위치를 예측한 벡터를 도출하여 중심점을 예측한다. 여기서, $v(t)$ 는 시간 t 에서 측정된 변위벡터이며, $\hat{v}(t+1)$ 는 시간 $t+1$ 에서 예측된 변위벡터이다. 그림 12는 움직임 예측을 통한 객체의 이동을 추적하는 방법을 보여

$$\hat{v}(t+1) = (1 - a)v(t) + a\hat{v}(t) \quad (21)$$

준다. 우선 시간 t 에서 현재 객체의 $t+1$ 시간에 예측된 위치 $P(t+1)$ 는 현재 실제 중심점 $C(t)$ 와 예측 벡터 $\hat{v}(t+1)$ 에 의해 추정된다. 다음으로 $P(t+1)$ 점을 중심으로 원형 search range를 그리고 그 내부에서 실제 중심점인 $C(t+1)$ 을 찾는다. $C(t+1)$ 에서도 이러한 방법으로 위와 같은 과정의 반복을 통해 객체를 추적한다.

라. 객체 Counting 및 방향 탐지

객체정보를 획득하기 위해 제안하는 시스템은 화면의 가장자리에 counting line을 상하좌우로 그려 넣는다. 그런 다음에 객체의 중심점이 이 선상을 통과하면 객체의 수가 counting되고 객체의 들어온 방향을 알 수가 있다. 반대로 객체의 중심점이 이 선상 밖으로 나가게 되면 객체의 나간방향을 알 수 있게 된다. 따라서 감

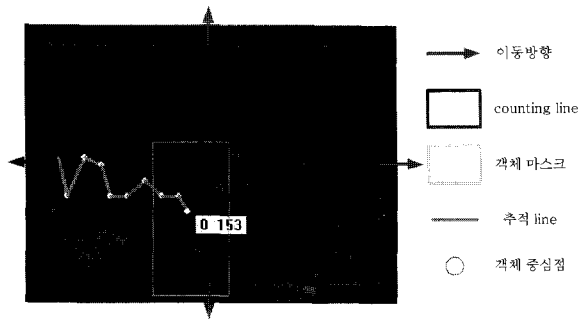


그림 13. 객체 정보 획득

Fig. 13. Object information acquisition.

시자는 이러한 정보를 통해 감시구역 내부에 들어온 인원수와 이동방향을 알 수 있으며 이 정보를 통해 후속 조치를 신속히 할 수 있다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 레티넥스 기법을 사용하여 조명환경 적응적으로 객체를 탐지하도록 하였다. 레티넥스 처리 시에는 표 1의 실험값으로 처리하여 최적의 보정된 영상을 생성하였으며, 실험 결과 주야간 모두 높은 객체 탐지 및 추적률을 나타내었다.

표 2는 제안한 시스템과 기존 시스템^[8]과의 성능평가를 보여준다. 실험은 야외에 고정 설치하여 주간 2시간, 야간 2시간 시스템을 지나가는 객체에 대해 실시하였다. 주간에는 초당 30 프레임으로 처리하여도 시스템에 부하 없이 객체를 탐지 및 추출, 추적 할 수 있었으며, 객체 탐지 및 추출률은 98%, 객체 추적률은 95%의 성능을 보여주었다. 야간에는 기존시스템의 경우 시스템 내부에 들어온 사람이 흰색계통의 현저히 구분되는 색의 복장을 입은 경우에만 객체탐지가 가능 하였다. 본 실험에서의 탐지율은 25%를 나타내었으며, 추적율은 0%였다. 반면 제안하는 시스템은 전처리 과정으로 인해 초당 30 프레임 처리시에는 시스템에 부하가 걸려 객체 추출 및 추적에 있어서 다소 어려움이 있었으나 15프레임 처리시에는 별다른 부하 없이 객체 추출 및 추적이 가능하였다. 객체 추출률은 주간보다는 다소 떨어지지만 90%의 높은 추출률을 보였으며, 추적률도 87%를 나타내어 기존시스템의 취약한 야간객체탐지 및 추적 성능이 월등히 향상되었다.

실험 영상 사이즈는 320×240로 사용하였으며, 처리능력은 주간은 30fps, 야간에는 15fps의 성능을 보였다. 카메라는 USB카메라 및 CCD카메라 모두 사용가능 하

표 1. 레티넥스 실험값

Table 1. Experiment value of Retinex.

파라미터	설정값
스케일	3
서라운드 상수	$c_1=15, c_2=80, c_3=240$
가중치	$w_1 = w_2 = w_3 = 1/3$
Gain	192
offset	30

표 2. 시스템 성능 평가

Table 2. Test of system performance.

구분	주간			야간		
	FPS	탐지율	추적율	FPS	탐지율	추적율
기존시스템	30	98%	95%	15~30	25%	0%
제안시스템	30	98%	95%	15	90%	87%

표 3. 시스템 특성

Table 3. Specification of system.

특성	세부정보
실험시스템	인텔 펜티엄4, CPU : 2.41GHz, RAM : 512MB
영상 사이즈	320 * 240
카메라	USB 카메라, CCD 카메라
영상 저장	가능(JPEG 파일 포맷)

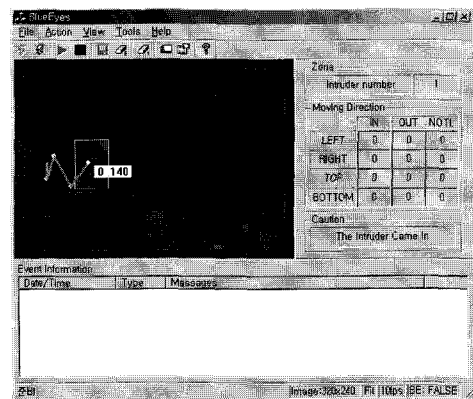


그림 14. 구현 시스템 사용자 환경

Fig. 14. User interface of implemented system.

도록 하였으며, 정지영상은 JPEG 형식으로 저장이 가능하도록 하였다. 그림 14는 구현한 시스템의 사용자 환경을 보여준다. 촬영 화면상에서는 객체 마스크와 추적경로를 알 수 있으며, 추가로 시스템 오른쪽에 부가 정보로 객체 수, 이동방향, 침입자 경고등을 표시하여 감시자로 하여금 신속한 상황판단 및 조치가 가능하도록 하였다.

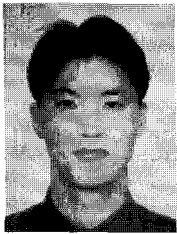
V. 결 론

본 논문에서는 입력되는 영상으로부터 영상의 분포를 판별하고 주변 환경이 어두울 경우 별도의 조명 없이 레티넥스 전처리 과정을 거쳐 객체를 추출하고, 주변 환경이 밝을 경우에는 전처리 과정 없이 객체정보 획득과정을 실행하여 시스템의 성능을 향상시킨 시스템을 제안 하였다. 또한 객체 정보를 얻기 위한 배경 보정, 객체 탐지 및 추출, 객체 추적, 객체 counting 및 이동방향을 탐지하는 과정을 다양한 기본적인 영상처리 기법으로 이진화, 모폴로지, 차영상 등을 사용하여 실시간 처리가 가능 하도록 제안하였다. 이 시스템은 객체에 대한 정보 즉, 시스템 내부에 침입한 인원수와 이동 방향을 알 수 있기 때문에 감시자가 초동초치에 필요한 빠른 판단을 할 수 있다. 따라서 외부 인원에 침입으로부터의 보안이 요구되는 군대주둔지, 산업적 전략 구조물 등 중요지역에 적용하면 별도의 고가 장비나 불필요한 인력 소모를 감소시키는 성과를 낼 수 있을 것으로 기대된다. 향후 발전시킬 과제로는 전처리 과정시 레티넥스 처리의 성능에 있어서 계산량을 감소시켜 좀 더 빠른 처리를 하는 방안이 요구되며, 고정 카메라가 아닌 이동식 카메라에서도 객체를 추출할 수 있는 능력이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] Gian, L. F., Christian, M., Lauro S., Paolo R., and Tim, E., "Active Video-Based Surveillance System," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 25-37, May 2005.
- [2] M. Valera and S. A. Velastin, "Intelligent distributed surveillance systems : a review," *IEEE Proc-Vis. Image Signal Processing*, Vol. 152, no. 2, pp. 192-204, April 2005.
- [3] 고성제, 김재원, "DIPSIM을 이용한 디지털 영상처리," *대영사*, 64-67쪽, 2002년
- [4] K. Barnard and B. Funt, "Investigations into multi-scale retinex," *Colour Imaging in Multimedia '98*, Derby, UK, pp. 9-17, March 1998.
- [5] 안성진, 이관희, 김남형, 권구락, 고성제 "중요지역 보안을 위한 실시간 영상 감시 시스템," *대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집*, 297-298쪽, 2006년 6월
- [6] M. Y. Nam and P. K. Rhee, "An efficient Face Recognition for Variant Illumination Condtion," *IEEE*, pp. 111-115, 2004.
- [7] W. J. Hwang and H. S. Ko, "Color Enhancement in Images with Sigle CCD Camera in Night Vision Environment," *Proceeding of ITC-CSCC 2000*, Pusan, Korea, pp. 58-61, 2000.
- [8] J.-W. Kim, B.-D. Choi, and S.-J. Ko, "Realtime Vision-based People Counting System for the Security Door," *Proc. of 2002 International Technical Conference On Circuits Systems computers and Communications*, Phuket, July 2002.

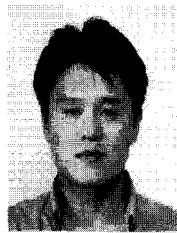
저 자 소 개



안 성 진(학생회원)
 2001년 육군사관학교
 전자공학과 학사 졸업
 2005년~현재 고려대학교 전자
 컴퓨터공학과 석사과정
 재학
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴
 인식, 영상 신호 처리>



이 관 희(학생회원)
 2004년 서경대학교
 컴퓨터과학과 학사 졸업
 2005년~현재 고려대학교 전자
 컴퓨터공학과 석사과정
 재학
 <주관심분야 : 영상 신호 처리, 멀
 티미디어 압축 및 통신>



권 구 락(정회원)
 1997년 경일대학교
 전자공학과 학사 졸업
 1999년 성균관대학교 전기전자 및
 컴퓨터공학부 석사졸업
 2002년~현재 고려대학교 메카트
 로닉스학과 박사과정 재학
 <주관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 압축 및
 콘텐츠 저작권 보호>



김 남 형(정회원)
 2000년 고려대학교
 전자공학과 학사 졸업
 2002년 고려대학교
 전자공학과 석사 졸업
 2002년~현재 고려대학교 전자
 공학과 박사과정 재학
 <주관심분야 : 영상 신호처리, 멀티미디어 통신>



고 성 제(정회원)
 1980년 고려대학교
 전자공학과 학사 졸업
 1985년 State Univ. of NewYork
 at Buffalo 전기 및 컴퓨
 터공학과 석사 졸업
 1988년 State Univ. of NewYork
 at Buffalo 전기 및 컴퓨터
 공학과 박사 졸업

1981년~1983년 대우통신 중앙연구소 연구원
 1988년~1992년 The Univ. of Michigan,
 Dearborn 전기 및 컴퓨터공학과 조교수
 1996년 11월 IEEE APCCAS best paper award
 1997년 12월 대한전자공학회 해동논문상 수상
 1999년 11월 한국통신학회 LC 학술상
 1997년 IEEE Senior member,
 2000년 IEE Fellow
 2004년 3월 고려대학교 훌륭한 공대교수상
 (학술부문)
 1992년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부
 정교수
 <주관심분야 : 영상처리 및 압축, 멀티미디어통신>