

비디오 카메라 영상 내 동적 물체의 그림자 화소 검출 기법

박수우[†], 김정대^{**}, 도용태^{***}

요 약

비디오에 의한 감시 및 관측(VSAM; Video Surveillance And Monitoring)에서 동적 영역의 검출에 의한 전경의 추출은 가장 기본이 되는 작업이다. 그런데 추출된 전경에는 동적인 물체뿐 아니라 물체의 그림자도 포함되게 되며, 이는 후행하는 비디오 영상의 처리 작업에서 오류를 발생시키는 요인이 된다. 이의 제거를 위하여 본 논문에서는 VSAM 카메라 영상의 전경 내 그림자 화소의 새로운 판정 기법을 제안한다. 제안된 기법은 모든 화소에 일률적인 판정 기준을 적용하는 기존의 기법과는 달리 화소의 배경 밝기에 따라 그림자에 의한 영향이 달라지는 사실을 확인하고, 이를 그림자 화소 판정에 이용한다. 이와 같은 접근법은 영상 내 국부적인 특성을 자연스럽게 수용할 수 있게 하고, 변화하는 환경 내에서도 성능을 유지할 수 있게 한다. 제안된 기법은 실제 실험에서 기존의 기법과 비교하여 향상된 결과를 보였다.

A Technique to Detect the Shadow Pixels of Moving Objects in the Images of a Video Camera

Su-Woo Park[†], Jungdae Kim^{**}, Yongtae Do^{***}

ABSTRACT

In video surveillance and monitoring(VSAM), extracting foreground by detecting moving regions is the most fundamental step. The foreground extracted, however, includes not only objects in motion but also their shadows, which may cause errors in following video image processing steps. To remove the shadows, this paper presents a new technique to determine shadow pixels in the foreground image of a VSAM camera system. The proposed technique utilizes a fact that the effect of shadowing to each pixel is different depending on its brightness in a background image when determining shadow pixels unlike existing techniques where unified decision criteria are used to all pixels. Such an approach can easily accommodate local features in an image and hold consistent performance even in changing environment. In real experiments, the proposed technique showed better results compared with an existing technique.

Key words: Video Image Analysis(비디오 영상처리), Video Surveillance and Monitoring(비디오에 의한 감시 및 관측), Shadow Pixel Detection(그림자 화소 검출)

※ 교신저자(Corresponding Author): 도용태, 주소: 경북
경산시 진량읍 내리리 15(712-714), 전화: 053)850-6625,
FAX: 053)850-6619, E-mail: ytdo@daegu.ac.kr
접수일: 2005년 3월 7일, 완료일: 2005년 8월 24일

[†](주)대원GSI 기술연구소 연구원
(E-mail: swpark11xxsig@hotmail.com)

^{**} 준회원, 대구대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정
(E-mail: kjd0307@hotmail.com)

^{***} 정회원, 대구대학교 전자정보공학부 교수

※ 이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비 지원에
의한 논문임.

1. 서 론

비디오 카메라에 의한 감시 및 관측, 즉 VSAM은 특정 관심지역을 조망할 수 있도록 설치된 카메라의 비디오 영상을 보안[1]이나 교통관리[2,3]등 주어진 목적에 맞게 자동 처리하는 컴퓨터 시각(computer vision) 기술로, 근래에 와서 많은 연구자들의 관심을 끌고 있다. VSAM의 주요한 연구주제는 차량이나 사람 등 동적 물체를 비디오 영상 내에서 검출하고(moving object detection)[4], 그 물체의 종류를 분류하고(object classification)[5], 동작을 분석하고 이해하는(activity analysis and understanding)[6] 것들이 된다. 특히 도로 나 주차장의 차량을 대상으로 하는 기술은 일찍부터 연구되어 왔으나, 사람을 대상으로 하는 경우는 비교적 최근에 와서야 그 연구가 활발해지고 있다. 그 원인으로서는 기본적으로 차량을 대상으로 하는 연구의 상업적 필요성이 큰 데서 찾을 수 있겠으나, 부가적으로 사람은 영상 내에서 차지하는 면적이 작아 해상도가 낮고, 고자유도로 인해 형태의 가변성이 크며, 이동경로가 비예측적이라는 특성에 기인한 기술적 난점도 원인이 된다[7].

일반적으로 VSAM의 첫 번째 절차는 전경(foreground)의 추출인데, 추출된 전경에는 관심의 대상이 되는 동적 물체 외에도 이의 그림자까지 포함되게 된다. 이 때 그림자는 물체를 본래의 형태와는 다르게 보이게 하므로 분류나 인식과 같이 후행되는 절차들에서 오류를 유발할 수 있다. 이러한 이유로 영상내 그림자를 검출함으로써 이를 제거할 수 있게 하기 위한 기법들이 다양하게 연구되어 왔다. Prati 등[8]은 기존의 그림자 검출 기법들을 확률적 매개변수(statistical parametric; SP) 기법[2]과 확률적 비매개변수(statistical non-parametric; SNP) 기법[9], 그리고 결정적 모델기반(deterministic model based; DM) 기법[3]과 결정적 비모델기반(deterministic non-model based; DNM) 기법[10]으로 분류하고 비교 실험하였을 때, 컬러정보를 이용한 DNM 기법이 가장 안정적으로 좋은 결과를 보였음을 보고한 바 있다.

본 논문에서는 실외의 비구조화된 환경내 사람을 대상으로 한 VSAM 장치를 구성하고, 이로부터 얻어지는 비디오 영상의 전경에서 그림자 화소를 검출하기 위한 기법이 제안된다. 제안된 기법은 각 화소마다 다른 기준으로 그림자를 판정한다는 점에서 기존의 기법들과 차

별된다. 즉, 그림자에 기인한 화소 밝기의 강도가 화소가 배경에서 가지는 밝기에 의존적인 사실을 확인하고, 이를 그림자 화소의 판정에 이용한다. 제안된 기법은 전체 화소에 대해서 확실적인 그림자 판정기준을 적용하는 기존의 기법에 비해서 높은 공간적 그리고 시간적 적응성을 기대할 수 있다.

2. 그림자 화소의 판정

2.1 기존의 그림자 화소 판정기법

전술한 바와 같이 Prati 등[8]은 비디오 영상 내 그림자를 검출하기 위한 기존의 기법들을 비교 실험하였다. 그 결과 DNM 기법이 다양한 경우에서 가장 안정적인 결과를 보였고, 특히 학교 캠퍼스 영상에서의 실험에서 DNM 기법은 가장 좋은 결과를 보였다. Cucchiara 등[10]의 기법은 화소기반의 DNM 기법으로, 먼저 카메라의 RGB (Red-Green-Blue) 영상을 HSV (Hue-Saturation-Value) 컬러공간으로 아래 (1)에 의하여 변환하였다.

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad (1.a)$$

$$\text{단, } \theta = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}}$$

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

$$V = \frac{1}{3} (R + G + B) \quad (1.c)$$

비디오 영상의 t 번째 프레임에서 전경 내 임의 화소 p 는 아래 (2)와 같이 H, S, 그리고 V값에 대한 조건을 모두 만족할 경우 그림자 영역 sh 라고 판정하였다.

$$p \in sh \text{ if } C_1 \wedge C_2 \wedge C_3 \quad (2.a)$$

단,

$$C_1: \alpha \leq \frac{I_V^t(p)}{B_V(p)} \leq \beta \quad (2.b)$$

$$C_2: I_S^t(p) - B_S(p) \leq \tau_s \quad (2.c)$$

$$C_3: \begin{cases} \min(|I_H^t(p) - B_H(p)|, \\ 360 - |I_H^t(p) - B_H(p)|) \leq \tau_H \end{cases} \quad (2.d)$$

여기서 \wedge 는 논리곱을 의미하며, $I(p)$ 는 화소 p 의 전경에서의 값이고, $B(p)$ 는 화소 p 의 배경에서의 값이다. 또, 아래 첨자는 화소의 H , S , 혹은 V 의 값을 지칭하기 위해 사용되었고, α , β , τ_S , 그리고 τ_H 는 판정을 위해 사용된 임계치들이다. 이러한 임계치들은 학습용으로 사용된 영상에서 그림자 화소들을 추출한 후 사용자가 최적으로 결정하여 사용하게 된다. (2)는 화소의 V 값이 일정한 범위 내에서 변화하지만 S 와 H 의 값은 큰 변화가 없을 때, 그 화소에 그림자가 드리워졌다고 판정하는 것을 의미한다. 즉, 그림자는 화소의 색상은 변화시키지 않고 밝기만 일정 정도 낮추는 원인이 된다.

2.2 제안된 그림자 화소의 판정 기법

앞 절에서 서술된 기법을 카메라 영상에 실제 적용하였을 때 우리는 두 가지 문제점을 발견할 수 있었다. 첫째는 그림자 판정의 기준이 전역적이고 고정적이어서, 영상 내 국부적 영역의 특성이나 가변 환경에 따른 변화가 고려될 수 없다는 점이다. 만약 관측지역 중 특정 장소가 다른 곳들과는 다른 특성을 가지고 있다면, 전체 영상을 기준으로 결정된 임계치는 영상 중 그 특정 장소에 해당하는 부분에서는 오류를 초래할 가능성이 크다. 또 특정 시간에 최적으로 결정된 임계치는 다른 시간대에도 계속 좋은 결과를 보장하지 못한다. 두 번째는 H 값이 안정적이지 못하므로 이를 그림자 화소의 판정에 사용하는 것은 적절하지 못하다는 점이다. H 값이 불안정한 요인으로서는 R , G , B 값들이 상호 근접할 경우에는 (1.a)의 분모값이 0에 근접하게 된다는 점을 고려할 수 있다.

이상의 문제점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 화소의 V 와 S 값을 이용한 판정법을 제안한다. 우선 V 값을 이용한 판정의 경우, 기존의 기법과는 달리 국부적인 특성이 고려될 수 있고, 그 기준은 환경의 시간상 변화에도 유효할 수 있도록 하였다. 즉, 임의 화소는 특정한 밝기값을 가지고 있으며, 이 값은 시간에 따라 변화할 수 있다고 할 때, 갑자기 어떤 형태로 이 값이 강하게 되면 그림자가 드리워졌다고 판단하는 것이다.

제안된 방식은 그림 1에 보인 바와 같이 사용된 카메라 영상 화소의 밝기값, 즉 V 값이 그림자에 의하여 강하하는 형태의 분포를 학습용으로 사용된 영상들로부터 얻고, 이를 그림 2와 같이 근사화함으로써 실현하였다. 두 그림에서는 화소의 배경에서의 V 값 $B_V(p)$ 를 가로

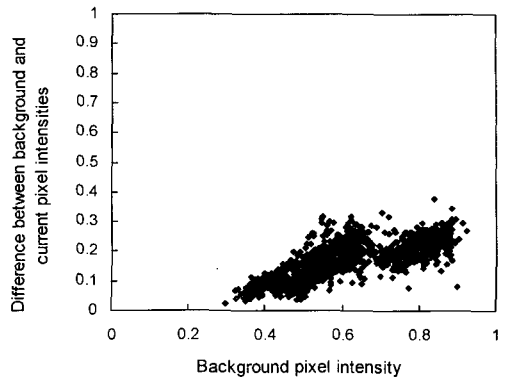


그림 1. 그림자에 의한 밝기변화 특성

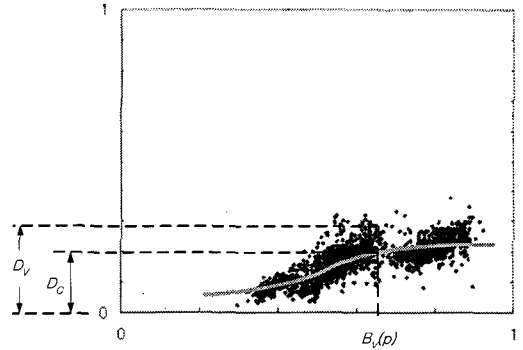


그림 2. 그림자에 의한 밝기강하 특성의 근사를 위해 제안된 곡선

축으로 하고, 그림자에 의해서 현재 영상 프레임에서 그 값이 낮아진 정도, 즉 $B_V(p) - I_V(p)$ 를 세로축으로 하였다. 단, 각 값들은 최대값을 1로 정규화하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 그림자에 의한 밝기의 강하특성은 각 화소의 원래값, 즉 그림자가 드리워지기 전의 밝기값에 의존적이어서, 대체로 어두웠던 화소는 그림자에 의한 강하가 작고 그 반대의 경우에는 그 강하가 크다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 우리는 그림자에 의한 밝기 변화의 분포를 (3)과 같이 표현되는 3차의 곡선으로 근사화할 것을 제안한다.

$$D_C = k_1 B_V^3 + k_2 B_V^2 + k_3 B_V + k_4 \tag{3}$$

이 때 임의 화소 p 의 밝기값에 기준한 그림자 화소의 판정을 위해 (4)를 사용한다.

$$p \in sh \text{ if } |r - 0.5| \leq \tau_r \tag{4}$$

단, $r = \frac{D_V}{D_C + D_V}$ 이고, τ_r 은 임의의 임계치이다. 즉,

배경차감법(background subtraction)[4]에 의하여 추출된 전경영역 내 임의 화소 p 가 밝기를 기준으로 그림자 화소로 판정될 수 있는 조건은 두 가지이다. 첫째로 현재 영상 프레임에서의 밝기 I_V 가 전경 추출의 기준으로 사용된 배경 영상 프레임에서의 밝기 B_V 보다 낮아야 하며, 둘째로 그 강하치 $D_V = B_V(p) - I_V(p)$ 가 B_V 를 기준으로 (3)에 의하여 예측되는 값 D_C 와 근접하여야 한다. 이 때 예측치와 실제 강하치 사이의 비는 (4)의 r 에 의하여 정량화된다. 만약 이들 두 값이 완전히 일치하면 r 은 0.5가 되겠지만, 두 값 사이의 차이가 클수록 0.5로부터 멀어지게 되며, 이를 임계치와 비교하여 그림자의 유무를 판정하게 된다. 임계치는 주어진 밝기 강하의 분포 곡선으로부터 대략적으로 결정한 후, 이를 중심으로 주어진 학습용 데이터에 대해 최적의 값을 얻을 수 있도록 미소 변화시켜 결정한다. 예를 들어 그림 1의 경우, 화소들의 그림자에 의한 밝기 강하는 전체적으로 0에서 0.3 사이에 있지만 임의 $B_V(p)$ 에 대해서는 대략적으로 0.1 정도, 혹은 다르게 말해서 평균을 중심으로 ± 0.05 의 범위에 존재함을 알 수 있다. 구체적인 예로 배경 화소의 값이 0.6인 화소들의 그림자에 의한 밝기 강하는 약 0.14에서 0.24까지의 범위 내에 있다. 만약 D_C 가 0.19이고 D_V 가 이보다 0.05 큰 값 즉, 0.24라고 가정하면, (4)에 대입하였을 때 τ_r 는 약 0.06을 얻을 수 있으며, 실제 임계치는 이 값을 중심으로 가감함으로써 최적의 값에 접근할 수 있다.

화소 컬러의 V값에 의하여 일단 그림자로 판정이 내려진 화소에 대해서는, S값을 이용하여 이를 확정하였다. 기존의 Cucchiara 기법[10]은 (2.c)에서 보듯 임의 화소의 S값이 현재 영상과 배경 영상을 비교하였을 때 임계치 이내의 변화를 보이는지 점검한다. 이에 비해 우리가 제안하는 새로운 방식은 (5)에서 보인 바와 같이 R, G, B 컬러값중 가장 변화가 작은 값을 기준으로 판정을 내린다. 따라서 제안한 방식은 판정에 사용되는 임계치 τ_S 가 비교적 작을 수 있고, 이는 결국 보다 엄밀하게 그림자 화소의 판정이 이루어질 수 있음을 뜻한다. 비록 (5)가 (2.c)보다 복잡하게 보이지만, 실제 Cucchiara 판정법의 경우 카메라 영상의 R, G, B 값을 S값으로 식 (1.b)에 의하여 변화시킨 후 이를 다시 (2.c)를 사용하여 판정하게 되므로, R, G, B 값으로부터 바로 (5)를 적용하는 본 논문의 방식이 결코 복잡하지 않다. 기존의 Cucchiara 기법에 대한 제안된 방식의 장점을 확인하기 위하여 여러 영상에서 2761개의 그림자 화소를 추출하

여 비교 점검하여 보았다. 즉, (2.c)와 (5)를 사용하여 그림자에 의한 화소의 S값 변화를 살펴보았을 때, 그림 3과 같은 결과를 얻었다. 여기서 평균과 표준편차를 각각 구했을 때의 결과는 표 1에 보인 바와 같다. 표에서 볼 수 있듯이 비록 제안된 방식의 표준편차가 기존 Cucchiara 기법의 표준편차 보다 조금 더 크지만, 기대치, 즉 평균치는 현저히 낮다. 2.1절에서 언급한 바와 같이 그림자가 드리워졌을 때 화소의 밝기는 어떤 특정 범위의 강하를 보이지만 S 값은 대체로 유지되는 특성을 감안할 때, S에 의한 그림자 판정은 S값의 변화가 특정 임계치 이하가 되는 조건에 의한다. 따라서 제안된 방식은 더 낮은 임계치로 더 엄밀한 그림자 화소 판정이 가능하게 하며, 표 1에서는 임계치 τ_S 를 $\mu + 3\sigma$ 로 정한 경우를 보여준다.

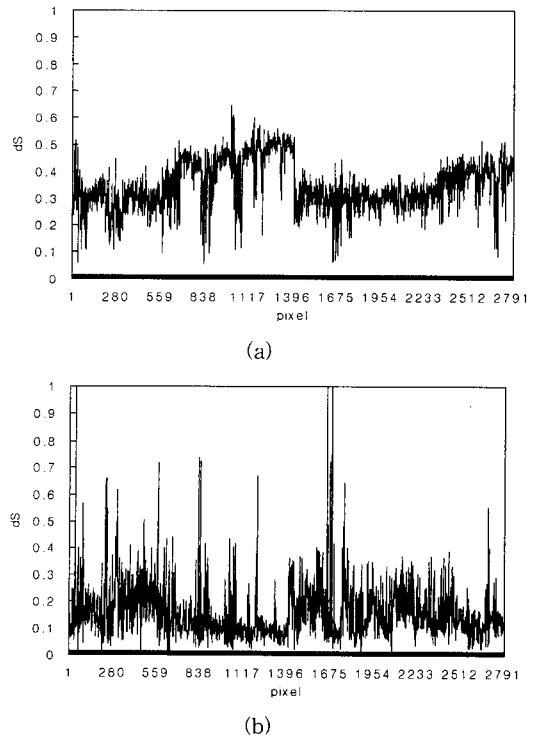


그림 3. 그림자에 의한 화소의 S값 변화 특성: (a) (2.c)의 사용시, (b) (5)의 사용시.

표 1. 제안된 방식과 기존방식의 그림 3의 예에서의 통계

사용된 식	(5)	(2.c)
평균(μ)	0.156	0.351
표준편차(σ)	0.095	0.087
$\mu+3\sigma$	0.443	0.613

$$p \in sh$$

$$if \ 1 - \frac{3}{dR+dG+dB} [\min(dR, dG, dB)] \leq \tau_s \quad (5)$$

단, dR 과 dG , 그리고 dB 는 그림자에 의해 화소의 컬러가 배경에 비해 어두워진 정도를 나타내며, 각각 $dR = R_B - R_I$, $dG = G_B - G_I$, $dB = B_B - B_I$ 와 같이 정의된다. 여기서 아래 첨자의 B 와 I 는 각각 배경영상과 현재영상을 의미한다.

3. 실험 및 결과

실험을 위하여 그림 4.(a)와 같은 학교 캠퍼스 영상에 대표적인 DNM기법인 Cucchiara 기법[10]과 본 논문에서 제안한 그림자 화소 판정기법을 적용하여 비교하여 보았다. 실험 영상은 Pyro사의 IEEE1394 방식 PC 카메라를 사용하여 얻었다. 이 카메라는 320×240 해상도에서 초당 30 프레임의 속도를 제공한다. 그림 4.(b)와 그림 4.(c)는 실험영상에 두 기법을 적용한 결과를 각각 보여준다. 그림에서 회색은 전경 화소를 의미하며, 검은 색은 적용된 기법에 의하여 그림자로 판정된 화소를 의미한다. 두 결과를 비교해 볼 때, 두드러진 차이는 Cucchiara의 기법이 특히 잔디밭의 그림자, 즉 그림에서 가장 아래에 있는 사람의 그림자를 제대로 찾지 못하는 반면, 제안된 기법은 시멘트 바닥이나 잔디밭 모두에서 비교적 안정적인 검출 결과를 보인다는 점이다. 이의 원인으로는 Cucchiara의 기법이 영상 전체를 기준으로 결정된 임계치를 모든 화소에 동일하게 적용하는데 비해서, 제안된 방식은 그림 2와 같은 방식으로 결정된 곡선을 사용하므로 잔디와 시멘트 영역처럼 다른 밝기 특성을 가진 화소들에 다른 기준을 적용할 수 있게 되어 영상의 국부적인 특성을 자연스럽게 수용할 수 있기 때

문이다. 또 잔디밭 영상의 H값이 불안정한데, Cucchiara의 기법은 H값을 판정에 사용하였기 때문인 것도 요인이다.

정량적으로 기법의 성능을 평가하기 위한 척도로 (6)과 같이 정의되는 검출률(detection rate) η 와 구분률(discrimination rate) ξ 를 사용할 수 있다[8]. 여기서 TP_S (true positive shadow)는 그림자 화소가 그림자 화소로 바르게 판정된 경우의 수, TP_F (true positive foreground)는 동적 물체에 속하는 화소가 동적 물체에 속하는 화소로 바르게 판정된 경우의 수, FN_S (false negative shadow)는 그림자 화소가 동적 물체에 속하는 화소로 잘못 판정된 경우의 수, FN_F (false negative foreground)는 동적 물체에 속하는 화소가 그림자 화소로 잘못 판정된 경우의 수, 그리고 $\overline{TP_F}$ 는 동적 물체에 속하는 화소수에서 동적 물체에 속하나 그림자로 판정된 화소의 수를 뺀 수를 나타낸다. 그림 4의 실험결과를 잔디와 시멘트 영역으로 나누고, (6)의 성능 척도를 적용한 결과는 표 2와 같다. Cucchiara 기법의 경우 잔디 영역에서의 검출률 η 가 시멘트 영역에서의 검출률의 46%에 불과하지만, 제안된 기법은 영역에 따른 차이가 거의 없다.

$$\eta = \frac{TP_S}{TP_S + FN_S} \quad (6.a)$$

$$\xi = \frac{\overline{TP_F}}{TP_F + FN_F} \quad (6.b)$$

시간에 따른 환경의 변화가 기법의 성능에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 그림 5.(a)와 같은 영상을 대상으로 실험하였다. 그림의 영상은 오후의 학교 캠퍼스에서 획득된 것이다. 그림 4의 실험에서 기존의

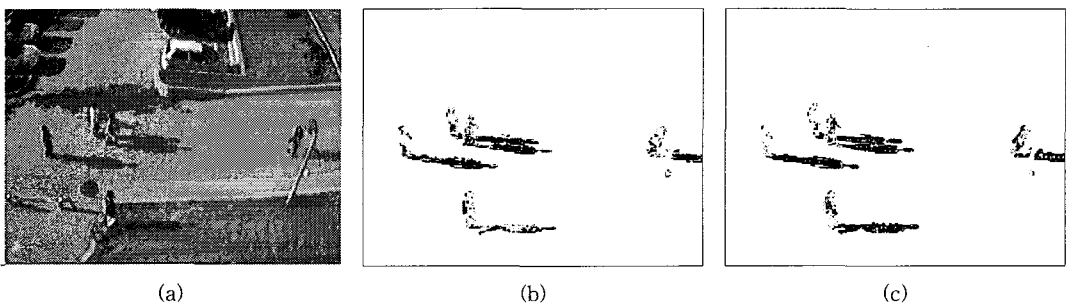


그림 4. PC 카메라를 사용한 그림자 화소 검출 실험: (a) 원영상, (b) Cucchiara 기법의 결과, (c) 제안된 기법의 결과.

표 2. 영역에 따른 실험결과와 정량적 비교; P는 제안된 기법, C는 Cucchiara의 기법

영역	기법	TP_S	TP_F	FN_S	FN_F	$\overline{TP_F}$	η	ξ
시멘트	P	1245	758	311	236	763	0.80	0.77
	C	1167	704	389	290	709	0.75	0.71
잔디	P	421	240	77	85	244	0.85	0.75
	C	193	235	305	90	239	0.39	0.74

표 3. 동일한 임계치를 다른 시간대에 취득한 영상에 적용한 실험결과와 정량적 비교; P는 제안된 기법, C는 Cucchiara의 기법

장면	기법	TP_S	TP_F	FN_S	FN_F	$\overline{TP_F}$	η	ξ
전일 오후 (그림5)	P	1340	678	289	158	678	0.82	0.81
	C	1344	647	285	189	647	0.83	0.77
익일 오전 (그림6)	P	127	459	49	202	459	0.72	0.69
	C	111	436	65	225	436	0.63	0.66

기법이 잔디밭에서 좋지 못한 결과를 확연히 보였으므로, 여기서는 시멘트 바닥에서의 그림자만을 대상으로 실험하였다. 그림 5.(b)와 그림 5.(c)는 각각 Cucchiara의 기법과 본 논문에서 제안된 기법의 적용 결과를 보여 준다. 그림에서 볼 수 있듯이 두 기법의 성능차이는 그리 크지 않다. 이 때 사용된 임계치들을 다음 날 오전에 획득된 그림 6.(a)와 같은 영상에 그대로 적용하였을 때, 그림 6.(b)와 그림 6.(c)에 보인 것과 같은 결과를 얻었다. 또 두 그림에 (6)의 성능평가 척도를 적용한 결과는 표 3과 같다. 그림과 표에서 알 수 있듯이 기존의

Cucchiara 기법과 비교하여 제안된 기법은 환경이 변화하는 경우에도 성능을 유지하는 경향이 상대적으로 큼을 알 수 있다. 이는 그림 4의 실험에서 영상의 국부적 특성이 제안된 방식에서 자연스럽게 고려될 수 있었던 것과 같이, 시간에 따라 화소의 밝기 특성이 변화하게 되면 그림 2에 보인 바와 같은 특성 곡선을 따라 다른 기준으로 판정을 내릴 수 있게 되기 때문이다.

본 논문에서 제안된 방식이 다른 종류의 카메라에도 유효한지 점검하기 위하여 저가형 PC 카메라가 아닌 일반적으로 컴퓨터 시각(computer vision)의 용도로 사

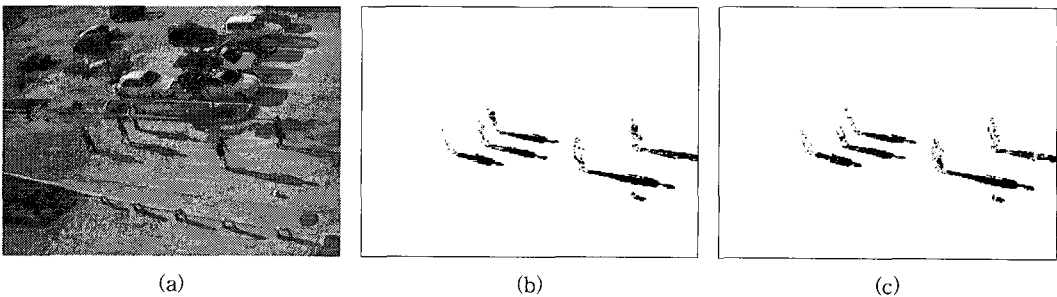


그림 5. 오후 시간 영상에서의 그림자 화소 검출: (a) 원영상, (b) Cucchiara 기법의 결과, (c) 제안된 기법의 결과.

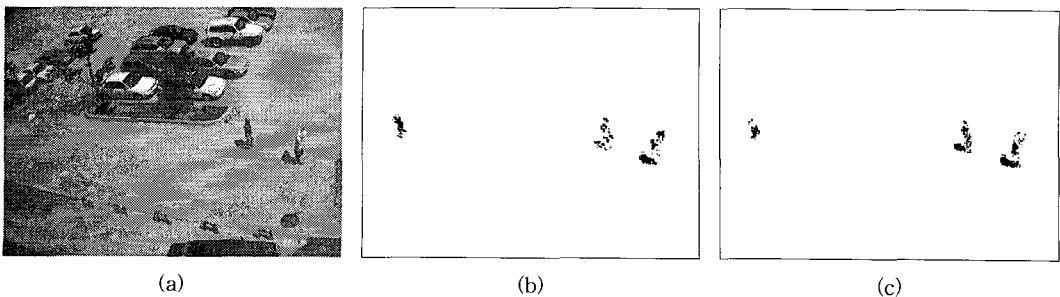


그림 6. 오후 시간대에 설정된 임계치로 다음날 오전 시간 영상에서 그림자 화소를 검출한 경우: (a) 원영상, (b) Cucchiara 기법의 결과, (c) 제안된 기법의 결과.

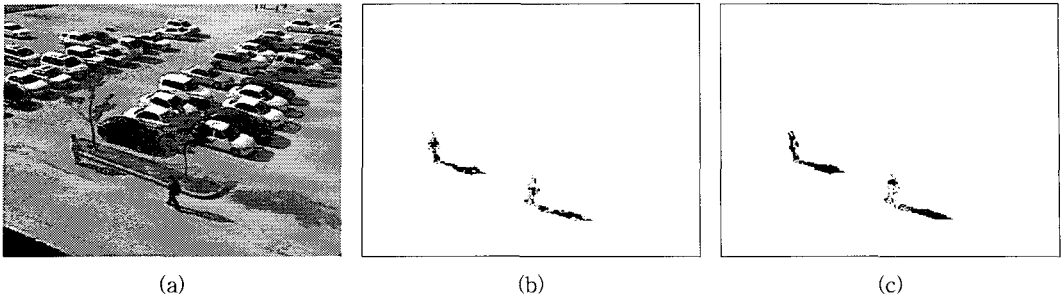


그림 7. 일반 컴퓨터 시각용 CCD 카메라를 사용한 실험의 결과: (a) 원영상, (b) Cuchiara 기법의 결과, (c) 제안된 기법의 결과.

표 4. 그림 7 실험의 성능평가; P와 C는 각각 제안된 기법과 Cucchiara의 기법

장면	기법	TP_S	TP_F	FN_S	FN_F	\overline{TP}_F	η	ξ
(그림7)	P	442	231	56	170	231	0.89	0.58
	C	336	245	162	156	245	0.67	0.61

용되는 카메라에서 영상을 얻어 실험하여 보았다. Sony의 811×508 CCD 영상센서를 장착한 Kocom사의 카메라가 사용되었고, 그림 7과 표 4는 그 결과를 보여준다. 구분율의 경우 두 기법의 결과가 비슷했지만, 검출률에 있어서는 제안된 기법이 훨씬 좋았다.

4. 결 론

본 논문에서는 VSAM장치에서 비디오 영상의 전경 중 그림자 화소를 검출하기 위한 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 HSV 컬러 공간에서 화소의 V값이 그림자에 의해 강하될 때, 그 강하의 정도가 배경에서의 해당 화소의 V값에 의존적임을 이용하였다. 배경 영상의 화소별로 V값이 다르며, 환경의 변화에 따라 배경이 적응적으로 갱신된다고 할 때, 제안된 기법에서는 영상의 국부적 특성과 환경에 따른 변화가 자연스럽게 판정에 적용되는 장점이 있다. 또 화소 컬러의 S값을 사용한 판정의 경우, 그림자에 의한 S의 변화정도를 얻는 새로운 식을 정의함으로써, 그림자 판정을 기존의 방식에 비해 보다 엄밀히 할 수 있었다.

제안된 기법은 기존의 그림자 검출 기법들 중 가장 성능이 안정적으로 좋은 것으로 보고된 Cuchiara의 기법[10]과 실험을 통하여 비교되었으며, 제안된 기법은 피관측 지역의 특성과 환경의 변화에 둔감한 결과를 보였다. 특히 그림자 화소의 검출률에서 제안된 성능의

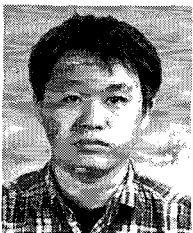
장점이 두드러졌으며, 전경 물체와 그림자의 구분률에서는 대체로 비슷한 성능을 보였다. 제안된 기법은 그림자에 의한 화소 컬러값의 변화를 3차의 곡선으로 근사화하는 절차가 따로 필요하지만, 이것이 특별히 힘든 작업을 요구하지는 않는다. 일반적으로 VSAM 장치가 장시간동안 중단 없이 운용되며, 자동적으로 동적물체를 추출하고 해석하여야 함을 고려하면, 제안된 기법은 현실적으로 효용가치가 높다.

참 고 문 헌

- [1] T. Kanade, *et al.*, "Advances in Cooperative Multi-sensor Surveillance," in *Proc. DARPA Image Understanding Workshop*, pp. 3-24, 1998.
- [2] I. Mikic, *et al.*, "Moving Shadow and Object Detection in Traffic Scenes," in *Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition*, Vol. 1, pp. 321-324, 2000.
- [3] M. Kilger, "A Shadow Handler in a Video-Based Real-Time Traffic Monitoring System," in *Proc. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 11-18, 1992.
- [4] H. Fujiyoshi and A.J. Lipton, "Real-Time Human Motion Analysis by Image Skeletonization," in *Proc. IEEE Workshop Application of Computer Vision*, pp. 15-21, 1998.
- [5] L. Wixson and A. Selinger, "Classifying Moving Objects as Rigid or Non-rigid," in *Proc. DARPA Image Understanding Workshop*, pp. 341-347, 1998.
- [6] I. Haritaoglu, *et al.*, "W4: Who? When? Where? What? A Real Time System for Detecting and Tracking People," in *Proc. IEEE Int'l Conf.*

Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 222-227, 1998.

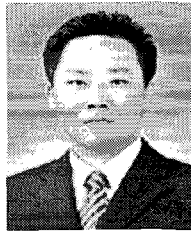
- [7] Y. Do and T. Kanade, "Counting People from Image Sequences," in *Proc. Int'l Conf. Imaging Science, Systems and Technology*, pp. 185-190, 2000.
- [8] A. Prati, *et al.*, "Analysis and Detection of Shadows in Video Streams: A Comparative Evaluation," in *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 571-576, 2001.
- [9] T. Horprasert, *et al.*, "A Statistical Approach for Real-Time Robust Background Subtraction and Shadow Detection," in *Proc. IEEE Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 1-19, 1999.
- [10] R. Cucchiara, *et al.*, "Detecting Objects, Shadows and Ghosts in Video Streams by Exploiting Color and Motion Information," in *Proc. IEEE Int'l Conf. Image Analysis and Processing*, pp. 360-365, 2001.



박 수 우

2003년 2월 대구대학교 제어계측공학과 졸업(공학사)
 2005년 2월 대구대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)
 현재 (주)대원GSI 기술연구소 연구원

관심 분야: 멀티미디어 영상처리, 기계시각, 자동화, 센서시스템



김 정 대

2004년 2월 대구대학교 정보통신공학부 제어계측공학 전공 졸업(공학사)
 현재 대구대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

관심 분야: 컴퓨터 시각, 영상처리, 자동화 및 로봇 시스템



도 용 태

1986년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1988년 서강대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1992년 영국 University of Hull 전자공학과 졸업(Ph.D)
 1989년~1992년 영국 University of Hull, Robotics Research Unit 연구원
 1999년 미국 Carnegie Mellon University, Robotics Institute 객원부교수
 2000년 미국 University of Wisconsin at Madison, 전기 및 컴퓨터공학과 명예연구원
 2003년 대구대학교 정보통신연구소 소장
 2004년 영국 Imperial College, University of London, VIP Lab. 객원교수
 현재 대구대학교 전자정보공학부 교수, 한국멀티미디어 학회 정회원, Int. J. Intell. Sys. Tech. App. (IJISTA) 편집위원

관심분야: 멀티미디어 영상처리, 컴퓨터시각, 지능시스템