

프레임 차와 톤 매핑을 이용한 저조도 영상 향상

정윤주[†], 이영학^{**}, 심재창^{***}, 정순기^{****}

Low-light Image Enhancement Based on Frame Difference and Tone Mapping

Yunju Jeong[†], Yeonghak Lee^{**}, Jaechang Shim^{***}, Soon Ki Jung^{****}

ABSTRACT

In this paper, we propose a new method to improve low light image. In order to improve the image quality of a night image with a moving object as much as the quality of a daytime image, the following tasks were performed. Firstly, we reduce the noisy of the input night image and improve the night image by the tone mapping method. Secondly, we segment the input night image into a foreground with motion and a background without motion. The motion is detected using both the difference between the current frame and the previous frame and the difference between the current frame and the night background image. The background region of the night image takes pixels from corresponding positions in the daytime image. The foreground regions of the night image take the pixels from the corresponding positions of the image which is improved by the tone mapping method. Experimental results show that the proposed method can improve the visual quality more clearly than the existing methods.

Key words: Video Enhancement, Motion Detection, Background Modeling, Noise Reduce, Non-local Mean Denoising, Image Fusion

1. 서 론

방법용 감시 카메라는 범죄 예방과 보행자의 불안감을 해소시키며 범죄 발생 시 증거 확보와 범인 검거에 결정적인 역할을 하고 있다. 야간 영상의 경우에는 물체 식별이 쉽지 않은 경우가 있다. 이 경우 영상 향상이 필요하다.

밤에 촬영된 어두운 저조도 영상(Low-light level image)은 광원이 미약한 환경에서 획득된 영상이다 [1]. 전체적으로 낮은 RGB값을 갖고 있으며 영상의

대비가 낮아서 객체 고유의 색 정보를 알기 어렵다. 그리고 영상을 획득할 때 어두운 경우 자동으로 영상 신호가 증폭되는데, 이 과정에서 잡음도 함께 증폭된다. 따라서 저조도 영상은 일반 영상에 비하여 잡음이 매우 많은 특징이 있다. 저조도 영상에서 필요한 정보를 획득하려면 영상 개선이 필요하다.

고정 카메라로 촬영한 저조도 영상을 향상시키는 연구들이 기존에 많이 진행 되었다. 고정된 카메라는 지속적으로 같은 장면을 촬영하고 있기 때문에 건물이나 나무 등의 배경이 낮과 밤에 상관없이 동일하다

* Corresponding Author : Soon Ki Jung, Address: (41566) 80 Daehak-ro Buk-gu Daegu, Republic of Korea, TEL : +82-53-950-5555, FAX : +82-53-957-4846, E-mail : skjung@knu.ac.kr

Receipt date : Jan. 25, 2018, Revision date : Jul. 2, 2018
Approval date : Jul. 11, 2018

[†] School of Computer Science & Eng., Graduate School, Kyungpook National University
(E-mail : vrjung@hanmail.net)

^{**} Dept. of Computer Eng. Andong National University
(E-mail : iannaturu@ikw.ac.kr)

^{***} Dept. of Computer Eng. Andong National University
(E-mail : jeshim@andong.ac.kr)

^{****} School of Computer Science & Eng., Graduate School, Kyungpook National University

는 특징이 있다. 따라서 저조도 영상을 개선시킨다는 것은 최대한 주간 영상에 가깝게 만드는 과정으로 볼 수 있다.

Kaur 등[2]은 실시간으로 입력되는 저조도 영상을 전경과 배경으로 분할한 후, 배경 영역을 주간 배경 영상의 대응되는 영역으로 대체하는 기법을 제안하였다. 이 경우에 한 영상 내에서 전경 영역과 배경 영역 사이의 밝기 차이가 커서 혼합된 결과 영상이 블록화 되어 자연스럽게 보이지 않는다.

Cai 등[3]은 입력 저조도 영상에서 움직임을 검출하여 전경과 배경의 분할에 혼합된 가우시안(Mixed Gaussian) 모델[4, 5]을 사용하여 이웃 프레임간의 차 영상을 계산하였다. 하지만 이 방법은 차량 등 움직이던 객체가 한동안 움직이지 않고 정지하게 되면 배경으로 분류되고, 주간의 배경 영상으로 대체되어 갑자기 사라지는 단점이 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 시간적으로 이웃하는 프레임 간의 차이뿐만 아니라 현재 프레임과 초기 배경과의 차이도 활용하는 방법을 제안한다. 그리고 혼합된 배경과 전경 사이의 극명한 밝기 차이를 줄여서 결과 영상이 자연스럽게 보이도록 하기 위하여 야간 영상을 톤 매핑 방법으로 영상을 향상시킨 후에 전경 영역을 추출한다.



(a)



(b)

Fig. 1. Example of daytime image and night image. (a) Daytime image, (b) Night image.

본 논문의 구성은 2장에서 고정된 카메라로 촬영한 저조도 영상의 개선과 관련된 기존 연구들을 조사하였고, 3장은 저조도 영상을 향상시키는 제안한 방법을 기술하였다. 4장에서는 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

Kaur 등[2]은 주간과 야간에 각각 100장의 영상을 획득한 후 이 영상들로부터 평균 영상을 구하여 주간 배경 영상과 야간 배경 영상을 만들었다. 실시간으로 입력되는 저조도 영상의 각 프레임과 야간 배경 영상의 RGB값의 차이가 임계치보다 큰 픽셀은 움직임을 있다고 판단하고, 그렇지 않은 픽셀은 움직임을 없다고 판단한다. 움직임을 있는 픽셀은 실시간으로 입력되는 저조도 영상에서 픽셀 값을 취하고, 움직임을 없는 픽셀은 주간 배경 영상에서 픽셀 값을 가지고 와서 두 영상을 혼합시킨다. 하지만 Kaur 등[2]의 연구에서 주간 배경 영상은 100장의 주간 영상을 평균하여 구한 것으로 실외 영상의 경우 카메라나 나뭇잎 등의 미세한 움직임에 의하여 픽셀 값들이 평활화(smoothing)되어 선명한 배경 영상을 얻기가 힘들고, 혼합된 결과 영상에서 전경 영역과 배경 영역에 대한 색상과 밝기의 차가 현저하여 자연스럽게 혼합되지 않고 영역간의 경계가 뚜렷하다는 단점이 있다.

Cai 등[3]은 움직임 검출과 레티넥스(Retinex) 이론에 기반을 둔 조명 성분 추출 기법을 기반으로 주간 배경 영상과 야간 저조도 영상을 톤 매핑 함수를 이용하여 개선시킨 영상을 융합하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 실시간 저조도 영상에서 전경과 배경 영역을 분할한 다음, 전경 영역은 톤 매핑 방법으로 향상된 영상에서 픽셀 값을 참조하고, 배경 영역은 주간의 배경 영상과 저조도 영상의 배경 영역을 가중치를 이용하여 합성하는 방법을 사용한다. 이들은 저조도 영상에 가우시안 혼합 모델(Gaussian Mixture Model)을 적용하여 움직임을 검출하였다. 그러나 파라미터 업데이트 방식을 사용하는 가우시안 혼합 모델 방법은 영상 내에서 움직이던 객체가 움직임을 멈추고 머무르면 잠시 후 배경으로 인식될 정도의 가중치를 가지게 되어 배경으로 분류되는 오류가 발생한다. 예를 들어, 자동차 한 대가 영상 안으로 들어와서 멈추면 잠시 후 해당 픽셀들이 배경으로 분류되어 같은 위치에 있는 주간 배경 영상의 픽셀

값으로 대체된다. 이 경우 정차된 자동차는 갑자기 사라지는 현상이 발생한다.

Yamasaki 등[6]은 주간 배경 영상과 저조도 영상을 함께 결합하여 어두운 영상을 밝게 만드는 (denighting) 방법을 제안하였다. [6]에서는 레티넥스(Retinex) 이론에 따라 영상을 반사율(reflectance)과 광원(illuminant) 성분으로 분리하고, 반사율 성분을 재구성하여 개선된 영상을 생성하는 저조도 영상 개선 기법을 제안하였다. 그러나 반사율과 광원의 성분을 분리하기가 쉽지 않다. 따라서 재구성된 영상에 의도하지 않은 인위적인 객체가 생길 수 있다. 최근의 논문은 뉴럴네트워크 기반으로 연구하는 논문이 있으며, 그리고 딥러닝이 확산 되므로 멀티레이어 멀티스케일드 레티넥스 알고리즘에 대해 연구를 많이 하고 있다.

3. 제안한 방법

본 논문에서는 저조도 영상의 가시성을 높이기 위해 시공간적 영상을 활용하는 방법을 제안 한다. 시간적으로 이웃하는 프레임 간의 차이뿐만 아니라 현재 프레임과 초기배경과의 차이도 활용하는 기법을 적용하는 새로운 향상 방법을 제안하며, 공간적으로는 각각의 프레임에 대하여 톤 매핑 방법을 이용하여 영상의 밝기를 향상시킨다. 주간의 배경 영상과 밝기 값이 향상된 야간 영상의 해당 프레임을 가중치에 의하여 혼합한다. 제안하는 방법의 전체 흐름도는 Fig. 2와 같다. 지금까지 저조도 영상을 개선시키는 다양한 연구들이 수행되었다. 본 연구는 고정식 감시 카메라로 촬영한 저조도 영상의 향상에 초점을 두었다. 고정된 카메라로 촬영하는 영상의 경우 건물, 산,

나무 등과 같은 특별한 움직임이 없는 야간의 배경은 대부분 주간의 배경과 동일하다고 간주할 수 있다. 따라서 야간 영상에서 움직임이 있는 전경 객체 영역을 제외한 나머지 배경 영역은 주간의 배경 영역으로 대체하여도 큰 문제는 없다고 가정한다. 단, 야간 영상에서 이동 가능성이 있는 주차된 차량 등은 전경으로 분류하여 주간 배경 영상으로 대체하지 않도록 한다.

저조도 영상 향상을 위한 본 연구는 크게 저조도 영상의 잡음 감소, 잡음이 감소된 저조도 영상의 밝기 개선, 움직임 검출, 그리고 주간 배경 영상과 융합 등 네 단계로 나눌 수 있다. 단계별 처리과정은 다음과 같다. 1단계에서 저조도 영상의 잡음을 감소시키고, 2단계에서 프레임 내에서 톤 매핑 방법으로 밝기 값을 향상시킨다. 3단계에서는 저조도 영상의 현재 프레임과 이전 프레임, 현재 프레임과 첫 프레임의 차이를 모두 이용하여 움직이는 객체 영역을 찾고, 4단계에서는 야간 영상의 전경 영역과 배경 영역에 가중치를 다르게 적용한 후 2단계에서 향상시켜놓은 야간 영상과 주간의 배경 영상을 가중치를 기반으로 합성시킨다.

Fig. 3에 주간 대표 배경 영상을 선택하는 방법과 야간의 대표 배경 영상을 선택하는 방법을 제시하였다. 주간의 대표 배경 영상은 사용자가 적당한 것을 선택하고, 야간의 대표 배경 영상은 일정한 시간 간격으로 객체의 움직임의 양이 가장 적은 프레임을 선택한다.

3.1 양방향 필터를 활용한 저조도 영상의 잡음 감소 감시 카메라로 야간에 촬영한 영상은 잡음의 영향

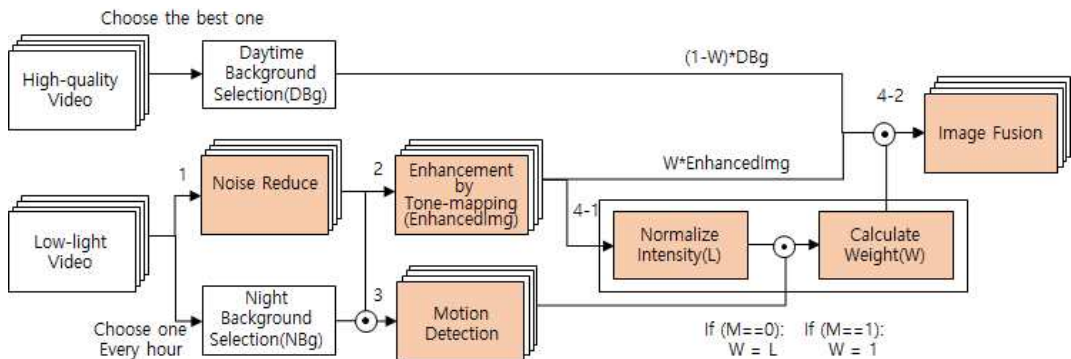


Fig. 2. Flow of the algorithm.

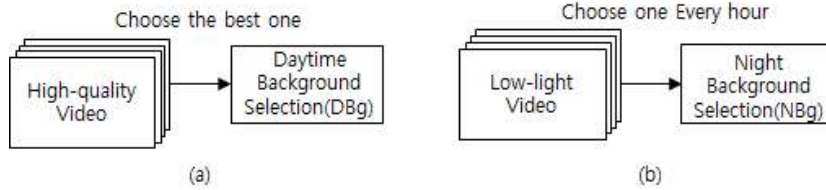


Fig. 3. Background image preparation. (a) Daytime Background, (b) Night Background.

이 매우 크다. 일반적으로 저역 통과 필터(Low-pass Filter)를 사용하여 주변 화소와 평균하여 영상을 평활화 시킴으로써 영상의 잡음을 제거한다. 그런데 이 방법은 영상의 에지 정보가 상당량 손실된다. 영상의 평탄 영역의 잡음은 평활화로 많이 제거하면서 에지 영역은 보존하고 계산량을 최소화할 수 있는 필터들이 제안되었는데 그 대표적인 필터가 양방향 필터(Bilateral filter)이다. 양방향 필터는 식(1)과 같이 정의한다. 이 내용은 제안한 방법의 앞 단계에서 활용한 일반적인 방법이다.

$$I^{filtered}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|),$$

$$W_p = \sum_{x_i \in \Omega} f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (1)$$

여기에서, $I^{filtered}$ 는 Fig. 4에서 잡음이 제거된 영상이고 I 는 저조도 입력 영상이다. x 는 필터링 할 현재 픽셀의 좌표이다. Ω 는 중심좌표가 x 인 창이고, f_r 는 윈도우의 중심 화소와 가까운 거리에 있는 화소에 높은 가중치를 주는 도메인 필터이고, g_s 는 중심 화소의 밝기 값과 비슷한 화소에 높은 가중치를 주는 범위 필터이다. 도메인 필터를 통해 공간 정보를 고려하고 범위 필터를 통해 화소의 밝기 정보 또한 동시에 고려하기 때문에 양방향 필터는 공간 정보만을 이용하는 가우시안 저역 통과 필터에 비해 에지를 잘 살리면서 잡음을 제거할 수 있다[7].

3.2 저조도 영상의 향상

영상에서 어두운 영역은 밝은 영역보다 물체의 에지와 대비, 고유의 색 등의 상세 정보가 정확하지 않

다. 어두운 영역에서는 잡음을 억제하기 위하여 상세 정보의 표현을 줄여야 한다. 저조도 영상에서 잡음을 억제하면서 대비를 향상시키는 방법은 중요한 문제이다. 또한 일반적인 디스플레이 장치에서 표현할 수 있는 동적 범위는 한정적이기 때문에 HDR 영상의 동적 범위를 압축하기 위하여 톤 매핑 (tone mapping) 기법이 필요하다[8]. 본 논문에서는 낮은 동적 범위(LDR : Low Dynamic Range) 비디오를 향상시키기 위하여 Bennett 등[9]이 제안한 톤 매핑 함수를 적용하여 저조도 영상을 향상시켰으며 흐름도는 Fig. 5와 같다.

$$y = 255 \cdot \frac{\log\left(\frac{x}{255}(\psi-1)+1\right)}{\log(\psi)} \quad (2)$$

여기서 x 는 원본 야간 영상의 픽셀 값, y 는 향상된 영상의 값, 그리고 ψ 는 매개 변수이다[3]. 원본 영상의 각 픽셀 값들은 지역적 밝기에 기초하여 적응 방식으로 조정된다.

3.3 제안된 움직임 검출 방법

저조도 영상 내의 움직임을 검출하기 위하여 Fig. 6과 같이 연속하는 프레임 간의 차이와 함께 입력되는 저조도 영상의 밝기와 주간 배경 영상의 밝기 차를 이용하였다. 저조도 영상 내의 움직임을 검출한다. 가우시안 혼합 알고리즘은 영상의 모든 화소에서 시간 축에 대해 GMM을 수행하여 배경과 이동 객체를 구분한다. 시간 t 의 각 화소(X_t)에서 K개의 가우시안 모델로 구성되는 GMM은 식(3)과 같다.

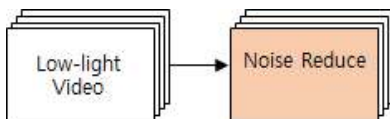


Fig. 4. Noise Reduce Step.

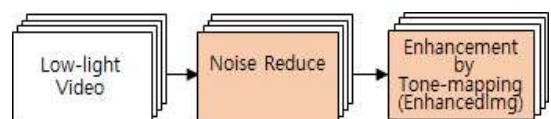


Fig. 5. Spatial Enhancement by tone-mapping.

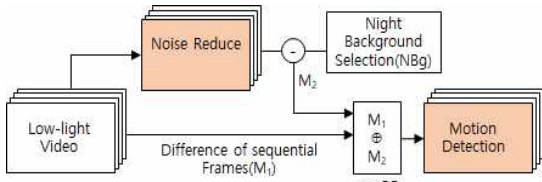


Fig. 6. Motion Detection Step.

$$P(X_t) = \sum_{k=1}^K \omega_{k,t} \eta(X_t, \mu_{k,t}, \sum_{k,t}) \quad (3)$$

$$\eta(\bullet) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} \left| \sum_{k,t} \right|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{k,t})^T \sum (X_t - \mu_{k,t})}$$

여기에서 $\mu_{k,t}$, $\sum_{k,t}$, $\omega_{k,t}$ 는 모델 변수인 가중치, 평균, 표준편이며, 프레임마다 갱신된다. K개 가우시안 모델 중 다음 식(4)을 만족하는 모델들을 배경으로 결정한다[8].

$$M_1 = \arg \min_b \left(\sum_{k=1}^b \omega_k > th \right) \quad (4)$$

저조도 영상에서 움직임 검출을 위하여 가우시안 혼합 모델만 사용할 경우 어떤 객체가 영상 내로 진입한 후 멈추게 되면 다음 프레임에서는 움직이는 객체로 구분되지 않아서 잠시 후 개선된 영상에서 사라지는 현상이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 고정된 배경이 아닌 이동 가능한 객체가 멈추어 있더라도 전경으로 구분할 수 있도록 가우시안 혼합 모델과 함께 야간 배경 영상의 g, r 성분과 저조도 영상의 g, r성분의 픽셀값 차이를 계산하여 반영한다. 이는 밝기에 크게 영향을 미치는 성분이 g와 r성분이라는 점을 이용하였다.

먼저, 야간 배경 영상과 저조도 영상에서 g성분의 평균과 r성분의 평균을 식 (5)와 같이 각각 계산한다.

$$\overline{NB_g} = \sum_{i=0}^{n-1} NB_g(i) / p, \quad p = width * height \quad (5)$$

$$\overline{NB_r} = \sum_{i=0}^{n-1} NB_r(i) / p$$

$$\overline{N_g} = \sum_{i=0}^{n-1} N_g(i) / p,$$

$$\overline{N_r} = \sum_{i=0}^{n-1} N_r(i) / p,$$

여기에서 $\overline{NB_g}$ 는 야간 배경 영상의 g 성분의 평균, $\overline{NB_r}$ 는 야간 배경 영상의 r 성분의 평균, NB_g 는 야간 배경 영상의 g 성분, NB_r 는 야간 배경 영상의 r 성분, N_g 는 저조도 영상의 g 성분, N_r 는 저조도 영상의 r

성분, 그리고 NB_r 는 야간 배경 영상의 r 성분이다.

저조도 영상과 야간 배경영상에서 r과 g의 색상별로 각각 평균 사이의 차이와 대응되는 픽셀 사이의 차이를 식 (6)과 같이 계산한다.

$$diff_{mean_r} = \left| \overline{N_g} - \overline{NB_g} \right| \quad (6)$$

$$diff_{mean_g} = \left| \overline{N_r} - \overline{NB_r} \right|$$

$$diff_r = \left| N_r - NB_g \right|$$

$$diff_g = \left| N_g - NB_g \right|$$

전경 검출 마스크는 영상에서 대응되는 픽셀이 전경인지 배경인지를 표시하는 지도이다. 야간 배경 영상과 저조도 영상에서 r과 g 성분의 대응되는 픽셀 사이의 차이의 합이 평균의 차이의 합의 n배보다 크면 움직이는 영역으로 다음 식(7)과 같이 결정한다. 여기에서 n은 실험에 의하여 정해지는 파라미터이다.

$$M_2 = \begin{cases} 1, & diff_r + diff_g > th \\ 0, & else \end{cases} \quad (7)$$

$$th = n * (diff_{mean_g} + diff_{mean_r})$$

본 논문에서 제안하는 전경 검출 마스크는 식 (8)과 같다.

$$M = bitwise\ OR(M_1, M_2) \quad (8)$$

이 내용은 제안한 방법의 단계에서 활용한 일반적인 방법이다.

3.4 영상 융합

본 논문에서는 가중치 합 방법을 이용하여 주간 배경 영상과 공간적으로 향상된 영상을 융합하여 결과 영상을 생성한다. 야간 영상에서 움직이는 전경 객체를 검출하기 위하여 시간적으로 이웃하는 프레임 간의 차이뿐만 아니라 현재 프레임과 야간의 대표 배경 영상과의 차이도 함께 활용하는 기법을 적용하는 새로운 향상 방법을 제안하였다.

3.4.1 밝기 정규화와 가중치 계산

레티넥스 이론에 의해 영상은 반사 성분과 조명 성분의 곱으로 구성되며, 조명 성분은 영상의 저주파 성분으로 저역통과 필터를 사용하여 추정할 수 있다. 영상의 조명 성분을 정규화 하고, 영상을 융합할 때 주간 배경 영상과 톤 매핑에 의해 향상된 영상의 혼합 비율을 계산하는 흐름도는 Fig. 7과 같으며, 표 1에 상세한 알고리즘 과정을 기술하였다.

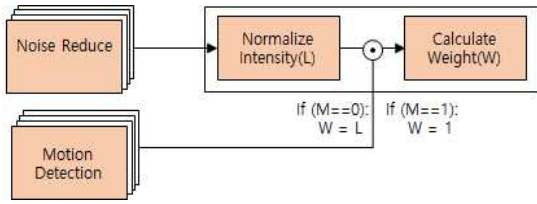


Fig. 7. Illuminance normalization and weight calculation.

Table 1의 Step3에서 조명 성분을 정규화 하는 방법은 다음 식 (9)와 같다.

$$L = \frac{L - \min(L)}{\max(L) - \min(L)} \quad (9)$$

L은 가우시안 필터를 통과한 저조도 영상의 V 성분이며, min(L)과 max(L)은 각각 조명 성분 L의 최소값과 최대값이다. 식(9)를 적용한 후 L은 [0, 1] 범위의 값을 가진다.

Step4의 영상 융합 과정에서 톤 매핑으로 향상시킨 영상을 반영할 가중치의 계산은 식(8)과 식(9)를 기반으로 구한 전경 검출 마스크와 정규화된 조명 성분을 이용한다.

$$W = \begin{cases} 1, & M + L \geq 1 \\ L, & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

식(10)에서 W는 [0, 1] 범위의 값을 가지며, 저조도 영상에서 움직임이 있으면 가중치를 1로 하며 영상 융합 과정에서 해당 위치에는 100% 저조도 영상의 값을 반영하라는 것을 의미한다.

3.4.2 영상 융합

본 논문에서 영상의 융합은 다음 식(11)과 같이 수행하며 정규화 된 영상의 밝기 값을 기반으로 한 가중치 합 방법을 이용한다.

$$Fu = W \cdot N + (1 - W) \cdot DBg \quad (11)$$

여기에서 Fu는 최종적인 결과 영상이며, N은 톤 매핑 방법으로 향상시킨 영상이다. 그리고 DBg는 주

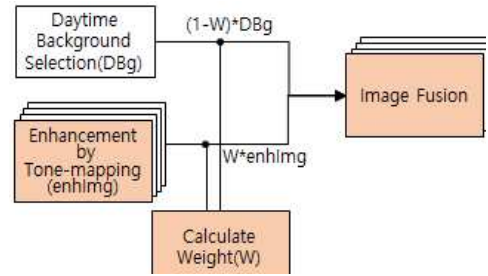


Fig. 8. Image Fusion Step.

간의 배경 영상이다.

4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 실험한 영상은 고정된 스마트폰 카메라로 촬영한 야외 영상이며 해상도는 854×480 픽셀이다. Fig. 9(a)의 위쪽 영상은 1월 하순의 저녁 6시 30분경에 촬영한 것이며 영상 속에는 자전거를 탄 사람이 지나가고 있다. Fig. 9(a)의 아래쪽 영상은 같은 날 7시 30분경에 촬영한 것으로 한 대의 자동차가 지나가고 있다. 실험에 사용한 컴퓨터 시스템은 Intel(R) core(TM) i7-4790 CPU 3.60GHz이며, 메모리 4GB, 운영체제는 Windows10 64비트 운영체제, x64 기반 프로세서이다. 또한 알고리즘을 구현하기 위하여 파이썬3.5, openCV, 그리고 numpy를 이용하였다.

본 논문에서는 주간 배경 영상은 하루 중 주간에 촬영한 영상 중에서 품질이 좋은 영상을 선택하였고 야간 배경 영상은 야간에 시간대 별로 움직이는 물체가 없을 때 촬영된 영상 중의 하나를 선택하였다. 야간에는 시간의 변화에 따라 조도의 변화가 크기 때문에 일정한 간격으로 야간 배경 영상을 갱신시키는 것이 효과적이다. 저조도 영상에서 잡음을 제거한 후 톤 매핑 방법을 이용하여 영상을 향상시켰다. 저조도 영상에서 움직임을 검출하기 위하여 연속하는 프레임 간의 차이를 계산하는 가우시안 혼합 기반 배경/

Table 1. The algorithm for normalization of illuminance and pixel weight calculation

<p>Step 1. Converts RGB color space to HSV for low illumination image and extracts V component</p> <p>Step 2. Estimation of illumination of image by applying the V component of the low-illumination image to the Gaussian filter</p> <p>Step 3. Normalize the lighting components to the [0, 1] range</p> <p>Step 4. Weight calculation for weekly background image and spatially improved image fusion</p>

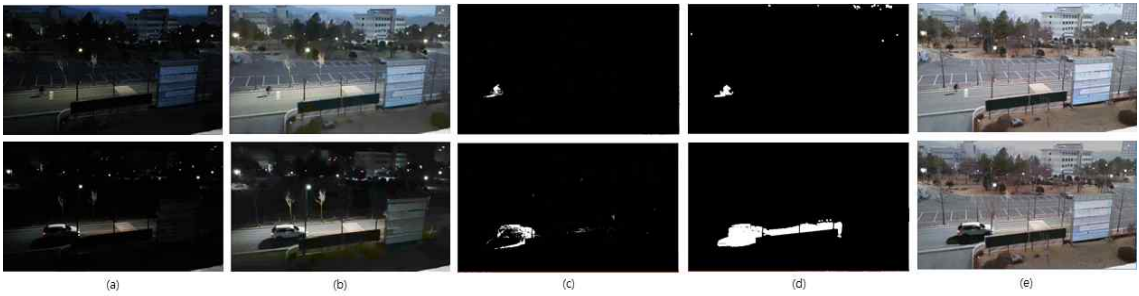


Fig. 9. Experimental result of proposed method. (a) Low-light images, (b) spacial enhanced image with tone-mapping, (c) Motion detection with MOG2, (d) Motion detection by difference between current low-light image and night background, (e) The results of Image fusion with proposed algorithm

전경 분할 알고리즘을 사용한다. 또한 저조도 영상과 야간 배경 영상의 차이를 계산하여 주차된 자동차와 같이 현재 움직이고 있지 않지만 배경이 아니라 전경으로 구분할 수 있도록 하였다. 저조도 영상에서 움직임이 없는 배경 영역은 주간 배경 영상의 같은 위치의 픽셀 값과 가중치 합을 계산하여 갱신하였고, 저조도 영상에서 전경 영역은 공간적으로 향상시킨 영상에서 픽셀 값을 가져와서 영상을 융합하였다.

Fig. 9에서 (a)는 저조도 영상 원본이며, (b)는 tone-mapping 방법을 이용하여 공간적으로 향상시킨 영상이다. (c)는 가우시안 혼합 방법으로 연속하는 영상 간의 차이를 계산하여 움직임을 검출한 결과이며 (d)는 저조도 영상과 야간 배경 영상 사이의 차이를 이용하여 움직임을 검출한 것이다. 마지막으로 (e)는 제안된 알고리즘을 이용한 영상 융합의 결과이다.

실험 결과 기존의 연구에서 발생하였던 전경 영역과 배경 영역의 색상 차이로 인한 단절감이 해소되었으며, 영상 내에서 움직이지 않는 전경 객체가 갑자기 사라지는 현상도 해결하였다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 저조도 영상을 시·공간적으로 개선시키는 방법에 대하여 연구하였다. 제안된 방법은 야간에 촬영된 저조도 영상을 각 프레임 단위로 잡음을 감소시킨 후 톤 매핑 방법을 이용하여 영상의 밝기를 향상시킨 후 주간의 배경 영상과 융합함으로써 결과 영상을 시각적으로 자연스럽게 표현하였다. 또한 움직임 검출 과정에서 연속하는 영상 간의 차이와 현재 영상과 주간 배경 영상과의 차이를 모두 활용함으로써 동영상에서 움직이고 있는 객체는 물론 주차된

자동차와 같이 움직이지 않는 전경 객체의 검출도 가능하게 하여 객체 검출에 안정성을 높였다. 결과적으로 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 방법보다 저조도 영상의 전경과 배경 분할이 우수하며, 시·공간적인 영상 향상을 통하여 결과 영상의 시각적 품질을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

향후에는 실험을 위하여 양질의 빅 데이터를 수집하고, 주간과 야간 배경을 체계적으로 설계·제작하고, 수집한 저조도 영상 자료를 계절별, 시간대별, 기후 상황별로 분류한 다음 상황에 맞는 최적의 배경으로 영상을 향상시킬 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

REFERENCE

- [1] W.R. Lee, D.G. Hwang, and B.M. Jun, "Color Restoration of Low Light Level Images Using a Tone Mapping and the Retinex," *Journal of Korea Institute on Information Scientists Engineers : Software and Applications*, Vol. 40, No. 6, pp. 342-349, 2013.
- [2] M. Kaur and S. Singh, "Night Enhancement using Hybrid of Good and Poor Images," *International Journal of Computer Technology and Applications*, Vol. 3 No. 4, pp. 1613-1618, 2012.
- [3] Y. Cai, K. Huang, and T. Tan, "Context Enhancement of Nighttime Surveillance by Image Fusion," *Proceeding of the IEEE 8th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 980-983, 2006.
- [4] J.S. Oh, "Fast MOG Algorithm Using Object

Prediction,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 2721-2726, 2014.

- [5] H.T. Kim and J.S. Park, “Fire Detection in Outdoor Using Characteristics of Smoke,” *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 9, No. 2, pp. 149-154, 2014.
- [6] A. Yamasaki, H. Takauji, and S. Kaneko, “Denighting: Enhancement of Nighttime Images for a Surveillance Camera,” *Proceeding of 19th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 1-4, 2008.
- [7] J.H. Han, *The Bilateral Filter Performance Analysis of Noise and Signal by Modeling Gaussian Probability Density Function*, Master’s Thesis, Department of Electric Engineering, Ewha Womans University, 2011.
- [8] S.Y. Lee, H.G. Ha, K.W. Song, and Y.H. Ha, “Gamma Correction for Local Brightness and Detail Enhancement of HDR Image,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 5, pp. 837-847, 2016.
- [9] E.P. Bennett and L. McMillan, “Video Enhancement Using Per-Pixel Virtual Exposures,” *Proceeding of ACM Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques*, Vol. 24, No. 3, pp. 845-852, 2005.



정 윤 주

1991년 2월 안동대학교 전산통계학과 졸업(이학사)
 2000년 2월 안동대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2003년 8월 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 박사 수료

2000년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과, 전자공학과, 기초교육원 강사
 관심분야: 컴퓨터 비전, 딥러닝, 이미지 프로세싱, 패턴 인식, 소프트웨어 교육



심 재 창

1987년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1993년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과(박사)
 1994년 3월~현재 국립안동대학교 컴퓨터공학과 교수

1998년 7월~현재 (주)파미 사외감사
 관심분야: 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 임베디드시스템, 인공지능



이 영 학

1988년 2월 영남대학교 전자공학과 학사
 1991년 2월 영남대학교 전자공학과 대학원 석사
 2003년 8월 영남대학교 전자공학과 대학원 박사

1991년 1월~1995년 9월 LG정밀(주) 용인연구소 주임 연구원
 2004년 9월~2010년 3월 영남대학교 객원교수
 2005년 11월~2006년 10월 학술진흥재단 해외포닥(Cardiff Univ.)
 2010년 3월~2017년 2월 경운대학교 항공전자공학과 교수
 2017년 5월~현재 안동대학교 산학협력단 연구원
 관심분야: 영상처리, 패턴 및 생체 인식, 로봇비전, 뉴럴 네트워크, 인공지능



정 순 기

1992년 한국과학기술원 전산학과 (이학석사)
 1997년 한국과학기술원 전산학과 (공학박사)
 1997년~1998년 University of Maryland, Research Associate

2001년~2002년 University of Southern California, Research Associate
 2008년~2009년 University of Southern California, Visiting Faculty
 1998년~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 교수
 1998년~현재 (주) IDIS 사외이사
 2016년~현재 경북대학교 프라임사업단 단장
 2017년~현재 경북대학교 기획처장
 관심분야: Virtual Reality, Artificial Intelligence, Computer Vision, Image Processing, Computer Graphics