

국방용 감시카메라를 위한 적응적 영상화질 개선 알고리즘

신승호[◦], 박연선^{*}, 김용성^{**}Adaptive Video Enhancement Algorithm for Military Surveillance
Camera SystemsSeung-ho Shin[◦], Youn-sun Park^{*}, Yong-sung Kim^{**}

요 약

국경 GOP(General Out Post)나 해안선 지역에 설치되어 운용되는 국방용 감시카메라는 급변하는 기상 및 조명 환경에 의해 영상의 화질이 왜곡되고 열화되는 현상이 빈번하게 발생한다. 본 논문에서는 이러한 기상 및 조명 환경 변화에 적응적인 화질개선 알고리즘을 제안한다. 기존 화질개선 알고리즘은 급변하는 환경조건에서 영상에 따라 극심한 성능편차를 보이는 문제점이 있는데, 이를 해결하기 위해 레티넥스(Retinex) 모델을 근간으로 환경변화에 적응적인 보정곡선을 이용하여 안개 및 저조도 환경에서 영상의 가시성을 향상시켜 높은 대비와 색상을 자연스럽게 재현하였고 실시간 환경변화에 적응토록 하였다. 또한, HSV 색모델을 가중 혼합하여 색 항상성(Color Constancy)을 유지시켰으며, 개선과정 중 잡음(Noise)을 제거하여 보다 선명한 영상을 출력토록 하였다. 제안 알고리즘은 실험을 통해 기존 알고리즘 대비 주관적 평가인 MOS 1단계 향상효과 및 객관적 평가인 PSNR 15% 성능향상의 우수성을 입증하였다. 향후 국방감시 카메라 및 시스템에 적용되어 GOP나 해안선 지역의 열악한 기상조건으로부터 열화된 영상을 개선하여 적 침투 및 경계감시 식별에 도움을 주어 시스템의 신뢰성 향상에 기여할 것으로 기대한다.

Key Words : video processing, video enhancement, video surveillance, retinex algorithm

ABSTRACT

Surveillance cameras in national border and coastline area often occur the video distortion because of rapidly changing weather and light environments. It is positively necessary to enhance the distorted video quality for keeping surveillance. In this paper, we propose an adaptive video enhancement algorithm in the various environment changes. To solve an unstable performance problem of the existing method, the proposed method is based on Retinex algorithm and uses enhanced curves which is adapted in foggy and low-light conditions. In addition, we mixture the weighted HSV color model to keep color constancy and reduce noise to obtain clear images. As a results, the proposed algorithm improves the performance of well-balanced contrast enhancement and effective color restoration without any quality loss compared with the existing algorithm. We expect that this method will be used in surveillance camera systems and offer help of national defence with reliability.

◦ 이 논문은 2013년 미래창조과학부의 재원으로 SW융합기술고도화 사업의 지원을 받아 수행된 연구임
(ITAS1002130110140001000300200)

◦ First Author and Corresponding Author : SK 텔레콤 미래기술원 Video Tech. Lab., shin5693@hanmail.net, 정회원

* SK 텔레콤 미래기술원 Video Tech. Lab., younsun.park@sk.com, 정회원

** SK 텔레콤 미래기술원 Video Tech. Lab., yns.kim@sk.com, 정회원

논문번호 : KICS2013-08-378, 접수일자 : 2013년 8월 30일, 심사일자 : 2013년 10월 22일, 최종논문접수일자 : 2013년 12월 24일

I. 서 론

군 병력 위주의 국방감시 경계체계를 첨단 과학화 및 정보화 체계로 변환하면서 국경이나 해안선 경계에 감시용 카메라 및 시스템 구축이 활성화 되고 있다. 국방용 감시카메라 및 시스템은 적 예상 침투지역의 집중 감시 및 취약지역을 위주로 24시간/365일 운용됨으로써 군 병력 절감 효과 및 네트워크 연동 운영을 통해 실시간 상황대처가 가능한 효율적인 과학화 경계체계로 기대되면서 향후 인프라 구축은 지속적으로 증가할 것으로 기대된다.

이러한 군 경계시스템은 근거리 카메라, 중거리 카메라, 탐지센서 등으로 시스템이 구성되어 강우, 강설, 안개 및 야간에서도 중단 없는 운용을 요구한다. 또한, 이동물체 출현 시 자동탐지 및 식별이 가능해야 하며 네트워크를 통한 원격조정으로 영상데이터의 실시간 모니터링 및 통제가 가능해야 한다. 근거리 카메라는 집중 감시지역에 설치되어 고정시야로 운용하게 되고, 주로 120mm 광학 전동 줌렌즈의 CCD 카메라가 사용되며 주간 500m, 야간 200m의 감시능력을 제공해야 한다. 중거리 카메라는 관심 및 취약지역에 설치되어 회전 운용하게 되며, 250mm 광학 전동 줌렌즈를 사용하여 1Km 이상의 주간 감시 능력을 제공한다. 탐지센서는 철책선 등에 설치되어 카메라와 더불어 보조적으로 운용된다. 카메라가 설치된 각 소초로부터의 영상들은 중대 및 대대 통제시스템에게 전송되어 경계상황 정보를 관리 단말에 표시하고, 시나리오 제어기에 의해 소초 통제 상황판에 전시되어 실시간 상황 파악 후 카메라를 제어하여 작전을 수행하게 된다.

국방용 감시카메라는 주로 국경의 GOP (General Out Post: 일반전초)나 해안선 부근에 설치되어 운용되는데, 극심한 기상환경 변화로 인해 감시능력이 저하되는 문제점이 있다. 대기 중에 수증기가 많은 해안선 부근이나 산간으로 이루어진 GOP 지역에서는 복사 냉각으로 인해 해무, 연무, 증기안개 등의 기상변화 현상이 수시로 일어나고, 특히 대기의 온도가 내려가는 야간(저조도) 무렵에 많이 발생하게 된다. 이러한 국방경계 지역의 악천후 현상과 야간 및 역광의 조명 변화는 시야를 악화시켜 경계감시의 효율을 떨어뜨리고, 감시카메라를 통해 획득한 영상의 화질을 저하시켜 물체를 인지하지 못하게 만든다. 보안이 철저히 요구되는 국방경계 감시에서는 이러한 기상 및 조명 변화에 열화된 영상의 화질을 향상시켜 가독성을 높일 수 있는 화질개선 기술이 반드시 필요하다.

영상 화질개선 방법에는 영상 내 모든 화소에 동일

한 변화율을 적용하여 화질을 개선시키는 전역적인 개선 기법(Global Image Enhancement)과 인간의 시각시스템에 근거하여 영상 내 국부적인 특징을 기반으로 화질을 개선시키는 지역적인 개선 기법(Local Image Enhancement)으로 구분할 수 있다. 전역 개선 기법에는 감마 보정, 히스토그램 균등화 (Histogram Equalization) 등의 방법이 있고, 지역 개선 기법에는 Retinex 이론^[1]에 근거한 알고리즘이 대표적이라 할 수 있다. 현재는 동일한 변화율을 적용하는 전역기법 대신 인간의 시각 인지 방법과 유사하게 필터링 화소의 주변 정보를 이용하여 국부적인 대조비를 향상시키는 지역기법이 뛰어난 성능을 보이면서 연구가 활발히 진행되고 있다^[10].

본 논문에서는 국경이나 해안선 지역과 같이 수시로 변하는 기상 및 조명 환경에 적응적인 영상화질 개선 기법을 제안한다. Retinex 모델을 구간으로 환경변화에 적응적인 보정곡선을 이용하여 안개 및 야간(저조도) 환경에 알고리즘을 최적화 하여 어둡거나 흐릿한 영상의 디테일(detail)을 향상시켰다. 영상에 따라 색상 왜곡 현상이 수시로 발생하는 기존 알고리즘의 문제점을 보완하기 위하여 입력영상의 HSV 색모델을 가중 혼합하여 색상상성 (Color Constancy)을 유지시켜 높은 개선효과와 자연스러운 색상 재현이 가능토록 하였으며, 개선 과정 중 잡음(noise)을 제거하여 선명성을 높였다. 제안 알고리즘은 독립 프로세스 별 모듈의 GPU 병렬처리 구현을 통해 HD급 영상의 실시간 처리를 가능토록 하였다.

II. 배경 이론

Retinex 알고리즘은 인간의 시각 시스템(Human Visual System: HVS)을 기반으로 영상의 지역적 대조비(Local Contrast)를 향상시키는 영상 화질개선 기법이다. 영상의 대조비 향상을 통해 안개 상황과 같은 흐릿한 영상뿐만 아니라, 어두워서 식별이 어려운 저조도 환경의 영상을 보정하여 가독성을 향상시킬 수 있는 대표적인 알고리즘 이다. D.J. Jobson^[2] 등이 제안하였으며 수식 (1)과 같이 빛의 밝기는 조명성분과 반사성분의 곱으로 이루어져, 반사성분이 색상 인식에 주된 영향을 끼친다는 E. Land의 Retinex 이론을 구간으로 한다^[1]. 결국, Retinex 알고리즘은 조명성분과 반사성분을 각각 분리해 내어 조명성분의 영향을 최대한 제거하고 반사성분을 강조시켜 입력 영상의 다이나믹 레인지 (Dynamic Range)^[11]를 압축하고 영상의 선명도를 향상시키는 방법이라 할 수 있다.

III. 제안 알고리즘

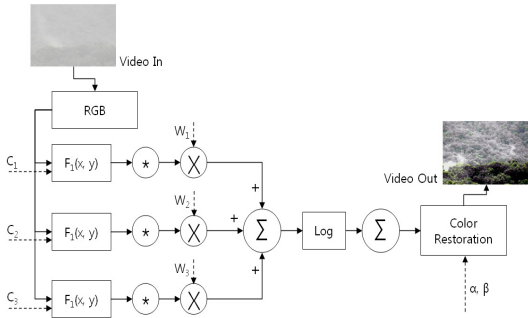


그림 1. 멀티스케일 레티넥스 알고리즘 구조
Fig. 1. Multi-Scale Retinex Algorithm Structure

$$I(x, y) = R(x, y) \cdot L(x, y) \quad (1)$$

여기서 I 는 입력영상, (x, y) 는 영상의 화소(pixel) 좌표, R 은 반사성분, L 은 조명성분을 의미한다.

Retinex 알고리즘은 하나의 조명성분을 기반으로 대조비를 향상시키는 SSR (Single-Scale Retinex) 알고리즘과 충분한 명도개선을 이루지 못하는 SSR 알고리즘의 문제점을 보완하여 크기가 서로 다른 가우시안 필터를 적용하여 반사성분을 추정하고 가중치를 부여하여 합성영상을 출력하는 MSR (Multi-Scale Retinex) 알고리즘으로 구분할 수 있다^[3]. 그림 1은 MSR 알고리즘의 구조도이다. 입력영상의 RGB 각 컬러 성분에 SSR 처리를 거쳐 반사성분을 추정하게 되는데, 이 때 3개의 서로 다른 크기(Scale)을 갖는 가우시안 필터를 반복 수행하여 조명성분을 추출하게 된다.

반사성분을 획득하는 과정은 수식 (2), (3)과 같다^[3]. 입력된 영상의 R, G, B 데이터에 가우시안(Gaussian) 필터를 적용하여 조명성분을 추출하고, 추출된 조명성분을 로그 연산을 통해 제거함으로써 반사성분 R' 을 획득한다. 반사성분은 영상의 출력 스케일에 맞추어 게인(gain) 및 오프셋(offset) 처리를 하여 최종적으로 영상을 출력한다.

$$R'_i(x, y) = \log I_i(x, y) - \log [G_\sigma(x, y) * I_i(x, y)] \quad (2)$$

$$G_\sigma(x, y) = Ke^{-(x^2 + y^2) / 2\sigma^2} \quad (3)$$

수식 (2)와 (3)의 i 는 R, G, B 영상 데이터이며, $R'(x, y)$ 는 각 R, G, B 영상의 반사성분을 의미한다. 입력영상 $I(x, y)$ 에 대하여 가우시안 컨볼루션 연산을 수행한다. K 는 정규화 계수, σ 는 가우시안 필터의 표준편차 상수 값을 의미한다.

기존 Retinex 알고리즘은 영상의 지역적인 특성은 잘 반영하지만 영상 전체의 전역적인 특성이 고려되지 않아 영상에 따라 성능편차가 심하고 전체적인 색상 톤(tone)이 어색한 색상 왜곡 현상이 많이 발생한다. 주변 화소의 평균 색상 값을 조명성분으로 추정하여 대조비를 향상시키기 때문에 색상 분포가 한 곳으로 집중되어 있는 영역의 경우 조명성분의 잘못된 추정으로 색상 정보가 왜곡될 수 있다. 또한, 가우시안 필터의 크기 설정에 따라 후광효과 (Halo artifact)가 발생할 수 있고, R, G, B 정보들 간의 연관성을 고려하지 않아 반사성분을 추출하여 합성함으로써 최종 출력된 영상의 색이 바래지는 회색계 왜곡 (Graying-Out) 현상이 발생하기도 한다^[3]. 이처럼 입력영상의 특징에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있기 때문에, 국경 및 해안선 지역의 환경 변화에 적응적인 최적화된 알고리즘 개발이 필요하다.

제안하는 알고리즘의 전체적인 구조는 그림 2와 같다. 입력된 영상은 R, G, B 채널로 분리되어 독립적으로 MSR (Multi-Scale Retinex) 처리가 수행되고, 필터링 영역별 특징에 따라 적응적인 보정곡선이 적용되어 개선된 영상을 출력한다. 개선 과정 중 색상 왜곡 현상 방지를 위해 입력영상의 HSV 색공간 기반에서 전역 대조비 향상이 동시에 수행되어 R, G, B 채널 별로 독립적으로 수행되어 출력된 개선 영상과 가중 혼합되어 색향상성 (Color Constancy) 및 색상 재현을 향상시킨다. 최종적으로 개선과정 중 같이 증폭된 잡음을 제거하여 보다 가시성이 선명한 영상을 출력한다.

그림 2의 검은색으로 표현된 ① ~ ⑥ 블록들이 기존 방법대비 추가적으로 보완된 부분으로 제안 알고

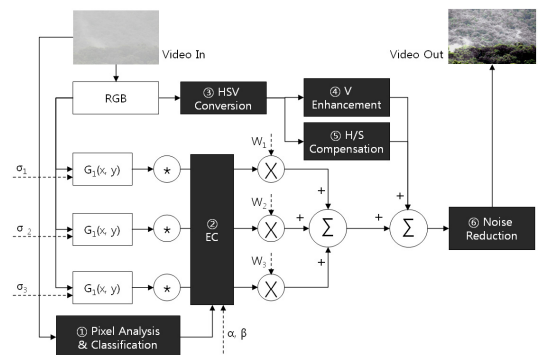


그림 2. 제안 알고리즘 구조
Fig. 2. Proposed Algorithm Structure

리즘의 핵심부분이라 할 수 있다. 본문에서는 상기의 추가 보완된 블록들을 위주로 설명하기로 한다.

먼저 입력된 영상은 R, G, B 색공간으로 분리되어 각 채널별로 가우시안 필터링을 통해 조명성분을 추정하고, 추출된 조명성분을 제거하여 반사성분을 추정한다. 반사성분 획득은 가우시안 크기 별로 반복 수행되며, 수식 (4)와 같이 보정곡선인 EC (Enhanced Curve)에 의해 추정되고, 추정된 각 반사성분은 수식 (5)와 같이 상호 가중적으로 합성되어 MSR 영상을 생성한다. 여기서 I는 입력영상, L은 조명성분, R은 반사성분, α 는 계인, β 는 옵션, ω 는 가중치 값이다.

$$R_i(x, y) = \alpha [EC(I_i(x, y)) - EC(L_i(x, y))] + \beta \quad (4)$$

$$MSR_i(x, y) = \sum_{i=1}^N (\omega_i \cdot R_i(x, y)), \quad N=3 \quad (5)$$

입력영상의 안개 및 저조도 정도에 따라 개선 강도의 세기를 달리하기 위하여 1, 2, 3, 4 단계의 그룹으로 구분하고 필터링을 위한 EC 를 결정한다. 수식 (6)과 같이 필터링 화소 주변 영역의 히스토그램 및 에지(edge) 분석을 통해 필터 화소 별 그룹의 소속여부를 구분한다. 수식 (6)에서 e 는 필터링 주변 화소 내 에지(edge) 밀집도, Y 는 필터링 화소의 Intensity, P 는 주변화소의 표준편차, α , β 는 계수이다. α 와 β 값은 수식 (7)의 이전 프레임의 결과영상과 현재 프레임 입력영상의 평균 화소 값의 차에 의한 MAD의 임계치(threshold)에 따라 실시간으로 갱신되어 반영되며, 이를 통해 현재 프레임과 이전프레임 간의 불연속성을 방지한다.

$$C_{TH} = \alpha \cdot e_{\sigma} + [Y(x, y) + \beta \cdot P_{\sigma}] \quad (6)$$

$$MAD = \frac{\sum_{p=1}^N |I_{p-1}' - I_p|}{N} \quad (7)$$

그림 3은 X축의 입력화소에 따른 Y축의 출력화소의 변화를 나타낸다. 필터링 화소의 그룹 구분에 따라 그림 3과 같이 구분 값이 작을수록 안개 및 저조도의 정도가 약하다고 판단하여 상대적으로 약한 필터링이 적용되고, 구분 값이 높아질수록 안개 및 저조도에 의한 화질 열화 정도가 큰 영역으로 판단하여 상대적으로 강한 필터링이 적용된다.

Retinex 알고리즘의 색상 왜곡 현상을 최소화하기 위하여 입력영상의 HSV 색공간을 활용하여 출력영상

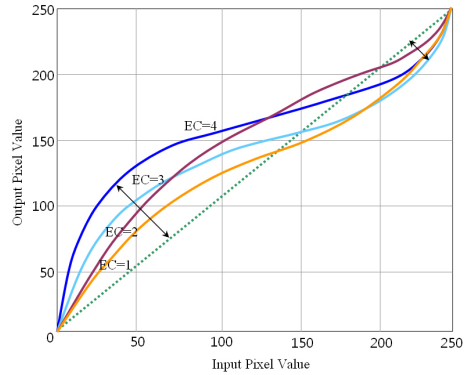


그림 3. 보정곡선의 선택
Fig. 3. Decision of Enhanced Curve

의 색상을 보정한다. HSV 모델의 밝기(Value)에 대하여 수식 (8)의 히스토그램 스트레칭 (Histogram Stretching) 기법을 통해 영상의 전역 밝기를 보정하고, 변화 정도에 따라 색상(Hue)과 채도(Saturation)를 보상하여 Retinex 출력영상과 가중치 혼합처리를 한다. 이를 통해 R, G, B 성분의 연관성이 고려되고 복원 출력된 영상의 색상 향상 정도를 예측할 수 있기 때문에 회색계 왜곡현상 및 영상 전체의 부자연스러움을 최대한 방지할 수 있다.

$$V'(x, y) = \frac{V(x, y) - Low}{High - Low} \times 255 \quad (8)$$

수식 (8)의 High와 Low는 입력계조 레벨에서 대조비를 향상시킬 영역이며 정의된 High와 Low보다 높거나 낮은 영역의 계조는 0과 255로 치환된다. 색상 및 채도 보상은 수식 (9), (10)과 같다. α 와 β 는 보상 계수으로써 밝기 변화율(ΔV_{ratio})에 따라 적정 값을 부여한다.

$$H'(x, y) = H(x, y) + \alpha \cdot \Delta V_{ratio} \quad (9)$$

$$S'(x, y) = S(x, y) + \beta \cdot \Delta V_{ratio} \quad (10)$$

안개 및 저조도 환경에서의 영상은 카메라 센서의 다이내믹 레인지 (Dynamic Range)와 민감도의 부족, 센서에 전달되는 빛의 부족으로 낮은 SNR (Signal-to-Noise Ratio)을 가지게 되어 일반영상에 비해 잡음(noise)이 심하게 나타난다^{4,6)}. 영상의 대조비를 향상시키는 과정에서 영상에 포함된 잡음도 같이 증폭될 수 있기 때문에 잡음을 제거한 후 최종 영상을 출력한다. 잡음 제거는 시간적(temporal), 공간적

(spatial) 영역에서 동시에 수행되며 과도한 연산을 방지하기 위하여 수식 (11)의 잡음제거 필터 식을 사용한다.

$$I'(x, y) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (I(x, y) + N_i(x, y)) \quad (11)$$

제안 알고리즘은 환경변화에 적응적인 보정곡선과 HSV 색모델의 가중 혼합, 출력영상의 잡음제거를 통해 기존 Retinex 알고리즘의 단점을 보완하여 향상된 개선결과를 얻을 수 있다.

IV. 실험 및 결과

제안 알고리즘을 적용하였을 시 화질이 개선된 결과 영상은 그림 4와 같다. 안개와 저조도 환경에서 좀 더 자연스럽게 선명한 영상으로 개선됨을 확인할 수

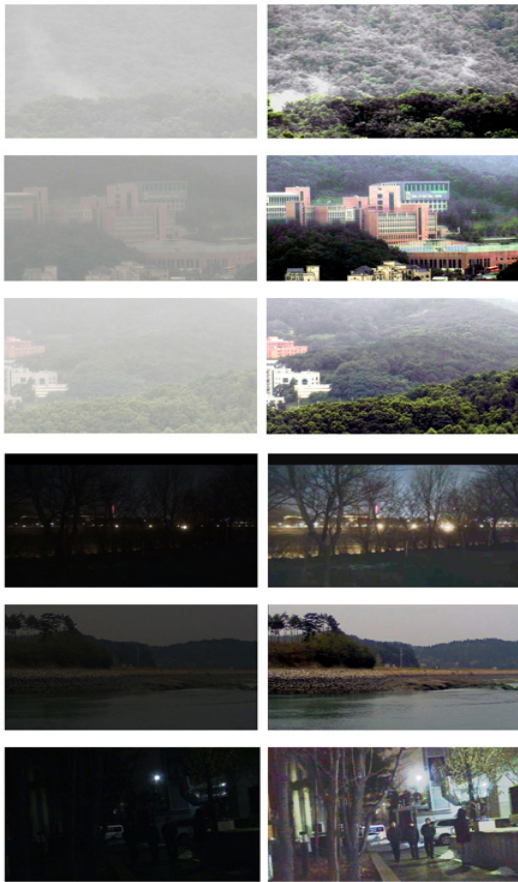


그림 4. 안개와 저조도 환경에서의 화질개선 결과
Fig. 4. Enhanced video results in foggy and low-light environment

있다. 그림 4의 위 3영상은 안개로 인해 화질이 열화된 영상으로 윤곽이 흐릿하고 색상 판별이 어려우나 개선된 영상에서는 식별이 가능할 정도로 윤곽과 색상이 뚜렷이 향상되었음을 볼 수 있다. 그림 4의 아래 3영상은 야간의 저조도로 인해 화질이 열화된 영상으로 안개영상과 마찬가지로 영상의 가독성이 상당히 향상되었음을 확인할 수 있다. 특히 어두운 영역과 밝은 영역의 정보가 손실 없이 개선되어 전역적, 지역적 대조비 모두 균형있게 향상되었음을 확인할 수 있다.

제안 알고리즘의 객관적인 성능평가를 위하여 실험실 환경에서 성능을 분석하였다. 실험방법은 밝은 조명과 안개가 없는 환경에서의 원본영상 (A)와 조명을 어둡게 하고 인위적 안개를 연출한 환경에서의 열화 영상 (B), 그리고 열화 영상 (B)를 개선한 영상 (C)로 구성하여 화질 개선율을 측정하였다. 그림 5와 같이 (A) 영상과 (B) 영상의 차이를 먼저 비교하고, (A) 영상과 (C) 영상의 차이를 비교하여 (B) 영상 대비 (C) 영상이 원본영상 (A)에 얼마나 근접하게 복원되었는지를 비교 측정하였다. (B) 영상에 대한 화질개선은 기존 알고리즘과 제안 알고리즘을 각각 적용하여 실험하였다.

실험의 평가항목은 PQR (Picture Quality Rating), DMOS (Different Mean Opinion Score), PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio), ER (Edge Rate)의 4가지 항목으로 선정하고 실험을 진행하였다^{[7][8]}. PQR이란 2개의 비교영상의 차이가 확연히 감지되는지를 응답율로 측정하는 방식으로 결정되는 화질측정 방법이다. DMOS는 5단계의 주관적 평가방식인 MOS의 수치를 100으로 스케일한 값이며, ER은 영상 내 에지(edge)의 공개잡과 사라짐 정도를 측정한 값이다. 실험 측정 장비로는 현재 시중에 상용화되어 유통 중인 텍트로닉스사의 PQA600 화질측정 장비를 사용하여 위 4가지 평가 항목에 대해 기계적 수치를 측정하여 평가하였다. 실험에 사용된 알고리즘의 파라미터는 표 1과 같다.

표 2 및 그림 6은 실험결과를 나타낸 것으로, 제안 방법이 기존방법 대비 4가지 평가항목 모두에서 성능



그림 5. 실험 방법
Fig. 5. Experimental Method

표 1. 실험 파라미터
Table 1. Algorithm parameters of experiments

| Item | Parameter | Value |
|---------------|-----------|-------|
| Scale Size | s1 | 60 |
| | s2 | 120 |
| | s3 | 180 |
| Weight | w1 | 1/3 |
| | w2 | 1/3 |
| | w3 | 1/3 |
| Gain & Offset | gain | 1.2 |
| | offset | 10 |

표 2. 화질개선 실험결과
Table 2. Experimental results of image quality

| Item | Original Method | Proposed Method |
|---------------|-----------------|-----------------|
| ΔPQR | 11.23 | 17.95 |
| ΔMOS | 10.58 | 17.11 |
| $\Delta PSNR$ | 2.76 | 3.18 |
| ΔER | 42.61 | 44.32 |

향상이 되었음을 확인하였다.

그림 6은 표 2의 실험에 대한 결과 영상 중 하나이다. 그림 6의 (a)는 암실환경에서 조명을 밝힌 상태의 왜곡이 없는 원본영상이며, (b)는 조명을 어렵게 하여 영상을 열화 시킨 왜곡영상이다. (c)는 기존 Retinex 방법을 사용하여 (b)를 개선한 영상이며, (d)는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 (b)를 개선한 영상이다. 기존 알고리즘을 적용한 (c)는 색상이 바랜 회

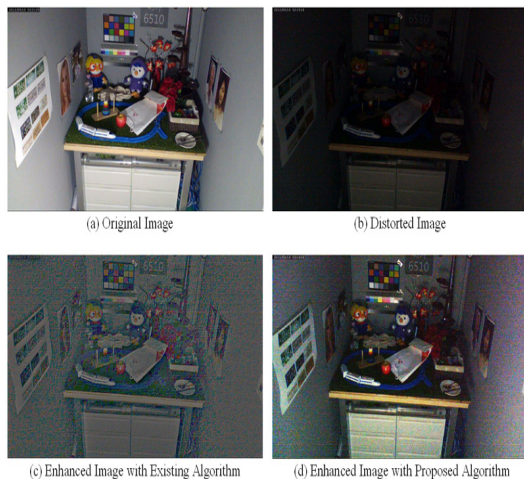


그림 6. 기존방법과 제안방법의 화질개선 결과 비교
Fig. 6. Comparison between the existing and proposed algorithm

색계 왜곡현상과 색상이 선명하지 못한 반면, 제안 알고리즘을 적용한 (d)는 원본영상 (a)에 근접하게 색상과 대조비가 모두 자연스럽게 재현되었음을 확인할 수 있다.

마지막으로 R, G, B 채널 별로 가우시안 컨볼루션 연산을 수행하는 Retinex의 처리속도를 향상시키기 위해 독립적으로 수행되는 모듈에 대해서는 GPU 병렬처리를 통해 처리 속도를 향상시켰다. 실험에 측정된 장비의 제원은 표 3과 같이 2.93GHz CPU, 4GB Memory, nVidia사의 GTX650 그래픽카드 및 Windows7 32bit의 OS 환경에서 실험하였다. 표 4와 같이 CPU 프로세싱 대비 평균 3배 이상의 속도가 향상되어 HD 720p 영상의 실시간 처리를 가능토록 하였다.

표 3. 처리속도 실험의 장비 제원
Table 3. Equipment specifications of processing time experiments

| Item | Value |
|--------------|--|
| CPU | Intel(R) Xeon CPU X5647@2.93GHz |
| Memory | 4GB Memory |
| Graphic Card | nVidia Geforce GTX650 (Cuda Processor: 384Unit, Core Clock: 1124MHz) |
| OS | Microsoft Windows 7 Professional 32bit |

표 4. 처리속도 실험결과
Table 4. Experimental results of processing time

| Resolution | CPU Processing | GPU Processing |
|----------------------|----------------|----------------|
| D1 (720x480) | 78 ms/frame | 25 ms/frame |
| HD 720p (1280x720) | 293 ms/frame | 49 ms/frame |
| HD 1080p (1920x1080) | 679 ms/frame | 112 ms/frame |

V. 결 론

본 논문에서는 기존 Retinex 알고리즘의 문제점을 극복하여 영상의 가시성을 향상시켜 높은 대비와 색상을 자연스럽게 재현하였고 급변하는 환경에 실시간 적용토록 하였다. 입력 영상의 특징을 분석하여 보정 곡선을 적응적으로 선택하게 함으로써 어두운 영역의 물체의 윤곽을 향상시키고 밝은 영역은 정보 손실 없이 보존함으로써 균형 있는 영상을 얻을 수 있도록 하

었다. 또한 HSV 색공간을 활용하여 Retinex 출력 영상의 색상을 복원함으로써 색상왜곡 현상을 최대한 줄였으며, 잡음을 제거하여 영상의 가독성을 높였다. 실험을 통해 기존 방법대비 주관적 평가 MOS 1단계 향상 및 객관적 평가 PSNR 15% 향상의 일관된 성능 향상을 유지하였음을 확인하였고, 급변하는 환경변화에 강건하고 효율적인 방법임을 입증하였다.

제안 알고리즘은 국방감시 카메라 및 시스템에 적용되어 GOP나 해안선 지역의 열악한 기상상태로부터 왜곡된 영상을 개선하여 적 침투 및 경계감시 식별에 도움을 주고, 시스템의 안정성과 신뢰성 향상에 기여할 것으로 기대한다.

References

[1] E. Land and J. McCann, "Lightness and retinex theory," *J. Optical Society of America*, vol. 61, no. 1, pp. 1-11, 1971.

[2] D. J. Jobson, Z. Rahman, and G. A. Woodell, "A multi-Scale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes," *IEEE Trans. Image Processing: Special Issue on Color Processing* 6, pp. 965-976, Jul. 1997.

[3] Z. Rahman, D. J. Jobson, and G. A. Woodell, "Retinex processing for automatic image enhancement," *J. Electronic Imaging*, vol. 13, no. 1, pp. 100-110, 2004.

[4] Y. M. Baek, D. C. Cho, J. A. Lee, and W. Y. Kim, "Noise reduction for image signal processor in digital cameras," in *Proc. Int'l Conf. Convergence and Hybrid Information Technology*, pp. 474-481, Aug. 2008.

[5] Y. Zhao and L. Yu, "Evaluating video quality with temporal noise," in *Proc. IEEE Int'l Conf. Multimedia and Expo(ICME)*, pp. 708-712, Jul. 2010.

[6] S. H. Yoo, J. W. Jeon, and J. H. Hwang, "Spatial-temporal noise reduction filter for image devices," in *Proc. Int'l Conf. Control, Automation and Systems(ICCAS)*, pp. 982-987, Oct. 2008.

[7] Video Quality Expert Group (VQEG), "Final report from the video quality expert group on the validation of objective models of video

quality assessment," 2003.

[8] S. Chikkerur, V. Sundaram, M. Reisslein, and L. J. Karam, "Objective video quality assesment methods: A classification, review, and performance comparison," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 57, no. 2, pp. 165-182, June 2011.

[9] W. Zheng-ning, L. Changzhong, L. Yu, W. Min, and Z. Ping, "The implementation of multi-scale retinex image enhancement algorithm based on GPU via CUDA," *Int'l Symp. Intelligent Signal Processing and Communication System(ISPACS)*, pp. 1-4, Dec. 2010.

[10] J.-H. Jeong, D.-G. Kang, and M.-C. Hong, "Adaptive Retinex Back-light Compensation Algorithm Using Skewness Information of Image," *J. KICS*, vol. 36, no. 8, pp. 497-504, 2011.

[11] H.-J. Kwon, S.-H. Lee, S.-M. Chae, and K.-I. Sohng, "Multi Scale Tone Mapping Model Using Visual Brightness Functions for HDR Image Compression," *J. KICS*, vol. 37, no. 12, pp. 1054-1064, 2012.

신 승 호 (Seung-ho Shin)



2003년 : 서강대학교 공학석사
 2009년 : 중앙대학교 공학박사
 2005년~현재 : SK 텔레콤
 미래기술원 Video Tech. Lab.
 <관심분야> Image Processing,
 Video Analytics, Video Codec

박 연 선 (Youn-sun Park)



2002년 : 서강대학교 공학석사
 2006년 : 서강대학교 박사수료
 2006년~현재 : SK 텔레콤
 미래기술원 Video Tech. Lab.
 <관심분야> Image Processing,
 Computer Graphics, IPTV

김 용 성 (Yong-sung Kim)



2005년 : 포항공과대학 공학석사
2009년 : 포항공과대학 공학박사
2010년~현재 : SK 텔레콤
미래기술원 Video Tech. Lab.
<관심분야> Image Processing,
Video Network Systems