



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

광학적 모델링과 대비향상 기법을 이용한
계층적 야간영상 개선 기법

A Hierarchical Night Image Enhancement Using Optical Modeling
and Contrast Enhancement



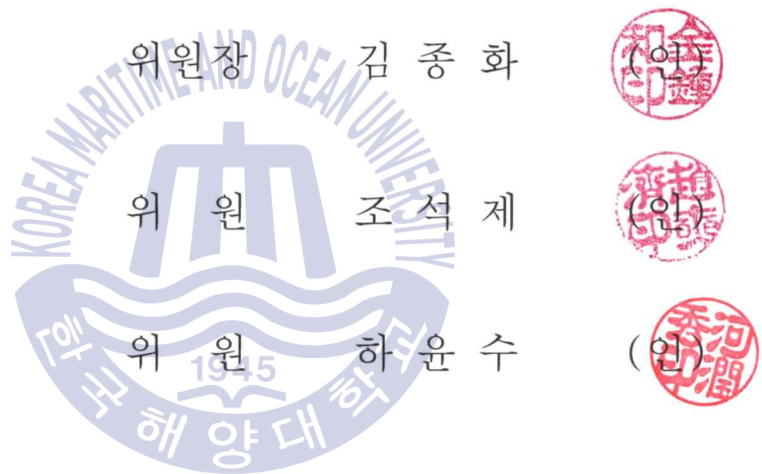
2016년 2월

한국해양대학교 대학원

제어계측공학과

양정은

본 논문을 양정은의 공학석사 학위논문으로 인준함.



2016년 01월 09일

한국해양대학교 대학원

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 야간영상 향상 방법	3
2.1 대비확장 방법	4
2.2 빛보정 방법	7
2.3 DCP 이용 방법	9
제 3 장 제안한 야간영상 개선 방법	13
3.1 산란가중치 계산 및 적용	13
3.2 광학적 모델링과 대기값 추정	15
3.3 가우시안 영상 피라미드	18
3.4 개선된 대기값을 이용한 전달량 추정	21
3.5 CLAHE 적용	28
제 4 장 실험 및 고찰	29
제 5 장 결론	39
참고문헌	40

A Hierarchical Night Image Enhancement Using Optical Modeling and Contrast Enhancement

Yang, Jeong Eun

*Department of Control & Instrumentation Engineering,
Graduate School, Korea Maritime and Ocean University*



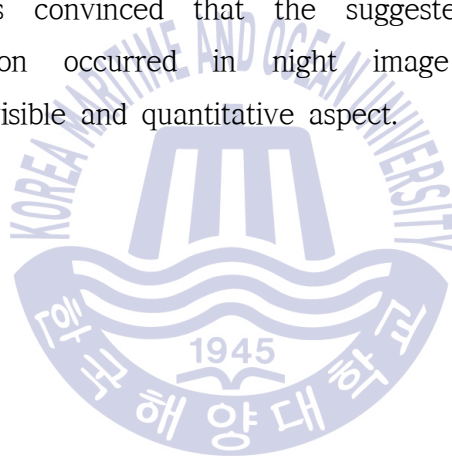
ABSTRACT

Demands for implementing intelligent unmanned system in military surveillance area, security area using CCTV, vision system area for vehicles, and etc. are increased day by day. In order to satisfy these demands, a lot of researches about the computer vision technology have been accomplished.

The computer vision technology is defined as a technology which recognizes objects by analyzing images acquired from camera and understands the corresponding scenes. One of the problems necessary to comprise an automation system for processing vision information lies in difficulty to analyze the object subject to the influence of low-contrast or irradiation under low-level light circumstance. Therefore, problems about contrast enhancement and irradiation must be solved for improving recognition performance against low light-strength circumstance.

In this paper, a hierarchical processing technique is proposed so as efficiently to improve irradiation and low-contrast characteristic occurred in night vision image. The suggested processing technique is as follows: At first, spawn weight is calculated to solve excessive irradiation problem occurred around light sources of night image. At second, airlight value and transmission value are computed by applying statistical characteristic observed in night image to optical modeling. During this process, regions of texture image and nontexture image are calculated using median filter and applied to the image under processing. A series of processes mentioned above is accomplished with the Gaussian pyramid processing. At last stage, contrast is expanded by applying CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization).

Several experiments convinced that the suggested method suppressed irradiation phenomenon occurred in night image and enhanced the performance in both visible and quantitative aspect.



제 1 장 서 론

최근 군사용 감시분야, CCTV를 이용한 보안분야, 차량용 비전 시스템 분야 등에서 컴퓨터 시각 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3]. 컴퓨터 시각(computer vision)은 카메라로 입력된 영상을 분석하여 물체를 인식하고 장면을 이해하는 기술이다. 이 기술을 감시분야와 보안분야에 이용할 때, 주간환경뿐만 아니라 야간환경에서도 영상분석이 잘되어야 한다. 그러나 야간환경에서 획득된 영상은 빛이 충분하지 않아서 대비(contrast)가 낮아지는 저대비문제와 작은 불빛이라도 번져 보이는 빛번짐 문제로 물체 인식이 어렵다[4]. 야간 환경에서 물체 인식을 용이하게 하기 위해 대비를 개선하고 빛번짐을 해결해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 지금까지의 연구를 보면, 대비향상(contrast enhancement) 방법[5-9], 빛에 의한 왜곡 최소화 방법[10-11], DCP(Dark Channel Prior) 이용 방법[12-13] 등 야간영상을 개선하는 다양한 연구가 진행 중이다.

대비향상 방법에는 히스토그램 평활화(histogram equalization), 감마보정(gamma correction), 색보정(color compensation) 등이 있다. 이는 복잡한 모델링 과정 없이 비교적 간단한 처리를 통해 대비를 확장하는 기법으로 가시성을 높일 수 있다[14, 19]. 그러나 지역적인 대비 문제까지 다루지 못하기 때문에 영상의 부조화가 발생할 수 있고 특히 조명 영역에서 과도한 빛번짐 현상이 발생하기 쉽다. 이러한 문제를 해결하기 위해 HDR(High Dynamic Range)을 이용하는 방법[11]과 빛번짐 영역을 직접 검출하는 방법[12] 등이 소개되었다. HDR을 이용하는 방법은 조명의 위치 변화에 강인하기 위해 가장 밝을 때의 영상과 가장 어두울 때의 영상을 획득하여 이를 융합한다. 역광의 환경에서도 물체의 그림자가 생기지 않는 영상을 만든다. 그러나 동일한 장면을 가장 밝을 때와 어두운 때로 나누어 영상을 획득해야 하는 어려움이 있다. 빛번짐 영역을 검출하는 방법은 영상의 다층구조를 이용하여 등곡선 형태가 발생하는 영역을 빛번짐 영역으로 추출하고, 슈퍼픽셀을 통해 영상내에 빛번짐 영역을 보정한다. 그러나

알고리즘이 빛번짐 영역 추출에만 특정화되어 빛번짐 문제는 개선되었을지라도 빛번짐 보정 후의 영상이 부자연스럽다.

최근 DCP를 이용해서 야간영상을 개선하는 방법이 연구되었다[12-13]. 영상이 전반적으로 어두울 때 이를 반전하면 안개 영상과 유사하다는 특성에 착안하여 반전된 야간영상에 안개 제거 기법을 적용하는 방법이다. 즉, DCP를 반전된 야간 영상에 적용하여 대기값을 추출하고 전달량을 얻은 후 이 영상을 다시 반전시켜 개선된 야간 영상을 얻는다. 이는 기존의 대비 향상 기법에서 발생하는 과도한 대비 확장으로 인한 부조화 현상이나 색정보 왜곡 등을 방지하고 비교적 자연스러운 개선 결과를 얻을 수 있으나, 반전한 영상을 안개 영상으로 간주하기 때문에 평균 밝기가 128이상인 전반적으로 밝은 야간영상에서는 만족할 만한 결과를 얻기 힘들고 전달량 정제 과정을 거치기 때문에 실시간 처리가 어렵다.

본 논문에서는 대비를 향상하면서 빛번짐을 완화하는 야간영상 개선 기법을 제안한다. 야간영상에서 인공조명의 영향으로 발생하는 빛번짐 영역을 완화하기 위해 산란가중치를 계산하고 이를 적용한다. 저조도 부분을 개선하기 위해 산란가중치가 적용된 영상에 광학적 모델링을 적용해서 대기값맵을 생성하고 가우시안 피라미드를 구축한다. 피라미드 최상위층 근사영상에 중간값 필터를 적용하여 질감, 무질감 영역을 획득하고 추출된 무질감 영역으로 개선된 대기값과 전달량을 추정한다. 획득된 대기값과 전달량을 광학적 모델링식을 이용하여 저조도가 개선된 야간영상을 획득한 후 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) 기법[15, 19]을 적용한다. 제안한 방법은 산란 가중치를 이용해 빛번짐 현상을 완화하고, 가우시안 피라미드로 무질감 영역을 추정하고 대기값과 전달량을 계산하여 저조도 문제를 개선할 것이다.

본 논문은 5장으로 구성되며, 각 장에서 다루고 있는 내용은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해 알아보고, 3장에서는 제안한 야간영상 개선 기법을 설명한다. 4장에서는 제안한 방법을 이용하여 시뮬레이션을 실시하고, 기존의 방법과 비교하며 그 유효성을 검증한다. 마지막으로 5장에서는 결과와 고찰을 바탕으로 최종적인 결론을 도출한다.

제 2 장 야간영상 향상 방법

야간영상은 불충분한 빛의 영향으로 대비가 작아지고 그로 인해 물체와 전경의 구별이 힘들다. 또한 전체적으로 어두운 배경에서는 작은 빛의 영향으로도 빛번짐 현상과 같은 조명왜곡 현상이 일어날 수 있다. 이러한 야간영상의 예를 나타낸 것이 그림 2.1이다. (a)는 빛이 거의 없는 환경에서 가로등 밑에 있는 차만 인식 할 수 있을 뿐 다른 물체들의 인식이 어려움을 나타낸다. (b)는 야간의 도로에서 앞에서 오는 자동차의 헤드라이트 불빛이 먼저 보이는 현상을 나타내는데, 실제 과한 불빛은 물체 인식을 어렵게 하여 사고로 이어지기도 한다. 그러므로 야간영상에서는 전역적 대비 확장을 통한 물체의 가시성 향상과 지역적 정보까지 고려한 빛번짐 현상의 개선이 필요하다.



(a)

(b)

그림 2.1. 야간영상의 예

(a) 저조도 영상 (b) 빛번짐 현상

Fig. 2.1. Examples of night images

(a) Low-Light image (b) Blur-light effect

2.1 대비확장 방법

대비를 확장함으로써 영상의 전역적인 저조도를 향상하는 방법에는 감마보정 (Gamma correction), 히스토그램 평활화, HSI(Hue, Saturation, Intensity) 히스토그램 변환 방법 등 영상 전체에 한 번의 변환함수를 사용하여 대비를 확장하는 방법이 있다[14]. 이러한 전역적 변환은 세부적인 정보를 고려할 수 없기 때문에 이를 개선하여 지역적 대비 향상을 고려한 AHE(Adaptive Histogram Equalization) 기법과 CLAHE 기법 등이 있다[15].

감마보정은 모니터나 프린터로 출력을 하게 되면 원영상의 밝기 값을 그대로 표현하지 못하는 점을 이용하여 영상을 출력하기 전 전처리로 영상의 밝기 값을 약간 조정하는 방법으로 식 (2.1)의 지수법칙을 이용한다.

$$= r \tag{2.1}$$

여기서 r 은 원래의 영상 밝기값이고 γ 는 감마이다. 원래의 영상에 감마의 값을 조정하여 밝기값이 반영된 영상을 출력하는 방법으로, 감마의 값을 1보다는 큰 값으로 숫자를 변환함으로써 어두운 영상의 대비를 확장할 수 있다. 하지만 감마의 값이 너무 커버리면 과대비 현상이 일어날 수 있고 적절한 감마의 값을 추정하기 어려운 단점이 있다.

히스토그램 평활화는 화소 값들의 분포가 상당히 밝거나 어두운 영역에 치우치는 경우에 이를 확장하는 방법으로 저대비 문제를 개선하기 위해 영상의 밝기 히스토그램을 전체적으로 균등분포(uniform distribution)에 근사하도록 히스토그램을 분산한다[2].

히스토그램 평활화 과정을 확률함수를 이용하여 표현하면, 영상의 밝기 범위가 $[0,1]$ 로 정규화된 연속적인 신호라고 할 때 $r(r)$ 을 영상 밝기값의 확률밀도 함수라고 한다[22]. 확률밀도함수를 이용하여 입력 영상 밝기값의 변환을 수행하여 출력된 밝기를 s 라고 하고 이는 식 (2.2)와 같다.

$$= (r) = \int_0^t P_r(w)dw \quad (2.2)$$

여기서 w 은 적분 매개변수이다. 이때, 변환된 밝기값의 확률밀도함수는 밝기 범위가 $[0,1]$ 일 때 값이 1이고 그 외 범위에서는 0으로 일정 영역 별로 균등하고 이는 식 (2.3)과 같다.

$$P_s(s) = \begin{cases} 1 & \text{for } 0 \leq s \leq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

이를 이산적인 디지털 영상의 밝기값으로 전환하면, 영상의 히스토그램에서 이산적인 밝기값을 $1, \dots, L$ 라고 할 때 밝기값 r_j 의 확률 $P_r(r_j)$ 은 밝기 값 r_j 에 해당하는 화소개수를 전체 화소개수로 나눈 것과 동일하다[22]. 이 불연속 값들에 대한 합산은 식 (2.2)을 이산화한 값으로, 평활화된 함수 $T(r)$ 는 식 (2.4)와 같다.

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^k n_j \quad (2.4)$$

여기서, $1, \dots, L-1$ 이며, $P_r(r_j)$ 는 밝기값 r_j 의 확률밀도함수이고, N 은 입력 영상의 전체 화소개수, s_k 는 입력 영상의 밝기값 r_k 에 대응하는 변환된 밝기값이다[22]. 이 방법은 영상 밝기의 전체적인 분포를 균등 분포로 변환함으로써 영상의 밝기가 과도하게 변한다는 단점이 있다.

이를 해결하기 위해 K. Zuiderveld가 제안한 CLAHE 기법[15]은 영상을 임의의 고정된 크기의 블록으로 분할한 후 분할된 영역별로 히스토그램을 나타낸다. 특정 밝기값 영역에 과분포된 히스토그램영역을 클리핑(clipping) 방법을 적용하여 임계값 이상의 히스토그램을 자르고, 잘린 히스토그램영역을 0에서 255 밝

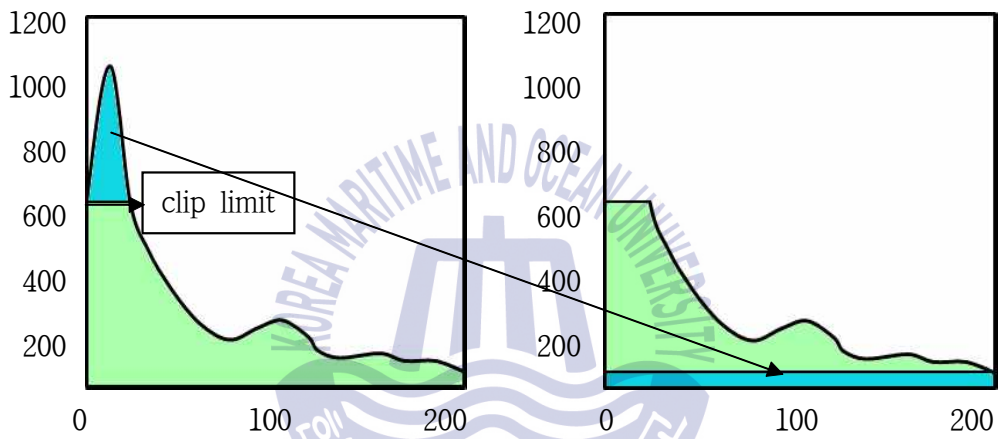


그림 2.2. CLAHE기법의 clipping
 Fig. 2.2. Clipping in CLAHE

기값 영역으로 영상 전체에 재분배하는 방법으로 그림 2.2와 같다. 이 때 클리핑된 잘린 영역의 히스토그램분포의 누적밀도함수와 재분배된 영역의 히스토그램 누적밀도함수가 동일하다는 특성을 이용한다.

그림 2.3은 저대비 영상에 히스토그램 평활화를 적용했을 때와 CLAHE 기법을 적용했을 때를 비교한 결과이다. (a)는 그레이 영상으로 전체적으로 어두워 물체의 구별이 어렵고 (b)의 히스토그램을 통해서도 밝기 분포가 어두운 쪽으로 치우쳐 대비가 낮음을 나타낸다. 이 영상에 히스토그램 평활화를 적용해서 밝기를 개선한 영상이 (c)이고 CLAHE 기법을 적용하여 영상의 밝기를 개선한 결과가 (e)이다. 두 방법 모두 밝기를 개선하여 물체의 구별이 가능하게 하였지만, 히스토그램 평활화를 적용한 영상의 히스토그램 (d)를 보면 밝기값 240에서 과대비 현상이 일어났음을 알 수 있다. 그에 비해 CLAHE 기법을 적용한 결과 영상의 히스토그램 (f)에서처럼, 영상 전체에 밝기 분포를 고르다는 것을 알 수 있다.

CLAHE 기법을 적용하면 특정 밝기이상을 제한함으로써 과도한 대비 개선을 방지할 수 있고 영상을 블록단위로 계산함으로써 지역적 밝기를 개선할 수 있다. 그러나 블록단위 처리 시 블록의 크기와 클리핑의 매개변수가 히스토그램 평활화의 성능을 결정하는데 매개변수를 결정하는 알고리즘이 없다는 단점이 있다.

2.2 빛보정 방법

빛에 의한 영향을 최소화 하는 연구로 조명의 변화에 강인한 HDR 영상을 이용한 보정방법과 빛번짐 영역추출을 이용한 보정방법이 있다. Talvala 등[10]은 환한 빛에 의한 역광으로 객체의 구별이 어려울 경우, HDR 영상을 이용하여 객체의 실루엣(silhouette)을 복원하려는 연구를 수행했다. HDR은 밝기가 다른 사진을 연속으로 촬영한 후 밝았을 때와 어두웠을 때 모두 잘

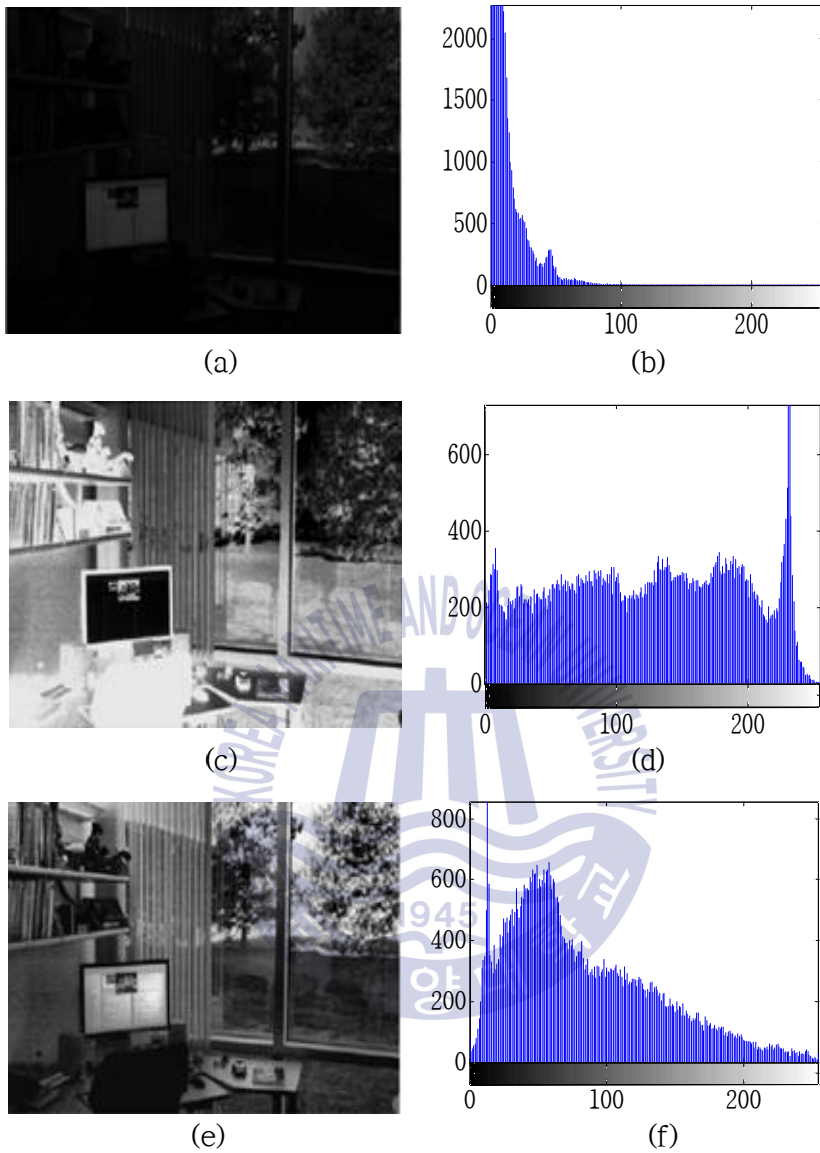


그림 2.3. 히스토그램 평활화와 CLAHE 기법 비교

- (a) 원본영상 (b) 원본영상의 히스토그램
 (c) 히스토그램 평활화 수행영상 (d) 히스토그램 평활화 히스토그램
 (e) CLAHE 기법 수행영상 (f) CLAHE 기법 히스토그램

Fig. 2.3. Histogram equalization vs CLAHE

- (a) Original image (b) Histogram of original image (c) Histogram equalization
 (d) Histogram of histogram equalization (e) CLAHE (f) Histogram of CLAHE

나온 사진을 한 장의 사진으로 융합하는 방법으로 조명의 변화에 강인하다. 이는 그림 2.4와 같으며, 역광에서도 물체의 색을 알 수 있고 물체들을 구별할 수 있다. 이 경우 효과적인 빛보정 결과를 얻을 수 있지만 동일한 한 장면을 다른 조건에서 촬영해야만 하는 어려움이 있다.

빛번짐 영역을 보정하는 방법으로 다층 구조를 이용한 보정 방법이 있다[11]. RGB 색상 정보를 이용해서 빛번짐 영역을 추출하고 이 영역을 다층 구조로 나타내어 영상 내 빛번짐 영역을 검출하는 방법을 제안했다. 양자화필터와 양방향필터를 이용해서 영상을 층 형태로 분류한 후, 각 층간의 연결성을 찾아 빛번짐 영역을 등고선 모양으로 나타낸다. 빛번짐 영역이 추출된 영상을 슈퍼픽셀을 통해 보정하여 빛번짐 현상이 완화된 야간영상을 획득한 결과물이 그림 2.5이다. 이 방법은 고휘도의 빛번짐 영역만을 추출하는 작업에는 효과적이지만 전역적인 대비 향상은 이루지 못한다.

2.3 DCP 이용 방법

DCP는 안개가 일어나지 않은 환경에서의 영상을 분석해보면, 영상의 일정 영역에서 한 화소의 R, G, B 값 중 최소한 한 채널은 0에 수렴한다는 통계적 특성이다. 이러한 특성은 안개가 일어나면 영상의 전역적 영역은 무채색을 띠는 일정한 범위의 회색을 띤다는 사실과 관련이 있다. 가장 어두운 화소의 값을 그 영역의 대푯값으로 지정하여 영역내의 모든 화소값을 대체한다고 하여 DCP방법이라고 한다.

임의의 영역 (x) 의 dark channel $J_{dark}(x)$ 는 식 (2.5)와 같다.

$$J_{dark}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} (\min_{y \in \Omega(x)} (J_c(y))) \quad (2.5)$$

여기서 y 는 중심화소 x 의 주변영역 $\Omega(x)$ 에 포함된 화소이고 $J_c(y)$ 는 화소 y 의 각 채널값이다. 안개가 없는 영역의 dark channel $J_{dark}(x)$ 은 식 (2.6)과 같이 0



그림 2.4. HDR 기법을 이용한 영상보정
 Fig. 2.4. Image enhancement using HDR method



그림 2.5. 다층구조 기법을 이용한 빛번짐 영역 검출
 Fig. 2.5. Detection of irradiation region using multi-scale method

에 수렴한다.

$$ark(x) \simeq 0 \quad (2.6)$$

Dark channel prior을 이용한 야간영상 개선 방법은 야간영상을 반전하면 안개영상과 유사하다는 통계적 특성을 이용한다. 그림 2.6에서 (a)는 획득된 야간영상을 나타내며 충분하지 못한 저조도의 영향으로 물체와 전경의 구별이 거의 되지 않음을 보여준다. 이를 영상의 반전을 통해 DCP의 통계적 특성을 가진 안개영상 (b)이다. 반전된 영상은 안개가 낀 영상으로 간주하고 영상 내 물체의 깊이계산으로 물체의 정보가 카메라까지 전달되는 전달량을 추정한다. 전달량을 바탕으로 안개값을 획득하여 이를 제거한 영상이 (c)이다. (b)와 비교해볼 때 안개영역이라고 간주한 부분이 제거가 되어 시각적으로 전경과 물체가 구별됨을 알 수 있다. 이를 야간영상으로 나타내기 위해 다시 반전을 한 결과가 (d)이다. 획득된 야간영상 (a)와 비교해 볼 때 저조도가 개선되어 전역적 대비가 확장되었음을 알 수 있다[20].

그러나 DCP방법은 결과 영상의 대비폭이 상대적으로 작기 때문에 선명도가 다소 떨어져 보일 수 있고 전달량을 정확히 구하는 과정에서 많은 계산량을 요구한다. 또한 조명 영역에서 빛번짐이 두드러지거나 경계선 영역에서 후광 현상이 발생하기 쉽다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2.6. DCP를 이용한 야간영상 개선

(a) 야간영상 (b) 반전된 영상 (c) 안개값 제거 영상 (d) 개선된 야간영상

Fig. 2.6. Night image enhancement using DCP

(a) Original night image (b) Inverse night image
(c) Defogging image (d) Night image enhancement

제 3 장 제안한 야간영상 향상 기법

제안하는 야간영상 개선 방법은 산란가중치 적용, 광학적 모델링을 통한 대기값 및 전달량 추정, 그리고 제한적 대비 향상으로 구성된다. 산란가중치는 야간영상의 대비 개선 과정에서 조명광의 번짐 현상이 두드러지기 때문에 이를 방지하려는 목적으로 계산하여 적용한다. 그리고 야간영상의 대기값 추정을 위해 광학적 모델링을 이용하여 bright channel map을 만들고 중간값 필터를 이용하여 질감 및 무질감 영역을 계산한 후 개선된 대기값 영상을 얻는다. 대기값 영상을 얻는 과정은 가우시안 피라미드를 통해 계층적으로 이루어진다. 그 후 개선된 대기값으로 전달량을 추정하고 적용함으로써 저조도 특성이 개선된 야간영상을 얻는다. 마지막으로 빛번짐 영역 보정 과정에서 압축된 최대 명암도 영역의 대비와 저조도 개선 과정에서 밝기가 증가된 최소 명암도 영역을 보정하기 위해 CLAHE 기법을 적용한다.

제안한 방법의 순서도는 그림 3.1과 같다. 야간영상을 획득 후 산란 가중치를 구하고 야간영상에 적용한다. M 크기의 윈도우를 정의하여 광학적 모델링에 따른 bright channel map을 추정한다. 그 후 원영상 크기의 bright channel map의 가우시안 피라미드를 구축하고, 최상위 계층에 중간값 필터를 적용하여 질감, 무질감 영역을 얻어 대기값 영상을 개선한 후 원영상 크기로 복원한다. 이 대기값 영상은 전달량 추정에 사용되며, 다시 광학적 모델링에 의해 개선된 야간영상을 얻는다. 마지막으로 대비 향상을 위해 CLAHE 기법을 적용한다.

3.1 산란가중치 계산 및 적용

조명에서 산란되는 빛번짐 현상을 개선하기 위해 산란가중치를 계산한다. 조명으로 간주되는 일정 밝기 이상의 화소에 화소별 산란 가중치를 계산하여 획득

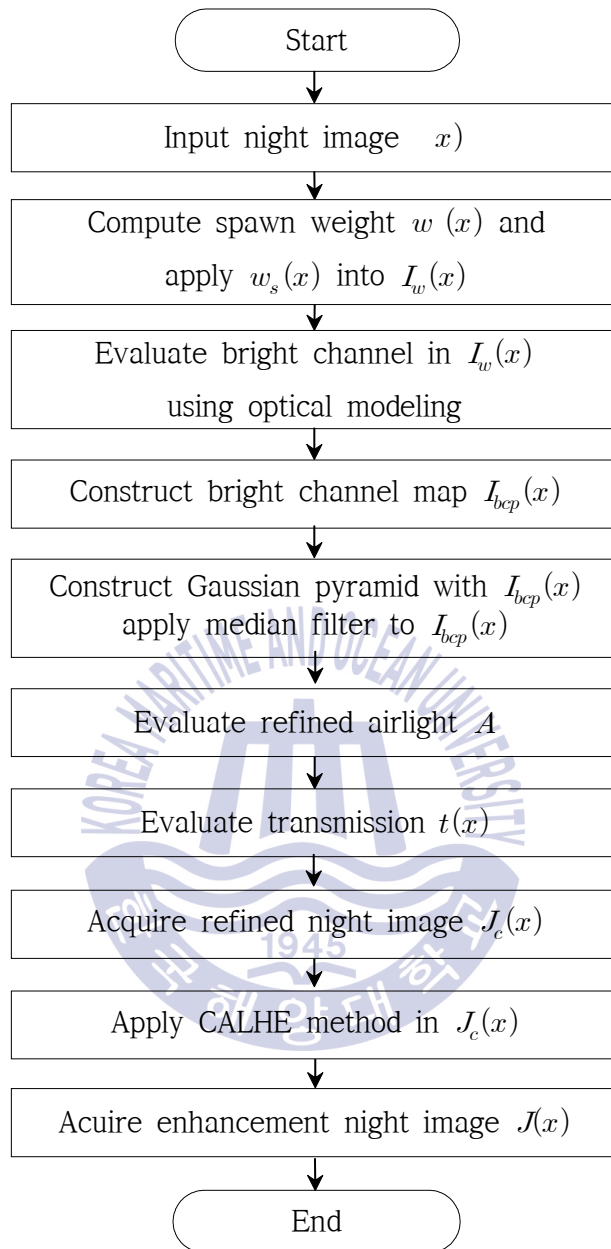


그림 3.1. 제안한 방법의 순서도

Fig. 3.1. Flow chart of the proposed algorithm

특한 영상에 곱함으로써 조명 산란 영역의 밝기를 소폭 감소시킨다.

$$w_s(x) = \exp\left(-\frac{(I(x)-m)^2}{2\sigma^2}\right), \text{ if } I(x) \text{의 각 채널값} > m \quad (3.1)$$

일정 밝기 임계값 m 과 영상 밝기의 표준편차 σ 를 구해서 입력 화소의 밝기 $I(x)$ 가 m 보다 큰 경우 조명 영역으로 간주하고 식 (3.1)을 이용하여 산란가중치 $w_s(x)$ 를 계산한다. 계산된 산란 가중치를 획득 영상 $I(x)$ 에 곱하여 조명의 산란을 소폭 감소한 영상 $I_s(x)$ 를 식 (3.2)로 얻는다.

$$I_s(x) = w_s(x)I(x) \quad (3.2)$$

야간영상은 전체적으로 어두운 밝기를 가지고 있으므로 m 보다 밝기가 큰 영역은 조명광이라 볼 수 있다. 따라서 개선 과정에서 발생하는 산란을 방지하기 위해 산란가중치를 적용한다.

3.2 광학적 모델링과 대기값 추정

어두운 영상 $I(x)$ 은 안개 모델을 이용하여 식 (3.3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(x) = J(x)t(x) + A \{1 - t(x)\} \quad (3.3)$$

여기서 $J(x)$ 은 개선된 야간영상이고, $t(x)$ 는 물체의 색이 산란되지 않고 카메라에 획득된 정도를 나타내는 전달량이다. A 는 대기값이다. 여기서 전달량 $t(x)$ 는 식 (3.4)와 같이 화소의 깊이에 대한 지수감소함수 형태로 표현된다.

$$I(x) = e^{-\beta d(x)} \quad (3.4)$$

여기서 β 는 산란 계수(scattering coefficient)이고 $d(x)$ 는 화소위치 x 의 깊이를 나타낸다. 먼 물체일수록 깊이가 크기 때문에 산란 등의 이유로 카메라까지 전달되는 정보가 감소함을 의미한다. 야간 영상에서는 저조도 특성으로 인해 인공 조명 주변을 제외하고는 전달량이 작게 나타난다. 그리고 대기값 또한 작기 때문에 전반적으로 어둡게 보이게 된다. 야간영상 개선 알고리즘은 식 (3.3)에서 획득한 영상 $I(x)$ 의 대기값 A 와 각 화소의 전달량 $t(x)$ 를 추정하여 저조도의 영향을 개선한 영상 $J(x)$ 를 얻는 과정이라고 할 수 있고 이는 식 (3.5)과 같다.

$$J_c(x) = \begin{cases} I_c(x) - A_c & \text{when } c \in \{r, g, b\} \\ t_c(x) + A_c & \end{cases} \quad (3.5)$$

야간영상에서 조명영역에서 얻어진 화소들을 R, G, B로 나누어 분석해보면 모든 채널이 255에 수렴하며, 어두운 하늘이나 조명 영역은 모든 채널이 0에 수렴한다는 통계적 특성을 이용한다. 이러한 특성은 밤하늘과 같은 영역은 무채색을 띠는 일정한 범위의 회색 또는 검은색을 띤다는 사실과 관련성이 크다.

어두운 영역 $\Omega(x)$ 의 bright channel $J_{high}(x)$ 는 식 (3.6)과 같다.

$$J_{high}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} (\max_{y \in \Omega(x)} (J_c(y))) \quad (3.6)$$

여기서 y 는 중심화소 x 의 주변영역 $\Omega(x)$ 에 포함된 화소이고 $J_c(y)$ 는 화소 y 의 각 채널값이다.

밝은 영역의 bright channel, 즉 $J_{high}(x)$ 는 식 (3.7)과 같이 최대 명암도 L_{max} 에 수렴한다.

$$I_{gh}(x) \simeq L_{\max} \quad (3.7)$$

야간영상 $I(x)$ 에서 일정한 영역 $\Omega(x)$ 가 충분한 조명 아래 획득되었다면 전달량은 1에 수렴한다. 반면 저조도 환경에서 찍힌 영역이라면 전달량이 0에 가깝기 때문에 대기값 A 는 야간 영상 $I(x)$ 에 수렴한다. 따라서 충분한 조명 아래 획득된 화소의 전달량 $t(x)$ 는 식 (3.5)에 식 (3.7)을 대입하여 식 (3.8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$t(x) = 1 - \min_{c \in \{r, g, b\}} (\max_{y \in \Omega(x)} (\frac{L_{\max} - I_c(y)}{L_{\max} - A_c})) \quad (3.8)$$

전달량을 구하기 위해서 해당 영역의 대기값 A 를 최대 채널값을 이용하여 추정한다. 조명이 산란되거나 충분한 빛을 받아 반사된 물체 영역의 최대 채널값은 그렇지 않은 영역보다 상대적으로 높다. 이러한 특성에 따라 특정 영역내 화소들의 최대 채널값을 이용하여 대기값을 추정할 수 있다.

제안한 대기값 영상을 얻는 방법은 다음과 같다. $M \times M$ 크기 윈도우를 이용하여 해당 영역 내의 각 화소의 R, G, B 세 개의 채널값을 분석하여 최대값을 구한다. 저조도로 인한 대기값은 R, G, B 채널값이 작을 것이기 때문에 획득된 최대값 중에서 가장 작은 값을 추출한다. 이 때 최대 채널값의 하위 1% 밝기에 해당하는 화소의 밝기를 배제한 최소값을 그 영역의 대기값 A 로 지정한다. bright channel map을 구하는 과정에서 하위 1%의 제한을 두는 이유는 밤하늘과 같은 무채색을 띄는 회색 물체의 색이 대기값으로 선정되는 것을 방지하기 위함이다.

전달량 $t(x)$ 은 식 (3.9)와 같이 별도의 가중치가 적용된 형태를 가진다.

$$t(x) = 1 - w \cdot \min_{c \in \{r, g, b\}} (\max_{y \in \Omega(x)} (\frac{L_{\max} - I_c(y)}{L_{\max} - A_c})) \quad (3.9)$$

야간영상에서 최대 채널값을 찾아 대기값을 추정하는 예는 그림 3.2와 같다. 영상의 우측 하단에 위치한 $\times 5$ 크기의 윈도우 영역에서 각 화소별 R, G, B 성분들 중 최대 채널값을 찾아 나열한다. 그 후 하위 1% 값인 7을 배제한 가장 낮은 화소값이 8이므로 이 값을 이 영역의 대기값으로 정한다. 해당 영역의 대기값은 매우 낮기 때문에 이 영역은 저조도 영역으로 판단할 수 있다.

3.3 가우시안 영상 피라미드

기준 대기값을 구하는 과정에서 획득된 bright channel map, $c_p(x)$ 를 가우시안 피라미드로 구축한다. 야간영상에서 어두운 배경이나 넓게 퍼진 조명은 저주파 특성을 가지기 때문에 영상을 계층구조로 축소된 영상에서 처리하는 것이 효율적이다. 영상의 정보를 전달해 주는 전달량을 구하는 과정에서 고주파 성분을 줄이고 저주파 성분을 가진 가우시안 피라미드(Gaussian pyramid)[16-17]를 사용함으로써 계산시간은 줄이고 정제된 대기값을 획득할 수 있다.

일반적인 영상 피라미드(image pyramid)는 하나의 원본 영상을 원하는 단계까지 다운샘플링하여 생성한 영상들의 집합으로 그림 3.3과 같다. 피라미드 형상으로 감소하는 해상도의 영상들을 정렬시킨 구조를 갖는다. 가장 아래층 레벨 0는 기저 영상(basis image)으로 원본 영상이고 계층이 올라갈수록 기저 영상의 해상도를 감소시켜 얻은 근사 영상(approximation image)이 위치한다. 이때 레벨 0부터 피라미드 위쪽으로 한 단계씩 올라갈수록 영상의 크기는 그림 3.3의 오른쪽 영상과 같이 1/4로 감소한다.

크기가 축소된 영상을 원래의 크기로 만들어 주기 위해 일반적인 피라미드 기법은 현재 레벨 1 영상일 경우 레벨 0 영상의 근사 영상과의 예측차 영상을 이용하여 복원할 수 있다. 레벨 0의 입력 영상을 다운표본화(downsampling) 하여 축소된 레벨 1 영상을 만들고 레벨 1 영상을 업표본화(upsampling) 하여 레벨 0의 근사영상을 만든 후 보간을 거쳐 레벨 0단계의 기저영상과의 차를 계산

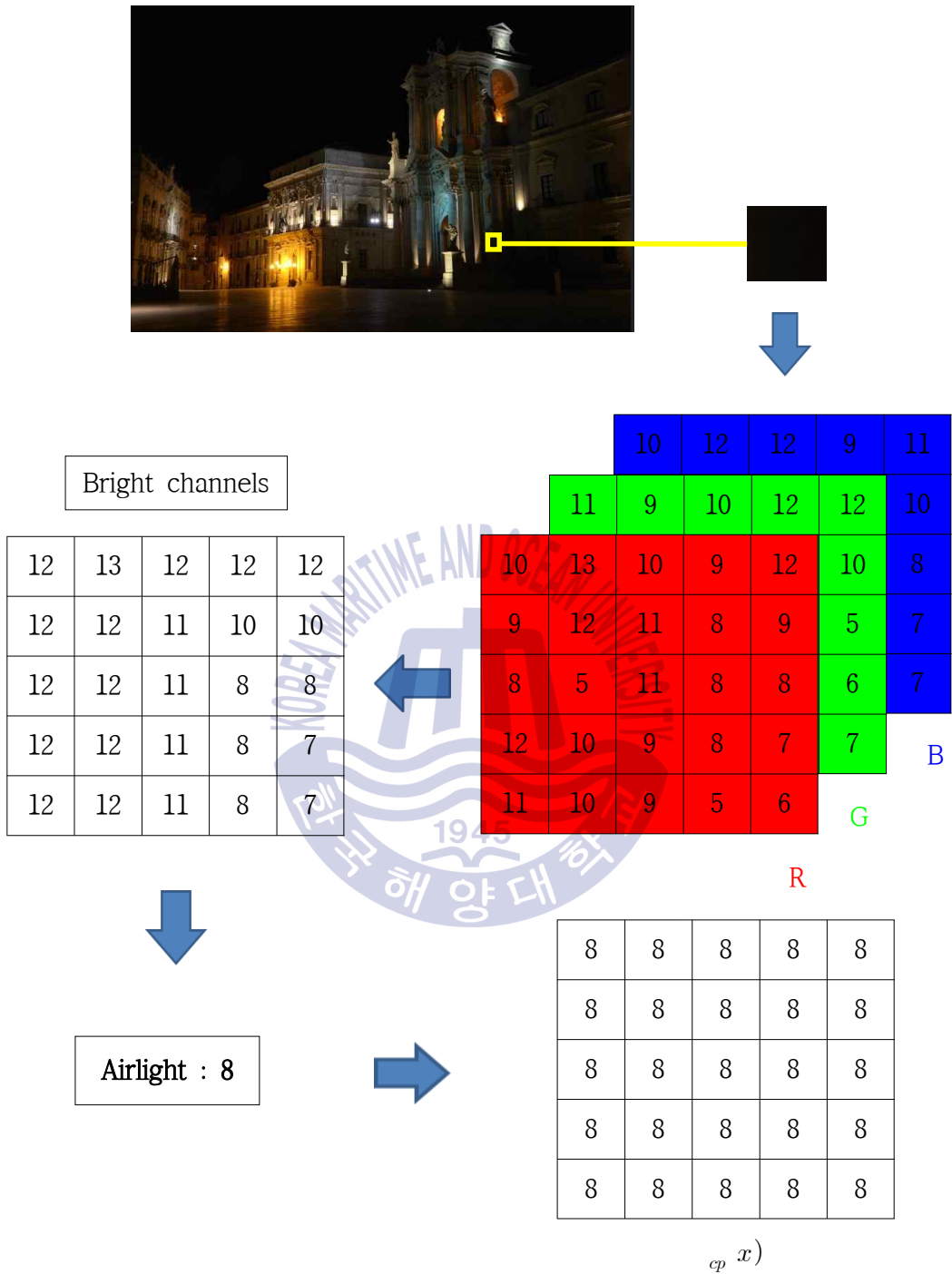


그림 3.2. 최대 채널값을 이용한 특정 영역의 대기값 추정

Fig. 3.2. Airlight value estimation of particular region using bright channels

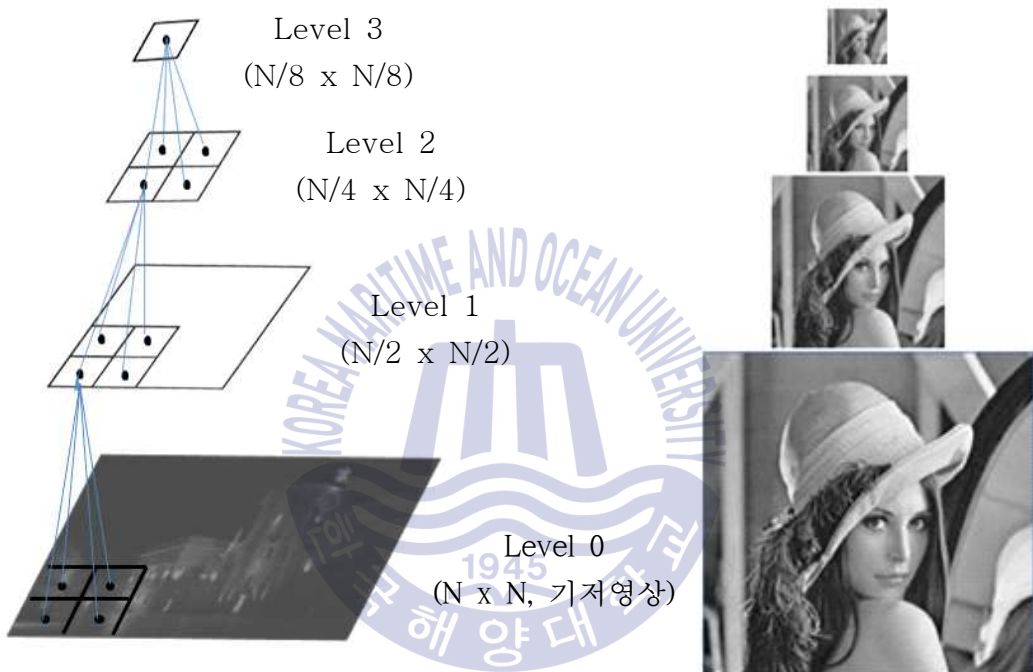


그림 3.3. 영상 피라미드의 예 (4계층)

Fig. 3.3. An Example of image pyramid (4-layers)

하여 레벨 1의 예측차 영상을 구한다. 레벨 0의 근사 영상과 레벨 1의 예측차 영상의 합을 통해 레벨 0의 원영상으로 복원한다.

일반적인 영상 피라미드는 계산의 편의를 위해 영상의 화소수를 1/4씩 줄이는 방법으로 다운표본화 과정을 거쳐 근사 영상을 얻는다. 이는 피라미드 상위 계층으로 갈수록 근사 영상의 정보 손실을 야기하므로 영상 복원을 통한 복원된 영상에서 블러현상(blurring effect)을 일으킬 수 있다. 이러한 문제는 가우시안 영상 피라미드를 이용하여 해결할 수 있다.

가우시안 피라미드는 가우시안 필터를 이용하여 영상 피라미드를 구축한다. 다음 단계의 근사 영상을 획득하는 과정에서 다운표본화를 수행할 때 소실되는 화소들의 정보를 가우시안 필터를 이용하여 남아있는 화소에 가중합하여 포함시키는 방법으로 그림 3.4와 같다. 가우시안 필터를 적용함으로써 원영상의 정보에서 뛰어난 특징점이 아니면 제거되어, 원영상의 다운표본화된 영상은 잡음이 제거되고 영상의 특징만 살아남게 된다. 순차적으로 더 강한 필터를 이용하거나 더 작게 이미지를 줄이면 특징점의 수가 점점 줄어들고 그만큼 연산 속도와 특징점 검출이 빨라지게 된다.

가우시안 피라미드와 일반 피라미드의 차이는 그림 3.5와 같다. 일반 피라미드인 오른쪽 영상은 Level 1, 2, 3의 근사 영상에서 세밀한 정보를 손실하지만, 왼쪽의 가우시안 피라미드의 경우 근사 영상으로 축소됨에도 영상의 좌측부분을 보면 세밀한 정보를 포함하고 있는 것을 확인할 수 있다.

3.4 개선된 대기값을 이용한 전달량 추정

대기값맵 $(g_p(x))$ 를 대상으로 k 단계 계층의 가우시안 영상 피라미드를 구축한 영상이 그림 3.6이다. g_0 를 원영상으로 두고 한단계씩 축소하는 과정에서 가우시안 필터를 사용하여 삭제되는 주변 화소의 정보를 포함할 수 있다. $k-1$ 단계의 가우시안 피라미드 영상을 g_{k-1} 이라 하면 4배 축소된 근사 영상 g_k 의 화소

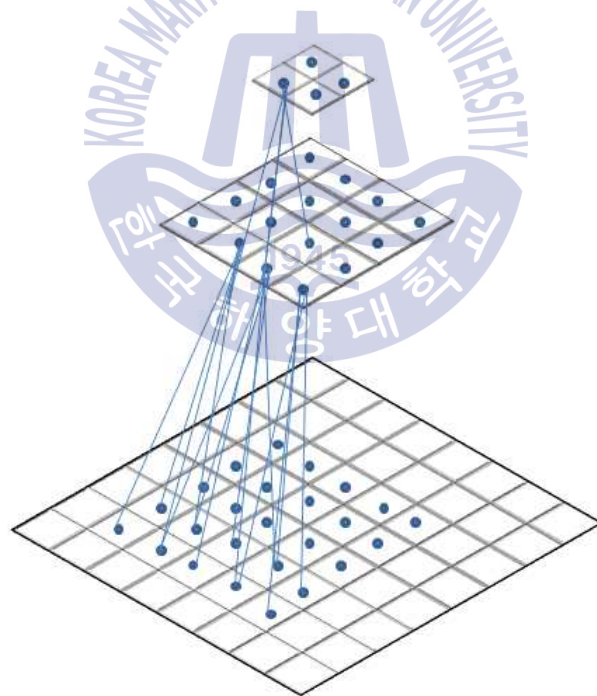
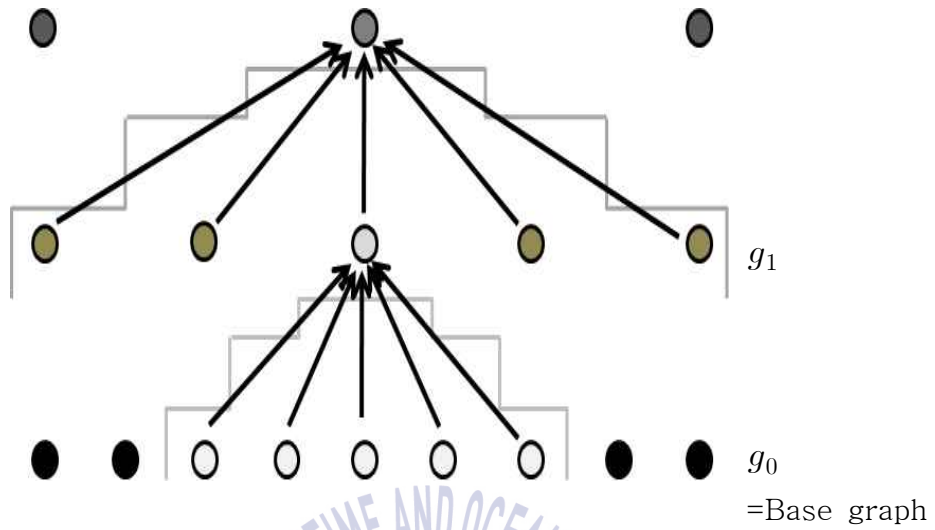


그림 3.4. 가우시안 필터를 이용한 가중합
Fig. 3.4. Weighted-sum using Gaussian filter

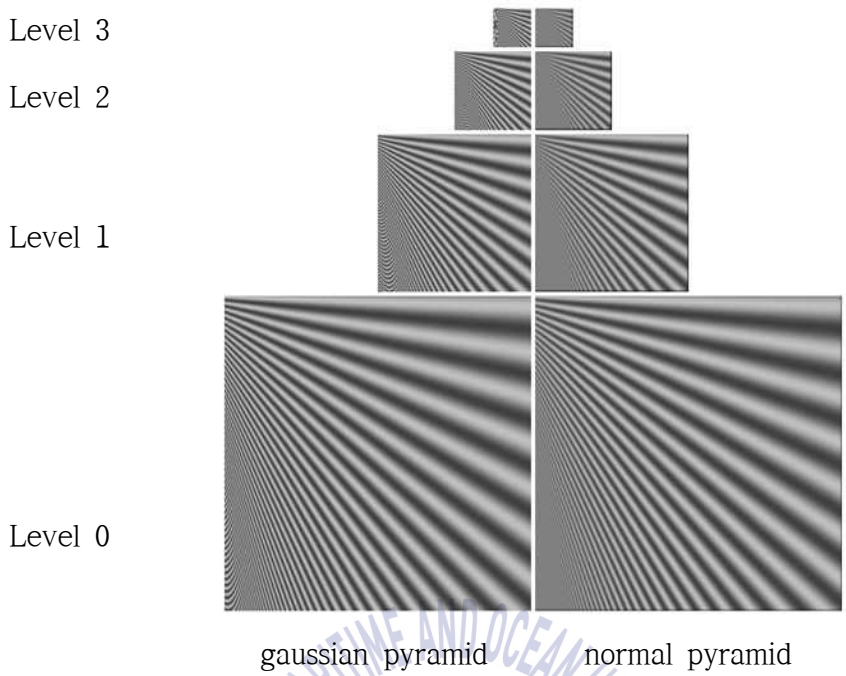


그림 3.5. 가우시안 피라미드와 일반 피라미드
 Fig. 3.5. Gaussian pyramid and conventional pyramid

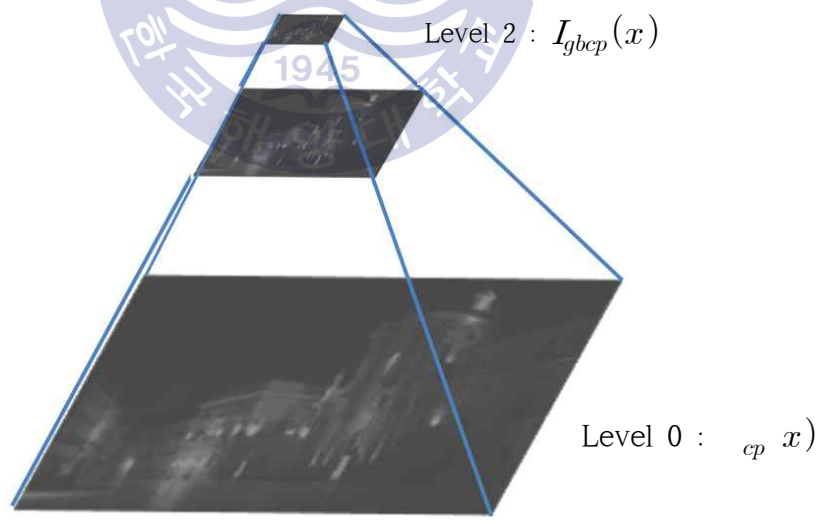


그림 3.6. 대기값맵 가우시안 피라미드
 Fig. 3.6. Gaussian pyramid of bright channel map

값은 식 (3.10)과 같이 계산된다.

$$(i,j) = EDUCE(g_{k-1}) \quad (3.10)$$

$$= \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m,n)g_{k-1}(2i+m,2j+n)$$

여기서 $w(m,n)$ 은 5×5 크기의 가우시안 필터에서 (m,n) 위치에 대한 근사화된 가우시안 가중치이다. 식 (3.10)을 이용해서 Level 2의 근사영상 $I_{gbcp}(x)$ 를 획득한다

$$I_m(x) = Median(I_{gbcp}(x)) \quad (3.11)$$

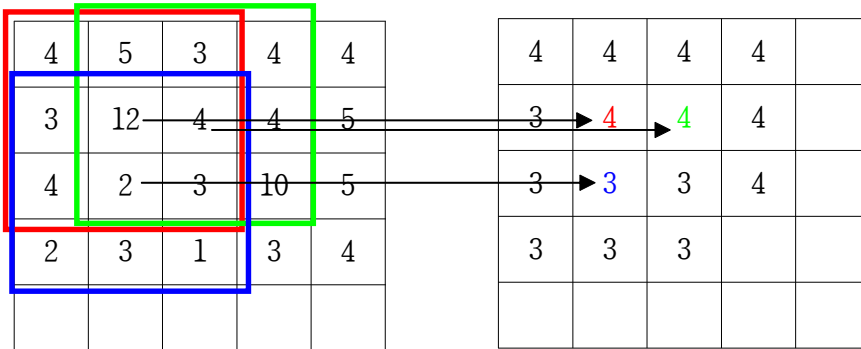
$I_{bcp}(x)$ 영상에서 Level 2로 축소된 해상도를 가진 $I_{gbcp}(x)$ 영상에 중간값 필터 (median filter)[18]를 적용하여 $I_m(x)$ 를 획득하는 과정이 식 (3.11)이다.

중간값 필터는 선택된 영역 내에서 중심화소 주변 이웃 화소의 값을 오름차순으로 정렬한 뒤 가운데에 있는 값을 출력 값으로 선택하는 방법으로 영상에 스파크처럼 급격한 색 변화가 있는 임펄스 잡음을 제거한다. 중간값 필터를 이용하여 영상의 두드러진 잡음을 제거하는 과정이 그림 3.7이다. 중간값 필터를 사용하면 블러링 현상이 적고 물체의 경계를 잘 보존할 수 있다.

중간값 필터를 통해 스무드(smooth)해진 영상 $I_m(x)$ 에서 대기값인 무질감 영역을 획득하기 위해 먼저 경계 및 질감 영역을 추출한 후 근사영상과의 차를 이용한다. 경계 및 질감 영역을 추출하는 과정은 식 (3.12)를 이용한다.

$$I_{tex}(x) = Median(|I_m(x) - I_{gbcp}(x)|) \quad (3.12)$$

근사영상 $I_m(x)$ 에서 원영상 $I_{gbcp}(x)$ 의 차를 이용하여 경계영역이나 질감 영역을



sorting 1	2	3	3	3	4	4	4	5	12
sorting 2	2	3	3	4	4	5	10	12	
sorting 3	1	2	2	3	3	4	4	12	

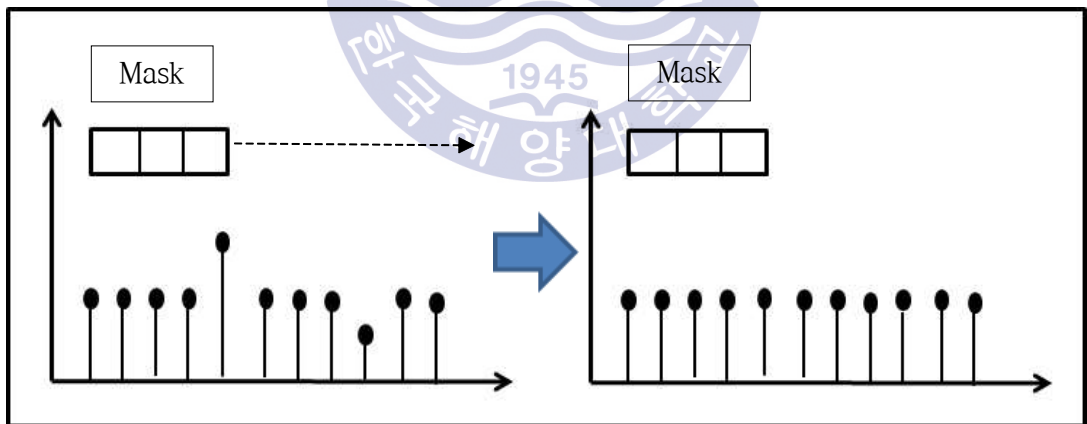


그림 3.7. 미디언 필터 처리의 예

Fig. 3.7. An example of median filtering

추출하고 미디언필터를 이용해 잡음을 제거한다. 이 질감 영역 $I_{tex}(x)$ 을 근사 영상 $I_m(x)$ 에서 제거함으로써 정제된 무질감 영역을 획득하는 과정이 식 (3.13)이다.

$$I_{smoothness}(x) = |I_m(x) - I_{tex}(x)| \quad (3.13)$$

$$I_{tbcp}(x) = \begin{cases} I_{bcp}(x), & I_{bcp}(x) > I_{smoothness}(x) \\ I_{smoothness}(x), & otherwise \end{cases} \quad (3.14)$$

식 (3.13)로부터 얻어진 무질감 영역 $I_{smoothness}(x)$ 와 대기값맵 $I_{bcp}(x)$ 의 비교를 통해 식 (3.14)와 같이 정제된 대기값 맵 $I_{tbcp}(x)$ 를 얻는다. 대기값 영상을 가우시안 피라미드를 이용해 다시 원영상 크기로 복원한다.

g_k 에서 g_{k-1} 를 복원하려면 예측차 영상이 필요하다. 가우시안 피라미드의 예측차 영상들은 라플라시안 피라미드를 형성하는데, g_{k-1} 를 복원하기 위한 예측차 영상 L_{k-1} 은 g_k 을 4배 확대한 후 g_{k-1} 과의 차를 이용해 얻을 수 있다.

3단계 가우시안 영상 피라미드의 예는 그림 3.8과 같다. 좌측은 근사 영상으로 구성된 3단계 가우시안 피라미드이고, 우측은 예측차 영상인 라플라시안 영상 피라미드이다. 여기서 L_0 , 즉 기저 영상 크기의 라플라시안 영상은 기저 영상인 g_0 과 1단계 근사 영상 g_1 을 4배 확대한 영상의 차를 통해 얻을 수 있다. 예측차 영상인 라플라시안 영상과 근사영상의 업표본화 영상의 합을 통해 영상의 복원이 이루어짐을 알 수 있다.

복원된 대기값 영상 $I_{tbcp}(x)$ 과 산란가중치가 적용된 야간영상 $I_s(x)$ 를 이용하여 전달량 $t(x)$ 를 얻는다. 전달량은 식 (3.15)와 같이 계산한다.

$$t(x) = 1.0 - w \left(\frac{L_{\max} - I_{tbcp}(x)}{L_{\max} - A} \right) \quad (3.15)$$

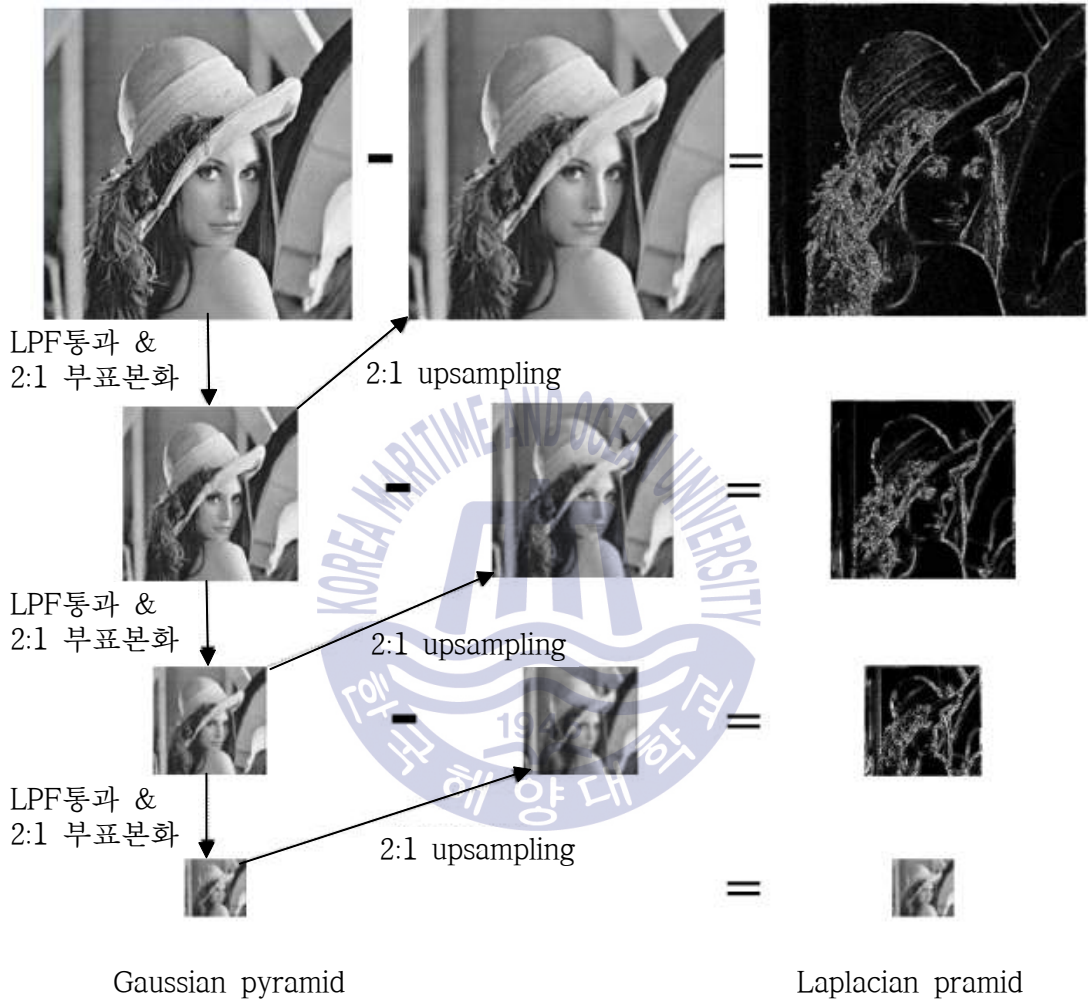


그림 3.8. 표본화를 통한 근사 영상과 예측차 영상 연산의 예
 Fig. 3.8. Example of approximate image and predict image using sampling

여기서 \max 는 최대명암도이고 μ 는 가중치이다. 이렇게 획득된 대기값과 전달량을 식 (3.5) 광학적 모델링에 대입함으로써 저조도가 개선된 야간영상 $J(x)$ 을 획득한다.

3.5 CLAHE 적용

산란가중치를 적용하는 과정에서 조명의 크기를 소폭 감소시킴으로써 영상의 최대 명암도가 감소하고 광학적 모델링을 이용해서 bright channel을 구하는 과정에서 최소 명암도가 약간의 어두운 회색 밝기를 가질 수 있기 때문에 대비를 확장할 필요가 있다. 이를 위해 CLAHE 기법을 적용한다.

지역적 밝기 개선의 방법으로 AHE 기법은 영상 내에 일정 영역의 윈도우를 적용하여 그 영역 내의 밝기, 히스토그램을 조정함으로써 대비를 확장한다. 그러나 처리하는 영역의 대비가 상대적으로 작은 밝기 분포를 가지면 잡음이 증가하는 단점이 있다. 이를 보완하는 방법이 CLAHE 기법이다. AHE 기법에서 대비 제한을 둬으로써 전역적인 밝기 개선까지 할 수 있다.

영상내에 일정 영역의 윈도우를 적용하여 밝기 값을 히스토그램으로 나타낸 후 예측한 임의의 밝기 부분을 클리핑하여 임계치 이상의 해당하는 밝기 영역의 히스토그램을 영상의 전역적인 히스토그램에 재분배하는 방법이다. 이 때 재분배되기 전 잘린 영역의 누적분포함수(CDF)와 재분배 후의 전역적 영역의 누적분포함수가 동일하다는 것을 이용한다.

저조도가 개선된 영상 $J_c(x)$ 에 CLAHE 기법을 적용하여 잡음 생성을 예방하고 지역적인 밝기 개선과 전역적인 대비 역시 확장한 개선된 야간영상 $J(x)$ 를 획득한다.

제 4 장 실험 및 고찰

제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 산란작용의 특성에 따른 결과 영상을 제시하고 기존의 DCP 방법의 결과와 비교하였다. 다양한 야간영상에 대한 성능을 확인하고 비교하기 위해 조명 특성이 다른 alley, car, sidewalk, wetroad, park로 명명된 5개의 영상에 대해 제안한 방법을 적용하였고, 비교를 위해 DCP와 MDCP 기법의 결과를 비교 제시하였다. 성능 검증은 제안한 방법을 포함한 각 방법들의 처리 전후 결과에 대한 시각적 정성적 비교 및 야간 영상 개선 정도를 나타내는 정량적 척도와 계산 시간을 산출하여 비교하였다. 실험 시 적용된 각종 파라미터 등 실험 조건들은 Table 4.1과 같다.

표 4.1 실험조건

Table 4.1 Experiment conditions about the proposed method

item	value
levels of image pyramid	3
window size of DCP	15 15
σ of spawn-weight	0.5
m (spawn-weight)	230

성능 비교를 위해 사용된 정량적 성능 지표로 CAF(Comprehensive optimal quality Assessment Function)[23]을 사용하였고 식 (4.1)과 같다.

$$AF = IE \times AC^\beta \times NGD^\gamma \quad (4.1)$$

여기서 IE (Image Entropy)는 영상의 엔트로피로 영상의 세부정보가 전반적으로 분포되어있는지를 나타내며 α 의 값은 1이고, AC (Average Contrast)는 평균

대비로 대비가 개선된 정도를 나타내며 γ 의 값은 1/4이다. GDN (Normalization Grayscale Distance)로 정규화 명암도 거리를 뜻하며 영상의 평균명암도가 중간 명암도 127에 얼마나 가까이 분포되어 있는지 정도를 나타내며 γ 의 값은 1/2이다. CAF의 값이 클수록 성능이 우수함을 나타낸다[22].

실험은 그레이스케일 영상 및 칼라 영상에 제안한 방법 및 기존의 방법들을 적용하여 결과 영상을 비교하는 식으로 진행하였다. 칼라 영상은 전역적으로 어두운 영상 두 장과 밝은 영상 두 장을 선별하여 성능을 평가하였다.

흑백으로 획득한 야간영상은 그림 4.1의 (a)와 같다. 원영상은 원거리에서 촬영되었기 때문에 전체적으로 저조도 특성을 띄고 있으며 영상의 중앙에 보이는 조명은 상대적으로 크게 밝게 보인다. 이 영상에 기존의 DCP와 DCP기법에 중간값 필터를 적용한 결과 영상은 각각 그림 4.1의 (b)와 (c)이다. DCP처리 결과 야간영상의 잡음 영향을 받아, 개선된 결과에서도 잡음이 관찰되고 전역적으로 저조도 특성은 크게 개선되었지만 대비는 오히려 축소되어 부자연스럽다.

DCP기법에 중간값 필터를 적용한 MDCP기법 결과는 (b)의 결과에 비해 잡음이 제거되었지만 영상의 중간 영역의 광원 이외 다른 반사광들이 과도하게 제거되었음에도 영상이 밝게 개선되었기 때문에 부자연스러워 보인다. 제안한 방법을 통해 개선한 결과는 그림 4.1의 (d)와 같다. 중앙 기둥 영역의 대비가 다른 방법들에 비해 잘 복원되었고, 원본 영상에 존재하는 광원들을 비교적 잘 복원하였음을 알 수 있다. 산란 가중치 적용으로 인해 밝은 영역의 값이 감소되지만, 가우시안 피라미드 처리 과정에서 해당 영역을 적당히 복원할 수 있음을 확인할 수 있다. CAF 값을 비교 해봐도 (d)의 값이 높음을 알 수 있고 계산 시간 역시 줄일 수 있음을 볼 수 있다. 각 단계별 소요시간과 정량적 개선결과는 표 4.2와 같다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4.1. Alley 영상

(a) 원영상 (b) DCP (c) MDCP (d) 제안한 방법

Fig. 4.1. Alley image

(a) Original image (b) DCP (c) MDCP (d) Proposed method

표 4.2 Alley 영상 실험 결과

Table 4.2 Tested result of alley image

	CAF	time(sec)
original image	10.56	-
DCP	24.33	1.976
MDCP	26.97	1.756
proposed method	39.41	0.911

칼라 실험영상 중 전반적으로 어두우면서 제한된 영역에서만 조명광이 강하게 보이는 특징의 영상 car영상은 그림 4.2(a)와 같다. 이 영상에서는 사물이 비교적 가까이 있고 차량의 전조등 이외의 영역은 조명의 영향을 아주 약하게 받았다. DCP를 이용하여 개선한 결과는 그림 4.2(b)와 같다. 기존의 DCP에서 나타나는 단점인 대비 축소와 야간영상의 잡음 영향이 보인다. 특히 헤드라이트 부분의 왜곡이 있는데 이는 원영상을 반전 후 대기값 A를 구하는 과정에서 해당 영역의 화소값이 크게 변했기 때문에 다시 반전하는 과정에서 원래 화소값으로 복구되지 못했기 때문이다. MDCP기법 결과는 그림 4.2의 (c)이다. DCP 결과에 비해 잡음이 해소되는 것을 볼 수 있으나 헤드라이트 영역의 왜곡은 여전히 알 수 있다. 제안한 방법으로 개선한 결과 영상은 그림 4.2의 (d)와 같다. 다른 방법에 비해 영상의 세부적인 내용이 개선되었음을 알 수 있는데 이는 제안한 방법의 처리 과정 중 질감 영역과 평탄화 영역을 추정하는 연산의 효과로 인한 것이다. 그리고 산란 가중치 적용을 통해 원영상에 비해 빛번짐이 감소되었음을 알 수 있다. 각 단계별 계산소요 시간과 정량적 결과를 표 4.3을 통해 알 수 있다. 제안한 방법이 계산 시간도 비교적 작고 CAF 값 역시 다른 기법에 비해 크므로 우수함으로 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4.2. Car 영상

(a) 원영상 (b) DCP (c) MDCP (d) 제안한 방법

Fig. 4.2. Car image

(a) Original image (b) DCP (c) MDCP (d) Proposed method

표 4.3 Car 영상 실험 결과

Table 4.3 Tested result of car image

	CAF	time(sec)
original image	13.25	-
DCP	23.78	2.576
MDCP	26.49	2.083
proposed method	29.87	1.756

전반적으로 어두우면서 그림 4.2보다 조명이 넓게 분포된 영상은 그림 4.3 sidewalk 영상과 같다. DCP를 이용하여 얻은 결과 영상은 그림 4.3의 (b)와 같고 MDCP를 이용하여 개선한 결과 영상은 그림 4.3의 (c)와 같다. 기존 DCP보다 잡음과 대비가 개선되었지만 조명이 오히려 더 번져 보인다. 제안한 방법으로 개선한 영상 (d)는 기존의 방법들에 비해 질감을 잘 복원하였고 조명의 번짐을 감소시킬 수 있음을 보인다. CAF의 값과 계산 시간은 표 4.4와 같고, 잘 개선되었음을 알 수 있다.

표 4.4 Sidewalk 영상 실험 결과

Table 4.4 Tested result of sidewalk image

	CAF	time(sec)
original image	24.25	-
DCP	31.20	3.576
MDCP	34.72	2.250
proposed method	43.23	1.866

앞의 영상들과 달리 야간에 촬영하였지만 비교적 덜 어두워보이는 영상은 각



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4.3. Sidewalk 영상

(a) 원영상 (b) DCP (c) MDCP (d) 제안한 방법

Fig. 4.3. Sidewalk image

(a) Original image (b) DCP (c) MDCP (d) Proposed method

각 그림 4.4 wetroad 영상과 그림 4.5 park 영상이다. 제안한 방법의 결과는 각각 그림 4.4(d)와 그림 4.5(d)이다. 제안한 방법은 기존의 방법들보다 처리 과정에서 조명과 같은 광원의 빛번짐 현상을 억제할 수 있었으며 야간영상의 조도를 향상시키는 동시에 대비 또한 확장된 영상을 얻을 수 있었다. 정량적 비교는 표 4.5, 표 4.6과 같고 성능이 개선되었음을 알 수 있다.

표 4.5 Wetroad 영상 실험 결과

Table 4.5 Tested result of wetroad image

	CAF	time(sec)
original image	38.69	-
DCP	42.00	1.384
MDCP	43.79	1.384
proposed method	47.68	1.091

표 4.6 Park 영상 실험 결과

Table 4.6 Tested result of park image

	CAF	time(sec)
original image	13.08	-
DCP	32.25	1.850
MDCP	37.67	1.409
proposed method	1.409	1.018



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4.4. Wetroad 영상

(a) 원영상 (b) DCP (c) MDCP (d) 제안한 방법

Fig. 4.4. Wetroad image

(a) Original image (b) DCP (c) MDCP (d) Proposed method



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4.5. Park 영상

(a) 원영상 (b) DCP (c) MDCP (d) 제안한 방법

Fig. 4.5. Park image

(a) Original image (b) DCP (c) MDCP (d) Proposed method

제 5 장 결 론

본 논문에서는 광학적 모델링과 대비 향상 기법을 이용한 계층적 야간영상 개선 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 야간영상 개선 과정에서 발생할 수 있는 조명광의 산란을 방지하기 위해 산란가중치를 계산하여 적용하였고, 광학적 모델링을 이용하여 대기값을 추정하는 과정을 효율적으로 수행하기 위해 가우시안 피라미드를 이용한 계층적 방법을 사용하였다. 또한 윈도우 기반으로 대기값을 추정할 때 소실되는 질감 정보를 유지하기 위해 중간값 필터를 이용하여 대기값 영상의 질감 및 무질감 영역을 선별하는 방법을 사용하였고, 산란가중치로 인해 축소된 최고 명암도 부근의 대비를 제한적으로 확장해주기 위해 CLAHE 기법을 사용하였다.

제안한 방법은 산란가중치를 적용하여 처리과정에서 발생하는 빛번짐 문제를 해결하였다. 광학적 모델링 적용 과정에서 중간값 필터를 통한 질감 영역과 무질감 영역 검출을 이용하여 대기값을 얻음으로써 개선 과정에서 발생하기 쉬운 잡음을 억제할 수 있었으며 경계선 영역을 보전할 수 있었다. 그리고 가우시안 피라미드를 이용하여 효율적으로 처리할 수 있었다.

실험을 통해 제안한 방법은 빛번짐 현상이나 빛의 왜곡을 방지 할 수 있음을 확인하였고, 동일한 야간영상 개선 실험에서 저대비 개선보다 물체의 원래 정보에 가깝게 대비를 확장할 뿐만 아니라 개선과정에서 발생하는 잡음 및 블러 현상을 개선하는 좋은 성능을 보였다. 제안한 방법은 계층적 구조를 이용하여 수행시간을 줄일 수 있었고 제시한 정략적 척도를 통해 개선 정도 및 효율성이 우수함을 확인할 수 있었다.

제안한 방법은 여러 다른 조건에서도 기존의 방법들보다 좋은 성능을 보였다. 이를 이용하여 시각적으로 물체와 전경의 구별이 힘든 영상의 저대비의 영상이나 야간 내의 헤드라이트와 같은 강한 빛번짐 영상에 적용할 수 있다. 이를 통해 제안한 방법을 야간 환경에서의 보안분야, 차량용 나이트 비전 같은 자동물체인식용 컴퓨터시각기술에 적용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Li Jiancheng, Liu Xingmiao, Xue Fulai, Li Jing, and Li Hongjun, "Infrared target tracking with adaptive bandwidth mean shift," *Proceedings of the 32nd Chinese Control Conference (CCC)*, pp. 4656-4660, 2013.
- [2] Dalal, N. and Triggs, B., "Histograms of oriented gradients for human detection" , *in Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. I, pp. 886-893, 2005.
- [3] Luzheng Bi, Tsimhoni O, and Yili Liu, "Using image-based metrics to model pedestrian detection performance with night-vision systems," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 10, issue. 1, pp. 155-164. 2009.
- [4] E. R. Davies, *Machine Vision, Third Edition : Theory, Algorithms, Practicallities(Signal Processing and its Applications)*, Morgan Kaufmann, 2005.
- [5] Yeong-Tage Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 43, no. 1, Feb. 1997.
- [6] Jung-Youn Kim, Lee-Sup Kim, and Seung-Ho Hwang, "An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 4, Apr. 2001.
- [7] S. Sakaue, A. Tamura, M. Nakayama, and S. Maruno, "Adaptive gamma processing of the video cameras for the expansion of the dynamic range," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 41, pp. 555-562, Aug. 1995.
- [8] J. Zimmerman, S. Pizer, E. Staab, E. Perry, W. McCartney, and B.

Brenton, “An evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 7, issue. 4, pp. 304–312, Dec. 1988.

[9] Daniel J. Jobson, Zia-ur Rahman, and Glenn A., “A multi-scale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, issue. 7, pp. 965–976, 1996.

[10] E. V. Talvala, A. Andams, M. Horowitz, and M. Levoy, “Veiling glare in high dynamic range imaging,” *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol. 26, no. 3, ACM, 2007.

[11] 조칠석, “야간 환경에서 다층 구조를 통한 빛 번짐 영역 검출,” 한양대학교 대학원 전자컴퓨터통신공학과, 석사논문, 2014.

[12] Liang, H. Yao, S. Zhang, X., Lu, and W. Zeng, “Night video enhancement using improved dark channel prior,” *2013 20th IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 15–18, 2013.

[13] X. Dong, G. Wang, Y. Pang, and W. Li, “Fast efficient algorithm for enhancement of low lighting video,” *2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1–6, 2011.

[14] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing, Second Edition*, Addison-Wesley, 1992.

[15] S. M. Pizer., R. E. Johnston., J. P. Ericksen., B. C. Yankaskas., and K. E. Muller. : *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*. In: *P. Heckbert: Graphics Gems IV*, Academic Press 1994.

[16] E. H. Adelson, C. H. Anderson, J. R. Bergen, P. J. Burt, and J. M. Ogden, “Pyramid methods in image processing,” *RCA engineer*, vol. 29–6, pp.

33-41, 1984.

[17] Hua-mei Chen and P. K. Varshney, "A pyramid approach for multimodality image registration based on mutual information," *IEEE International Conference on Information Fusion*, vol. 1, pp. 3-9, 2000.

[18] Brownrigg, D. R. K. "The weighted median filter," *Communications of the ACM*, vol. 27.8, pp. 807-818, 1984.

[19] 양정은, 양승용, 홍석근, 조석제, "지역적 밝기 변화에 강인한 물체 인식을 위한 지역 서술자와 엔트로피 기반 유사도 척도에 관한 연구," *한국마린엔지니어링학회지*, vol. 38, no. 9, pp. 1112-1118, 2014.

[20] 양승용, 양정은, 홍석근, 조석제, "히스토그램 정보와 dark channel prior를 이용한 다해상도 기반 단일 영상 안개 제거 알고리즘," *한국마린엔지니어링학회지*, vol. 39, no. 6, pp. 649-655, 2015.

[21] 양정은, 조석제, "광학적 모델링과 대비향상 기법을 이용한 계층적 야간 영상 개선," *한국통신학회 학술심포지움 논문집*, vol. 4, no. 1, pp 39-42, 2015.

[22] Byong-Seok Min and Tae-Kyung Cho, "A novel method of determining parameters for contrast Limited adaptive hisogram equalization," *Jornal of Korean Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 14, no. 3, pp. 1378-1387, 2013.

[23] J. Cheng, X. Lv, and Z. Xie, "A Predicted Compensation Model of Human Vision System for Low-light Image," *Proceeding of 3rd international Congress on Image and Signal Processing*, pp. 605-609, 2010.