

# 저 복잡도를 갖는 단일 영상 안개 제거 및 압축 기법과의 관계

김중호\*

\*순천대학교 인공지능공학부

e-mail:jhkim@scnu.ac.kr

## Low Complexity Single Image Dehazing and Its Relations with Image Compression

Jongho Kim\*

\*Dept. of Artificial Intelligence Engineering, Sunchon National University

### 요약

본 논문에서는 기상 및 환경 요인에 의해 열화되기 쉬운 실외 영상을 효과적으로 활용하기 위하여 저 복잡도를 갖는 안개 제거 방법을 제안하고, 안개 제거 방법과 영상 압축과의 관계를 살펴본다. 안개 제거를 위해 전달량을 추정하는 과정에서 패치 단위 연산을 사용할 때 에지 근처에서의 한계를 극복하기 위하여 에지와 객체 내부를 구분하고, 이에 따라 전달량 추정 방법을 달리 적용하여 에지 보존 성능이 우수하면서 연산량을 감소시키는 방법을 제안한다. 실외 영상을 활용하기 위하여 압축 후 안개를 제거하는 경우와 안개를 제거한 후 압축하는 경우로 나누어 압축률에 따른 화질을 살펴본 결과 안개를 제거한 후 압축하는 경우가 우수함을 실험을 통해 확인한다. 영상 압축 후 안개를 제거하는 경우 압축에 의한 왜곡이 안개 제거 과정에서 더욱 강조되어 결과적으로 화질을 악화시킨다. 이러한 실험 결과는 실외 영상을 활용하기 위한 시스템을 설계하는데 효과적인 방법을 제시한다.

### 1. 서론

실외 영상을 활용하여 다양한 컴퓨터 비전 시스템을 구축할 때 안개, 스모그 등 기상 및 환경요인으로 인한 화질 열화를 개선하는 방법과 더불어 실외 영상을 효과적으로 압축하는 방법도 중요하다[1]. 이는 시스템의 설계 측면에서 두 가지 형태로 나누어 생각할 수 있는데, 영상을 획득하는 부분(remote)에서 화질을 개선하는 경우와 서비스를 제공하는 부분(server)에서 화질을 개선하는 경우로 구분할 수 있다. 전자는 개선된 화질의 영상을 압축하여 전송하기 때문에 전송 대역폭을 줄일 수 있다는 장점이 있는 반면, 계산 복잡도 및 컴퓨팅 자원의 요구량이 증가하는 단점이 있다. 후자는 압축하여 전송된 영상의 화질을 개선함으로써 저장 용량을 줄이거나 실시간 활용이 용이하다는 장점이 있으나, 압축 과정에서 발생하는 다양한 왜곡 또는 화질 열화가 안개 제거 과정을 통해 강화될 수 있는 단점이 있다.

안개와 같은 요소가 포함되어 대비(contrast)가 감소한 실외 영상에 대한 다양한 화질 개선 기법이 발표되어 왔는데, 크게 복수의 영상으로부터 깊이(depth) 정보를 얻고, 이를 이용하여 안개를 제거하는 방법과 단일 영상에서 추출한 사전 정보를 이용하여 제거하는 방법으로 구분할 수 있다[2,3]. 그

중에서 dark channel prior (DCP)를 활용한 안개 제거 기법은 우수한 성능으로 인해 이를 기반으로 한 다양한 방법이 연구되고 있고[4], 최근에는 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)을 기반으로 한 방법들이 제안되어 우수한 화질 개선 성능을 보이고 있다[5]. 화질 개선 및 영상의 대비 개선의 측면에서는 우수한 성능을 나타내는 다양한 방법들이 발표되고 있지만, 이들 방법과 영상 압축과의 관계를 본격적으로 다룬 결과가 매우 적은 것이 현실이다. 본 논문에서는 실외 영상의 효과적인 서비스를 위하여 저 복잡도의 단일 영상 기반 안개 제거 기법을 제안하고, 화질이 개선된 영상과 압축과의 관계를 실험적으로 보이도록 한다. 안개 제거와 압축의 관계는 영상 획득 부분에서 이루어지는 안개 제거 후 압축 과정과 서비스 제공 부분에서 이루어지는 압축 후 안개 제거 과정에 대해서 화질 열화 및 율-왜곡 관계 등의 측면에서 실험 결과를 보이도록 한다.

### 2. 저 복잡도를 갖는 단일 영상 안개 제거

단일 영상 안개 제거에서 주로 사용하는 광학적 모델은 식 (1)과 같다.

$$y(m, n) = x(m, n)t(m, n) + a(1 - t(m, n)) \quad (1)$$

이때, 픽셀 위치  $(m, n)$ 에서  $y$ 는 카메라를 통해 획득된 안개가 포함된 영상,  $x$ 는 복원해야 할 원영상,  $a$ 는 대기광 컬러 혹은 영상의 안개값,  $t$ 는 전달량, 즉 획득된 영상에 안개가 포함되어 있는 정도를 나타내며,  $x, y, a$ 는  $r, g, b$  성분을 포함한 벡터량이다.

DCP 기반 안개 제거에서 성능과 복잡도에 가장 크게 영향을 미치는 부분은 전달량 추정인데, 패치 단위의 연산은 안개값을 추정하는데 용이하지만 에지 근처와 같이 깊이 정보가 급격하게 변하는 부분에서는 정확도가 떨어져 복원 영상에서 후광효과와 같은 열화 현상을 포함하는 단점이 있다. 반면 픽셀 단위의 연산은 에지 보존 성능이 우수하지만 안개값을 올바르게 추정하지 못하는 단점이 있다. He 등은 이러한 점을 개선하기 위해 먼저 패치 단위의 전달량을 이용하여 안개값을 추정하고, 매팅(matting) 또는 guided image filtering (GIF) 등을 사용하여 정련하는 2단계 처리를 제안하였는데, 뛰어난 성능에 비해 계산 복잡도 및 메모리 요구량이 크게 증가하여 실시간 응용 등에 한계를 나타낸다[4].

패치 단위 연산과 픽셀 기반 연산의 특성을 효과적으로 결합하여 전달량을 추정하면 정련 과정 없이 저 복잡도 안개 제거 성능을 달성할 수 있다. 전달량은 영상의 깊이 정보에 관련되어 있기 때문에 동일한 객체의 픽셀들은 유사한 전달량을 갖는다. 즉  $(m, n)$  위치의 픽셀에 대해 픽셀 단위 전달량과 패치 단위 전달량의 차이가 작으면 해당 픽셀은 패치가 포함된 객체에 속할 가능성이 높기 때문에 패치 단위의 연산을 사용하고, 그 차이가 크면 해당 픽셀이 에지 근처에 있을 가능성이 높기 때문에 픽셀 단위의 연산을 사용하도록 한다. 제안하는 방식의 전달량 추정 방법은 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$y^d(m, n) = \frac{1}{W}(\alpha p(m, n) + \sum w_{(m, n)}(i, j)b(i, j)) \quad (2)$$

이때,  $y^d$ 는 입력 영상에 대한 dark channel 영상,  $p$ 는 픽셀 단위 dark channel 영상,  $b$ 는 패치 단위 dark channel 영상,  $W$ 는 정규화를 위해  $a$ 를 포함한 가중치의 전체 합,  $(i, j)$ 는 현재 픽셀 위치를 포함하는 패치와 주변 8개 패치의 위치,  $a$ 는 현재 픽셀에 대한 dark channel을 강화하기 위한 가중치,  $w_m$ 는 각 패치에 대한 가중치를 각각 의미한다. [그림 1]은 제안하는 안개 제거 방법에 의한 적용 결과를 나타낸다.

### 3. 안개 제거와 영상 압축의 관계

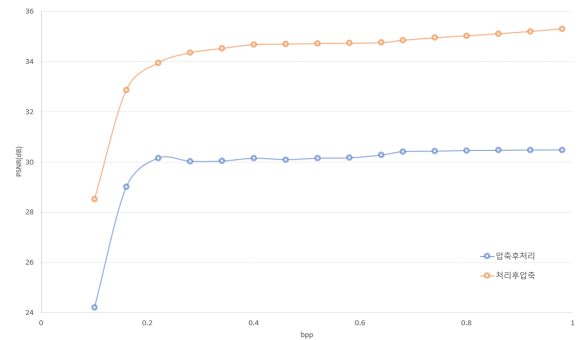
안개 제거 방법을 적용한 영상을 압축하는 경우와 압축된 영

상에 안개 제거 방법을 적용했을 때 대표적인 왜곡인 블록킹 현상(blocking effect)이 어떻게 나타나는지 살펴보고자 한다.



[그림 1] 안개 제거 결과 (a) 안개 영상 (b) He et al.의 방법 (c) 제안하는 방법

JPEG과 같은 손실 압축 기법에서 블록킹 현상은 블록 단위 DCT 및 양자화를 수행하면서 디테일을 표현하는 고주파 성분의 부족으로 인해 주변 블록과의 경계가 두드러지게 나타나는 현상이다. 블록킹 현상은 원 영상에 없었던 고주파 성분이 복원된 영상에 포함된 것으로 해석할 수 있다. 안개 성분은 저주파 성분이 대부분이지만 일반적인 잡음과 유사하게 전 주파수 성분이 포함되어 있고, 안개 제거 방법은 이러한 성분을 적절하게 제거하기 위한 방법이다. 따라서 압축 및 복원에 따른 차이가 안개 제거 방법에 영향을 미치지 때문에 일반적으로 안개를 제거한 후 압축을 시행하는 경우가 압축을 시행한 후 안개를 제거하는 경우보다 안개 제거 성능이 우수하고 압축에 의한 블록킹 현상이 덜 두드러지게 나타나게 된다.



[그림 2] 안개 제거와 압축과의 관계

[그림 2]는 압축 후 안개 제거를 적용한 경우와 안개 제거 후 압축을 적용한 경우에 대한 화질 비교 결과를 나타낸다. 화질비교는 PSNR로 측정하였고, bpp(bit per pixel)로 측정된 압축률에 따른 화질을 나타냈다. 그림에서 확인할 수 있는 바와 같이 안개 제거 후 압축을 적용하는 경우가 우수한 화질을 나타냈다. 이러한 특성은 고압축률보다 저압축률에서 더욱 두드러졌고, 고압축률에서는 안개 제거의 유무와 관계없이 화질 열화가 상당히 심각하게 발생하기 때문으로 판단된다.

앞서 기술한 바와 같이, 압축 후 안개 제거 방식은 압축에 의한 왜곡을 포함한 상태에서 적용되기 때문에 화질의 상승에 한계가 있었고, 기본적으로 안개 성분은 영상의 대비를 감소시켜 픽셀 간 유사성이 증가하므로 안개 영상에 대한 압축 성능이 원 영상의 압축의 경우보다 우수할 것으로 예상하였으나, 실험 결과는 반대로 나타났다. 이는 안개 제거 알고리즘이 저주파 성분과 고주파 성분을 모두 변화시키고, 이와 더불어 압축 알고리즘에 의해 발생된 고주파 성분의 왜곡까지 더해져 화질 열화를 증가시키고 PSNR로 측정된 화질을 더욱 열화시키는 결과로 나타난다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 안개 및 미세먼지와 같은 기상과 환경 요인에 영향을 받기 쉬운 실외영상을 효과적으로 활용하기 위하여 저 복잡도를 갖는 안개 제거 방법을 제안하고, 안개 제거 방법과 영상 압축 기법과의 관계를 살펴보았다. 안개 제거 알고리즘에서 전달량을 구하는 과정이 가장 연산량을 많이 필요로 하는데, 매우 큰 행렬 연산과 두 단계의 연산을 필요로 하기 때문이다. 제안하는 방법에서는 전달량을 예측하기 위하여 에지 근처에서의 전달량 예측 방법과 객체 내에서의 전달량 예측 방법을 결합하여 사용함으로써 행렬 연산을 필요로 하지 않고, 한 단계의 연산만을 사용하여 저 복잡도로 구현할 수 있도록 하였다. 또한 영상의 실제 응용에서는 압축 기법과의 결합이 필수적인데, 본 논문에서는 안개 제거 후 압축의 경우와 압축 후 안개 제거의 경우로 나누어 그 효과에 대해 살펴보았다. 다양한 압축률에서의 실험 결과 안개 제거 후 압축의 경우의 화질이 우수함을 알 수 있었고, 따라서 시스템 설계 측면에서 영상 획득 부분(카메라 등)에 안개 제거 기능을 포함해야 함을 알 수 있었다.

앞으로 더욱 다양한 영상을 대상으로 압축과 안개 제거 방법과의 관계를 실험하고, 그 원인에 대한 분석을 정밀하게 수행할 예정이다. 더불어 동영상 압축 방법과의 관계도 다양한 측면에서 살펴보고 안개 제거 방법과 영상 압축 방법과의 관계를 종합적으로 다루어 영상을 활용하는 시스템의 설계에 효과적으로 적용하기 위한 방법을 찾을 계획이다.

#### 감사의 글

본 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임 (NRF-2021R11A3056637)

#### 참고문헌

- [1] J. Tarel and N. Hautiere, "Fast visibility restoration from a single color or gray level images," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis.*, Sep. 2009, pp. 2201-2208.
- [2] R. T. Tan, "Visibility in bad weather from a single image," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, Jun. 2008, pp. 1-8.
- [3] R. Fattal, "Single image dehazing," *ACM Trans. Graph.*, vol. 27, no. 3, pp. 1-9, Aug. 2008.
- [4] K. He, J. Sun, and X. Tang, "Single image haze removal using dark channel prior," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 33, no. 12, pp. 2341-2353, Dec. 2011.
- [5] J. Kim, "Efficient single image dehazing by pixel-based JBDCP and low complexity transmission estimation," *J. Korea Institute of Electronic Communication Service*, vol. 14, no. 5, pp. 977-984, Oct. 2019.