

Bilateral 필터의 Sigma 편차를 이용한 차량 영상 Deblur 알고리즘

Deblurring Algorithm for Vehicle Image Processing Using Sigma Variation of Bilateral Filter

손 휘 곤 *, 김 희 석**

Hwi-Gon Son*, Hi-Seok Kim**

Abstract

Automotive electronics system must alarm accurately in every moment. In order to apply vehicle's image recognition algorithms, it is necessary to preprocess the system quickly. In this paper, blurred image correction method that utilizes histogram equalization and bilateral filter using deviation for driver assist system's image processing is proposed. It forms 5-stage processes namely scaler, equalization, modified noise filter, blur decision and edge detector. Using the extracted proper values in bilateral filter for driving environment occurred driver assist system, the proposed algorithm is much faster processing time compare to the previous methods in blurred within 10 pixel. Results of experiment which are run time and experimental PSNR results using MATLAB is obtained and verified that our proposed algorithm is more faster performance compare with the existing methods.

요 약

차량 전장시스템은 매 순간마다 정확한 인식을 통하여 사용자에게 정확한 경보를 전달해야 한다. 따라서 차량 영상 인식 알고리즘을 적용하기 위하여 빠른 전처리 시스템이 필요하다. 본 논문은 운전자 보조 시스템의 영상 처리를 목적으로 histogram equalization과 편차를 이용한 bilateral Filter를 사용하여 blur 영상을 보정하는 방법에 대해서 제안하였다. 제안한 시스템은 영상 스케일, 평활화, 노이즈 필터, 윤곽선 추출 순으로 총 5단계로 구성되며, bilateral filter의 과 값을 운전자 보조 시스템에서 나타나는 도로의 주행 현상에 적합하게 추출하여 10픽셀 이하의 blur를 기존의 방법들보다 빠르게 처리하였다. 실험 결과는 MATLAB을 사용하여 소요시간 및 PSNR을 구하였으며 기존의 방법과 비교하여 본 논문의 결과가 처리속도가 빠름을 입증하였다.

Key words : ADAS, blur, stabilization, image, pre-process

* Dept. of Electronics Engineering, CheongJu University

★ Corresponding author

khs8391@cju.ac.kr, 043-229-8452

※ Acknowledgment

- This research was partially supported by the Cheongju University Research Scholarship Grants in 2013, This work was supported by the Industrial Core Technology Development Program(10049192, Development of a smart automotive ADAS SW-Soc for a self-driving car) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy Manuscript received April. 9, 2015; revised May. 6, 2015 ; accepted May 11. 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)는 차선의 이탈 및 진행 경로를 알려주는 LDW(Lane Departure Warning)[1], 차량의 주변 360도를 한 눈에 볼 수 있는 AVM(Around View Monitor)[2] 등 운전자가 안전하게 운전을 할 수 있게끔 도와주는 자동차전장시스템이다. 이러한 어플리케이션은 주로 카메라를 통한 영상처리와 센서 값을 통해서 이루어지는데, 카메라를 통해 영상을 인식할 경우 카메라의 흔들림, 아웃 포커싱, 피사체의 빠른 움직임 등으로 blur가 발생한다. 영상 촬영 시 대부분의 경우에는 blur 현상이 발생하면 재촬영을 통해 선명한 영상을 획득하지만 특정 순간을 기록하여 빠른 처리를 요하는 차량의 영상인 경우 매 순간마다 blur가 없는 선명하고 정확한 영상을 요하기 때문에 deblur 기술이 필수적이다[3].

영상 처리를 이용한 deblur 방법으로는 FT(Fourier Transform)[4]를 이용한 주파수 영역에서의 보정, 모션 벡터(Motion vector)[5]를 이용한 보정, 센서를 이용한 보정[6]으로 나뉜다.

주파수 영역에서의 보정은 blur kernel이 주어지지 않아 blur kernel과 선명한 영상을 모두 복원해야 하는 blind deconvolution으로 구분이 된다[4]. 실제 영상 촬영 시에는 blur kernel이 주어지지 않는 경우, blind deconvolution 방법을 이용하여 PSF(Point Spread Function)을 구하여 복원해야 하므로 많은 연산량을 필요로 하며 소프트웨어로 구성 시에 처리 속도가 영상 전송속도를 따라오지 못하는 단점이 있다.

모션 벡터를 이용한 방법은 하나 또는 여러 개의 표본 윈도우를 통하여 흔들린 방향을 찾아내어 복원하는 방법이다[5]. Blur 방향을 찾는 방법이 부분적으로 구하여 적은 수의 빈(bin)에 담게 되므로 주파수 영역에서 PSF를 구하는 방법보다 빠르지만 다시 복원하는 과정에서 구간별로 적용하여 새롭게 저장하게 되므로 역시 많은 연산량과 메모리를 필요로 하는 단점이 있다.

센서를 이용한 방법은 센서를 이용한 방법은 연산량이 적고 카메라의 흔들림과 같은 물리적 흔들림 보정에서 매우 정확하지만 아웃 포커싱 또는 저조도 상태에서 자주 일어나는 모션 블러와 같은 경우에는 추가적으로 센서를 갖춰야 하기 때문에 비효율적인 면에서의 단점이 있다[6].

ADAS에 적합한 영상인식 알고리즘은 표지판, 보행자, 차선 등 필요한 중요 특징점만 검출할 수 있는

빠른 알고리즘이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 bilateral filter의 σ 값을 한정시켜 빠르게 중요 특징점을 검출하는 방법을 제안한다.

II. 화질 개선

1. Histogram Equalization

카메라는 사람의 눈에 비해 색 인식 범위가 좁다. 색의 인식 범위가 좁은 경우, 영상의 히스토그램의 폭이 좁아지고 결국 낮은 색 대비를 갖는다. 즉 색상의 표현이 고루 이루어지지 않아 윤곽선 추출에서 원치 않는 결과를 낳는다. 이러한 문제점을 보완하여 영상의 강도 값을 확고히 하고 히스토그램의 스파이크 모양을 제거하는 방법으로 HE(Histogram Equalization)[8]를 사용한다.

HE는 누적합의 분포가 선형적임을 이상적인 모델로 두고 어긋나있는 누적합의 값을 선형적으로 보정하여 화질을 향상 시킨다.

HE를 나타내는 식은 식 (1)과 같이 나타내며, r 은 평활화 전 영상에서 강도이고 s 는 평활화 후 강도이다.

$$S_i = T(r_i) = r_k \sum_{j=0}^i p_r(r_j) = \frac{r_k}{MN} \sum_{j=0}^i n_j \quad (1)$$

HE 방법은 낮은 색 인식 범위에서의 영상을 향상시킬 수 있으나, 경우에 따라 색상이 자연스럽게 못하다.

HE의 문제점을 보완하기 위하여 여러 알고리즘이 제안되었으며, 그 중 AHE(Adaptive Histogram Equalization)[9]는 영상을 윈도우로 나누고 각 윈도우에 HE를 적용하는 방법이다. 전체적으로 대비 값을 적용시키는 일반적인 HE와 달리 지역적으로 평활화를 적용시키기 때문에 자연 영상 또는 의료 영상과 같이 세세함을 표현하기에 좋은 보정 방법이다. 그러나 지역적으로도 과하게 증폭되는 경우가 있어 몇몇 지역에서 잘못된 보정이 이루어 질 수 있다.

다른 방법인 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)[10]는 주 명도 값을 높은 레벨로 인식하여 잘못된 보정이 되는 AHE의 단점을 보완하는 화질 향상 방법이다. CLAHE는 명도 대비의 한계 값을 clip 파라미터로 두고 clip 값 이상으로 누적 값이 올라갈 경우 넘는 만큼 잘라내어 다른 레벨에 누적시킨다.

CLAHE를 통하여 AHE보다 더욱 자연스러운 영상을 얻을 수 있으나 ringing과 같은 왜곡 잡음이 생길

수 있으므로, 왜곡 잡음 발생이 많은 경우에는 HE를 주로 사용한다.

2. Bilateral Filter

영상의 윤곽선을 보존시키며 노이즈를 제거할 수 있는 방법으로는 median filter[11]와 bilateral filter[12]가 있다. Median Filter는 노이즈 제거를 위해 사용하는 비선형 필터로 노이즈 제거는 마스크 내 화소 값들을 크기순으로 정렬했을 때 가운데 값을 출력하여 윤곽선 추출과 같은 영상 후처리 결과를 향상시킬 수 있다. 그러나 노이즈 제거 및 윤곽선 보존이 가능한 반면 영상의 색상 변질 정도가 강해 사물의 형태가 바뀐다. Median Filter는 식 (2)와 같이 나타내며, w 는 이웃 픽셀을 뜻하며 y 는 $[m, n]$ 안에 있는 중간 값을 의미한다.

$$y[m, n] = median\{x[i, j], (i, j) \in w\} \quad (2)$$

Bilateral filter는 median filter보다 복잡한 연산을 갖지만 노이즈 제거에 비해 색상 변질 정도가 심해지는 median filter의 단점을 보완할 수 있는 방법이다. 가우시안 분포를 이용하는 bilateral filter는 이웃된 픽셀을 이용한 가중치를 통하여 윤곽선을 효과적으로 보존 처리하며 노이즈 역시 제거하게 된다. 따라서 본 논문에서는 bilateral Filter를 사용하여 영상 인식률을 향상시키고자 한다.

Bilateral Filter의 식 (5)는 식 (3)의 가우시안 분포를 갖는 공간 D ,와 식(4)의 범위 R 부분으로 나눌 수 있고 그에 따라 윤곽선을 위한 D 의 편차 값 σ_d 와 노이즈 제거를 위한 σ_r 을 이용하여 분포의 확산을 정한다. (x_1, y_1) 는 bilateral Filter를 통해 보정하고자 하는 현재 화소의 위치를 나타내며 N 은 (x_1, y_1) 의 주변 이웃 화소 집합을 나타내고 (x_2, y_2) 는 N 에 속하는 화소들의 위치를 나타낸다. 또한 $I(x_2, y_2)$ 는 화소의 위치가 (x_2, y_2) 일 때 화소 값을 나타낸다.

$$D = e^{-\frac{\|(x_2, y_2) - (x_1, y_1)\|^2}{2\sigma_d^2}} \quad (3)$$

$$R = e^{-\frac{|I(x_2, y_2) - I(x_1, y_1)|^2}{2\sigma_r^2}} \quad (4)$$

$$I(x_1, y_1) = \frac{1}{C} \sum_{(x_2, y_2) \in N} \{D \times R \times I(x_1, y_1)\} \quad (5)$$

식(5)에서 C 는 식(6)으로 나타내었으며, 식(5)를 정규화하여 새로운 보정값 $I(x_1, y_1)$ 을 나타낸다.

$$C = \sum_{(x_2, y_2) \in N} e^{-\frac{\|(x_2, y_2) - (x_1, y_1)\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{|I(x_2, y_2) - I(x_1, y_1)|^2}{2\sigma_r^2}} \quad (6)$$

III. 제안한 알고리즘

기존의 deblur 방법들은 미세한 부분까지 영상을 복원시키는 것에 초점을 두었기 때문에 실시간으로 이용하기에 연산량이 많다[4]. 따라서 제안한 알고리즘은 자동차 주행 시 발생하는 카메라 영상의 떨림, 피사체 이동과 같은 blur가 생기는 경우 연산량을 줄이기 위하여 10픽셀을 기준으로, 기준 이하의 blur를 그림 1.의 5 단계의 과정을 통해 보정하고자 한다.

(1) Step 1. Scale down

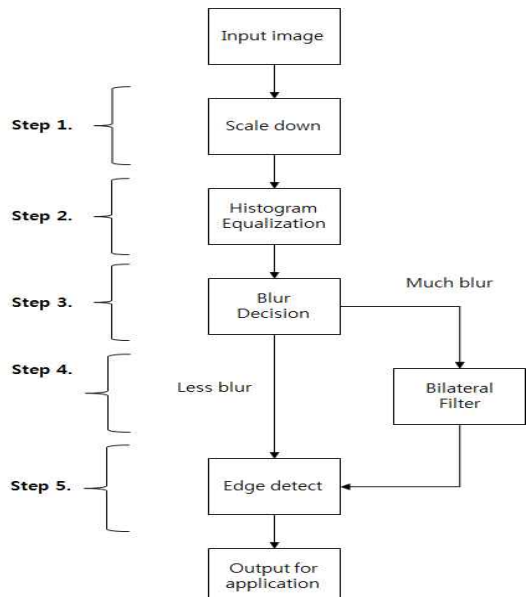


Fig 1. Process of proposed method

그림 1. 제안한 방법의 과정

카메라로부터 얻는 영상은 영상인식에서 Nearest neighborhood방법을 이용하여 영상의 스케일 사이즈를 축소한다. 스케일 축소 시에 영상의 계단현상 등으로 화질의 저하를 가져오지만 연산량이 감소되며 윤곽선 추출에 있어서는 원 영상보다 높은 인식률을 갖을 수 있는 0.5배[7]의 스케일로 축소한다.

(2) Step 2. Histogram Equalization

히스토그램 평활화 방법에는 기본 HE를 바탕으로 AHE 및 CLAHE 등이 있고 가장 발전된 형태인 CLAHE가 주로 사용되지만 본 논문에서는 자동차 영상인식을 위한 방법으로 서브 윈도우마다 평활화를 수행하는 CLAHE 방법보다 빠른 연산과 특징 윤곽선을 추출하는 HE방법[8]을 적용한다.

(3) Step 3. Decision Filter

평활화를 거친 영상은 식(7)을 통하여 blur의 양에 따라 bilateral Filter를 선택적으로 수행한다.

$$\begin{aligned} \text{Bilateral Filter,} & \text{ if } |X_k - X_{k-1}| < \epsilon \\ \text{Edge Detect,} & \text{ else} \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)에서 X 는 k 번째 프레임에서 blur의 양으로, blur의 양을 결정할 상수 값인 ϵ 보다 적을 경우 less blur로 판별하고 ϵ 보다 클 경우에 much blur로 판별한다. blur의 양은 차량의 주행 속도에 따라 변화할 수 있다. 일반적으로 저속으로 주행해야 하는 도로 환경과 같은 경우에는 주변 건물 및 사물들이 많아 노이즈를 많이 갖게 된다. 고속으로 주행해야 하는 고속도로와 같은 경우에는 속도에 의해 많은 노이즈가 제거되기 때문에 Step 4.의 bilateral Filter 단계를 수행하지 않고 Edge detect 단계를 수행한다.

(4) Step 4. Bilateral Filter

Bilateral Filter는 윤곽선을 보존하면서 노이즈를 제거하는 필터로 도로 환경을 정확히 인식하기 위해서는 영상의 객체간의 경계에서 색상의 대비를 높여 확실한 윤곽선을 구해야 하며, 색상에서는 색 대비를 낮추어서 불필요한 노이즈를 제거해야 한다. 따라서 윤곽선의 뚜렷한 추출을 위해 편차 값을 높게 지정해야 하고 색상의 노이즈를 줄이기 위해 편차 값을 낮게 지정해야한다. 영상의 프레임마다 해당 영상에 대해 알맞은 편차를 구하는 것은 복잡한 연산을 반복하게 되므로 높은 연산량을 갖는다.

Bilateral Filter의 경우에는 두 가지 편차 σ_r 와 σ_d 를 사용하여 윤곽선을 보정하고 노이즈를 제거한다. 거리에 따른 편차 σ_d 는 가우시안 분포의 노이즈 제거용 가중치이며, 편차 σ_r 은 윤곽선 보존하기 위한 가중치이다. 따라서 본 논문에서는 σ_r 와 σ_d 의 관련성을 고려하여 그림 2.의 결과를 이용하여 자동차 영상 인식처리에 적절하게 σ 값을 고정시켜 연산량을 감소시킬 수 있다.

σ_r 와 σ_d 는 영상의 유사도를 비교하기 방법으로 사용하는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로부터 구할 수 있다. 아래 식(8)은 PSNR이 최대일 때의 수식을 나타낸다.

$$PSNR_{\max} = 10 \log_{10} \left(\frac{L-1}{MSE_{\min}} \right) \quad (8)$$

식 (8)의 MSE는 식 (9)로 나타내며, A 는 원본 영상이며 B 는 blur 영상의 보정 후 영상을 나타낸다.

식(9)에서 MSE 값은 σ^2 으로 근사화 시킬 수 있으며 σ 값은 식(10)와 같이 나타낸다.

$$MSE_{\min} = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (A(i,j) - B(i,j))^2 \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (A(i,j) - m)^2}{NM}} \quad (10)$$

따라서 PSNR값을 최대화 시키기 위해서는 σ 값을 최소화 시켜야함을 알 수 있다. 그러나 단일 σ 값을 최소화 시킬 경우에 노이즈에 의한 윤곽선이 발생하기 때문에 bilateral filter에서 σ 값을 윤곽선에 관한 σ_d , 노이즈 제거를 위한 σ_r 로 구분하여 각 σ 값을 적정하게 구하여 PSNR을 최대화한다. σ_d 와 σ_r 값의 범위를 지정하기 위해서 T (Threshold)의 지정이 되어야 하며 이때의 T 는 표준정규분포(식 (11)에서 $m=0, \sigma=1$ 인 정규분포)의 편차값인 $\sigma=1$ 을 사용한 다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (11)$$

따라서 지정한 T 를 이용한 σ_d 와 σ_r 값의 범위는 다음 식(12)과 같이 나타낸다.

$$\begin{cases} \sigma_d : 0 < \sigma_d < T \\ \sigma_r : 0 < T < \sigma_r \end{cases} \quad (12)$$

그림 2는 σ_r 의 값을 0.1부터 5까지, σ_d 의 값을 0.1부터 10까지 0.1 단위로 변화하여 구한 데이터에서 PSNR 값이 명확히 구분할 수 있는 σ_r 과 σ_d 를 구한 결과로 가로축은 σ_d 값으로 0.1, 1.1, 2.1, 3.1 5를 나타

내며 σ_r 은 1.1, 3.1, 5.1, 7.1, 9.1이고 막대 그래프로 각각을 그림 2.에 나타내었다. 그림 2.의 (a), (b), (c)는 단계 1, 2, 3, 4, 5의 단계를 수행하여 구한 보정된 영상 결과이다. 이에 따른 PSNR값을 세로축에 나타내었으며, 지정된 범위 내에서 $\sigma_d = 0.1$, $\sigma_r = 1.1$ 인 경우, 최대 PSNR 결과를 구할 수 있었다.

(5) Step 5. Edge detection

윤곽선 추출에는 주로 캐니 필터(Canny filter)[13]를 이용한다. 캐니 필터는 먼저 가우시안 필터를 이용하여 노이즈 제거를 하고 윤곽선을 추출하여 기울기의 방향과 강도를 이용해 non-maximum suppression을 적용하여 최소한의 윤곽선을 추출하며 마지막으로 hysteresis 기법에 따라 윤곽선을 결정한다. 캐니 필

터는 윤곽선의 추이를 통해 판단하기 때문에 최적의 윤곽선 추출 기법이다. 그러나 노이즈를 제거하는 가우시안 필터 부분에서 노이즈뿐만 아니라 윤곽선 역시 보존하지 못하고 간혹 생기는 강한 노이즈를 윤곽선으로 판단하는 경우도 있어 다른 정상 윤곽선과 연결하여 인식을 저하에 요인이 된다. 또한 기울기를 이용해 윤곽선을 판단하기 때문에 연산속도가 다른 윤곽선 추출 필터에 비해 현저히 느리다. 따라서 제안한 방법에서는 차량 영상 인식처리에 주로 사용하는 대각선 윤곽선을 추출하기 쉽고 연산 속도가 빠른 소벨 필터[14][15]를 이용하여 윤곽선을 추출한다.

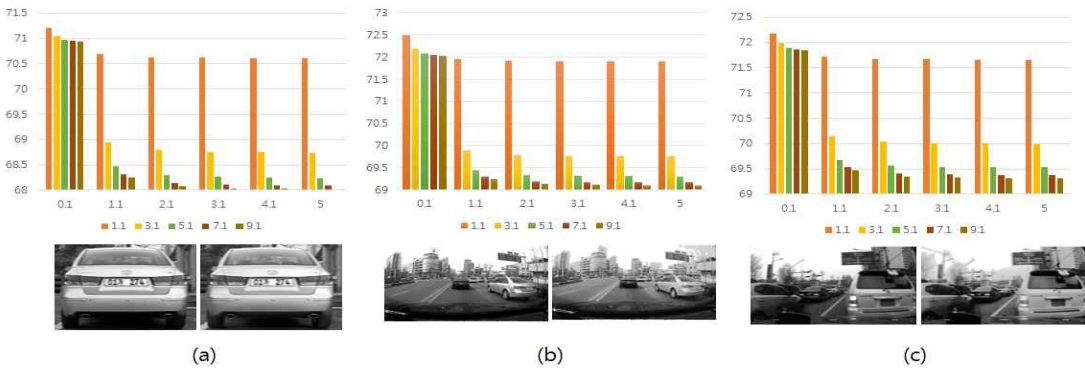


Fig 2. Comparison of deblurred image with blurred image. (a) is 'parking' image (b) is 'downtown' image (c) is 'traffic' image

그림 2. blur 영상과 보정된 deblur 영상의 비교. (a)는 'parking'영상 (b)는 'downtown' 영상 (c)는 'traffic' 영상

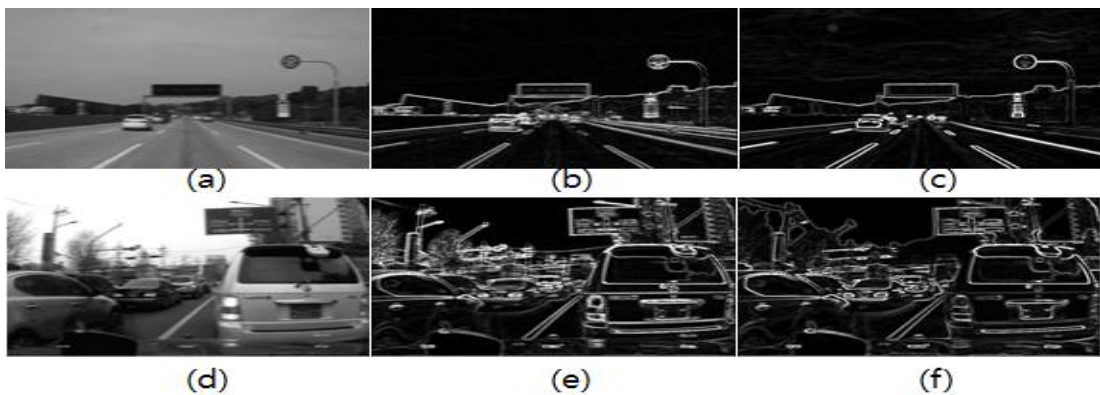


Fig 3. Edge comparison of original with our method's

그림 3. 보정 전 윤곽선과 보정 후 윤곽선 비교

IV. 실험 결과

제안한 방법은 20 Km의 속도에서 급회전 시에 발생하는 10픽셀의 환경에서 실험하였으며, 시뮬레이션은 Intel i5-3.1Ghz의 환경에서 MATLAB R2012a 툴을 사용하였다. 표 1.은 도로상에서 발생할 수 있는 상황 별로 구분된 차량 영상을 제안한 방법과 기존의 blind deconvolution 방법을 이용하여 PSNR과 수행 시간을 비교한 결과이다.

Table 1. Comparison of PSNR result of the proposed method to the blind deconvolution method
표 1. 제안한 알고리즘과 blind deconvolution의 PSNR 비교

| | PSNR[dB] | | Time(s) | |
|----------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | proposed method | blind deconvolution | proposed method | blind deconvolution |
| parking | 29.07 | 30.85 | 2.23 | 16.13 |
| downtown | 28.64 | 30.09 | 4.76 | 39.72 |
| highway | 31.24 | 33.21 | 4.22 | 40.28 |
| traffic | 28.20 | 30.67 | 4.79 | 31.04 |

4가지의 영상 상황(주차, 시내주행, 고속도로, 정체된 도로)에서 PSNR의 값을 비교하면 기존의 blind deconvolution이 제안한 방법과 유사한 정확도를 나타내며 수행 시간에서는 제안한 방법이 처리 속도가 8배로 빠르게 처리됨을 나타내었다. 그림 3.에서 본 논문에서 제시한 방법에서 구한 영상의 윤곽선 결과이다. 그림 3.의 (a)와 (d)는 blur가 생긴 영상으로 이를 윤곽선 추출하면 (b)와 (e)같은 윤곽선 추출 결과를 갖게 되며, 제안한 방법을 적용하여 이를 보정하면 (c)와 (f)로 나타내며 보다 향상된 윤곽선 추출 결과를 구할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 차량용 영상 처리 인식을 위하여 5단계의 과정으로 deblur 영상을 보정하였다. 한정된 σ 값을 갖는 bilateral filter를 제안하여 기존의 bilateral filter 및 blind deconvolution을 이용한 deblur 방법에 비하여 빠른 처리 결과를 구하였다. 그러나 제안한 방법은 빠른 처리를 위하여 HE 방법을 이용하기 때문에

보정 가능한 blur의 범위가 10픽셀로 한정되어있다. 앞으로 연구할 방향으로는 deblur의 범위를 향상시키고 가속 처리하기 위해서 제안한 방법을 실시간 처리할 수 있는 하드웨어 가속화시스템을 설계하는 것이다.

References

- [1] Mey Chen, Todd Jochem, Dean Pomerleau, "AURORA:A Vision-Based Roadway Departure Warning System," *Proceedings of the IEEE*, Vol.1, pp.243-248, 1995
- [2] Y. C. Liu, K. Y. Lin and Y. Chen, "Bird's-eye view vision system for vehicle surrounding monitoring," *RobVis 2008*, LNCS 4931, pp. 207-218, 2008
- [3] Ho Jin Jo, Seung Yong Lee, "Research Trends of Image Deblurring," *Journal of IEEK*, 39(10), pp.25-35, 2012
- [4] Jan Kotera, Filip Sroubek, Peyman Milanfar, "Blind deconvolution using alternating maximum a posteriori estimation with heavy-tailed priors," *Computer Analysis of Images and Patterns*, Vol.8048, pp.59-66, 2013
- [5] Shengyang Dai, Ying Wu, "Motion from blur," *Proceedings of the IEEE*, pp.1-8, 2008
- [6] Neel Joshi, Shing Bing Kang, C. Lawrence Zitnick, Richard Szeliski, "Image deblurring using inertial measurement sensors," *Journal of the ACM Transactions on Graphics*, Vol 29, 2010
- [7] Jae-Yeong Lee, Wonpil Yu, "Robust Estimation of Edge Density in Blurred Images," *International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*, pp.521-524, 2012
- [8] Senthikumar N, Thimmiaraja J, "Histogram Equalization for Image Enhancement Using MRI brain images," *Computing and Communication Technologies*, pp80-83, 2014
- [9] N.Ravia Shabnam Parveen, Dr.M.Mohammed Sathik, "Enhancement of Bone Fracture Images by Equalization Methods," *Computer Technology and Development*, pp391-394, 2009
- [10] Yadav .G, Maheshwary .S, Agarwal .A, "A Contrast limited adaptive histogram equalization based enhancement for real time video system," *Advances in Computing, Communications and Informatics*, pp.2392-2397, 2014

- [11] Chin-Chen Chang, Ju-Yuan Hsiao, Chih-Ping Hsieh, "An Adaptive Median Filter for Image Denoising," *Intelligent Information Technology Application*, pp.346-350, 2008
- [12] Archana H.Sable, K. C. Jonadhale, "Modified Double Bilateral Filter For Sharpness Enhancement And Noise Removal," *Advances in Computer Engineering*, pp.295-297, 2010
- [13] Bing Wang, ShaoSheng Fan, "An Improved CANNY Edge Detection Algorithm," *Computer Science and Engineering*, pp.497-500, 2009
- [14] Chunxi Ma, Wenshuo Gao, "An improved Sobel algorithm based on median filter," *Mechanical and Electronics Engineering*, Vol.1, pp. 88-92, 2010
- [15] Chan-Su Park, Hi-Seok Kim, "FPGA Implementation for Real Time Sobel Edge Detector Block Using 3-Line Buffers," *Journal of the IKEEE*, Vol.19, pp10-17, 2015

BIOGRAPHY

Son Hwi-Gon (Student Member)



2014 : BS degree in Electronics Engineering, CheongJu University.
 2014~Present : MS course in Electronics Engineering, CheongJu University.

Kim Hi-Seok (Member)



1977 : BS degree in Electronics Engineering, Hanyang University.
 1980 : MS degree in Electronics Engineering, Hanyang University.
 1985 : PhD degree in Electronics Engineering, Hanyang University.
 2003~2005 : Research Engineer,

Samsung Electronics.

1981~Present : Professor in Dept. Electronics, CheongJu University.