차량용 블랙박스 야간 영상의 객체인식 향상을 위한 영상개선기술

Image Enhancement Technology for Improved Object Recognition in Images Car Black Box Night

요 약

어두운 야간에 감시카메라나 차량용 블랙박스에 녹화된 영상은 조도변화에 의해 영상의 화질이 왜곡되어 도로 위의 차량이나 보행자 등 객체의 형태적 특징 분석이 어렵고, 이와 같은 이유로 교통사고 발생 시 증거자료로 사용하는데 한계가 있다. 시각정보가 소실된 영상의 콘트라스트를 높이기 위해 선형화된 감마보정을 사용하여 야간 영상의 밝기를 적절하게 증폭하고, 불규칙적인 주행에 의한 열화 요인을 최소화시키는 영상복원을 수행한다.

Abstract

Recorded on surveillance cameras and vehicle black box on a dark night picture is the picture quality of the image distortion caused by illumination changes is difficult morphological characteristics analysis of objects, such as vehicles or pedestrians on the road, using a car accident proof For this reason, there is a limit to. It performs the image restoration using a gamma correction linearized in order to increase the contrast of the visual image information lost to properly amplify the brightness of the night image, minimize degradation factors caused by irregular running.

Keywords : 영상처리, 감마보정, 야간영상, 열화영상 복원, 잡음제거

Ⅰ. 서론

2015년도 교통사고 발생현황에 따르면 경찰 DB자료 232,035건에 사망자 4,621명, 부상자 350,400명의 자동차 사고가 발생하였으며, 야간 교통사고 102,986건에 사망자 2,369명, 부상자 155,287명이 발생하고, 도주사고 9,513건에 사망자 157명, 부상자 14,388명이 발생한 것으로 나타났다.[1] 이러한 교통사고에 대비하기 위해 차량용 영상기록장치는 도로에서 발생하는 사건 사고에 대한 중요한 증거를 제공하는 역할을 수행한다.

선진국에서는 상용차를 중심으로 블랙박스의 장착 의무화에 관련된 법규를 제정하고 있으며, 우리나라에서도 2013년부터 교통안전법에서 상용차의 운행기록장치(영상기록 보조장치 포함) 장

착을 의무화하고 있으며, 2015년도 국내 차량용 블랙박스가 300만대 이상 판매되고 향후 지속적인 증가가 예상된다.

최근 차량용 블랙박스 카메라에 관련된 영상처리 관련분야에서 다양하게 연구되고 있다. 차량에 장착된 블랙박스 카메라는 조도변화가 급격하게 변하는 경우가 빈번하게 발생되는 특징[1~4]을 갖는데 최근의 카메라 기술은 한 장면에 두 개 이상의 광원이나 급격한 조도변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 이미지 센서 기술이 발되었다.[5~9] 그러나 이러한 이미지 센서 성능의 추가 향상은 막대한 개발 비용과 기간이 요구되는 단점을 가지고 있다.

따라서, 대응 방안으로 디지털영상처리를 기반으로 하는 감마보정 및 High Dynamic Range의 기술연구 개발에 보다 많은 관심을 받고 있다.

먼저 조도변화에 대해 영상의 저화질을 개선하기 위해서는 밝기와 명암에 대한 영상의 평가가 선행되어야 한다.

영상의 품질 평가는 Oakley와 Bu에 의해 연구되었다.[10] 하지만 이들에 대한 영상의 평가는 히스토그램의 분포를 주관적으로 해석하기 때문에 객관적인 평가에 사용하기에는 한계가 있다. 최근에는 히스토그램의 분포를 밝기와 명암으로 나누어 4개의 영역으로 재 분포시키고 이 분포도를 a, A, b, B, c, C, d, D로 나타내는 문자표현자가 2008년 Restrepo와 Ramponi에 의해서 소개되었다.[11] 그러나 이 방법은 매우 밝고, 명암비가 아주 높은 등의 분류를 사용하기 때문에 객관성이 떨어지고 활용도도 낮을 수밖에 없다.

본 논문에서는 어두운 야간 도로 위에서 발생하는 사건 사고들에 대해 보다 선명한 영상의 획득을 위한 차량용 블랙박스에 녹화된 열화 영상의 복원 방법을 제안한다.

첫 번째로, 어두운 야간에 녹화된 저조도 영상에서 차량이나 보행자 등과 같은 객체인식이 가능하도록 하기 위해서 감마보정에 의한 콘트라스트 개선을 수행한다.

두 번째로, 감마보정으로 개선된 영상에 언샵 마스크(Unsharp Mask) 필터를 적용하여 잡음을 제거하고 선명도를 개선하는 영상복원을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서 감마보정의 기본적인 내용을 설명하고, Ⅲ장에서는 제안하는 잡음제거 및 선명도를 개선하는 알고리듬을 설명하였다. Ⅳ장에서는 제안한 실험결과를 서술하였고, Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 본론

1. 감마보정 알고리듬

감마보정(Gamma correction)은 실제 모니터에 표현되는 영상 밝기가 입력 영상 정보와 다르기 때문에 이 차이를 보상하기 위해서 도입되었다.

대부분의 모니터들이 표현하는 밝기와 입력신호의 관계가 비선형(non-linear)이기 때문에 입력값에 대한 출력값을 역으로 보상하여 처리한다.

감마보정에서 출력장치들의 비선형적인 반응을 보정할 때 지수법칙을 이용한다.

일반적으로 지수법칙은 $y = T(x) = (c.x)^{\gamma}$의 형태로 표현할 수 있으며, 여기서, c와 γ는 양의 상수이며 c는 선형변환을 나타내지만 γ는 비선형성의 정도에 따라 결정된다. 즉 $\gamma = 1$인 경우에는 선형이며, 그림 2와 같이 $\gamma < 1$ 또는 $\gamma > 1$인 경우에는 비선형이 된다.

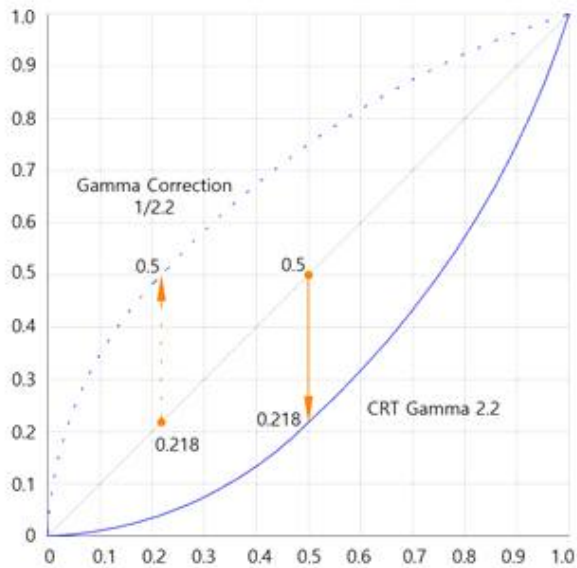


그림 1. 입력 영상의 밝기 감마 그래프

디스플레이 응답은 그림 1과 같이 아래로 볼록

한 지수함수 곡선에 근접하고 이 해당 지수를 감마라고 한다. 아래로 향한 적색화살표는 50% 강도의 픽셀값인 0.218이 100% 강도의 픽셀값 1.0에 비해 25% 이하를 방출한다. 모니터 등의 출력장치에서 출력 시 원본 색상에 가깝게 표현하기 위해서는 1/2.2로 감마를 사전에 왜곡시켜서 모니터 등의 출력장치에서는 선형 RGB 특성을 얻는다.

영상 데이터의 비선형성을 보정하기 위해 비선형 사상 함수를 이용하는 기술을 감마보정이라고 하며 보정하기에 앞서 소프트웨어적으로 처리할 수 있다. 모니터 등의 출력장치에서 발생하는 비선형적 특성을 보상해 주기 위해 역 감마 변환을 사용하는데 감마보정을 하지 않으면 화면 이미지의 밝은 부분은 더 확장되고, 어두운 부분은 더 어둡게 압축 된다. 모니터 등의 출력장치에서 원본 영상의 밝기 값을 정확하게 표현하기 위해 감마보정이 필요하며 이는 영상처리 분야에서도 사용할 수 있다.[12]

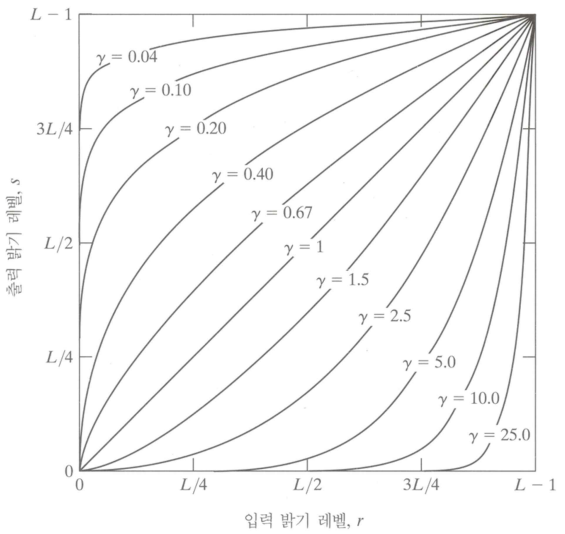


그림 2. 감마값에 따른 입출력 밝기 변화량

그림 3은 감마값에 따른 영상과 히스토그램으로 나타낸 것으로써 $\gamma = 1.0$은 차량용 블랙박스에 녹화된 야간의 원래 영상이다.

감마값이 작을수록 영상은 어둡고 화소값 분포가 좌측으로 집중된 히스토그램의 분포를 가지며, 감마값이 커질수록 영상은 밝고 화소값 분포가 우측으로 이동되어 히스토그램의 분포가 넓어진다.

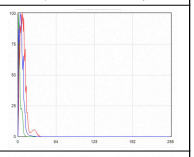
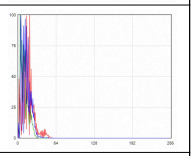
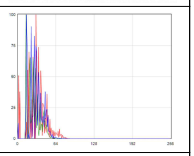
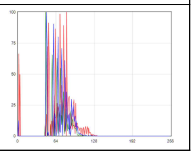
감마값	영상	히스토그램
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 3. 감마값에 따른 결과

2. 열화영상의 복원 모델

열화영상은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$g(x,y) = H[f(x,y)] + \eta(x,y),$$

여기에서 열화 함수 H에 대한 부분적 지식, 부가 잡음 $\eta(x,y)$의 에너지가 주어졌을 때 원본 영상에 대한 추정인 $\hat{f}(x,y)$를 얻는 과정이 영상 복원이다. H와 $\eta(x,y)$에 대한 정확한 정보를 사용하면 $\hat{f}(x,y)$는 $f(x,y)$에 더 가깝게 될 것이다.

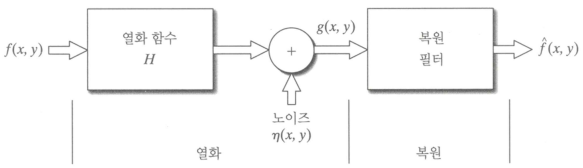


그림 4. 열화영상의 복원 모델

H가 선형적이고 공간 불변적 과정이면 열화된 영상은 2차원 컨볼루션을 사용해서 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) + \eta(x,y)$$

여기서, $h(x,y)$는 열화 함수의 공간 표현이고, 기호 "*"는 컨볼루션을 나타낸다.

공간 영역에서의 컨볼루션은 주파수 영역에서 푸리에 변환 쌍의 곱셈이 되므로 등가의 주파수 영역 모델은 다음과 같다.

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v)$$

여기서, 대문자 각 신호는 푸리에 변환이고, $H(u,v)$는 광학 전달함수이다.

감마값	감마보정	복원 영상
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 5. 미디언 필터를 적용한 영상복원 결과

그림 5에서 중앙 열은 감마값에 따른 원래 영상이고, 오른쪽 열은 미디언 필터를 적용하여 잡음을 제거한 영상이다.

미디언 필터는 화소의 값을 그 이웃의 밝기 값들의 중간 값으로 교체한다. 미디언 필터는 특정 유형의 잡음제거에 우수한 성능을 갖고, 비슷한 크기의 선형 평균 필터에 비해서 영상의 에지를 보존하는 장점이 있다. 한 화소의 이웃들의 밝기 레벨들의 중간 값으로 그 화소의 값을 대체하기 위하여 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{f}(x,y) = \underset{(s,t)\in S_{xy}}{median}\{g(s,t)\} \quad (1)$$

여기서, 중심이 (x,y)에 있고 크기가 $m \times n$인 사각형으로 된 원도우(이웃)에 대한 좌표들의 집합을 S_{xy}로 나타내고, (x,y)의 화소 값도 중간값 계산에 포함된다.

3. 언샤프 마스크를 이용한 영상처리

영상의 선명도를 개선하기 위해 원래 영상에서 언샤프 버전을 빼는 과정을 수행한다. 언샤프 마스크로 불리는 이 프로세스는 다음 단계로 구성된다. 첫 번째 원래 영상을 블러링시킨다. 두 번째 블러링 된 영상을 원래 영상으로부터 뺀다(그 결과로 얻은 차이를 마스크라고 한다). 세 번째 이 마스크를 원래 영상에 더한다.

블러링 된 영상을 $\hat{f}(x,y)$로 표기하면, 언샤프 마스크는 다음 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$g_{mask}(x,y) = f(x,y) - \hat{f}(x,y) \quad (2)$$

가중된 마스크 영상을 원래 영상에 다시 더하는 것은 다음 식 (3)과 같이 나타낸다.

$$g(x,y) = f(x,y) + k * g_{mask}(x,y) \quad (3)$$

여기서 일반성을 위해 가중치 $k(k \geq 0)$를 포함시키고 $k = 1$일 때는 위에 정의된 것과 같은 언샤프 마스크이다.

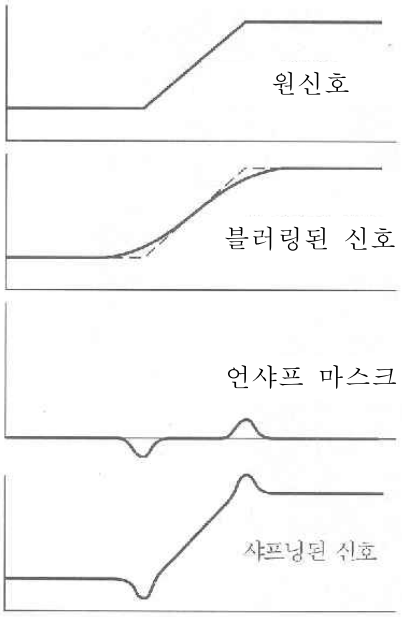


그림 6. 언샤프 마스크 샤프닝된 신호

그림 6은 언샤프 마스크의 원리를 보여주는 것이며, 위에 첫 번째는 밝기 단면은 영상의 어두운 영역으로부터 밝은 영역으로 이행하는 수직 에지를 가로 지르는 수평 스캔 선으로 나타나고, 두 번째는 참고를 위해 원래 신호(점선) 위에 표시된 스무딩 결과를 보여준다. 세 번째는 언샤프 마스크이며, 원 신호에서 블러링 된 신호를 빼서 얻어진다. 네 번째는 샤프닝 된 최종결과이다.

감마값	복원 영상	언샤프 마스크
$\gamma = 0.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 7. 언샤프 마스크에 따른 결과

그림 7의 복원 영상은 미디언 필터 알고리듬을 이용하여 잡음을 제거한 영상이며, 언샤프 마스크 영상은 콘트라스트가 적용되는 정도를 지정해 주는 정도는 100%, 경계로부터 콘트라스트가 적용될 범위를 나타내는 영역 크기는 10 화소, 강한 차이를 보이는 경계로부터 콘트라스트를 올릴 것인지를 지정해 주는 문턱값은 5를 적용한 결과이며, 복원 영상보다 선명도가 향상되었다.

Ⅲ. 실험결과

본 논문에서 야간영상에 대한 감마보정을 수행한 후 잡음을 제거하고 선명도를 개선한 실험결과를 제시하였다. 그림 8에서 $\gamma = 1.0$는 야간 블랙박스의 원래 영상이며, 육안적 관찰시험으로는 자동차의 후미등 점등 상태만 식별되고, 감마값의 변화에 따라 자동차의 차체, 보행자, 배경 등의 객체가 구분되어 식별되는 것을 볼 수 있다.

그림 9에서 $\gamma = 1.0$는 원래 영상이며 어두워서 전조등을 소등한 자동차가 식별되지 않으나 제안방법으로는 식별되는 것을 볼 수 있다.

그림 10에서 $\gamma = 1.0$는 야간 블랙박스의 원래 영상이며, 교통사고 발생구간의 어두운 영상을 제안방법에 적용하여 사고차량, 운전자, 피해자 등 객체인식을 향상시킨 결과를 볼 수 있다

감마값	감마보정	언샤프 마스크
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 8. 제안방법에 따른 결과Ⅰ

감마값	감마보정	언샤프 마스크
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 9. 제안방법에 따른 결과Ⅱ

그림 11에서 $\gamma = 1.0$는 야간 블랙박스의 원래 영상이며, 자전거를 타고 횡단보도를 무단횡단하다 자동차와 충돌하는 상황을 제안방법을 적용하여 식별되는 것을 볼 수 있다.

그림 8, 그림 9, 그림 10, 그림 11은 야간에 차량용 블랙박스에 녹화된 영상을 제안방법에 따라 감마보정을 수행한 영상을 필터링한 다음 다시 영상처리 과정을 통해 선명도를 개선한 결과를 보여주는 영상들이다.

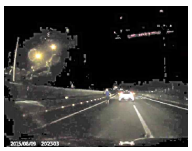
감마값	감마보정	언샤프 마스크
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 10. 제안방법에 따른 결과Ⅲ

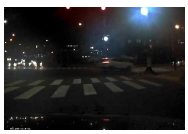
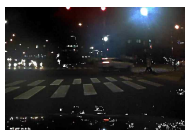
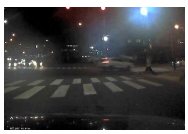
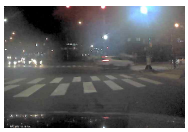
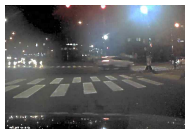
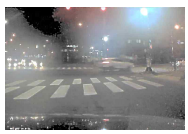
감마값	감마보정	언샤프 마스크
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 11. 제안방법에 따른 결과Ⅳ

그러나 감마값 0.5를 기준하여 아래 위로는 어두워서 식별되지 않던 객체들이 육안으로 분별할 수 있는 정도로 개선된 영상을 보여준다.

그림 12, 그림 13은 1차적으로 적용한 감마값에 의한 보정된 영상을 Mean Removal과 Unsharp Mask를 적용하여 선명도를 향상시킨 영상으로서 제안방법에 따른 결과 영상의 선명도가 높은 것으로 관찰된다.

Gamma Value	Mean Removal	Unsharp Mask
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 12. 제안방법과 Mean Removal 비교Ⅰ

Gamma Value	Mean Removal	Unsharp Mask
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 13. 제안방법과 Mean Removal 비교Ⅱ

그림 14, 그림 15는 1차적으로 감마값에 의한 보정된 영상을 선명하게 하는 Sharpening과 영상에서 색상경계의 대비를 증가하면서 선명하게 하는 Unsharp Mask를 적용하여 선명도를 향상시킨 영상으로서 제안방법에 따른 결과 영상의 선명도가 높은 것으로 관찰된다.

Gamma Value	Sharpening	Unsharp Mask
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 14. 제안방법과 Sharpening 결과 비교 I

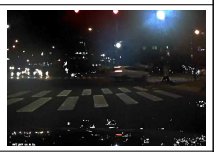
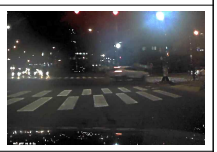
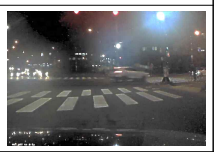
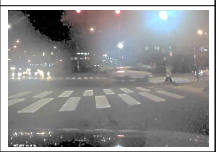
Gamma Value	Sharpening	Unsharp Mask
$\gamma = 1.0$		
$\gamma = 0.7$		
$\gamma = 0.5$		
$\gamma = 0.3$		

그림 15. 제안방법과 Sharpening 결과 비교 II

Ⅳ. 결론

야간의 어두운 환경에서 차량용 블랙박스에 녹화되는 영상을 육안적 관찰시험으로 식별하기 곤란하여 교통사고 발생 시 객관적인 증거자료로 사용하는 데 한계가 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해소하기 위해서 야간에 녹화된 열화영상을 개선하는 방법을 제안하였다.

제안방법으로 얻은 영상은 원래 영상과 비교하였을 때, 자동차, 보행자, 물체 등 객체인식이 현저히 향상된 결과를 얻었다. 제안된 방법으로 처리하지 못하던 사고영상을 판독하는 데 기여할 것으로 기대되며, 앞으로 본 논문에서 문제되는 구름 같은 잡음을 해결하고 콘트라스트, 잡음제거, 선명도를 더욱 향상시키기 위해서 야간 영상의 복원에 유용한 기법을 추가적으로 적용하는 병렬처리의 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

참고문헌

[1] 경찰청 http://www.police.go.kr 경찰교통사고통계

[2] N. S. Kopeika and J. Bordogna.: Background noise in optical communication systems. Proc. IEEE, vol. 58, no. 10, pp. 1571 - 1577, Oct. (1970).

[3] N. S. Kopeika.: A System Engineering Approach to Imaging.: Belliingham, WA: SPIE, (1998).

[4] J. P. Oakley and B. L. Satherley.: Improving image quality in poor visibility conditions using a physical model for contrast degradation. IEEE Trans. Image Process., vol. 7, no. 2, pp. 167 - 179, Feb. (1998).

[5] S. K. Nayar and S. G. Narasimhan.: Vision in bad weather. in Proc. IEEE Int. Conf. Computer Vision, vol. 2, pp. 820 - 827. (1999).

[6] S. Marengo, C. Pepin, T. Goulet, and D. Houde.: Time-gated trans illumination of objects in highly scattering media using a subpicosecond optical amplifier. IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., vol. 5, no. 4, pp. 895 - 901, Jul. (1999).

[7] C. Tan, G. Seet, A. Sluzek, and D. He.: A novel application of range-gated underwater laser imaging system (ULIS) in near-target turbid medium. Opt. Lett. Eng., vol. 43, no. 9, pp. 995 - 1009, Sep. (2005).

[8] J. G. Walker, P. C. Y. Chang, and K. I. Hopcraft.: Visibility depth improvement in active polarization imaging in scattering media. Appl. Opt., vol. 39, no. 27, pp. 4933 - 4941, Sep. (2000).

[9] D. B. Chenault and J. L. Pezzaniti.: Polarization imaging through scattering media. Proc. SPIE, vol. 4133, pp. 124 - 133, (2000).

[10] Y. Y. Schechner, S. G. Narasimhan, and S. K. Nayar.: Polarization based vision through haze. Appl. Opt., vol. 42, no. 3, pp. 511 - 525, Jan. (2003).

[11] J. P. Oakley and H. Bu, "Correction of simple contrast loss in color images," Image Processing, IEEE Transactions on, vol. 16, no. 2, pp. 511-522, Feb 2007.

[12] A. Restrepo(Palacios) and G. Ramponi, "Word Descriptors of Image Quality Based on LocalDispersion-versus-Location Distributions," 16th European Signal Processing Conference 2008, pp. 25-29, Aug 2008.

[14] 최헌회, 이임건, 감마보정 요소를 이용한 동영상 플러거 제거 알고리즘", 2010

저자소개

이계두(학생회원)

1990년 성균관대학교 기계공학과 학사 졸업

2016년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 석사과정 재학중

2002~현재 대한교통사고감정원 대표감정사

<주관심분야 : 영상처리, 영상개선, 고해상도>

백준기(평생회원)-교신저자

1984년 서울대학교 제어계측공학과 학사 졸업

1987년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터공학과 석사 졸업

1990년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터공학과박사 졸업

2017년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 교수

<주관심분야 : 영상복원, 신호처리, 반도체>