

## ND 필터 기반 저조도 환경에서의 가시영역 및 근적외선 영상분리

김범윤, 이재린, 전병우  
 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과  
 {kbumyoon, jaelin, bjeon} @skku.edu

## Separation of NIR and Visible Images using ND Filter in Low-light Environment

Bumyoon Kim, Jaelin Lee, Byeungwoo Jeon  
 Department of ECE, Sungkyunkwan University

## 요 약

현재 상업적으로 널리 쓰이는 CCTV 용 카메라는 충분한 광량이 보장된 환경에서는 가시영역 영상을, 저조도 환경에서는 적외선 영상을 획득한다. 적외선 영상은 색채정보를 갖고 있지 않아 객체의 색채 정보를 이용하여야 하는 응용에 활용하기 어렵다. 본 논문에서는 ND 필터를 사용하여 가시광선 및 근적외선 영역의 영상정보를 분리하여 취득하는 가능성에 대한 연구를 하였다. 먼저 카메라 내부의 Hot Mirror 필터를 제거하여 가시영역 및 근적외선 신호 모두가 카메라에 들어오도록 한 후 ND 필터를 사용하여 영상을 취득한 후, 본 논문에서 제안하는 분리방식을 사용하여 가시영역 및 근적외선 영역으로 분리하였다.

## 1. 서론

CCTV 용 카메라에 사용하는 CCD 또는 CMOS 영상 센서는 가시영역 및 근적외선 영역 모두에서 상당한 신호 민감도 (Sensitivity)를 갖고 있으므로 통상적으로 Hot Mirror 를 사용하여 근적외선 영역의 신호가 영상센서에 이르지 못하도록 하는 방식으로 가시영역만의 영상을 얻는다 [1]. 그러나, 가시영역에서의 광량이 없거나 매우 적은 야간과 같은 저조도 환경일 때는 CCTV 는 통상 야간모드(Night Mode)로 동작하는데, 이 경우 적외선 광원을 조명으로 하고 Hot Mirror 가 없는 상태로 촬영하여 비가시영역 영상을 취득한다.

최근 많은 영상 처리 응용분야에서, 적외선 영역의 데이터를 처리하기 위한 연구가 활발히 진행되어 오고 있음을 고려하여 [2-3], 본 논문에서는 가시영역 및 근적외선영역의 영상을 동시에 취득하기 위한 새로운 방법을 모색한다. 이를 위하여 Hot Mirror 필터를 제거하여 가시영역 및 근적외선영역의 영상신호를 동시에 입력 받되 ND (Neutral Density) 필터를 통과하도록 하여 가시영역과 비가시 영역 신호인 NIR 영역에서의 영상정보를 분리하는 방법을 연구한다.

## 2. 본론

영상 센서에 도달하는 광량을 줄이는 목적으로 통상 사용되는 ND Filter 는 특정 파장대의 빛을 흡수 또는 반사하여, 센서로 투사되는 광량을 ND 필터의 광학밀도에 따라 고르게 감소시킬 수 있다. ND 필터를 통과한 영상 값  $I'(x,y)$  는 식(1)을 통해 계산된다.

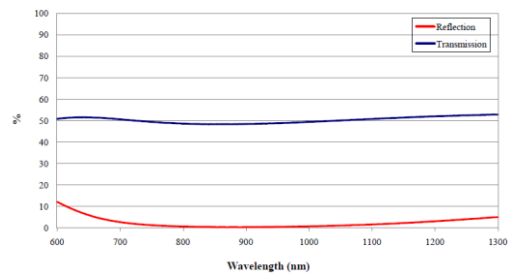


그림 1. ND 필터 특성 곡선

$$I'(x,y) = 10^{-OD} \cdot I(x,y) \quad (1)$$

식(1)에서  $OD$  는 광학밀도 값,  $I(x,y)$  는 ND 필터를 통과하기 전의 영상 값이다. ND 필터의  $OD$  는 투과율(%)로 표시되는데, 이는 그림 1 과 같다 [4]. Hot Mirror 를 제거한 후 ND 필터를 사용하는 본 연구의 경우, ND 필터의 투과율을  $T_{nd}(\lambda)$  이라하고, 입사광의 Spectral Density 를  $I(\lambda)$ , RGB 등 사용되는 영상센서의 민감도 (Sensitivity)를  $X(\lambda)$ , 그리고 이때 해당 영상센서가 획득한 화소값을  $f_{ND}$  라 하면 다음의 관계가 성립한다.

$$f_{ND} = f_{ND}^{VIS} + f_{ND}^{NIR} \quad (2)$$

$$= \int_{VIS} T_{nd}(\lambda)I(\lambda)X(\lambda)d\lambda + \int_{NIR} T_{nd}(\lambda)I(\lambda)X(\lambda)d\lambda$$

식 (2) 에서  $f_{ND}^{VIS}$  는 광원의 가시영역 에너지 때문에 발생하는 영상센서에서의 화소값이며,  $f_{ND}^{NIR}$  는 비가시영역에서의 광에너지에 기인하여 해당 영상센서에 의하여 획득된 화소값이다. 실제 영상센서가 획득한 화소값은  $f_{ND}$  뿐이므로,



그림 3. 가시광선 및 적외선 분리 결과

$f_{ND}$ 의 값으로부터  $f_{ND}^{VIS}$ 와  $f_{ND}^{NIR}$  값을 구하는 것이 본 연구의 목적이다. 한편, 그림 1에 보인 ND 필터의 스펙을 통하여 600 ~ 1300 nm 에서  $T_{nd}(\lambda) = 0.5$  으로 알고 있지만, 600nm 이하의 가시영역에서의 ND 필터 값은 알 수 없다. 문제를 간단히 하기 위하여 600nm 이하의 가시영역에서  $T_{nd}(\lambda) = T_0$ 의 고정값을 갖는 것으로 가정하면, 식(2)는 식(3)과 같다.

$$f_{ND} = T_0 \int_{VIS} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda + 0.5 \int_{NIR} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda \quad (3)$$

만일 ND 필터를 사용하지 않는다면, 영상센서가 얻는 화소값은 아래와 같다.

$$f = \int_{VIS} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda + \int_{NIR} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda \quad (4)$$

따라서 근적외선영역의 화소값은 식 (3)과 식 (4)를 사용하여, 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\int_{NIR} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda = \frac{f_{ND} - T_0f}{0.5 - T_0} \quad (5)$$

마찬가지로 가시광선 영상은 식(5)와 식(4)를 이용하여 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$\int_{VIS} I(\lambda)X(\lambda)d\lambda = \frac{0.5f - f_{ND}}{0.5 - T_0} \quad (6)$$

### 3. 실험 결과

본 논문의 실험을 위하여 Hot Mirror 를 제거한 Basler acA640-90uc 카메라를 사용하여 실험영상을 획득하고, Spectral 특성을 정확히 아는 표준 컬러 차트인 그림 2의 Xrite color checker classic 을 활용하여  $T_0$ 의 값을 예측하였다 [5]. 그림 3(a)는 획득된 카메라 영상이며 화이트밸런스와 감마조정을 거치지 않은 상태이다. 그림 3(b)와 (c)는 각각 제안하는 방법을 통해 분리한 가시영역과 근적외선영역의 영상이다.



그림 2. Xrite color checker classic

### 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 ND 필터를 이용하여 영상의 가시광선영역과 근 적외선영역의 정보를 분리하는 방법을 연구하였다. 실험결과, 그림 3(a)의 경우 가시광선영역과 적외선영역의 정보가 같이 획득되어 색이 왜곡된 것을 알 수 있다. 그림 3(b)의 결과를 보았을 때, 그림 3(a)에서 왜곡된 색채 정보가 약간 복원된 것을 볼 수 있다. 하지만, 잡음이 많은 상태로 복원이 되는데, 이는 입력영상 자체에 있는 잡음 때문으로 판단된다. 이를 해결한다면 저조도 환경에서 색채정보가 있는 영상을 얻을 수 있을 것으로 예상된다

### 감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2018-0-00348, CCTV 제약점 개선을 통해 범인 검거율 저하 문제 해결을 지원하는 지능형 영상 보안 시스템 기술 개발)

### 참고문헌

[1] V. Damjanovski, "CCTV cameras," in *CCTV: Networking and digital technology*, Ed. 2nd, pp. 137-188, 2005.

[2] N. J. W. Morris, S. Avidan, W. Matusik, and H. Pfister, "Statistics of infrared images," *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2007.

[3] J. Lee, Y. Park, and B. Jeon, "Low Intensity RGB Texture Enhancement Based on Near Infrared Image Using Perceptual Information," *Proc. Int. Conf. Comm., Circuits and Systems (ICCCAS)*, Dec. 2018.

[4] Non-Reflective Neutral Density (ND) Filters, <https://www.edmundoptics.co.kr/i/non-reflective-neutral-density-nd-filters/13699/>.

[5] Xrite color checker classic, <https://www.xrite.com/categories/calibration-profiling/colorchecker-classic>.