



Received: 2024/08/12
Revised: 2024/08/22
Accepted: 2024/09/27
Published: 2024/09/30

***Corresponding Author:**

Sung-Hyun Park
PGM Seeker R&D Lab, LIG Nex1
207, Mabuk-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do,
Republic of Korea
Tel: +82-31-326-9013
E-mail: sunghyun.park@lignex1.com

Abstract

본 논문에서는 CMOS 센서의 노출시간에 따른 영상 변화를 확인하고 그에 맞는 영상처리 방식을 제안하고자 한다. 영상처리는 포착하는 사물 및 주변 환경의 영상에 맞는 처리를 하는 것이 중요하다. 영상처리 방식에 따라 edge 부분 등에서 시각적으로 차이를 확인할 수 있다. 이에 영상처리에 주로 사용되는 linear stretching(LS) 방식과 histogram equalization(HE)에 대해 분석하고 이 두 방식을 섞어 상황에 따른 최적의 비율을 제안하고자 한다.

In this paper, we would like to confirm the image change according to the exposure time of the CMOS sensor and propose an image processing method accordingly. Therefore, it is important to perform image processing appropriate to the image of the objects and the environment. We can find the difference about the edge part depending on the image processing method. So we analyze the Linear Stretching(LS) and Histogram Equalization(HE), which are mainly used for image processing. Furthermore, I will propose the appropriate linear stretching(LS) and histogram equalization(HE) ratios according to the situation.

Keywords

영상 처리(Image Processing),
노출시간(Exposure Time),
CMOS 센서(CMOS Sensor),
히스토그램 평활화(Histogram Equalization),
선형 강조(Linear Stretching)

Acknowledgement

이 논문은 2024년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임

가시광 센서의 노출시간에 따른 효율적인 영상처리 방식 제안

A Proposal of Efficient Image Processing Method According to Exposure time of Visible Sensor

박성현^{1*}, 박진호², 유연덕², 김홍락²

¹LIG넥스원 PGM 탐색기연구소 선임연구원

²LIG넥스원 PGM 탐색기연구소 수석연구원

Sunghyun Park^{1*}, Jin-Ho Park², Yeondeok Yoo², Hong-Rak Kim²

¹Research engineer, PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

²Chief research engineer, PGM RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1

1. 서론

아날로그 방식의 카메라에서 디지털 카메라로 전환되면서 디지털 카메라에 대한 관심이 높다[1]. 가시광 카메라에는 크게 CCD와 CMOS 센서가 있다. 과거 CMOS 센서는 노이즈가 많다는 단점이 있었으나 CMOS 센서의 개발이 적극적으로 이루어지면서 이미지 속도 및 노이즈 측면에서 큰 발전이 있었다. 이에 최근에는 CMOS 센서를 주로 사용하는 추세이다.

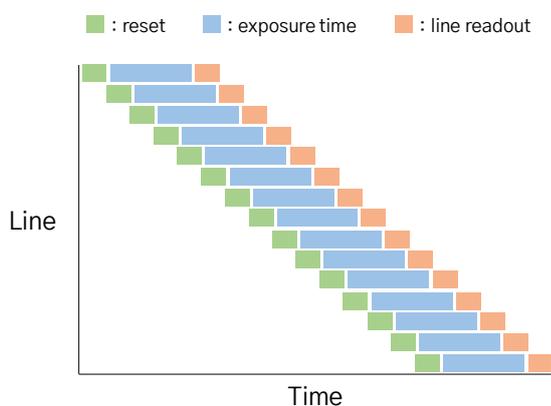
CMOS 센서는 노출시간에 따라 영상의 밝기 및 화질 등이 변하는데 이는 센서에 흡수되는 광량에 따라 조절한다. 광량이 많을 때 노출시간이 길면 센서가 포화될 수 있으므로 노출시간을 잘 조절하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 CMOS 센서를 활용하여 광량에 따라 노출시간을 자동 조절하고 그 영상에 맞는 최적의 영상 전처리 방식에 대해 분석하고자 한다. 분석을 위해서 전처리에 주로 사용되는 linear stretching(LS) 방식과 histogram equalization(HE) 방식을 적용하였으며 두 가지 영상처리를 섞어 비율에 따라 영상이 어떻게 변하는지 확인하였다. 제안하는 영상처리 방식은 노출시간에 따라 시각적으로 다르게 느껴질 수도 있지만 주변 환경 및 포착하는 사물에 따라 영향을 받는다. 이에 주변 환경 및 포착하는 사물보다는 노출시간을 바꿔가면서 그에 따른 영상의 변화를 확인하고 효율적인 영상처리 방식을 제안하고자 한다.

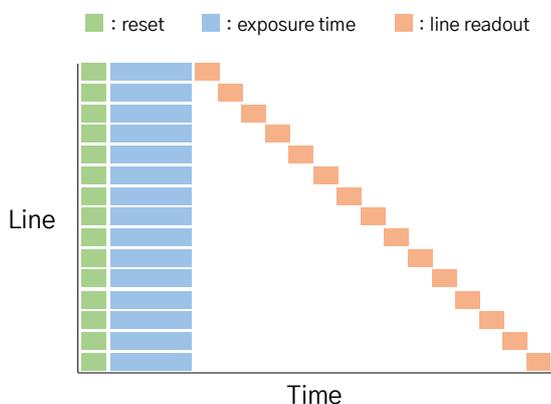
2. 가시광센서 구동방식

가시광센서의 동작방식에는 rolling shutter 및 global shutter 두 가지가 있다.

Rolling shutter 방식은 이미지 센서가 한 줄씩 촬영하고 출력하는 방식인 반면 global shutter는 한 프레임을 촬영하고 출력하는 방식이다. 포착하는 사물이 고정된 물체라면 두 방식 간에 차이가 없지만 움직이는 물체를 포착할 경우 rolling shutter 방식에서는 물체가 기울어져 보인다.



(a) Rolling shutter



(b) Global shutter

Fig. 1. Principle of the visible sensor

3. 가시광센서 스펙 및 출력

본 논문에서는 progressive-scan 방식의 센서를 적용하였으며 주요 스펙은 Table 1과 같다.

출력방식은 두 가지 방식 중 빠른 처리를 위하여 12-bit parallel 방식을 채택하였으며 HiSPi 출력의 경우 trigger mode에 호환되지 않는다.

자동노출 등 제어 명령은 two-wire serial interface를 사용하였으며 line 명령으로 노출시간을 제어했다.

Table 1. Visible sensor feature

Parameters	Value
Optical format	○○ inch
Pixel	○,○○○ (H) × ○,○○○ (V)
Pixel size	○○○ um
Type	Global shutter
Output	HiSPi (serial) 12-bit (parallel)

4. 인터페이스

가시광센서를 제어 신호생성 및 영상출력, 후처리를 위해 FPGA를 사용하였다. 최근에는 편리성 및 호환성 측면에서 CPU를 많이 사용하지만, 부팅 속도나 데이터 병렬 처리 등을 감안하여 FPGA를 채택하였다. Fig. 2는 가시광센서의 기능 계통도이며, 센서에서 raw 데이터를 받은 후 실시간 불균일 보정 및 데드픽셀 보정 등 후처리를 통해 LVDS 포맷으로 최종 출력하였다.

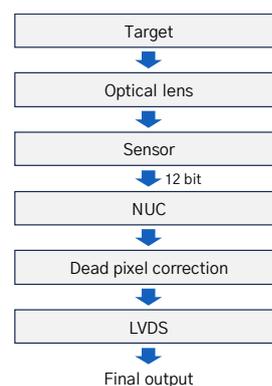


Fig. 2. Functional diagram of the visible sensor

가시광센서는 대부분의 불균일한 픽셀 등을 보정을 통해 보완하지만, 불균일한 픽셀이 뭉쳐있거나 보정 테이블이 맞지 않는 등 경우에 따라 데드픽셀 보정 기능을 적용한다. 하지만 이번 시험에서는 노출 시간에 따른 영상처리 효과를 자세히 보기 위하여 데드픽셀 보정 기능은 적용하지 않았다.

5. 노출시간 및 gain 조절을 통한 출력제어

가시광센서는 표적 광량에 따라 데이터를 출력한다. 하지만 광량이 많은 환경에서는 센서가 포화되어 광량이 적은 표적을 제대로 식별하지 못할 수 있다. 이에 대응하여 주변 광량에 따라 노출시간 및 digital gain을 통해 출력을 제어할 수 있다. 노출시간 최소 제어 step은 30 us, digital gain 최소 제어 step은 0.03125배로 노출시간을 통한 출력제어가 더 효과적이다. 최근에는 노출시간 및 digital gain을 동시에 제어하여 최적의 출력값을 구하는 알고리즘을 사용하지만, 본 논문에서 digital gain은 고정값으로 두고 노출시간만 변경하였다.

6. Linear stretching(LS)

Linear stretching은 원본 영상의 최소값과 최대값을 이용하여 그 사이의 픽셀 값을 재배치하는 방식이며, 입력되는 영상의 밝기 범위가 한정되어 있을 때 전체 영역으로 확장시켜 대조비를 개선하는 방식이다[2]. 본 연구에서는 식 (1)과 같이 표현되며, 불균일 보정된 영상을 14 bit로 입력받아 linear stretching 후 8 bit로 출력하였다.

$$X_{new} = \frac{X_{org} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \tag{1}$$

Linear stretching은 Fig. 3와 같이 입력 영상의 최소값 및 최대값을 8 bit로 계산한 후 픽셀을 배치한다. 이 방식은 원본 영상을 유지하면서 픽셀 값을 재배치하기 때문에 균일한 영상에 대해서는 대조비가 개선되나 원본 영상의 값 차이가 큰 영상에서는 대조비 효과가 적다. 한편 픽셀 하위 및 상위값의 일정 퍼센트 내에 해당하는 픽셀 값을 제외하고 재배치하는 방식도 있다. 이는 하위 및 상위값의 픽셀들이 적을 때 유용하며 최근에 많이 사용되는 기법이다.

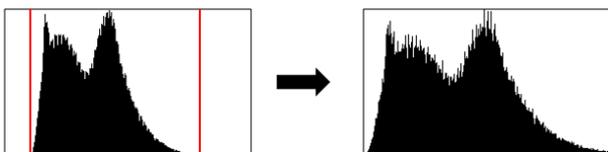


Fig. 3. Input image(left) and image after LS(right)

6. Histogram equalization(HE)

Histogram equalization은 누적분포함수를 이용하여 특정 값에 분포하고 있는 픽셀 값을 전체 픽셀 값에 대해 고르게 분포시켜 대조비를 개선하는 방식이다. 입력 영상의 픽셀 개수와 histogram equalization의 픽셀 개수는 유지하면서 분포를 균일하게 만드는 방식으로, 픽셀 값의 분포를 누적시켜 Fig. 4와 같은 그래프를 구하고 특정 픽셀 값에 대해 픽셀 값의 빈도수를 조절한다.

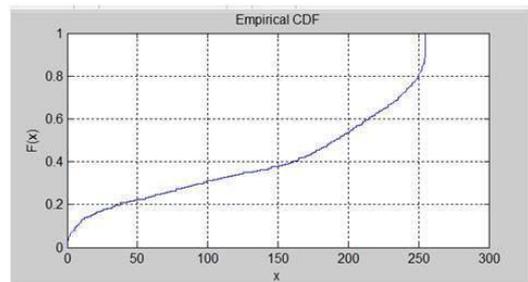


Fig. 4. Cumulative distribution function graph

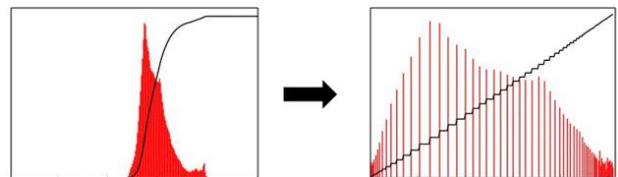


Fig. 5. Input image(left) and image after HE(right)

Histogram equalization은 원본 영상을 유지하면서 픽셀 값을 재배치하는 방식이 아닌 픽셀 값들을 균등한 개수로 배치하는 방식이다. 이로 인해 원본 영상이 균일할 경우 영상이 떨리는 느낌이 있으며 노이즈가 많을 경우 노이즈 성분 또한 평활화되는 단점이 있다. 반면 특정 픽셀 값에 분포되어있는 영상의 경우 개선된 영상을 얻을 수 있다.

7. LS와 HE를 결합한 영상처리 방식

Linear stretching 및 histogram equalization 기법의 단점을 보완하기 위하여 두 영상처리 기법을 결합한 전처리 기법을 적용하였다. 센서 자체에서는 0,000 × 000 크기의 digital 영상이 출력되지만 분석에는 000 × 000 크기로 활용하였으



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 6. Exposure time: MAX, LS:HE = 0:1



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 7. Exposure time: MAX, LS:HE = 1:0



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 8. Exposure time: MAX, LS:HE = 1:1



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 9. Exposure time: Half, LS:HE = 1:1



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 10. Exposure time: MAX/3, LS:HE = 1:1



(a) Image

(b) Histogram

Fig. 11. Exposure time: MAX/3, PER:HE = 1:1

며 노출시간은 수동으로 조절하였다. 획득된 영상에 대해 linear stretching과 histogram equalization 영상처리 기법의 비율을 조절하여 영상의 변화를 확인하였다(Figs. 6-11 참조).

Linear stretching 및 histogram equalization 기법의 차이는 육안으로 확인할 수 있었다. 반면 노출시간에 따른 영상의 경우 픽셀 출력 값에는 노출시간 변화만큼의 차이가 있었으나 영상처리 후 육안으로는 큰 차이를 확인하기 어려웠다. 이에 기존 linear stretching에서 하위 및 상위값의 일정 퍼센트 내에 해당하는 픽셀 값들을 제외하고 재배치하는 방식을 적용하였을 때 개선된 것을 확인할 수 있었다.

8. 결론

본 논문에서는 가시광센서에서 노출시간에 따른 linear stretching과 histogram equalization의 비

율에 따라 영상처리를 비교하였다. 가시광센서의 출력은 노출시간에 따라 출력값이 거의 비례하여 변화하였지만 linear stretching 및 histogram equalization을 적용했을 때 육안으로는 큰 차이를 확인하기 어려웠다. 이에 linear stretching 방식에서 개선된 방식의 하위 및 상위 값 일정 퍼센트 픽셀 값들은 제외하고 linear stretching하는 방식으로 적용했을 때 개선되는 것을 확인하였다. 이와 비슷한 개념으로 histogram equalization을 적용할 경우 특정 픽셀 값에 몰려 있으면 영상에 왜곡이 생긴다. 이에 픽셀 개수에 제한하여 영상처리하는 기법도 있다.

최근에는 센서의 실시간으로 노출시간을 변경하여 사용하는 추세이다. 이러한 경우에는 실시간으로 픽셀의 최대값, 최소값을 확인한 후 일정 픽셀값을 제외하고 영상처리하는 방식도 효율적이라고 판단된다. 또한 주변 환경 및 사용 용도에 따라 영상처리 기법의 비율을 적용하는 것이 중요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] J. Adams, K. Parulski and K. Spaulding, Eastman Kodak Company, "Color Processing in Digital Cameras," IEEE MICRO, 1998, pp. 20–30.
- [2] Yongmin Kim, Jaewan Choi and Youngil Kim, "An Adaptive Dynamic Range Linear Stretching Method for Contrast Enhancement," Journal of Remote Sensing, Vol. 26, No. 4, 2010, pp. 395–401.