

Non-zero Mean Noise에 의한 Signal의 Boost-up 및 Drag-down을 Correction하기 위한 연구

*임나리, 김일도, 최병선, 박상규

삼성전자 DM연구소 DTV요소기술Lab.

e-mail : *nari.im@samsung.com, ildo.kim@samsung.com, goodsun@samsung.com, sahnnggyu.park@samsung.com*

Correction Method for Signal Boost-up or Drag-down Caused by Non-zero Mean Noise

*Na-Ri IM, Il-Do Kim, Byung-Sun Choi, Sahng-Gyu Park
DTV Essential Technology Lab. Digital Media R&D Center
SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD

Abstract

카메라 시스템에서 일반적인 Noise Reduction방법은 Noise간에 서로 Correlation이 없고 Independent한 White Noise이며, Zero Mean Noise라는 가정 하에 설계된 것이다.[1] 본 논문에서는, 실제 Non-zero Mean Noise 현상을 규명하고, 이에 의해 발생한 Low Level Signal의 Boost-up 및 High Level Signal의 Drag-down을 Correction하여 화질을 개선하기 위한 방안을 제안한다.

I. 서론

CMOS 혹은 CCD와 같은 소자를 이용하여 빛을 전기적 신호인 Image로 재구성 하는 촬상 소자는 Read-out Noise 같은 Sensor Noise와 Photon Noise가 빛에 의해 광전 변환되어 축적된 전하와 합산되면서 화질을 열화시킨다.[2][3] 이 중 Sensor Noise는 특히 저조도 환경에서 영상 획득 시 화질을 열화시키는 주요 원인이 된다. 이에 일반적인 카메라 시스템에서는 Spatial 방향으로 Noise Reduction하는 2DNR(2 Dimensional Noise Reduction)을 수행하거나, Spatial

방향의 Noise Reduction과 Temporal 방향의 Noise Reduction의 조합으로 3DNR(3 Dimensional Noise Reduction)을 수행함으로써 영상의 화질을 향상시킨다.[4]

Noise Reduction을 수행할 때, Noise는 Zero Mean을 가지며 Independent하다고 가정한다. 하지만 실제로 특정 Signal Level의 Noise는 Non-zero Mean Noise로 변형되어 Signal의 Boost-up 및 Drag-down 현상을 발생시킨다. 이에 본 논문에서는 Non-zero Mean Noise에 의해 왜곡된 Signal을 Correction하여 영상의 화질을 개선하는 방법을 제시한다.

II. 본론

그림 1은 일반적인 8bit 시스템에서 Signal에 Zero Mean Random Noise가 더해진 신호를 나타낸다. Noise가 추가된 Signal은 그림 1에서 점선으로 표시한 영역처럼, 8bit 시스템의 표현 가능한 Signal Level을 초과하는 부분이 발생하게 된다. 이때 초과된 Signal은 Clipping되면서 Noise가 왜곡되어 Non-zero Mean Noise로 변형된다. 하지만 Noise Reduction 시스템은 Noise를 Zero Mean Noise로 가정하고 Noise Reduction을 수행하기 때문에 그림 2의 표시 영역처럼 Signal의 왜곡이 발생한다.

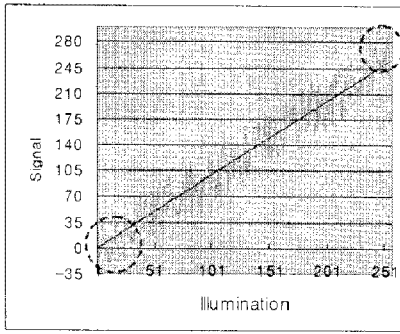


그림 1. Signal with Noise

이러한 신호의 왜곡을 Correction하는 과정은 다음과 같다. 그림 2의 Th_{low} 보다 크고 Th_{high} 보다 작은 Signal Level에서, Homogenous한 영역의 Variance를 구하여 이를 Noise의 Variance로 가정하고 Noise의 Standard Deviation을 계산한다.

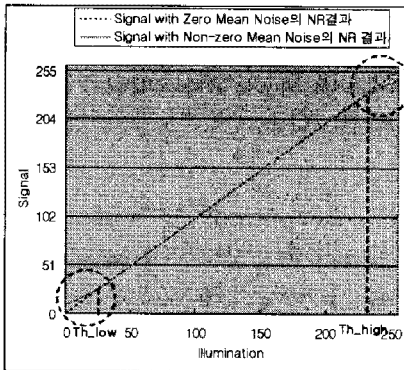


그림 2. Signal after Noise Reduction

Th_{low} 와 Th_{high} 는 식 1과 같이 갱신한다.

$$TH_{low} = \text{Noise Standard Deviation}$$

$$TH_{high} = \text{Maximum Signal Level} - TH_{low} \quad [\text{식 1}]$$

식 1에서 구한 Th_{low} 와 Th_{high} 를 이용하여 식 2와 같이 왜곡된 Signal을 Correction한다. 이때 설명의 편의를 위하여 Noise Reduction을 수행한 결과 데이터를 NR_data라 명하였다.

```

if (NR_data < Th_low )
    Data_Out = (NR_data - Th_low/2)*2
else if (NR_data > Th_high )
    Data_Out = (NR_data - Th_high)*2+Th_high
else
    Data_Out = NR_data
    
```

[식 2]

이와 같이 Non-zero Mean Noise를 Zero Mean

Noise로 Correction함으로써 Noise에 의한 Low Level Signal의 Boost-up 및 High Level Signal의 Drag-down을 Correction한다.

III. 실험결과

임의의 영상에 7.36의 Standard Deviation을 가지는 Random Noise를 추가하여 실험한 결과, 일반적인 Noise Reduction을 수행한 평균영상의 PSNR은 63.844이고 본 알고리즘을 적용한 평균영상의 PSNR은 74.915로 PSNR이 1.1734배 향상됨을 확인하였다.

그림 3.(a)는 Bayer Pattern을 가지는 AltaSens CMOS의 출력 Raw data에 일반적인 Noise Reduction을 수행한 결과이고, 그림 3.(b)는 본 알고리즘을 적용한 결과로 영상의 화질이 개선되었음을 알 수 있다.

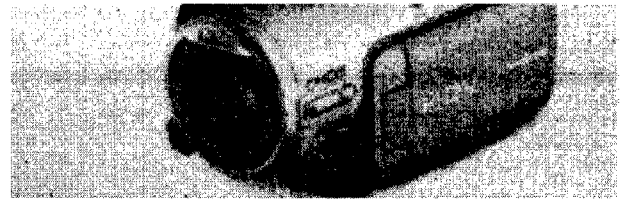


그림 3. (a) Image after Noise Reduction



그림 3. (b) Image after Correction

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 Non-zero Mean Noise에 의해 Signal이 Boost-up되고 Drag-Down되는 것을 Correction하여 화질을 개선하는 방안에 대하여 기술하였다. 실험 결과 PSNR이 1.1734배 상승되는 것을 알 수 있었다. 향후 저조도 환경에서 발생하는 Noise를 더욱 효과적으로 제거하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 박철훈 외, "Random Processes"
- [2] AltaSens CMOS Datasheet
- [3] Hewlett-Packard Components Group Imaging Products Operations, "Noise Source in CMOS Image Sensors"
- [4] William K. Pratt, "Digital Image Processing"2002.