

Color Capture Device의 저조도 감도 향상 방안

*김일도, 전재성, 최병선, 박상규
삼성전자 DM연구소, DTV 요소기술 Lab.
e-mail : ildo.kim@samsung.com, js77.jun@samsung.com,
goodsun@samsung.com, sahnnggyu.park@samsung.com

Sensitivity Improvement Method for Color Capture Device At Low Illumination Conditions

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

Abstract

CCD(Charge-Coupled Device) 혹은 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)와 같은 소자를 이용하여 빛을 전기적 신호인 Image로 재구성하는 촬상소자(Color Capture Device)는 촬영환경이 어두워지면 Dynamic Range가 작아지고, Noise가 상대적으로 심해진다[1][2]. 본 논문에서는 촬영 환경이 어두울 때, Resolution을 Preserving하는 Pixel Pitch가 큰 촬상 소자와 Motion Blur를 억제하는 Exposure Time이 긴 촬상 소자의 조합을 신호처리로 구현하여, 신호의 Power를 향상시켜 Dynamic Range를 키우고 Noise의 Boost-up을 억제하여 SNR(Signal to Noise Ratio)을 향상시키는 방식으로, 촬상 장치의 감도를 향상시켜 화질을 개선하는 방법을 제안한다.

I. 서론

촬상 소자는 일반적으로 저 조도에서 작은 Dynamic Range와 Signal Level에 비해 상대적으로 큰 Noise Level을 갖는다. 즉 촬영 환경이 어두울 때는 Fixed Pattern Noise, kTC-Noise나 Thermal Noise와 같은 촬상소자 자체의 Noise가 빛에 의해 광전 변환되어 축적된 전하에 비해 상대적으로 크기 때문에 화질 열화가 심각해진다.

본 논문에서는 Resolution 성분은 Preserving하는 Pixel Binning을 Modeling하여 Pixel Pitch가 큰 촬상 소자를 대신하고, Motion 정도에 따라 Current Frame과 Previous Frame의 Summation을 Modeling하여 Exposure Time이 긴 촬상 소자를 대신하는 Algorithm을 제시한다[3]. 즉, Signal의 Power를 향상시켜 Dynamic Range를 키우고, Noise의 Boost-up을 억제하여 SNR을 향상시킴으로써 촬상 소자의 감도를 향상시키는 방안을 제시한다.

II. 본론

그림 1은 본 논문에서 제안하는 Algorithm의 Block Diagram이다. Resolution을 Preserving하는 Pixel Pitch가 큰 촬상 소자를 Spatial Pixel Area Expansion Block에서 Modeling 하고, Motion Blur를 억제하는 Exposure Time이 긴 촬상 소자를 Temporal Exposure

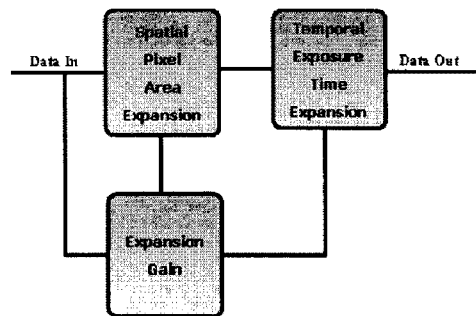


그림 1. Block Diagram

Time Expansion Block에서 Modeling한다. 또한, 촬영 환경이 어두울수록 두 가지 기능이 많이 활성화 되도록 Expansion Gain Block에서 Gain을 설정한다.

Spatial Pixel Area Expansion Block은 물리적 Pixel Binning과 같이 Horizontal, Vertical 방향으로 Pixel Data 값을 Summation한다. 또한 Horizontal, Vertical, Diagonal의 High Frequency 성분을 이용, Edge와 Noise를 구분하여 Edge에 가까우면 High Frequency의 보존을 많이 하고, Noise에 가까우면 High Frequency의 보존을 적게하여, 보존할 High Frequency 성분을 물리적 Pixel Binning 과정을 통해서 출력된 신호에 더해준다.

Temporal Exposure Time Expansion Block은 물리적으로 긴 Exposure Time과 같이 Current Frame과 Reference Frame을 Summation한다. 이때 Current Frame과 Previous Frame의 Difference를 이용한 Motion 정도에 따라 Reference Frame을 설정한다. 즉 Motion 정도가 작으면 Reference Frame을 Previous Frame에 비중을 크게 두어 설정하고, Motion 정도가 크면 Reference Frame을 Current Frame에 비중을 크게 두어 설정한다.

Expansion Gain Block은 Spatial Pixel Area Expansion Block의 Gain N_s 와 Temporal Exposure Time Expansion Block의 Gain N_t 를 설정한다. N_s 와 N_t 는 Current Frame의 Input Data Level이 작을수록 크게 설정하고, 클수록 작게 설정하여, 작은 Level의 Data Power를 향상시키도록 설정한다.

즉 제시한 Algorithm은 촬영 환경이 어두울 때, Spatial Pixel Area Expansion과 Temporal Exposure Time Expansion의 결과로 $N=N_s*N_t$ 배의 Signal Power와 \sqrt{N} 배의 Noise Power를 갖는 Output Data를 출력한다[3]. 즉, Signal의 Power를 N 배 향상시켜 Dynamic Range를 키우고, Noise의 Boost-up을 억제하여 SNR을 \sqrt{N} 배로 향상시킴으로써 촬상 소자의 감도를 향상시키는 방안을 제시하였다[4][5].

III. 실험 결과

실험에 사용된 촬상 소자는 Bayer Pattern을 가지는 AltaSens CMOS를 사용하였다. CMOS의 출력 Raw Data는 39개를 추출하였고, 그림 2의 (a)는 39개의 Raw Data 중 한 개를 Interpolation하여 도시한 것이다. 그림 2의 (b)는 Interpolation된 결과를 본 논문에서 제시한 Algorithm을 통하여 감도를 향상시킨 결과이다. 실험에서는 N_s 와 N_t 를 2로 설정하여 이론적으로는 4배의 Signal Power 향상과 2배의 SNR 향상을 패

하였다. 실험 결과 Signal Power는 평균 3.9817배 향상되었고, SNR은 평균 1.7763배 향상되었다.



(a) Interpolation Image (b) 감도 향상된 Image

그림 2. 실험 결과 영상

IV. 결론 및 고찰

본 논문은 촬영 환경이 어두울 때, Resolution을 Preserving하는 Pixel Pitch가 큰 촬상 소자와 Motion Blur를 억제하는 Exposure Time이 긴 촬상 소자를 Modeling하여, 신호의 Power를 향상시켜 저계조의 Dynamic Range를 키우고 Noise의 Boost-up을 억제하는 방법으로, 촬상 소자의 감도를 향상시켜 화질을 개선하는 방안에 관하여 기술하였다. 실험 결과, Signal Power는 3.9817배 상승되었고 SNR은 1.7763배 상승되었다.

향후 저 조도에서 Noise와 Edge, Noise와 Motion의 구분을 정확하게 판별하는 방안을 모색하여, 이론적인 Signal Power의 N 배 상승과 SNR의 \sqrt{N} 배 상승에 근접할 수 있도록 할 것이다.

참고문헌

- [1] AltaSens CMOS Datasheet
- [2] Hewlett-Packard Components Group Imaging Products Operations, "Noise Source in CMOS Image Sensors"
- [3] http://www.cookecorp.com/cooke/php/library/technical_1-en_01050901.html
- [4] 박철훈 외, "Random Processes"
- [5] William K. Pratt, "Digital Image Processing"