

이미지 센서용 감마 교정 회로 설계

이 현정, 이 동훈, 손 승일

한신대학교 정보통신학과

A Design of Gamma Correction Circuit for CMOS Image Sensor

Hyun Jung Lee, Dong hun Lee, Seung II Sonh

Dept. of Information and Communication Hanshin University

E-mail : oliya@hs.ac.kr

요 약

최근 디지털 카메라, 영상관련 디지털 기기들의 증가와 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)의 시작으로 영상 처리 분야의 중요성이 점차 높아지고 있으며, 적절히 교정하지 못한 영상은 너무 밝거나 또는 너무 어둡게 보일 수 있기 때문에 영상을 컴퓨터 스크린에 정확하게 표현하는 감마교정은 영상을 디스플레이 하는 장치에서 더 많은 비중을 차지하고 있다. 본 논문에서는 영상 입력 장치 또는 카메라 이미지 센서로부터 얻은 Bayer Data가 전처리 과정에서 수행하는 감마교정에 대해 이해하고, ROM에 감마 값을 고정하여 수행하지 않았다. 구간 선형 알고리즘을 이용한 하드웨어적인 처리를 수행하는 감마 교정을 구현하고자 한다. 이를 위해서 Visual C++을 이용하여 소프트웨어적인 구현과 구간 선형법 알고리즘을 이용한 구현을 검증한 후, 구간 선형 알고리즘을 적용한 감마 교정을 하드웨어로 설계 후, Modelsim6.0a를 이용하여 데이터를 검증한다.

1. 서론

ISP전처리 과정을 통해서 입력된 Bayer 포맷 데이터는 감마 교정을 거쳐 새로운 R', G', B' 픽셀로 출력한다. 새로운 R, G, B를 도출해 내는 과정에서 기존에는 감마 교정을 수행 시 감마 값을 ROM에 고정시켜 수행하였다. 그러나 하드웨어 구현시 칩 면적을 많이 차지하는 단점을 갖는다. 본 논문에서는 이런 단점을 해결하기 위한 방법을 제시한다. 또한 기존에는 여러 영상장치의 감마 값을 수행할 경우 매번 새로운 ROM 영역을 필요로 하는 단점을 갖는다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 감마값을 레지스터에 저장하여 감마 교정을 수행하는 방법을 고려했으며 검증을 위해 감마교정을 Visual C++를 이용하여 소프트웨어적으로 검증하고 최적화된 알고리즘을 사용한다. 소프트웨어 처리에서는 감마교정 곡선에 대하여 "math.h" 라이브러리를 이용하여 곡선값을 쉽게 구할 수 있다.

그러나 하드웨어 구현시 곡선에 대한 라이브러리를 제공해 주지 않는다. 그래서 본 논문에서는 구간 선형(Piecewise Linear) 알고리즘을 적용하여 구현한다. 감마교정을 구현하기위해 VHDL을 이용한 구간 선형 알고리즘을 기술하고 이를 검증하기위해 ModelSim6.0a를 이용한 파형 분석을 하여 결과값을 도출 하고자 한다. 하드웨어 구현을 위한 이전 처리로 소프트웨어 검증을 통한 두 가지 알고리즘 구현 결과를 비교하여 큰 차이가 없었다. 또한 원본 이미지와 대상 이미지의 차이를 비교하는 PSNR식에서 이미지 수행 결과를 계산하여 이미지를 비교하여 결과를 도출하여 결론을 내리고자 한다.

2. 이미지 센서의 전처리 개요

2-1. Bayer 포맷

Raw 파일은 헤더 정보를 갖고 있지 않으며

데이터만 있는 가공되지 않은 파일을 의미한다. 즉, 센서에서 감지한 전기적인 아날로그 신호를 디지털 컨버전 시켜 순수 데이터 신호를 저장한 것을 의미한다.

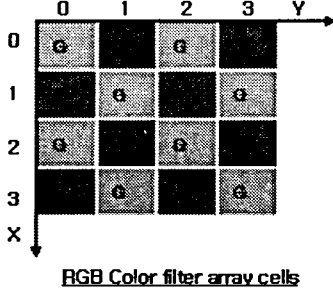


그림 1. Bayer Format 필터 어레이

대부분 카메라 센서는 Bayer 포맷의 R,B,G 값이 1 : 1 : 2의 비율로 그림 1과 같이 배치한다. 즉, 빨강, 파랑이 하나씩 초록이 두 개로 구성하며 사람의 눈에 초록에 더 민감하게 반응하기 때문에 초록계열이 더 많은 비율을 차지한다. Bayer 포맷은 그림 1과 같은 순서의 고정 패턴이 아니며 한 라인 안에서 RG 또는 GR의 패턴으로, GB 또는 BG의 패턴으로 초기 설정값에 따라 바뀔 수 있다. 또한 각 패턴은 홀수 라인, 짝수 라인으로 반복 처리한다.

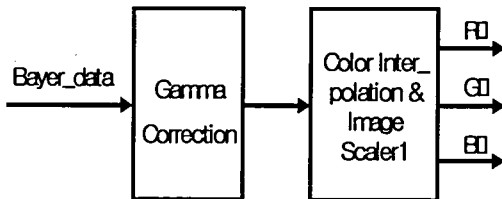


그림 2. ISP전처리 과정 블록도

그림 2에서는 입력된 프레임 이미지 데이터의 Bayer 포맷을 감마 교정을 통해서 새로운 R', G', B' 값을 구하고 또 다른 전처리 과정인 인터폴레이션 과정과 컬러 콜렉션 등을 거쳐 우리가 볼 수 있는 이미지로 변환되는 과정을 블록도를 통해 나타내고 있다 [1][2][3].

2-2. 감마교정

우리가 알고 있는 실제 영상을 여러 모니터 CRT, LCD, 플라즈마 등으로 영상 장치를 통해 보여주기 위한 디지털 처리 과정(ISP)에서는 감마 교정을 처리하여 디스플레이 장치별 전압값의 차이에 따른 고유 감마 값 처리를 수행하여 올바른 영상을 장치에 출력한다. Bayer 입력을 통해 감마교정을 수행하지 않은 픽셀값은 대부분 어두우며 감마곡선에 낮은 위치에 픽셀값을 사용한다. 이런 문제를 해결하기 위해 장치별 고유 감마 값을 감마곡선의 일직선 형태의 직선의 이상적 위치에서 픽셀값이 출력 하도록 처리 한다.

식 1은 입력되는 Bayer Data에 대한 감마 교정값 r과 출력되는 데이터 s의 관계를 c=1이라는 가정 하에 나타낸 수식이다. 그림 3은 식 1을 그래프로 나타낸 것이다.

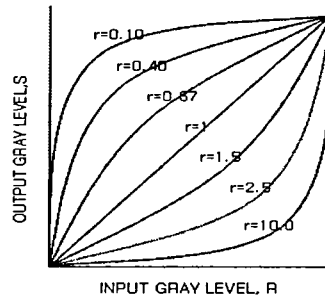


그림 3. 여러 감마 값위치에 따른 감마곡선 그래프

$$s = cn \text{ -----(식 1)}$$

여기서 c와 r은 양의 상수들이다. 다양한 r 값들에 대해 s대 r의 그래프는 그림1에서 나타내었다.

r값은 각각의 영상 장치별 고유 감마값으로 이를 적용하여 이상적인 일직선 위치에서 각 픽셀값이 장치에 출력 하도록 처리 한다. 그림 1에서 보여 지는 것과 같이 입력된 데이터에 대해 출력되는 데이터의 값이 일직선상에서 값이 유지 되어야 하지만, 카메라 또는 CCD 디지털 카메라 모듈의 입력 데이터 값은 그림 1에서 r <

1값 아래의 낮은 위치 곡선에서 데이터가 놓인다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일직선 보다 낮은 데이터의 차이만큼을 높게 주어 결과적으로 입력된 데이터와 출력되는 데이터의 값을 같게 교정해 주는 역할을 감마 교정이라고 한다.

3. 제안한 블록도 설계

3-1. 구간 선형 알고리즘(Piecewise Linear)

그림 4는 구간 선형법 알고리즘을 감마 교정에 적용한 그래프이다.

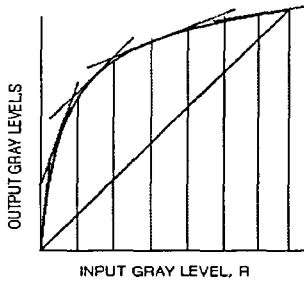


그림 4. 구간선형법 알고리즘을 감마교정에 적용한 그래프

x축으로는 입력되는 픽셀 R, G, B 데이터를 일정하게 나누고, y축은 고정된 감마값을 적용하여 일정하게 나누었다. 곡선의 형태를 x, y 축의 두 점을 지나는 직선의 방정식으로 구현하고자 했으나, 매번 입력되는 x값에서 직선의 방정식을 이용하여 y값을 구해주는 번거로움이 있다.

3-2. 제안한 구간 선형 처리 블록도

하드웨어 구현하기 위해서 제안하는 블록도는 그림 5와 같다. x축의 입력 데이터 픽셀의 구간을 처리하기 위해 디코더를 통해서 8bit의 데이터가 입력한 후 xwhkvy 구간별 차이 픽셀차이값을 빼준 후에 미리 구해놓은 직선의 기울기를 레지스터 설정값에 따라 처리한다. 이때, 하드웨어 설계에서는 나눗셈 연산에 필요한 라이브러리를 제공하지 않기 때문에 분모를 없애주기 위해 미리 직선의 기울기를 구간 전체에 대해서

32를 곱해주는 연산을 수행한다. 이렇게 나온 결과 값에 쉬프트 연산을 통해서 다시 32만큼을 나누어 정수 연산을 수행 하도록 처리한다. 마지막으로 쉬프트 연산 결과값과 미리 고정된 상수값을 덧셈하여 새로운 y축 값을 구한다. 이로써 구간 선형법 알고리즘을 적용한 감마 교정을 구현한다. 다음 그림 5은 구간 선형 알고리즘을 처리 하기 위해 제안한 블록도이다.

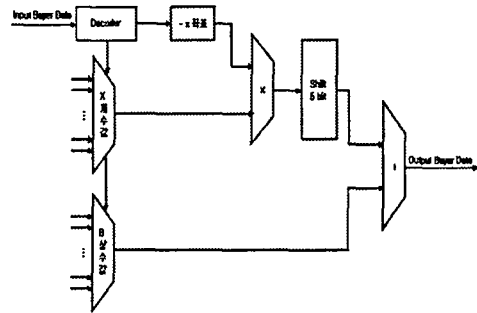


그림 5. 제안한 구간 선형법 알고리즘 처리 블록도

4. 파형 분석

그림 6은 제안한 구간 선형법 알고리즘 처리를 수행한 블록도를 ModelSim6.0a를 사용하여 감마 교정을 검증하기 위한 파형 시뮬레이션이다.

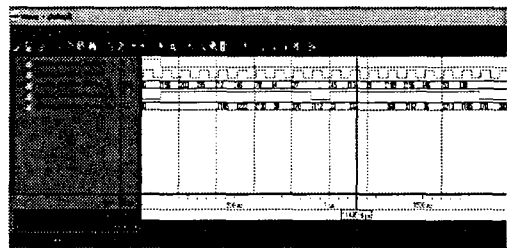


그림 6. 구간 선형법을 이용한 감마 교정의 파형 시뮬레이션

표 1은 소프트웨어로 처리한 결과값과 파형 결과값을 비교하기 위해 보여주고 있다.

6. 참고 문헌

- [1]. Yun Ho Jung, Jae Seok Kim, Bong Soo Hur and Moon Gi Kang, Department of Electronic Engineering Yonsei University, Seoul, Korea, "Design of Real-Time Image Enhancement Preprocessor for CMOS Image Sensor", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 46, No 1, February 2000.
- [2]. Bongjun Lee, Jaeseok Kim and Chulhee Lee, Dept. Electrical and Computer Engineering, Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Seodaemoon-Gu, Seoul 120-749, Korea, "High Quality Image Interpolation for Color Filter Arrays" IEEE Trans. 2000.
- [3]. Randy Crane, Hewlett-Packard Company. "A Simplified Approach to Image Processing". Prentice Hall PTR
- [4]. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. "Digital Image Processing". Addison Wesley.