JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 22, No. 2: 270~275, Feb. 2018

영상 품질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘의 하드웨어 설계

김근준 · 강봉순*

Hardware Design of Real-Time Wide Dynamic Range Algorithm Based on Tone Mapping Method for Image Quality Enhancement

Geun-Jun Kim · Bongsoon Kang*

Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 49315, Korea

요 약

영상의 화질을 개선하는 방법은 색 사상 방법과 레티넥스 방법으로 나누어진다. 색 사상 방법의 대표적인 예는 히스토그램을 기반으로 영상의 화질을 개선하는 방법이다. 본 논문에서는, 영상 품질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘의 하드웨어 설계를 제안한다. 제안하는 방법은 영상을 밝기 영역과 색 영역으로 나눈 후, 밝기 영역의 변화량을 기초하여 색 영역을 개선한다. 또한, 고품질의 영상을 원하는 흐름에 맞추어, 12bit로 확장된 신호를 사용하며, 기존의 8bit 신호와도 호환이 가능하게 설계하였다. 시뮬레이션 결과로 영상의 화질의 개선됨을 확인하였으며, 하드웨어 설계 결과 최대 138.26MHz로 실시간 동작이 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

Method for improving the image quality are divided into a tone mapping method and a retinex theory based method. Typical example of the image quality enhancement method using tone mapping method is one using image characteristics like histogram. In this paper, we propose a hardware design of real-time wide dynamic range algorithm based on tone mapping method for image quality enhancement. The proposed method divides the image into the luminance and chroma components and then improves the chroma region based on the variation of the luminance component. Adding to that, it is designed to be compatible with the existing 8-bit signal, using high quality image with 12-bit extended signal according to the desired flow. As a result of simulation, it is confirmed that the image quality is improved, and the hardware design is confirmed that the real-time operations is possible at the maximum frequency at 138.26MHz.

키워드 : 광역역광보정, 하드웨어 설계, 영상 품질 개선, 저조도 개선

Key word : Wide Dynamic Range, Hardware Implementation, Image Quality Enhancement, Low Light Enhancement

Received 15 November 2017, **Revised** 27 November 2017, **Accepted** 13 December 2017

* **Corresponding Author** Bongsoon Kang(E-mail:bongsoon@dau.ac.kr, Tel:+82-51-200-6967)
Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 49315, Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.2.270 pISSN:2234-4772

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

현대에 영상은 일상생활에서 가장 쉽고 흔하게 접근할 수 있는 매체로 성장하였다. 언제 어디서나 쉽게 접할 수 있는 영상은 디스플레이 기술의 발달로 인하여 그 해상도가 초고해상도로 높아졌으며, 장치가 가질 수 있는 색역이 넓어지고 있다[1, 2]. 이러한 디스플레이 기술의 발달에도 불구하고 대부분의 장치에서는 아직 좁은 대역의 색역을 사용하고 있다. 디스플레이 기술의 발전과 더불어, 영상의 품질 향상을 위한 연구도 꾸준한 주제로 연구되어져 왔다[3, 4]. 영상의 화질 향상 방법은 색역 사상 방법과 레티넥스 방법으로 분류 할 수 있다. 색역 사상 방법은 히스토그램과 같이 영상 내의 정보를 이용하며, 레티넥스 방법은 인간의 눈의 형상을 기초로 하여 품질을 개선하는 것을 목표로 한다[5]. 이러한 기존 연구자들의 노력에 힘입어, 영상은 그 사용처가 점점 확대 되고 있다. 초기의 영상은 방송이나 사진과 같은 국한된 영역에 존재하였으나, 현대에는 수없이 많은 장치가 디스플레이 패널을 포함하고 있으며 사용 분야도 스마트폰, 자동차등으로 넓어지고 있다.

영상의 품질 역시 발달을 하고 있는데 초기 영상은 색상정보를 가지지 못한 흑백 신호만을 전달하였다. 그 이후 색상 신호가 추가되었으며 그 이후로는 색상 신호가 확장되어 표현할 수 있는 색상의 범위가 넓어지고 있다[6]. 영상의 화질이 과거와 대비하여 증가한 것은 사실이나, 아직 인간의 눈보다는 낮은 해상도와 낮은 색역을 가지기 때문에 광역역광보정은 영상 처리에서 빠질 수 없는 연구 분야이다. 또한, 알고리즘에서 그치는 것이 아니라, 실제 장치에서 향상된 색역을 보기 위해서는 디스플레이 패널과 동작할 수 있도록 하는 하드웨어 설계가 동반되어야 한다[7-10]. 이러한 이유로, 광역역광보정에 관한 기술은 영상 처리 영역에서 쉬지 않고 연구되어온 주제이다[11, 12]. 이러한 연구는 다양한 응용 분야를 위한 기초 연구 분야에 속하여 그 중요성이 더욱 높다[13, 14].

본 논문에서는, 화질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘의 하드웨어 설계 방법에 대하여 제안한다. 제안하는 방법은 하드웨어 IP로 설계하여 손쉬운 재사용과, 기존 시스템과의 호환성을 목표로 하여 설계한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 화질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘에 관한 서술을 하였으며, Ⅲ장에서는 시뮬레이션 결과로 해당 알고리즘의 성능을 평가한다. Ⅳ장에서는 영상 품질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘의 하드웨어 설계에 관해 서술한다. Ⅴ장에서는 결론을 맺고 추후 연구목표에 대해 서술한다.

Ⅱ. 화질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘

본 장에서는 영상 품질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘에 대해 설명한다. 본 논문에서 사용하는 화질 향상 방법은 YCbCr 색 좌표계를 이용하여 밝기 성분과 색상 성분에 대해 신호 처리를 적용한다. 그림 1은 제안하는 방법의 흐름도이다.

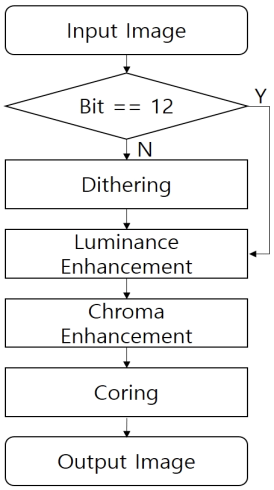


Fig. 1 Flow chart of the proposed method

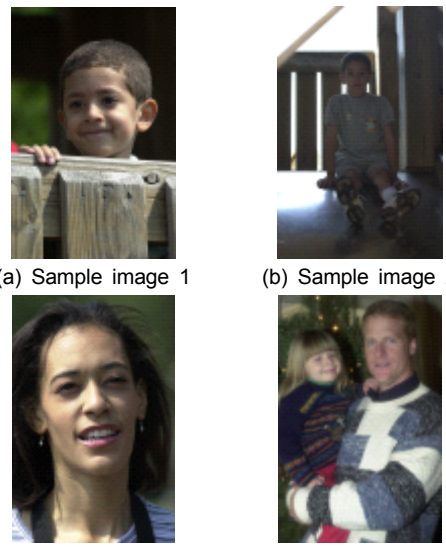
2.1. 밝기 성분

그림 1의 흐름도에서 영상의 밝기 성분 향상에 해당하는 기능 블록은 디더링(Dithering)과 밝기 개선(Luminance Enhancement) 블록이다. 디더링은 영상 신호를 풍부하게 확장하는 기능을 한다. 밝기 개선 블록에서는 밝기 성분의 개선을 위해서 색 사상 방법 중에서 히스토그램을 이용한 방법을 사용한다. 영상의 히스토그램을 이용하여 누적 밀도 함수를 생성하고, 이를 바탕으로 밝기 성분을 개선하는 비선형 곡선을 생성한

다. 비선형 곡선이 적용된 최종 밝기 성분은 수식 (1)의 형태로 결정된다. *OY(x,y)*는 개선된 밝기 성분, *IY(x,y)*는 입력 영상의 밝기 성분, *NG(x,y)*는 비선형 곡선의 밝기 이득, *EG(x,y)*는 밝기 성분의 개선 강도를 의미한다. 비선형 곡선의 밝기 이득은 입력 영상의 히스토그램을 기반으로 생성되며 개선 강도는 히스토그램의 누적 분포 함수의 분포로 결정된다.

$$OY(x,y) = IY(x,y) + NG(x,y) \times EG(x,y) \quad (1)$$

그림 2는 실험 영상이다. 그림 3은 실험 영상 1에 대한 히스토그램이며 그림 4는 히스토그램을 이용하여 생성한 비선형 곡선이다. 그림 5는 실험 영상의 밝기 성분에 대한 전달함수이다.



(a) Sample image 1 (b) Sample image 2

(c) Sample image 3 (d) Sample image 4

Fig. 2 Sample images

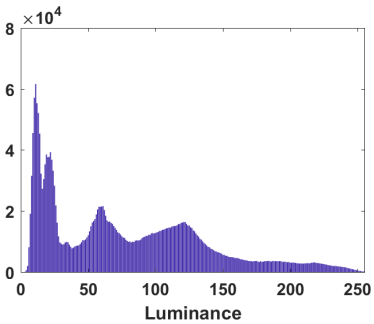


Fig. 3 Luminance histogram of Figure 2

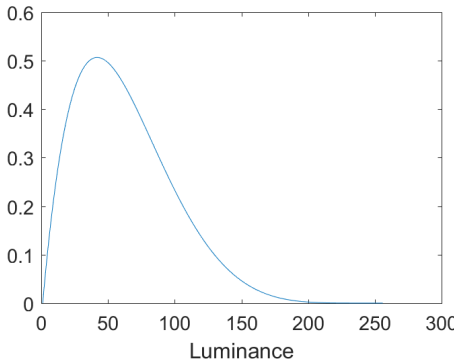


Fig. 4 Non-linear curve based on histogram

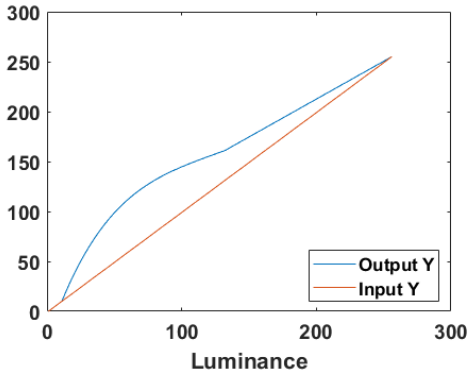


Fig. 5 Luminance transfer function of Figure 2

2.2. 색상 성분

색상 성분의 개선은 밝기 성분의 변화에 따른 비율을 바탕으로 이루어진다. 색상 성분은 수식 (2)의 형태로 개선한다. *OCh(x,y)*는 출력 색상 성분, *ICH(x,y)*는 입력 색상 성분, *ChG(x,y)*는 색상 이득, *ChW(x,y)*는 색상 성분 가중치이다. 색상 이득은 입력 밝기 값과 개선된 밝기의 비를 이용하여 생성하며, 색상 성분 가중치는 Cb와 Cr의 비율을 이용하여 결정된다.

$$OCh(x,y) = ICh(x,y) + ChG(x,y) \times ChW(x,y) \quad (2)$$

밝기 성분의 변화에 따라 색상 성분을 강조함으로 인하여 잡음 성분들이 함께 강조될 수 있다. 잡음 성분이 강조되면서 영상의 품질을 저해하는 것을 막기 위해서, 본 논문에서는 중심화(Coring)를 사용하였다. 그림 6은 중심화를 사용하지 않았을 때의 각 색상 성분 채널의 전달 함수이다. 그림 7은 잡음 억제를 위하여 중심화를

적용하였을 때 가질 수 있는 전달함수 이다. 그림 7의 형태를 가지는 중심화는 잡음을 억제 할 수 있으나, 색상 성분의 불연속이 발생하여 영상이 자연스럽지 않을 수 있다. 그림 8의 형태는 최종적으로 본 논문에서 사용한 색상 성분의 전달함수로 잡음을 억제함과 동시에 불연속을 방지할 수 있는 특성을 가진다.

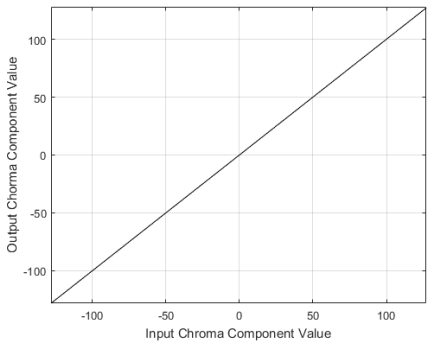


Fig. 6 Original chroma component value

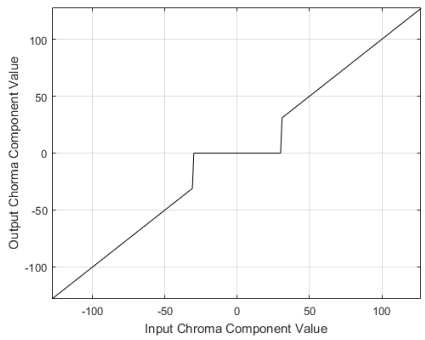


Fig. 7 Coring added chroma component value

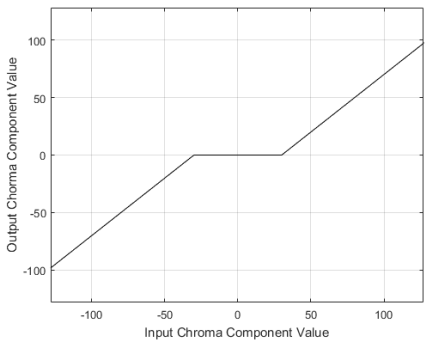
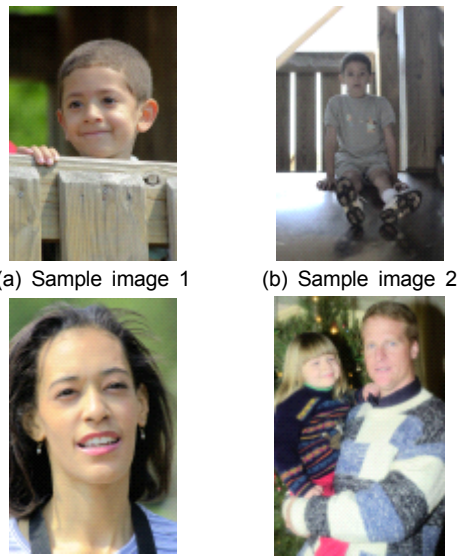


Fig. 8 Prevent discontinuous chroma component value

그림 9는 그림 2의 영상에 대해 밝기 성분과 색상 성분에 대해 처리한 결과영상이다. 원본 영상과 비교 해 보았을 때, 밝기와 색상 정보가 모두 개선됨을 알 수 있다.



(a) Sample image 1 (b) Sample image 2

(c) Sample image 3 (d) Sample image 4

Fig. 9 Processing results of Figure 2

Ⅲ. 하드웨어 설계

제안하는 방법의 하드웨어 요약 구성도는 그림 10에 나타내었다. 조정 신호 세트(Control Signal Set)은 전체적인 하드웨어의 동작 조건을 관장하는 역할을 한다. 주 기능은 디더링(Dithering), 비선형 곡선 생성기(Non-Linear Curve Generator), 색상 성분 개선기(Chroma Enhancement) 3개의 블록으로 구성 된다. 매크로 블록은 평균기, 나눗셈기, 256x18 SPRAM(Single Port Random Access Memory), 비선형 곡선 표(Non-Linear Curve Table)가 포함된다.

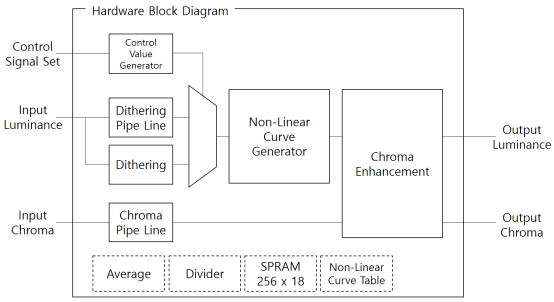


Fig. 10 Summarized Hardware Block Diagram

표 1은 하드웨어 합성 도구인 Xilinx Vivado를 이용하여 제안하는 방법을 FPGA(Filed Programmable Gate Array)로 구현하였을 때 소모되는 자원을 보여준다. 목표 보드는 XC7Z045FFG900-2APSoC를 사용하였다. 구현 결과 슬라이스 레지스터 0.64%, 슬라이스 LUT (Look-UP-Table) 2.53%, BRAM(Block Random Access Memory) 0.9%를 소모하였으며 동작 주파수는 138.26MHz로 구현되었다. 또한, 구현된 하드웨어는 시뮬레이션과 동일한 결과를 나타냄을 확인하였다.

Table. 1 Summary of implementation result

	Available	Used	Utilization
Slice Register	437,200	2,784	0.64%
Slice LUT	218,600	5,528	2.53%
BRAMs	545	5	0.9%
Maximum Frequency(MHz)	138.26		

* The Xilinx software was provided by the IDEC, Korea

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 영상 품질 향상을 위한 색 사상 기반 실시간 광역역광보정 알고리즘의 하드웨어 설계를 제안하였다. 하드웨어 합성 결과 레지스터, 룩업테이블, 메모리가 목표 보드에 대하여 각각 0.64%, 2.53%, 0.9%의 점유율을 기록하였다. 시뮬레이션 결과와 함께 보면 작은 크기의 하드웨어를 추가함으로 인하여, 영상의 품질이 높아짐을 확인하였다. 추후, 논문에서 제안하는 방법의 화질 향상 하드웨어를 이용하여 기존의 영상 혹은 기존의 화질 향상 방법과 정량적인 비교를 통하여 제안하는 방법의 성능을 향상시키는 연구를 후속 연구로 진행 할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2015R1d1A1A01060427)

References

[1] B. Fowler, “High dynamic range image sensor architecture,” in *Proceedings of the International Society for optics and photonics Digital Photography VII*, pp. 1-5, 2011.

[2] F. Drago, K. Myszkowski, T. Annen, and N. Chiba, “Adaptive logarithmic mapping for displaying high contrast scenes,” *Computer Graphics Forum*, vol. 22, pp. 419-426, Sep. 2003.

[3] M. Mody, N. Nandan, H. Allu, and R. Sagar, “Flexible Wide Dynamic Range processing support in image signal processor,” in *Proceedings of the International Conference on Comsumer Electronics*, Las Vegas:NV, pp. 467-470, 2015.

[4] Y. Dattner and O. Yadid-Pecht, “High and low light cmos imager employing wide dynamic range expansion and low noise readout,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 12, no. 6, pp. 2172-2179, Dec. 2012.

[5] Y. Salih, W. Md-Esa, A. S. Malik, and N. Saad, “Tone mapping of HDR images: A review,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems*, pp. 368-373, 2012.

[6] D. Natale, M. Baran, and R. Tutwiler, “High dynamic range (HDR) video processing for the exploitation of high bit-depth sensors in human-monitored surveillance,” in *Proceedings of the IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop*, pp. 1-6, 2014.

[7] S. Kavusi, K. Ghosh, A. E. Gamal, “Architectures for High Dynamic Range, High Speed Image Sensor Readout Circuits,” in *Proceedings of the VLSI SoC Conference*, pp. 36-41, 2011.

[8] U. Shahnovich, A. Hore, and O. Yadid-Pecht, "Hardware implementation of a real-time tone mapping algorithm based on a mantissa-exponent representation," in *Proceedings of the*

IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp. 2210-2213, 2016.

[9] C. Ofili, S. Glozman, and O. Yadid-Pecht, "Hardware Implementation of an Automatic Rendering Tone Mapping Algorithm for a Wide Dynamic Range Display," *International Journal of Low Power Electronics and Applications*, vol. 3, no. 4, pp. 337-367, Oct. 2013.

[10] T. Dobashi, T. Murofushi, M. Iwahashi, and H. Kiya, "A fi xed-point tone mapping operation for HDR images in the RGBE format," in *Proceedings of the Asia-Pacific Signal and Inforamtion processing Association Annual Summit and Conference*, pp. 1-4, 2013.

[11] V. Popovic, E. Pignat, and Y. Leblebici, "Performance Optimization and FPGA Implementation of Real-Time Tone Mapping," *IEEE Transactions on circuits and Systems II*, vol. 61, no. 10, pp. 803-807, Aug. 2014.

[12] P. Lapray, B. Heyrman, M. Rosse, and D. Ginhac, "HDR-ARtiSt: High dynamic range advanced real-time imaging system," in *Proceedings of the International Symposium on Circuits and Systems*, pp. 1428-1431, 2012.

[13] D. Kim and P. L. Manjusha, "Building Detection in High Resolution Remotely Sensed Images based on Automatic Histogram-Based Fuzzy C-Means Algorithm," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol.3, no.1, pp. 57-62, Mar. 2017.

[14] H. Cho, D. Choi, I. Seo, and B. Kang, "Hardware Implementation of Low-power Display Method for OLED Panel using Adaptive Luminance Decreasing," *International Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 7, pp. 1702-1708, July. 2013.

김근준(Geun-Jun Kim)

2013년 동아대학교 전자공학과 (공학사)
2013년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 석 · 박사 통합과정
※ 관심분야 : 신호처리, SoC설계

강봉순(Bongsoon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과 공학사
1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과 공학석사
1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터 공학과 공학박사
1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수
2006년 ~ 2011년 멀티미디어 연구센터 소장
2006년 ~ 2013년 2단계 BK21 사업팀장
2013년 ~ 현재 BK21 Plus 사업팀장
※ 관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신