

고속동작과 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환을 위한 영상 처리 시스템의 설계

문 오학, 이 호남, 변 형수, 홍 두일, 강 봉순, 홍 창희
동아대학교 공과대학 전기전자컴퓨터공학부

Design of Image Processing System to change the chromaticity in HDTV that has High resolution and performance

O. Moon, H. Lee, H. Byun, D. Hong, B. Kang, and C. Hong

School of Electrical, Electronic, and Computer Eng, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

Email: moh9@didec.donga.ac.kr

요 약

본 논문에서는 65MHz의 고속 동작을 요구하고 1344*806의 고해상도를 가지는 HDTV에서의 다양한 색조 변환을 위한 실시간 영상 처리 시스템을 제안한다. 입력 영상의 색조를 변환하기 위해서는 입력 영상의 색 온도를 구하는 것이 필요하다. 색 온도를 구하기 위해서는 2-D 색도 좌표 계산 알고리즘을 필요로 한다 [1]. 그러나, 2-D 색도 좌표 계산 알고리즘을 채택하면 하드웨어 부담이 매우 큰 문제점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 2-D 알고리즘의 성능을 유지하면서, 하드웨어 복잡도를 감소시킬 수 있는 1-D 색도 좌표에 의한 계산 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방법은 Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E-6BG560을 이용하여 검증하였다.

Abstract

In this paper, we desire to design real time image processing system to change a various chromaticity in HDTV that has 1344*806 resolution and requires a high-speed 65MHz operation. In order to change the image chromaticity, it is necessary to calculate the color temperature of the image. Conventional way of calculating the temperature uses 2-D algorithm [1] that requires bulky hardware. This paper propose a one-dimensional color-temperature conversion that reduces the hardware complexity while keeping the performance of the 2-D algorithm. The proposed method is realized by using the Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E-6BG560.

1. 서 론

사람이 정경을 바라볼 때, 조명의 영향으로 전체적으로 느껴지는 색조를 인지 광원이라고 한다[2]. 예를 들어 백열등에서는 전체적으로 붉은 색조를 느끼게 되며, 일광에서는 백열등에 비하여 푸른 색조를 느끼는 것을 말하

는 것이다. 색조 변환은 CIE 좌표계에서 white point 좌표의 변환에 의한 영상 변환 기술이다. 전체적인 색 온도 변환 방법은 CIE Chromaticity Diagram에서 입력 영상의 chromaticity 좌표를 계산하여 그에 해당하는 색 온도를 구한다. white point 변환을 위해서는 색 온도에 대한 white point 좌표가 필요한데, 구하여진 색 온도를 이용하여 x, y, z white point 좌표 값을 계산하고, 이 두 색 온도에 대한 white point 좌표 값을 이용하여 입력 영상에 대한 출력 영상의 변환 행렬을 생성한다. 최종적으로 입력 영상에 이 변환 행렬을 적용함으로써 원하는 색 온도에 대한 출력 영상을 구할 수 있다. 이에 본 논문에서는 입력되어지는 영상에 대하여 사용자가 원하는 색조(자연광에 가까운 색, 푸른 색조 등등)를 반영함으로써 다양한 영상에서의 색조 변환을 연구하였다. 이러한 이론적 배경을 토대로 하여 65MHz의 고속 동작과 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환 시스템을 구현함으로써 다양한 영상에서의 색조 변환이 가능하게 되었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이론과 알고리즘에 대하여 알아보고, 3장에서는 하드웨어 아키텍처와 구현에 대하여 제시하며 4장에서는 실험적 결과에 대해 논의하고 마지막으로 5장에서는 결론으로 맺는다.

2. 이론 및 알고리즘

2.1 RGB좌표계에서 CIE좌표계로의 변환

입력되는 영상의 색 온도를 구하기 위해서는 영상의 색도 좌표 값이 필요하다. 따라서 색도 좌표 값을 계산하기 위하여 입력 영상을 RGB좌표계 데이터에서 CIE좌표계 데이터로 변환하여야 한다. 그러므로 아래와 같은 변환 행렬1을 사용하여 CIE좌표계 데이터인 X, Y, Z 좌표 값으로 변환 될 수 있다[2].

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.5881 & 0.1791 & 0.1832 \\ 0.2897 & 0.6056 & 0.1047 \\ 0.0000 & 0.0682 & 1.0209 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

2.2 색도 좌표 값에 의한 색 온도 검출

변환된 X, Y, Z 좌표 값으로 영상의 전체 색도 좌표 Pix, Piy를 구한다. 그러나 본 논문에서는 색 온도를 계산함에 있어 2-D 색도 좌표인 Pix, Piy 사용을 배제하고 1-D 색도 좌표인 Pix만을 사용함으로써 아래 그림1과 같이 입력되는 영상에 대한 색도 좌표 Xd(Pix)와 기준이 되는 색도 좌표 Xi-1, Xi 그리고 색 온도 Ti, Ti-1에 의해 입력 영상의 색 온도(Tp)를 추정할 수 있다 [2].

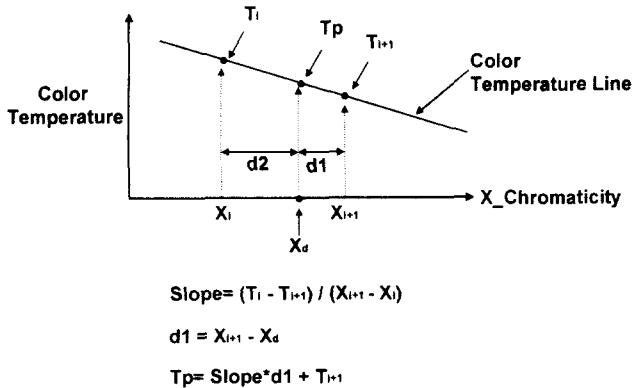


그림1. 1-D 색도 좌표에 따른 색 온도 검출

2.3 사용자가 원하는 다양한 색 온도로의 가변

검출된 색 온도를 사용자가 원하는 색 온도로 가변시키기 위하여 변환 행렬이 필요하다. 원하는 색 온도로 직접 변화시킬 경우 그림2와 같이 변환 행렬이 많이 요구된다. 그러나 본 연구에서는 이러한 문제점 해결을 위하여 그림3과 같이 직접 원하는 색 온도로 변화시키지 않고, D6500의 중간 단계 색 온도로 변화시킨 다음, 다시 원하는 색 온도로 변화시키는 과정을 제시한다.

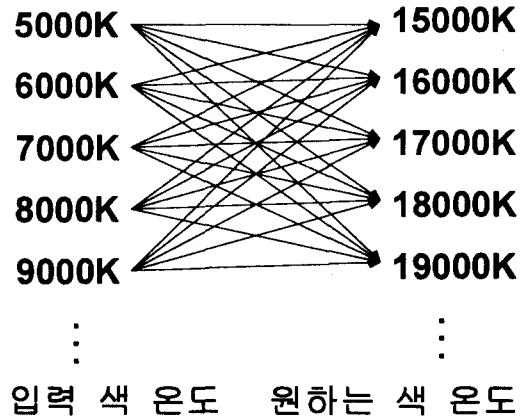


그림2. 직접 변환 방식

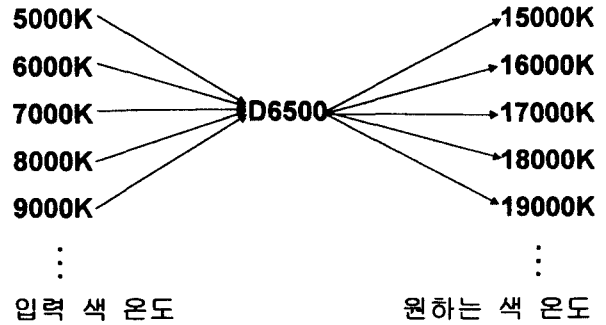


그림3. 중간 단계에 의한 변환 방식

3. 아키텍처 및 구현

그림4는 65MHz의 고속동작과 1344*806의 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환을 위한 실시간 영상 처리 시스템에 대한 전체 Block diagram이다. 그림4에서 제시하는 시스템은 현재 프레임의 색 온도를 다음 프레임에 적용시킴으로써 프레임 메모리를 사용하지 않는 Nonmemory구조로 구현하였다. 따라서 프레임 메모리를 사용하지 않는 최적의 하드웨어 구조로 구현함으로써 하드웨어의 복잡도 면에서 크게 감소시켰다. 본 논문에서 제안하는 시스템의 구성은 크게 (i)RGB좌표계에서 CIE좌표계로의 변환부 (ii)유효한 픽셀 선택부 (iii)입력 영상의 색도 좌표 연산부 (iv)FIR필터부 (v)색 온도 연산부 (vi)원하는 색 온도 변환부 (vii)CIE좌표계에서 RGB좌표계로의 변환부 (viii)각 부분에서 필요한 제어 신호 발생부 (ix)I2C 프로토콜부로 나누어진다

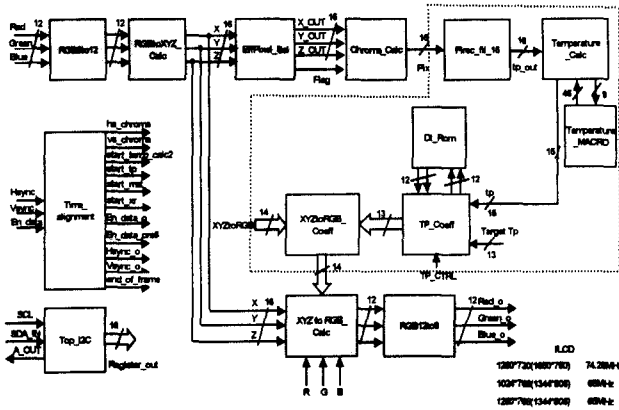


그림4. 고속동작과 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조변환을 위한 실시간 영상 처리 시스템

3.1 RGB좌표계에서 CIE좌표계로의 변환부

RGB좌표계 데이터를 CIE좌표계 데이터로 변환시키는 부분으로서 변환 행렬 연산을 위하여 9개의 승산기와 6개의 가산기가 필요하다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 기존의 승산기 구조를 채택했을 경우 65MHz의 고속동작 수행을 충족하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 65MHz의 고속동작을 수행하는 시스템을 구현하기 위해서 기존의 승산기 구조를 배제하고 그림5와 같이 Split 승산기 구조를 제안한다[3].

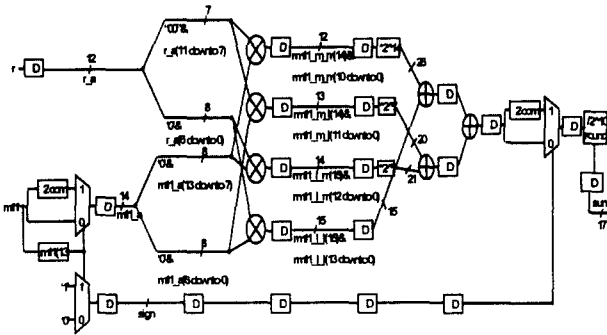


그림5. 65MHz 고속동작을 위한 승산기 구조

3.2 유효한 픽셀 선택부

영상의 색도에 영향을 주지않는 자체 발광에 의한 픽셀을 제거하는 부분이다.

3.3 입력 영상의 색도 좌표 계산부

입력 영상의 실제 활성화 영역에서의 색도를 계산하는 부분으로서 전체 영상의 색도를 구하기 위하여 Horizontal blanking 구간을 이용하여 각 라인의 평균을 구하고, Vertical blanking 구간을 이용하여 전체 평균과 색도를 구하는 Time multiplexing 기법으로 구현하였다. 따라서 그림6의 타이밍 도와 같이 Time multiplexing 기

법으로 구현함으로써 7개의 divider를 사용하는 대신에 1개의 divider로 구현이 가능함에 따라 회로의 복잡도를 감소시켰다.

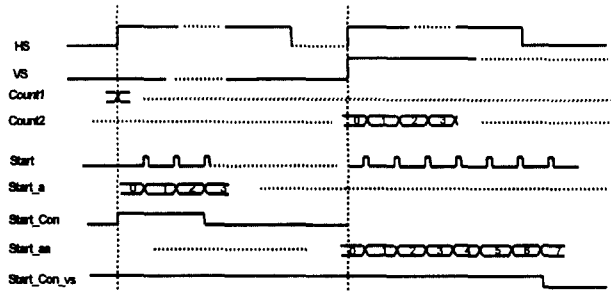


그림6. Time multiplexing 기법 구현에 따른 타이밍도

3.4 FIR필터부

FIR 형태의 디지털 필터로서 영상의 떨림 현상을 최소화 시켜주는 기능을 한다.

3.5 색 온도 연산부

입력 영상의 색도 좌표를 이용하여 색 온도를 검출하는 부분으로서 수식1과 같이 2-D 색도 좌표에 의한 색 온도 연산 시 요구되는 multiplier, divider, square root 등의 MACRO block을 1-D 색도 좌표 연산과 ROM으로 구현함으로써 MACRO block을 사용하지 않는 하드웨어 최적화를 달성 할 수 있다.

U, V 좌표로 변환

$$U_s = \frac{4Pix}{-2Pix + 12Piy + 3} \quad V_s = \frac{6Piy}{-2Pix + 12Piy + 3}$$

↓

Isotemperature line과의 거리 계산

$$d_i = \frac{(V_s - V_i) - t_i(U_s - U_i)}{(1 + t_i^2)^{1/2}}$$

↓

색온도 계산

$$T_c = \left[\frac{1}{T_i} + \frac{d_i}{d_i - d_{i+1}} \left(\frac{1}{T_{i+1}} - \frac{1}{T_i} \right) \right]^{-1}$$

수식1. 2-D 색도 좌표에 의한 색 온도 연산

3.6. 원하는 색 온도 변환부

계산된 현재 영상의 색 온도를 원하는 색 온도로 변환시키는 행렬을 만드는 기능으로서 직접 변환 방식으로

할 경우 많은 변환 행렬이 요구되는 문제점이 있다. 그러나 본 논문에서는 중간 단계인 D6500 색 온도 단계를 거치는 방식을 제시함으로써 변환 행렬의 수를 감소시켜 하드웨어 복잡도를 감소시켰다.

3.7 CIE좌표계에서 RGB좌표계로의 변환부

현재 프레임 영상에서 계산된 변환 행렬들을 다음 프레임 영상의 변환된 CIE좌표계 데이터에 적용하고 최종적으로 RGB좌표계 데이터로 변환시킴으로써 변환된 색조를 가지는 영상을 얻을 수 있다. 그러나 65MHz의 고속동작을 수행하기 위하여 기존의 승산기 구조를 배제하고 Split 승산기 구조를 제안한다.

본 논문에서 제안하는 고속동작과 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환을 위한 영상 처리 시스템은 VHDL을 사용하여 설계되었으며 Synopsys¹⁾ simulator를 사용하여 검증되었다. 또한 검증 후 TSMC사의 0.25 um ASIC library를 이용하여 게이트로 합성되었으며 Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E-6BG560에 의해 구현되었다. 각 기능 블록에 대한 합성 결과는 표1과 같다.

표1. 고속동작과 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환을 위한 영상 처리 시스템의 Gate Counts

	Sub_module	Synopsys	Xilinx(Slice)
T o p - m o d u l e	Time_alignment	3,129	1%
	RGB8to12	290	1%
	RGBtoXYZ_Calc	36,986	11%
	EffPixel_Sel	2,885	1%
	Chroma_Calc	11,684	3%
	Flrec_fil_16	1,512	1%
	Temperature_Calc	28,333	8%
	TP_Coeff	9,803	2%
	XYZtoRGB_Coeff	6,557	2%
	XYZtoRGB_Calc	48,337	15%
RGB12to8	379	1%	
Total gate counts (except macro cell area)		149,895	46%

4. 실험적 결과

그림8과 그림9는 본 논문에서 제안하는 시스템의 검증 결과를 나타낸다. 그림7은 5802°K의 현재 입력 영상을 나타내며 그림8은 색 온도를 9500°K로 변화시킨 영상을 나타낸다. 그림8에서 보는 바와 같이 입력 영상보다 더 푸른 색조를 나타낸다. 그림9는 색 온도를 3000°K로 변화된 영상을 나타내며, 입력 영상보다 더 붉은 색조를 나타낸다. 이러한 실험적 결과로 더 높은 색 온도가 푸른 색조를 나타내며 더 낮은 색 온도가 붉은 색조를 나타내는 것을 알 수 있다.



그림7. 색 온도 5802°K의 입력 영상



그림8. 색 온도 9500°K로 변환된 출력 영상

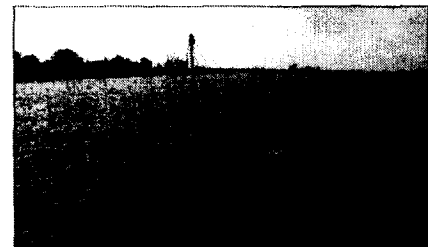


그림9. 색 온도 3000°K로 변환된 출력 영상

5. 결론

본 논문에서 제안된 1-D 색조변환 시스템은 TSMC사의 0.25um ASIC library를 사용하여 Gate counts가 149,895인 최적의 하드웨어 구조로 설계하였다. 제안된 방법은 65MHz의 고속동작과 1344*806의 고해상도를 가지는 HDTV에서 색조 변환을 위한 영상처리가 가능하며 컴퓨터, 프린터, 캠코더 등의 다양한 멀티미디어에 응용될 수 있다.

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2000-041-E00185).

REFERENCES

[1] G. Wyszecki and W.S. Stiles, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, John Wiley & Sons, 1982.
 [2] A.P. Petrov, C.Y. Kim, Y.S. Seo, and I.S. Kweon, "Perceived illuminant measured", *Color Research and Application*, Vol. 23, No.3, pp. 159-168, 1998.
 [3] R.J. Higgins, *Digital Signal Processing in VLSI*, Prentice-Hall, Inc., 1990.

1) Synopsys S/W는 IDEC을 통하여 지원받았음.