

# 감소된 하드웨어 구조를 가지는 고성능 색조 변환 시스템의 설계 및 구현

## Design and Implementation of High Performance System with Reduced Hardware Architecture to Convert a Color Tone

문 오학\*, 이 호남\*, 이 봉근\*, 강 봉순\*, 홍 창희\*  
O. Moon, H. Lee, B. Lee, B. Kang, and C. Hong

\* 동아대학교 공과대학 전기전자컴퓨터공학부

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

Email: moh9@didec.donga.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 감소된 하드웨어 구조를 가지는 고성능 색조 변환 시스템을 제안한다. 입력 영상의 색조를 변환하기 위해서는 입력 영상의 색 온도를 구하는 것이 필요하다. 색 온도를 구하기 위해서는 2-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 알고리즘을 필요로 한다[1]. 그러나, 2-D 조명 색도 좌표 계산에 의한 색 온도 알고리즘을 채택하면 하드웨어 부담이 매우 큰 문제점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 2-D 색 온도 알고리즘의 성능을 유지하면서, 하드웨어 복잡도를 감소시킬 수 있는 1-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방법은 Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E-6BG560을 이용하여 65MHz의 고속동작과 1344\*806의 고해상도를 가지는 fLCD-TV 시스템에서 검증하였다.

### Abstract

In this paper, we propose high performance system with reduced hardware architecture to convert a color tone. Conversion for the color tone of a input image is necessary to calculate the color temperature of the image. Conventional way of calculating the temperature uses algorithm using the method calculating 2-D chromaticity coordinates. But it requires bulky hardware[1]. This paper propose the color temperature calculation method about 1-D chromaticity coordinates that reduces the hardware complexity while keeping the performance of the 2-D color temperature algorithm. The proposed method is verified by fLCD-TV system using the Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E-6BG560 that has 1344\*806 resolution and requires a high-speed 65MHz operation.

**Key words** : color tone, color temperature, fLCD-TV

### I. 서론

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 말하는 것이다. 색조 변환은 C.I.E 색도도의 white point 좌표 변환에 의한 영상 변환 기술이다. 전체적인 색 온도 변환 방법은 C.I.E 색도도에서 입력 영상의 조명 색도 좌표를 계산하여 그에 해당하는 색 온도를 구한다. white point 변

환을 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 다음 프레임의 입력 영상에 이 변환 행렬을 적용함으로써 가변 하고자하는 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 1344\*806의 고해상도를 가지는 HDTV에서의 색조 변환 시스템을 구현함으로써 다

양한 영상에서의 색조 변환이 가능하게 되었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 이론과 알고리즘에 대하여 알아보고, III장에서는 하드웨어 아키텍처와 구현에 대하여 제시하며 IV장에서는 실험적 결과에 대해 논의하고 마지막으로 V장에서는 결론으로 맺는다.

## II. 이론 및 알고리즘

### 2.1 RGB신호에서 XYZ좌표로의 변환

입력되는 영상의 색 온도를 구하기 위해서는 영상의 조명 색도 좌표 값이 필요하다. 따라서 조명 색도 좌표 값을 계산하기 위하여 입력 영상을 RGB 신호에서 XYZ 좌표로 변환하여야 한다. 그러므로 아래와 같은 변환 행렬을 사용하여 XYZ 좌표 값인 X, Y, Z 좌표 값으로 변환 될 수 있다[3].

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

### 2.2 입력 영상의 조명 색도 좌표(Pix, Piy) 계산

자체 발광 영역이 제외된 유효한 X, Y, Z 좌표의 전체 평균인  $X_{ave}$ ,  $Y_{ave}$ ,  $Z_{ave}$  값을 계산한다.

$$\begin{aligned} X_{ave} &= \frac{1}{Row \times Col} \sum_{i=0}^{Row-1} \sum_{j=0}^{Col-1} X(i, j) \\ Y_{ave} &= \frac{1}{Row \times Col} \sum_{i=0}^{Row-1} \sum_{j=0}^{Col-1} Y(i, j) \\ Z_{ave} &= \frac{1}{Row \times Col} \sum_{i=0}^{Row-1} \sum_{j=0}^{Col-1} Z(i, j) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 Row는 입력 영상의 수직 방향으로의 활성화 영역의 라인 수이며, Col은 수평 방향으로의 활성화 영역의 픽셀 수이다. 따라서 계산된  $X_{ave}$ ,  $Y_{ave}$ ,  $Z_{ave}$  값을 사용하여 정규화 과정을 통하여 입력 영상의 조명 색도 좌표 값인 Pix, Piy를 구할 수 있다[4].

$$\begin{aligned} Pix &= \frac{X_{ave}}{X_{ave} + Y_{ave} + Z_{ave}} \\ Piy &= \frac{Y_{ave}}{X_{ave} + Y_{ave} + Z_{ave}} \end{aligned} \quad (3)$$

### 2.3 조명 색도 좌표 값에 의한 색 온도 검출

유효한 X, Y, Z 좌표 값으로 영상의 색도 좌표 값인 Pix, Piy를 구한다. 계산된 색도 Pix, Piy 좌표를 이용하여 2-D 색 온도 계산 방법을 사용한다. 색 온도를 구하기 위하여 색도 Pix, Piy 좌표를 수식 (4)에 의해 C.I.E UCS 색

도도(1960)에서의 U, V 좌표로 변환한다.

$$\begin{aligned} U &= \frac{2Pix}{-Pix + 6Piy + 1.5} \\ V &= \frac{3Piy}{-Pix + 6Piy + 1.5} \end{aligned} \quad (4)$$

입력 영상의 조명 색도 좌표인 U, V 좌표에 인접한 두 isothermperature line을 이용하여 색 온도 보간법으로 색 온도를 구할 수 있다. 만약 입력 영상의 조명 색도 좌표의 U, V 좌표가  $U_s$ ,  $V_s$ 라 정의한다. 인접한 isothermperature line은 기울기  $t_i$ 를 가지며 이 라인을 통과하는 조명 색도 좌표를  $U_i$ ,  $V_i$ 이다. 그러면 입력 영상의 조명 색도 좌표  $U_s$ ,  $V_s$ 와 인접한 isothermperature line간의 거리는 아래 수식(5)에 의하여 계산되어진다[5].

$$d_i = \frac{(V_s - V_i) - t_i(U_s - U_i)}{(1 + t_i^2)^{1/2}} \quad (5)$$

두 인접한 라인  $i=j$ ,  $i=j+1$ 사이에 위치한 조명 색도 좌표의 색 온도는 j라인의 색 온도와 j+1라인의 색 온도, 그리고 j, j+1 라인과 라인 사이에 위치한 조명 색도 좌표간의 거리와의 관계를 나타내는 수식(6)에 의해 계산될 수 있다.

$$T_c = \left[ \frac{1}{T_j} + \frac{d_j}{d_j - d_{j+1}} \left( \frac{1}{T_{j+1}} - \frac{1}{T_j} \right) \right]^{-1} \quad (6)$$

그러나 본 논문에서는 색 온도를 계산함에 있어 2-D 조명 색도 좌표인  $U_s$ ,  $V_s$ 를 사용하여 하드웨어로 구현 할 경우 위 수식 (4), (5), (6)과 같이 가산기, 나눗셈기, 곱셈기 등의 매크로 블록이 필요하게 되어 하드웨어 복잡도가 증가하며, 또한 높은 정밀도를 갖는 제공근기가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 하드웨어 복잡도를 감소시키기 위하여 2-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 방식을 배제하고 C.I.E 색도도(1930)에서의 X축 조명 색도 좌표 성분인 Pix 좌표만을 사용하여 1-D 조명 색도 좌표로서 색 온도를 추정하는 방식을 제안한다. 먼저 C.I.E White Point Line 상에서의 색도 X좌표를 구하는 Robertson 관계식인 수식(7)에 의하여 4000° K ~ 7000° K 사이의 색 온도를 가지는 조명 색도 X 좌표를 구할 수 있으며, 수식(8)에 의하여 7000° K ~ 25000° K 사이의 색 온도를 가지는 조명 색도 X 좌표를 구할 수 있다

$$\begin{aligned} X_j &= -4.6070 \frac{10^9}{T^3} + 2.9678 \frac{10^6}{T^2} \\ &+ 0.09911 \frac{10^3}{T} + 0.244063 \end{aligned} \quad (7)$$

$$X_i = -2.0064 \frac{10^9}{T^3} + 1.9018 \frac{10^6}{T^2} + 0.24748 \frac{10^3}{T} + 0.237040 \quad (8)$$

계산된 입력 영상의 조명 색도 좌표 Pix와 수식 (7)과 (8)에서 계산되어지는 색도 좌표 Xi, 색 온도와와의 관계에 의해 입력 영상의 색 온도를 계산할 수 있다. 그림 1은 입력 영상의 1-D 조명 색도 좌표 Pix를 사용하여 색 온도를 계산하는 방법을 나타낸다.

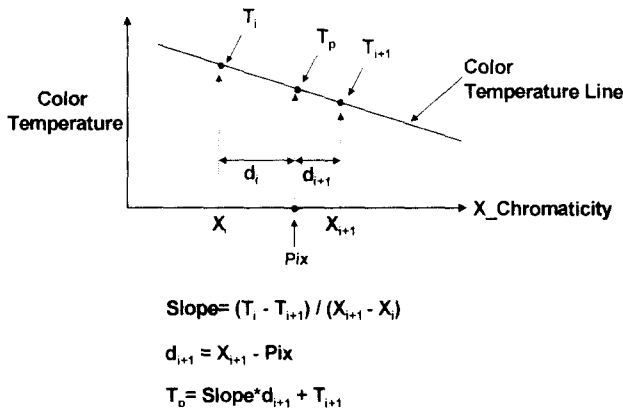


그림1. 제안된 1-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 방법

Fig1. The proposed method to calculate the color temperature in according to illuminant chromaticity

제안된 1-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 방식과 2-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도 계산 방식으로 계산한 색 온도를 표1에 나타내었다.

표1. 색 온도 비교

Table1. Comparison of color temperature

	Temperature		Difference
	Two Dimensional Method	One Dimensional Method	
1	4,788	4,780	-8
2	5,182	5,216	34
3	5,278	5,298	20
4	5,773	5,795	22
5	5,942	5,923	-19
6	7,403	7,426	23

### 2.4 사용자가 원하는 다양한 색 온도로의 가변

계산된 입력 영상에 대한 색 온도를 사용자가 원하는 색 온도로 가변 시키기 위하여 색 온도를 변환시키는 변환 행렬이 필요하다. 입력 영상의 색 온도를 원하는 색 온도로 직접 변환시킬 경우 그림2와 같이 입력 색 온도 경

우의 수\*출력 색 온도 경우의 수만큼의 일대일 변환 행렬이 요구된다. 따라서 하드웨어로 구현 시 하드웨어의 복잡도가 매우 증가하는 문제점을 가진다. 그러므로 본 연구에서는 이러한 문제점 해결을 위하여 그림2와 같이 직접 원하는 색 온도로 변환시키는 일대일 변환 방법을 사용하지 않고, 그림3에서 제시한 바와 같이 D4500 °K의 중간 단계를 가짐으로써 입력 색 온도에서 D4500 °K로 변환시키는 경우의 수인 입력 색 온도의 경우의 수와 D4500 °K에서 출력 색 온도로 변환시키는 경우의 수인 출력 색 온도 경우의 수의 합만큼 변환 행렬이 요구된다. 따라서 하드웨어 복잡도를 감소시킬 수 있다.

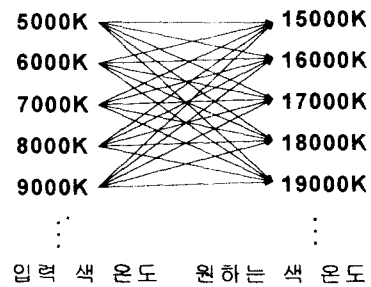


그림2. 직접 변환 방식

Fig2. The direct conversion method

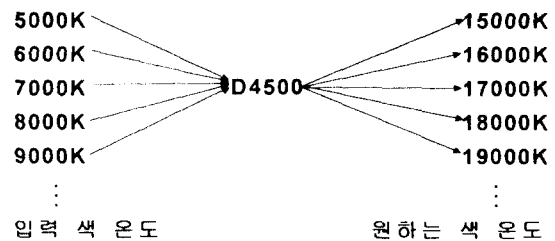


그림3. 중간 단계에 의한 변환 방식

Fig3. The conversion method to pass the middle step

## III. 아키텍처 및 구현

그림4는 감소된 하드웨어 구조를 가지는 고성능 색조 변환 시스템에 대한 전체 블록 다이어그램이다. 제안된 시스템은 현재 프레임의 색 온도를 이용하여 계산된 색 온도 변환 행렬을 다음 프레임에 적용시킴으로써 프레임 메모리를 사용하지 않는 비 메모리 구조로 구현하였다. 실제로 현재 프레임의 색 온도에 의해 계산된 색 온도 변환 행렬을 현재 프레임에 적용하기 위해서는 현재 프레임을 저장하는 기능을 가진 프레임 메모리가 필요하다. 그러므로 하드웨어 복잡도가 증가하는 단점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 프레임 메모리를 사용하지 않는 구조로 구현함으로써 하드웨어의 복잡도 면에서 크게 감소시켰다. 본

논문에서 제안하는 시스템의 구성은 크게 (i)RGB신호에서 XYZ좌표로의 변환부 (ii)유효한 픽셀 선택부 (iii)조명 색도 좌표 연산부 (iv)FIR필터부 (v)색 온도 연산부 (vi)색 온도 변환 행렬 생성부 (vii)XYZ 좌표의 RGB 신호 변환 행렬 생성부 (viii)XYZ좌표에서 RGB신호로의 변환부 (ix) 각 부분의 연산 과정에서 필요한 제어 신호 발생부 (x)I2C 프로토콜부로 나누어진다

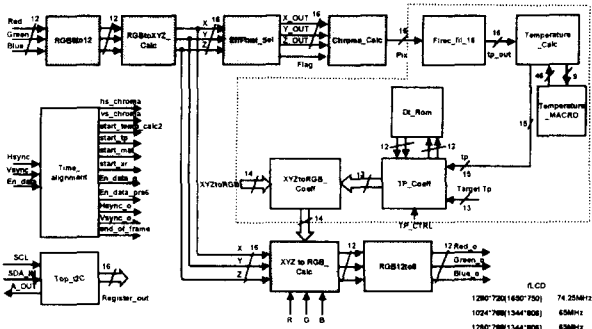


그림4. 감소된 하드웨어 구조를 가지는 고성능 색조 변환 시스템

Fig4. High performance system with reduced hardware architecture to convert a color tone

3.1 RGB신호에서 XYZ좌표로의 변환부

RGB신호를 XYZ좌표로 변환시키는 부분으로서 변환 행렬 연산을 위하여 9개의 곱셈기 6개의 가산기가 필요하다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 기존의 곱셈기 구조를 채택했을 경우 65MHz의 고속동작 수행을 충족하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 65MHz의 고속동작을 수행하는 시스템을 구현하기 위해서 기존의 곱셈기 구조를 배제하고 각각의 입력 비트를 나누어 계산하는 그림5와 같이 분산 곱셈기 구조를 제안한다[6].

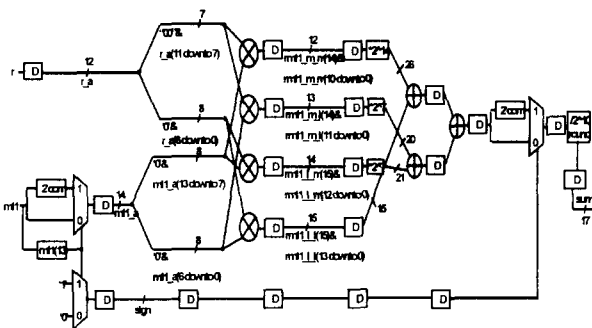


그림5. 65MHz 고속동작을 위한 곱셈기 구조  
Fig5. The multiplier architecture to require a high-speed 65MHz operation.

3.2 유효한 픽셀 선택부

영상의 조명 색도에 영향을 주지 않는 자체 발광에 의한 픽셀을 제거하는 부분이다.

3.3 입력 영상의 조명 색도 좌표 계산부

입력 영상의 실제 활성화 영역에서의 조명 색도를 계산하는 부분으로서 전체 영상의 조명 색도를 구하기 위하여 수평 blanking 구간을 이용하여 각 라인의 평균을 구하고, 수직 blanking 구간을 이용하여 전체 평균과 조명 색도를 구하는 순차적 연산 기법으로 구현하였다. 따라서 그림6의 타이밍 도와 같이 수평 blanking 구간에서 한 라인의 X, Y, Z 좌표 평균을 구하기 위하여 나눗셈기 연산의 시작을 알리는 start 신호 3개와 수직 blanking 구간에서 한 라인의 X, Y, Z 좌표 평균과, 전체 평균, 색도 좌표를 구하기 위하여 나눗셈 연산의 시작을 알리는 start 신호 7개가 발생된다. 따라서 순차적 연산에 필요한 제어 신호에 의해 순차적 연산 기법을 사용하여 그림7과 같은 순차적 연산을 위한 하드웨어 구조를 채택함으로써 7개의 나눗셈기를 사용하는 대신에 1개의 나눗셈기로 구현이 가능함에 따라 회로의 복잡도를 감소시켰다.

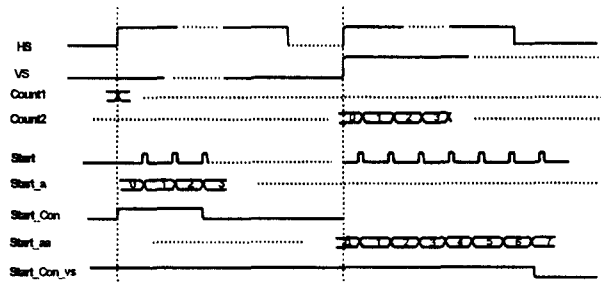


그림6. 순차적 연산 기법 구현을 위한 타이밍도  
Fig6. Timing diagram for time multiplexing method

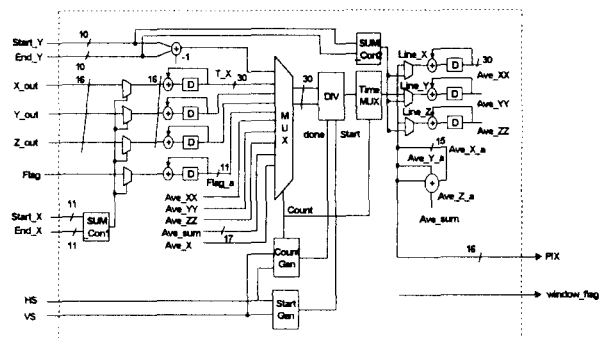


그림7. 입력 영상의 조명 색도 좌표를 계산하는 블록 다이어그램

Fig7. The block diagram to calculate illuminate chromaticity of input image

3.4 FIR 필터부

그림8은 영상의 색 온도 변환 시 발생하는 영상의 떨림 현상과 부자연스러운 색조를 최소화시키기 위한 선택적 배 수를 가지는 FIR(Finite Impulse Response) 형태의 디지털 필터를 나타내다(7).

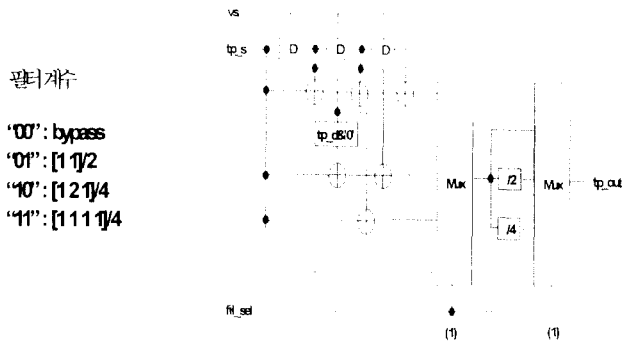


그림8. 출력 영상의 떨림 현상을 최소화시키는 디지털 필터

Fig8. The digital filter to minimize a flicker phenomenon of output image

3.5 색 온도 연산부

입력 영상의 색도 좌표를 이용하여 색 온도를 계산하는 부분으로서 2-D 색도 좌표에 의한 색 온도 연산 시 요구되는 곱셈기, 나눗셈기, 제곱셈기 등의 매크로 블록을 그림9에서와 같이 1-D 색도 좌표 연산과 인접한 두 색도 X 좌표, 색 온도 그리고 기온기 값을 저장하는 ROM 형태로 구현함으로써 매크로 블록을 사용하지 않는 하드웨어 최적화를 달성 할 수 있다.

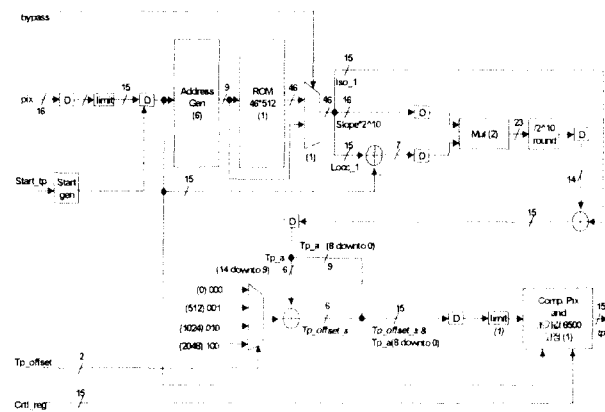


그림9. 1-D 조명 색도 좌표에 의한 색 온도를 계산하는 블록 다이어그램

Fig9. The block diagram to calculate a color temperature in according to 1-D illuminant chromaticity

3.6 색 온도 변환 행렬 생성부

계산된 입력 영상의 색 온도를 원하는 색 온도로 변환시키는 행렬을 만드는 기능으로서 직접 변환 방식으로 할 경우 많은 변환 행렬이 요구되는 문제점이 있다. 그러나 본 논문에서는 그림10과 같이 두 개의 ROM 블록에 각각 입력 색 온도를 D4,500 K로 변환시키는 행렬을 Robertson 관계식에 의해 계산된 데이터와 D4,500 K를 원하는 색 온도로 변환시키는 행렬을 Robertson 관계식에 의해 계산된 데이터를 저장하고 있다. 따라서 입력 영상의 색 온도에 의해 입력 색 온도를 D4,500 K로 변환시키는 ROM 블록을 access하기 위한 address를 발생시키며, 또한 입력 색 온도에 의해 발생된 address와 원하는 색 온도로 변환시키기 위한 address와의 연산에 의해 D4,500 K에서 원하는 색 온도로 변환시키는 ROM 블록을 access하기 위한 address를 발생시킨다. 최종적으로 두 ROM 블록에서 발생된 데이터의 행렬 연산에 의해 색 온도를 가변할 수 있는 변환 행렬이 발생된다. 따라서 본 논문에서는 D4,500 K의 중간 단계를 가짐으로써 변환 행렬의 수를 감소시킬 수 있는 동시에 하드웨어 복잡도 면에서 감소시킬 수 있다.

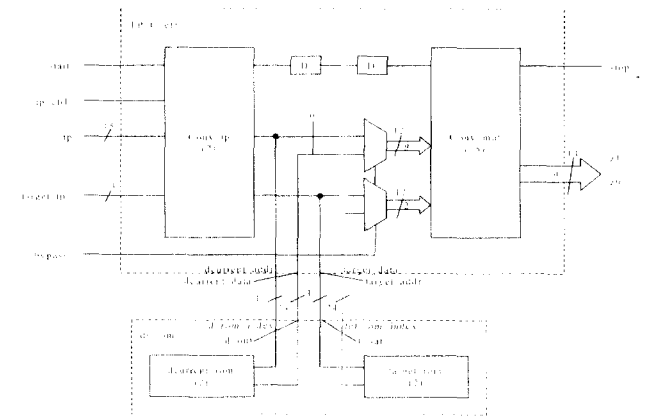


그림10. 원하는 색 온도로 가변시키는 행렬을 생성하는 블록 다이어그램

Fig10. The block diagram to generate a matrix converting input image to the wanted color temperature

3.7 XYZ좌표에서 RGB신호로의 변환부

현재 프레임 영상에서 계산된 변환 행렬들을 다음 프레임 영상의 변환된 XYZ좌표에 적용하고 최종적으로 RGB신호로 변환시킴으로써 변환된 색조를 가지는 영상을 얻을 수 있다. 그러나 65MHz의 고속동작을 수행하기 위하여 기존의 곱셈기 구조를 배제하고 분산 곱셈기 구조를 제안한다.

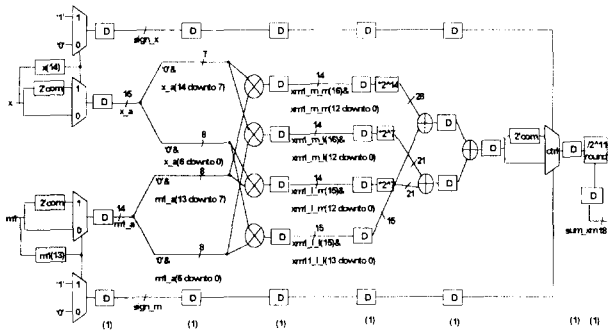


그림11. 65MHz 고속동작을 위한 곱셈기 구조  
Fig11. The multiplier architecture to require a high-speed 65MHz operation.

본 논문에서 제안하는 감소된 하드웨어 구조를 가지는 색조 변환 시스템은 VHDL을 사용하여 설계되었으며 Synopsys<sup>1)</sup> simulator를 사용하여 검증되었다. 또한 검증 후 대만 TSMC사의 0.25 um ASIC library를 이용하여 게이트로 합성되었으며 Xilinx Virtex FPGA XCV 2000E 6BG560에 의해 구현되었다. 각 기능 블록에 대한 합성 결과는 표2와 같다.

표2. 감소된 하드웨어 구조를 가지는 고성능 색조 변환 시스템의 Gate Counts

Table2. Gate Counts of high performance system with reduced hardware architecture to convert a color tone

	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%
	Ffrec_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%

IV. 실험적 결과

그림13, 14는 본 논문에서 제안하는 시스템의 검증 결과를 나타낸다. 그림12는 5802<sup>0</sup>K의 현재 입력 영상을 나타낸다, 그림13은 색 온도를 9500<sup>0</sup>K로 변화시킨 영상을 나타내며, 입력 영상보다 더 푸른 색조를 나타낸다. 그림14는 색 온도를 3000<sup>0</sup>K로 변화시킨 영상을 나타내며, 입

력 영상보다 더 붉은 색조를 나타낸다. 또한 그림 15는 Xilinx FPGA XCV 2000E-6BG560을 이용하여 65MHZ의 고속동작과 1344\*806의 고해상도를 가지는 HDTV 시스템인 fLCD TV 시스템에서의 색조 변환된 영상을 나타낸다. 이러한 결과를 토대로 더 높은 색 온도가 푸른 색조를 나타내며 더 낮은 색 온도가 붉은 색조를 나타내는 것을 알 수 있다.



그림12. 색 온도 5802<sup>0</sup>K의 원래 입력 영상  
Fig12. Original image(5,802<sup>0</sup>K)

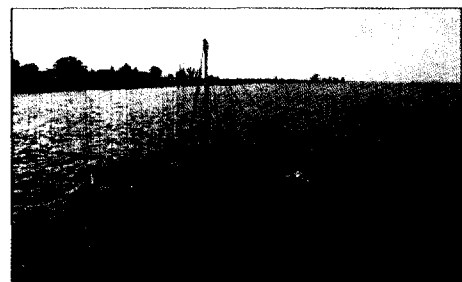


그림13. 색 온도 9500<sup>0</sup>K로 변환된 출력 영상  
Fig13. Converted image(9,500<sup>0</sup>K)



그림14. 색 온도 3000<sup>0</sup>K로 변환된 출력 영상  
Fig14. Converted image(3,000<sup>0</sup>K)

1) Synopsys S/W는 IDEC를 통하여 지원받았음.



그림15. LCD TV에서의 25000<sup>0</sup>K로 변환된 출력 영상  
Fig15. Converted image(25,000<sup>0</sup>K) in LCD TV

### V. 결론

본 논문에서 제안된 1-D 색도 좌표에 의한 색 온도 변환 방식이 2-D 색도 좌표에 의한 색 온도 변환 방식에 비하여 난수샘플링, 곱셈기, 재곱산산 등의 캐스로 블록 사용을 감소시킬 수 있으며, 입력 영상의 저장에 위한 프레임 메모리를 사용하지 않으므로 하드웨어 복잡도 면에서 감소시킬 수 있다. 또한 1-D 색 온도 계산 방법과 2-D 색 온도 계산 방법에 의한 색 온도의 오차가 변환된 영상에서 가시적으로 인지할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 2-D의 성능을 유지하면서 감소된 하드웨어구조를 가지는 색조변환 시스템을 개발하였다. 제안된 시스템은 대만의 TSMC사의 0.25um ASIC library를 사용하여 Gate counts 가 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 응용 될 수 있다.

접수일자 : 2001. 8. 7      수정완료 : 2001. 10. 23

### 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] W.N. Sproson, *Colour Science in Television and Display System*, Adam Hilger Ltd, Bristol.  
 [4] "One Dimensional Conversion of Color Temperature In Perceived Illumination", International conference on consumer electronics, LA, USA, pp. 46-47, 2001.6.19  
 [5] "Design and Implementation of Color Management

System with X chromaticity Coordinate", IDEC Conference 2001, pp. 157-158, 2001, 8  
 [6] R.J. Higgins, *Digital Signal Processing in VLSI*, Prentice Hall, Inc., 1990.  
 [7] Michael. Robin and Michael Poulin, *Digital Television Fundamentals: Design and installation of Video and Audio Systems*, McGraw Hill, Inc., 1998.



문오학(Ohak Moon)

准會員

2000년 동아대학교 전자공학과

2000년 현재 동아대학교 전자공학과 석사과정

관심분야 : Digital signal processing, Image processing,



이호남(Honam Lee)

准會員

2000년 동아대학교 전자공학과

2000년 현재 동아대학교 전자공학과 석사과정

관심분야 : Digital signal processing, Image processing,



이봉근(Bonggeun Lee)

准會員

2000년 동아대학교 전자공학과

2000년 현재 동아대학교 전자공학과 석사과정

관심분야 : Digital signal processing, Image processing, Wireless communication.



강봉순(Bongsoon Kang)

正會員

1985년 연세대학교 전자공학과

1987년 미국 Univ. of Pennsylvania 전기공학과(공학석사)

1990년 미국 Drexel Univ.

전기·컴퓨터공학과(공학박사)

1989-1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년 현재 동아대학교 전기·전자·컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : VLSI algorithm/architecture design, Image/Video processing, Wireless communication



홍창희(Changhee Hong)

한양대학교 전기공학과

한양대학교 전자공학과(석사)

한양대학교 전자공학과(박사)

1978. 4 - 1982. 9: 동아대학교

전자공학과 조교수

1982. 10 - 1987. 9: 동아대학교 전자공학과 부교수

1987. 10 - 현재: 동아대학교 전자공학과 교수

관심분야 : Semiconductor Physics/Devices,  
Engineering Electromagnetics

---