

Brightness 기능을 갖는 컬러 스페이스 컨버터 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Color Space Converter with Brightness effect

배 준 석*, 박 노 경*, 문 대 철*

(Joon-Seok Bae*, Noh-Kyung Park*, Dai-Tchul Moon*)

※이 연구는 '97년도 호서대학교 교내 연구비 지원에 의한 결과임

요 약

본 논문에서는 기존의 단방향 컬러 스페이스 컨버터(Color Space Converter)를 양방향으로 변환하는 것뿐만 아니라, 기존의 디코더, 인코더 및 모니터 등이 가지고 있는 Brightness 기능을 갖도록 변환 행렬 계수를 임의로 조정할 수 있는 컬러 스페이스 컨버터를 설계하였다. 이러한 변환 계수 자체를 조정하여 휘도 및 색차 신호에 변화를 주는 방법은 새롭게 제안한 방법으로 계수의 조정은 ROM 형태를 이용하여 향후 인터페이스 부분을 부가하여 소프트웨어적으로 제어할 수 있도록 설계하였다. 본 논문에서 제안한 Brightness 기능을 갖는 컬러 스페이스 컨버터는 저가의 멀티미디어 비디오 관련 시스템을 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

ABSTRACT

In this study, we design the new CSC(Color Space Converter) which has the functions of both the bi-directional image conversion and the brightness. The new CSC was designed to optimize the luminance and chrominance values by controlling the coefficient of a conversion matrix. The control of a matrix coefficient was performed utilizing the ROM which will be replaced by the software with an interface block. The proposed CSC with a brightness effect is very effective to reduce the cost of design for multimedia video systems.

I. 서 론

90년대 들어오면서 멀티미디어란 용어가 보편화되면서 멀티미디어 비디오 분야와 동영상 정보전송과 관련된 분야가 발전하고 있다. 특히 멀티미디어 비디오 분야의 성장은 그 중요성이 더욱 커지고 있으며, 기존의 가전제품과 컴퓨터의 구분이 모호해지는 종합적인 제품이 출시되고 있다. 즉 기존의 TV방식과 컴퓨터의 결합이 그 대표적인 형태이다. 이러한 여러 기능을 복합적으로 수행하기 위해서는 고도의 VLSI 및 ASIC 기술이 필요하게 되었으며 새로운 아이디어를 가진 제품이 요구되었다. 이러한 멀티미디어 응용분야 중 하나인 컬러 스페이스 변환은 이미지 디스플레이 응용 부분에 관련된 중요한 부분이다. 즉 서로 다른 장비 사이의 이미지 획득이나 디스플레이 동안 컬러 정보를 전달해 주기 위해서는 꼭 필요한 부분이다. 예로 대부분의 컴퓨터에서는 RGB 컬러

스페이스(Color Space) 또는 8비트 유사 컬러(pseudo-color)를 사용하고 있지만 이러한 RGB 컬러 스페이스 영역에서 이미지 처리시에 몇가지 취약점으로 인해 디지털 처리시에는 YUV나 YCbCr의 컬러 스페이스를 사용하고 있어서 컬러 스페이스의 변환 기술이 요구된다. 또한 인터페이스 변환이나 스케일링 같은 비디오 처리시에도 좀더 효과적으로 메모리를 사용하기 위하여 YUV나 YCbCr의 변환이 필요하다.^[1] 하지만 임의의 비디오 신호는 RGB에서 YUV로 변환하는 과정에서 이미지의 해상도가 저하될 수 있다. 따라서 비디오 인코딩과 디코딩 경로에서 사용되어지는 컬러 스페이스 변환은 신중하게 선택하고 사용해야 한다. 컬러 스페이스 컨버터에 관한 연구는 외국에서 더 활발하며^[2-4], 우리 나라 반도체 3사에서 출시한 인코더(encoder) 몇몇 제품 안에 블록으로 설계되어 있지만 대부분의 비디오 관련 부분 시스템 설계시 외국의 칩셋을 많이 사용하고 있다. 즉 필립스가 그 대표적인 제품군을 이루고 있으며, 기타 미국(Brooktree, GS, Trident, S3사등)에서 수입한 칩셋이 대부분이다.

본 논문에서는 이러한 비디오 관련 분야 중 컬러 스페

* 호서대학교 정보통신공학과

접수일자: 1997년 10월 1일

이스 컨버터를 기존의 외국제품에서는 제시하지 않은 새로운 방법으로 컬러 스페이스 변환을 제시한다. 즉 기존의 컬러 스페이스 변환 계산시 사용되는 고정된 변환 계수 자체를 조정함으로써 휘도(luminance) 및 색차(chrominance) 신호를 변화시킬 수 있는 방법이다. 또한 양방향의 변환이 가능하게 하여 기존의 단방향 칩셋이 가지고 있는 특징 또한 개선했다.

본 논문에서는 2장에서 기존의 컬러 스페이스 변환 영역에 대해 간략히 설명하고, 3장에서는 제안한 컬러 스페이스 하드웨어 설계에 관하여, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 컬러 스페이스

영상신호는 PAL(Phase Alternating Line), NTSC(National Television System Committee), SECOM(Sequential Couleur Avec Me'moire or Sequential Color with Memory)등의 서로 다른 방식의 차이로 컬러 스페이스 변환이 요구된다. 즉 유럽 방식의 PAL방식은 우리나라의 NTSC 방식과는 다르게 YUV나 YCrCb를 사용하고 있어서 이의 상호 전환이 필요하고 디지털 이미지 처리 부분에서 대부분이 YUV신호를 사용하고 있기 때문에 컬러 스페이스 변환이 필요하게 된다.^{[1][2]}

칼라 스페이스는 수학적으로 표현할 수 있는 색깔의 집합체를 말하며 기본적인 칼라 모델에는 RGB, YIQ, YUV 또는 YCbCr 그리고 CMYK가 있으며, 공통적인 칼라 스페이스는 카메라나 스캐너에서 RGB 컬러 스페이스를 사용한다.^[1]

2.1 RGB 컬러 스페이스 영역

RGB 컬러 스페이스는 컴퓨터 그래픽과 이미지를 통하여 널리 사용되어져 왔다. 각각의 적색, 녹색, 청색은 데카르트 좌표 시스템에서 세 개의 영역으로 표현되는 3가지의 기본 색깔이다. 그림 1과 같이 RGB 컬러 스페이스는 각각의 기본 요소와 같은 수를 가지고 있는 입방체로 나타나며, 두 좌표 사이에서 대각선 방향으로 다양한 컬러 레벨(Color level)을 표현할 수 있다. 예로 그림 1에서 백색과 흑색의 좌표는 서로 마주보고 있으며, 이 두 좌표 사이의 대각선으로 회색레벨(gray level)을 표시하게 된다. 표 1에서는 100% 진폭과 100% 포화도를 갖는 칼라 바 신호를 나타내었다. 이것은 공통 비디오 테스트 신호이며 디지털 처리시 사용되는 기본 값이다. RGB 각각의 색 소자는 높은 상관 관계가 있어서 이것이 어떤 이미지 처리 알고리즘 실행을 어렵게 만들기도 한다. 즉 세 가지의 RGB 요소는 RGB 칼라 입방체 안에서 임의의 색을 만들 때 같은 대역폭이 필요하기 때문에 각각의 RGB 요소들을 위해서 같은 픽셀 레벨과 같은 화면 해상도의 프레임 버퍼가 필요하다. 따라서 RGB 칼라 스페이스에서 이미지를 처리하는 것은 별로 효과적인 방법이 못된다.^[3]

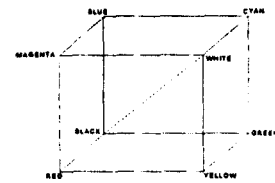


그림 1. RGB 입방체
Fig. 1 RGB Color Cube

표 1. 100% 진폭, 100% 포화도 RGB Color Bars

Table 1. 100% Amplitude, 100% Saturated, RGB Color Bars

	Normal Range	White	Yellow	Cyan	Green	Magenta	Red	Blue	Black
R	0 to 255	255	255	0	0	255	255	0	0
G	0 to 255	255	255	255	255	0	0	0	0
B	0 to 255	255	0	255	0	255	0	255	0

2.2 YUV Color Space

YUV Color Space는 PAL, NTSC와 SECAM 신호에서 사용되어지는 기본 칼라 스페이스이며, RGB보다 메모리를 효율적으로 사용할 수 있다. 예로 640x480의 영상을 16비트 RGB로 표현하면 65536(2¹⁶ = 65536) 컬러로 표현할 수 있고, 614KB(640X480X16/8 = 614400)의 메모리를 사용하게 된다. 그러나 같은 영상을 YUV로 표현하면 768KB(640X480X20/8 = 768000)의 메모리로 1백만 컬러를 표현할 수 있다. 이런 이유로 컴퓨터 그래픽에서 사용하는 그래픽 전용 컴퓨터나 워크스테이션에서는 그래픽의 표현 형태를 YUV로 지원하고 있다. 감마 보정된 RGB와 YUV사이의 변환식은 다음과 같다. 식 (2.1)은 아날로그 포맷이고 식 (2.2)는 디지털 포맷이다.^[1]

$$\begin{Bmatrix} Y \\ U \\ V \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.140 \\ 1 & -0.289 & -0.581 \\ 1 & 2.032 & 0. \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y \\ U \\ V \end{Bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{Bmatrix} Y \\ U \\ V \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.42 \\ 1 & -0.344 & -0.714 \\ 1 & 1.772 & 0. \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y \\ U \\ V \end{Bmatrix} \quad (2.2)$$

2.3 YCbCr Color Space

YCbCr 칼라 스페이스는 컬러 정보로부터 휘도 신호를 분리해내는 컬러 스페이스 변환 중 하나이며, 세계적으로 디지털 비디오 신호 표준을 개발하는 과정에서 ITU-R BT. 601 권고안의 부분에서 발전되었다. 표 2에서 75%

진폭, 100% 포화도를 갖는 YCbCr 공통 테스트 비디오 신호를 보면 Y는 16에서 235의 범위를 가지고 있고, CbCr은 16에서 240의 범위를 가지며, 128은 0과 같이 처리된다. 또한 YCbCr은 몇 개의 샘플링 형식(4:4:4, 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0)을 지원하고 있으며, 이러한 샘플링 형태에 따라 YCbCr의 이미지 처리 하드웨어의 복잡도와 해상도의 변화가 나타난다. 식 (2.3), 식 (2.4)는 RGB와 YCbCr의 아날로그와 디지털 포맷 컬러 스페이스 변환식이다.^[1]

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cr + 128 \\ Cb + 128 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \\ -0.619 & -0.331 & 0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.714 & -0.344 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ Cr-128 \\ Cb-128 \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cr + 128 \\ Cb + 128 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 77/256 & 150/256 & 29/256 \\ 131/256 & -110/256 & -21/256 \\ -44/256 & -87/256 & 131/256 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.37 \\ 1 & -0.698 & -0.336 \\ 1 & 1.73 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ Cr-128 \\ Cb-128 \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

그림 2에 CCIR (International Radio Consultive Committee) Rec. 601에 따른 디지털 비디오 신호 구성요소를 나타내었다.^[6] YCbCr에서 RGB로의 변환시에 사용되는 기준 값을 나타내고 있다.

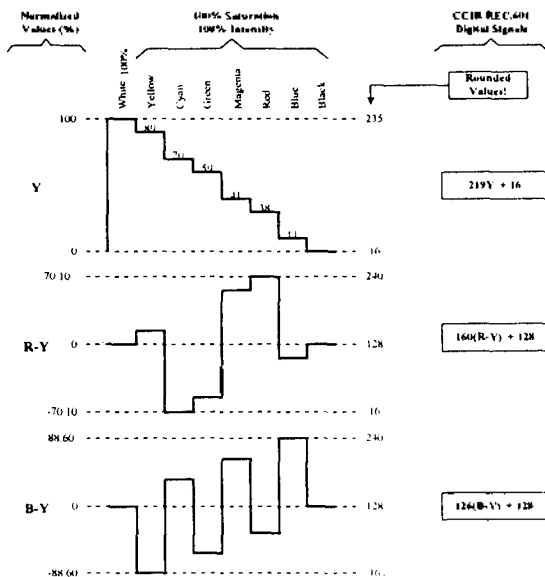


그림 2. CCIR Rec. 601 디지털 비디오 신호 구성요소
Fig. 2 Digital Component Video Signal According to CCIR Rec. 601

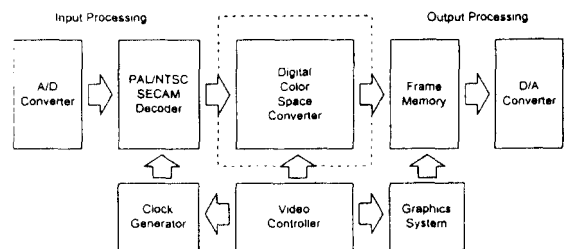
표 2. 75% 진폭, 100% 포화도 YCbCr Color Bars

Table 2. 75% Amplitude, 100% Saturated, YCbCr Color Bars

	Normal Range	White	Yellow	Cyan	Green	Magenta	Red	Blue	Black
Y	16 to 235	180	162	131	112	84	65	35	16
Cb	16 to 240 (128 = zero)	128	44	156	72	184	100	212	128
Cr	16 to 240 (128 = zero)	128	142	58	58	198	212	114	128

III. 컬러 스페이스 변환 하드웨어 설계

본 논문에서는 그림 3의 블록도 중에서 YUV 신호를 RGB 변환과 RGB를 YUV 신호로 변환하는 컬러 스페이스 변환 회로를 설계하였다. 그림 3과 같이 대부분의 컬러 스페이스 변환은 단방향으로 설계가 되어 있으며, 변환 계수 자체를 룩업테이블(Lookup Table)에 저장하여 사용하고 있다. 컬러 신호 정보 중 YUV 신호 형식은 휘도 신호(Y)가 이미지 정보의 대부분을 가지고 있고 색차 신호(UV)는 휘도 신호에 비하여 적은 이미지 정보를 가지고 있기 때문에 대부분의 컬러 이미지와 비디오 압축 알고리즘에서 수평 방향으로 서로 다른 각각의 U와 V 신호를 4:4:4, 4:2:2의 형식으로 표본화한다. 표본화되는 과정에서 손실된 신호는 인터폴레이션(interpolation)과 듀플리케이션(duplication)에 의하여 신호가 재구성된다. YUV 신호의 사용은 RGB 신호를 사용할 때 보다 데이터 비와 저장공간이 1.5배정도 감소된다. 또한 각각의 컬러에 대하여 8 비트 크기로 RGB 신호가 사용되면, 각각의 RGB 픽셀은 24 비트로 표현될 수 있으며, 컬러 스페이스 변환과 데시메이션(decimation)을 한 후 4:2:2 형식으로 나타내면 각각의 YUV 픽셀은 휘도 신호(Y)에 대하여 8 비트, 색차 신호(UV)에 대하여 8비트인 총 16비트로 나타낼 수 있다. 양방향 변환 관계에 있어서 대부분 디지털 이미지 처리에서 YUV 신호를 사용하고 있고 대부분의 출력 장치에서는 RGB를 사용하지만 반대로 출력 RGB 형식 데이터를 YUV 형식으로 변환해서 이미지 처리를 할 경우가 있기 때문에 RGB에서 YUV변환 또한 필요하다.



○ ○ ○ ○ 본 논문에서 설계한 블록

그림 3. 멀티미디어 비디오 보드 구성도
Fig. 3 Multimedia Video Board Configurations

일반적인 컬러스페이스 변환에는 YUV 신호를 RGB로 변환하기 위해서 행렬을 이용하거나 룩업 테이블(Lookup Table)을 이용한 컬러 스페이스 변환을 구현하고 있다. 따라서 컬러 스페이스 변환을 실현 할 때 ROM 형태를 이용한 룩업 테이블은 곱셈기 대신에 행렬 연산을 수행하지만 메모리 사용으로 칩 사이즈가 커지는 단점과 계수 자체의 값이 고정되는 단점을 가지고 있다. 또한, 현재의 컬러 스페이스 변환은 전처리 부분에서 처리된 YUV 신호를 그대로 변환해주는 기능만을 가진다. 물론 룩업 테이블을 이용한 컬러 스페이스 변환은 여러 형태로 변환을 할 수 있지만 제안한 컬러 스페이스 컨버터 역시 프로그램으로 여러 포맷이 지원 가능하다. 이는 기존의 색 조절 및 밝기 조절을 디코더, 엔코더나 모니터 등에서 해주고 있고 변환 포맷의 계수를 고정하여 변환하지만 본 논문에서 제안한 컬러 스페이스 변환은 YUV 신호를 RGB로 변환할 뿐 아니라 색 및 밝기 조절 기능을 갖기 위해서 기존의 컬러 스페이스 변환 계수를 프로그램 가능하도록 설계하였기 때문에 다양한 변환 포맷 및 밝기 조절이 동시에 가능하다.

본 논문에서 제안한 컬러 스페이스 컨버터는 그림 4와 같이 크게 YUV 에서 RGB로의 변환 블록, RGB 에서 YUV로의 변환 블록, 제어 블록, 계수 블록으로 나눌 수 있다. 그리고 전체 회로 모의 실험 결과에 대한 검증은 컴퓨터를 이용하여 이론적인 계산 값과 설계한 회로의 모의 실험 결과 값을 비교하였다. 회로설계는 Viewlogic사의 WorkView를 사용하여 스키마틱만을 이용하여 설계하였다. 이는 VHDL을 이용한 설계시 합성된 게이트가 복잡하여 ASIC화하는데 회로 레벨의 디버깅이 어렵기 때문에 이를 쉽게 하기 위한 것이며, 컬러 스페이스 상호 변환시 오차의 발생은 소수점 자리를 연산하는 과정에서 반올림에 의한 오차이다.

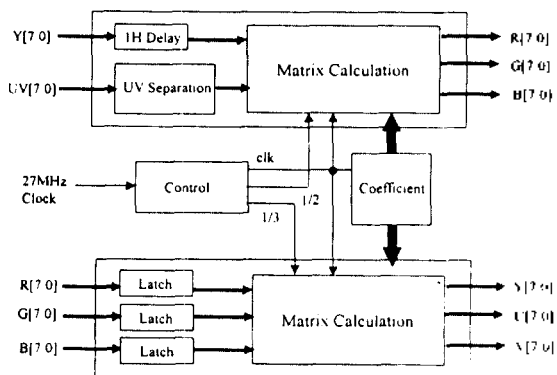


그림 4. 전체 블록도
Fig. 4 Total block diagram

3.1 YUV→RGB 변환 블록

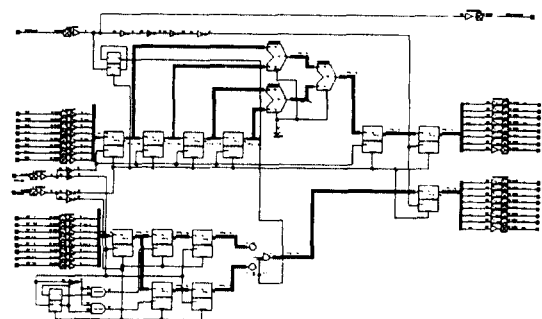
YUV에서 RGB로 변환하는 블록은 PAL 방식의 유럽 제품과의 호환성 및 디지털 이미지 처리가 YUV 신호일 경우 필요하며, 기존의 컬러 스페이스 컨버터의 경우 이 블록만을 가지고 있는 경우가 많다. YUV에서 RGB로 변환하는 블록에는 크게 전처리 블록, 행렬 연산 블록 부분으로 나눌 수 있다. YUV에서 RGB의 변환 블록은 기존의 디코더 칩 중에서 가장 많은 출력 형태가 4:2:2 포맷이기 때문에 이를 분리하는 전처리 부분을 설계하였고, 연산량을 줄이기 위해 6비트 크기의 계수가 사용되었다. 또한 Y값의 계산시 변환 계수가 1이므로 곱셈기를 하나 더 줄여 하드웨어의 복잡도를 줄였다. 따라서 출력의 휘도 신호 변화는 U와 V계수만을 조정하므로써 실현할 수 있다.

3.1.1 전처리 블록

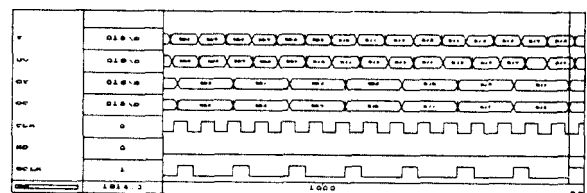
전처리 블록은 그림 5와 같은 입력 신호를 분리하기 위해 설계 되었다. 즉 입력 신호인 Y, U, V 신호에 대하여 분리를 한다. 예로 Philips사의 7110과 같은 One Chip "Fronted"에서는 Y신호와 UV신호로 구성되기 때문에 UV신호를 분리하여 8비트로 만들어 주어 행렬 연산을 한다. [3] 휘도 신호와 동기를 맞추어 주기 위해 분리 클럭은 1/2 분주된 클럭을 사용하였다.



그림 5. UV 입력신호(4:2:2)
Fig. 5 UV Input Data(4:2:2)



(a) YUV→RGB 전처리 블록도.



(b) 모의실험 결과

그림 6. YUV→RGB 전처리 블록도 및 모의실험 결과
Fig. 6 Block diagram of pre-processing YUV to RGB and simulation result

3.1.2 행렬 연산 블록

전처리 블록에서 분리된 UV신호 및 Y신호가 곱셈기에 입력되어지며, 각 곱셈기에서 계산되어지는 계수는 소수점 3자리까지 연산을 하기 위하여 6비트의 크기를 가진다. 행렬 연산의 경우 YUV를 RGB로 변환하기 위한 기본적인 행렬식은 그림7(a)이며, 7(b)는 설계에 사용된 행렬과 하드웨어로 구성된 경우 반올림된 결과 값이다.

$$\begin{matrix} R \\ G \\ B \end{matrix} = \begin{matrix} | & 1 & 0 & 1.42 \\ | & 1 & -0.344 & -0.714 \\ | & 1 & 1.772 & 0 \end{matrix} \begin{matrix} | \\ | \\ | \end{matrix} \begin{matrix} Y \\ U \\ V \end{matrix}$$

Condition	R	G	B	Y	U	V
White	235	235	235	235	128	128
Black	16	16	16	16	128	128
Red	236	17	16	82	90	240
Green	16	236	17	145	54	34
Blue	16	16	235	41	240	110
Yellow	235	235	16	210	16	146
Cyan	16	235	236	170	166	16
Magenta	235	15	234	106	202	222

(a) 이론적인 행렬식과 계산값

$$\begin{matrix} R \\ G \\ B \end{matrix} = \begin{matrix} | & 1 & 0 & 1.40625 \\ | & 1 & -0.34375 & -0.6875 \\ | & 1 & 1.75 & 0 \end{matrix} \begin{matrix} | \\ | \\ | \end{matrix} \begin{matrix} Y \\ U \\ V \end{matrix}$$

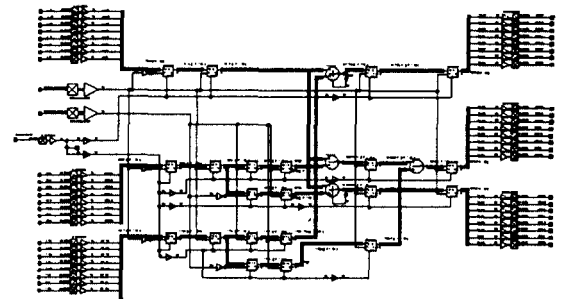
Condition	R	G	B	Y	U	V
White	235	235	235	235	128	128
Black	16	16	16	16	128	128
Red	239	18	16	82	90	240
Green	13	234	16	145	54	34
Blue	16	15	237	41	240	110
Yellow	235	236	14	210	16	146
Cyan	13	235	236	170	166	16
Magenta	238	17	235	106	202	222

(b) 설계에 사용된 행렬식과 설계된 하드웨어 계산값

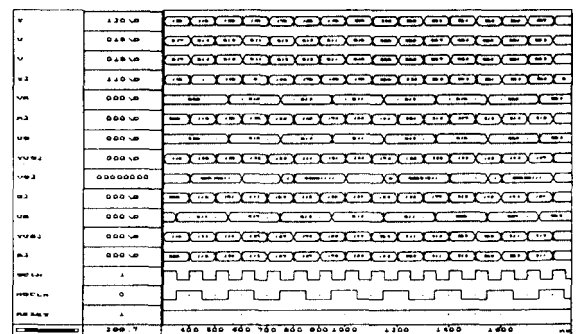
그림 7. YUV → RGB 변환 계산값 비교
Fig. 7 Compare with result of YUV to RGB conversion.

행렬 연산에서는 2가지 형태의 Y신호 곱셈기를 설계할 수 있다. 첫 번째는 곱셈기를 줄이기 위하여 Y신호에 대한 경우는 계수 값이 1이기 때문에, 따로 분리하여 지연시켜 설계할 수 있으며, 두 번째는 RGB신호 각각에 대해서 휘도 영향을 주기 위해 Y신호에 대해서도 U, V신호와 마찬가지로 계수값을 조정하기 위해서 곱셈기를 사용할 수 있다. 본 논문에서는 첫 번째 형태로 설계하였으며, 전체 회로의 경우는 2개의 곱셈기를 사용하여 행렬을 연산하는 블록으로 설계하였다. 이러한 이유는 두 번째 계

우로 설계할 경우 Y값을 조절할 수는 있지만 곱셈기를 하나 더 사용해야 하므로 이보다는 U, V계수 조절만으로 RGB에 휘도 영향을 조절한다. 본 논문에서는 계수 비트를 6비트로 하여 약간의 오차가 발생한다. 이것은 실제 본 논문이 휘도 조절이 가능한 컬러 스페이스 컨버터를 제안함에 있기 때문에 이러한 오차는 감수하며, 상용칩 설계시 계수 비트수를 9자리 이상 사용하면 된다. Y, U, V 신호는 8비트가 사용되었고, 계수와 곱하면 캐리(carry)를 포함하여 14비트가 필요하지만 연산된 결과에 큰 영향을 주지 않는 범위에서 캐리 및 소수점 5자리를 버려서 결과적으로 8비트만을 사용하고 있다. 따라서 설계한 컬러 스페이스 컨버터는 입력계수 값 자체가 아무리 큰 값이나 작은 값으로 변화된다 하더라도 출력 값은 최대 255부터 최소 0의 값의 디지털 값으로 범위가 제한(limited)된다.



(a) 설계한 YUV → RGB 변환 블록도



(b) 모의실험 결과

그림 8. 설계한 YUV → RGB 변환 블록도 및 모의실험 결과
Fig. 8 Block diagram of conversion YUV to RGB and simulation result

3.2 RGB → YUV 블록

RGB에서 YUV 변환에서도 YUV를 RGB로 변환할 때와 마찬가지로 소수점 3자리까지 연산하므로 계수 비트를 6비트로 조종하였다. 그림 9(a)는 원 행렬 변환식이며, 이론적인 계산값은 표 7(a)와 같고, 9(b)는 6비트로 계수 값을 줄여서 설계한 하드웨어 출력의 반올림된 결과값이다

다. 오차의 발생은 6비트로 반올림한 결과로 발생하였다.

3.2.1 행렬 연산 블록

행렬 연산 블록은 YUV에서 RGB로의 변환에 이용된 곱셈기가 같이 사용되었고, 8비트의 R, G, B 입력과 6비트 계수를 곱한다. 그림 10에 설계한 블록에서 음수 처리 시에는 2의 보수(2's complement)를 하여 연산을 수행한다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

(a) 이론적인 행렬식

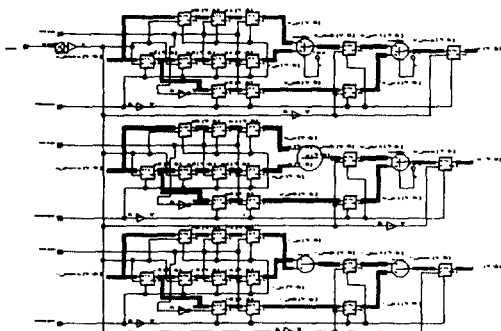
$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.296875 & 0.578125 & 0.109375 \\ -0.15625 & -0.328125 & 0.5 \\ 0.5 & -0.40625 & -0.078125 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

(b) 설계에 사용된 행렬식

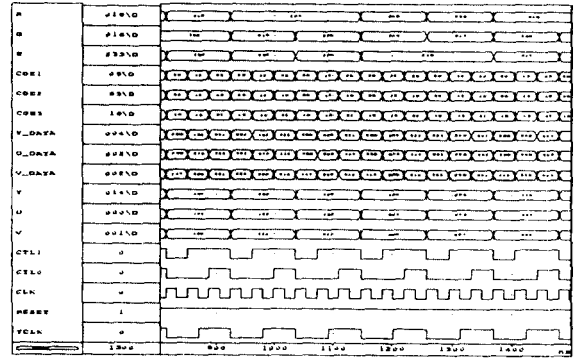
Condition	R	G	B	Y	U	V
White	235	235	235	220	135	136
Black	16	16	16	14	128	129
Red	236	17	16	76	94	239
Green	16	236	17	137	60	40
Blue	16	16	235	35	237	116
Yellow	235	235	16	199	26	149
Cyan	16	235	236	158	170	27
Magenta	235	15	234	95	204	225

(c) 설계한 RGB → YUV 계산값

그림 9. RGB → YUV CSC 계산값 비교
Fig. 9 Compare with result of RGB to YUV conversion.



(a) 설계한 RGB → YUV 변환 블록도

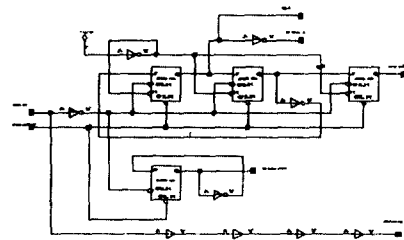


(b) 모의실험 결과

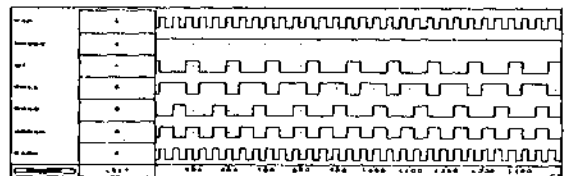
그림 10. 설계한 RGB → YUV 변환 블록도 및 모의실험 결과
Fig. 10 Block diagram of conversion RGB to YUV and simulation result

3.3 제어 회로, 반올림 및 계수 블록

제어 회로에는 컬러 스페이스 변환 회로 전체에 사용된 클럭신호 및 기타 제어 신호를 발생시킨다. 시뮬레이션에 사용된 클럭은 27Mhz의 클럭이 사용되었다. 계수 블록은 사용자 임의로 계수값을 주기 위하여 ROM 형태를 이용하여 구현하였다. 계수값 조절 방법으로 YUV에서 RGB 변환 블록에서는 U와 V계수 값을 조정하며, RGB에서 YUV으로의 변환 블록은 RGB 계수 모두를 조정할 수 있다. 이는 실제 하드웨어 테스트를 용이하게 하기 위한 것이며, 따라서 하드웨어 테스트시 소프트웨어적으로 ROM에 프로그래밍하여 계수값을 조절할 수 있다. 그림 12는 곱셈기와 반올림 블록으로 반올림 블록은 별도로 분리하여 설계하지 않고 곱셈기 뒷단에 붙여 곱셈 후 8 비트로 값을 출력력을 제한하고 반올림시킨다.



(a) 제어 블록도



(b) 시뮬레이션 결과

그림 11. 제어 블록도 및 시뮬레이션 결과
Fig. 11 Block diagram of control and simulation result

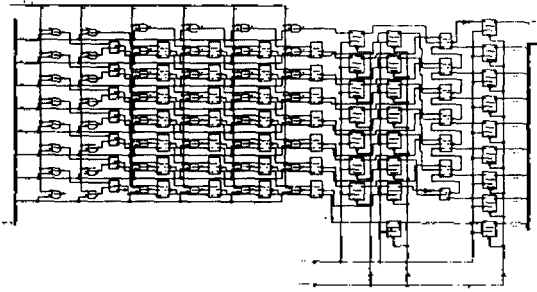


그림 12. 8x6 곱셈기 및 반올림 블록도
Fig. 12 Block diagram of rounding and 8x6 multiplier

IV. 결 론

본 논문에서는 양방향(YUV→RGB, RGB→YUV)이 가능하며 사용자 임의로 계수를 변환시켜 이미지의 휘도 및 색을 조절할 수 있는 컬러 스페이스 컨버터를 설계하였다. 회로 설계는 Viewlogic사의 WorkView를 이용하여 설계 및 모의실험을 하였다.

본 논문에서는 계수를 조절하여 화면 전체의 밝기에 영향을 고려함으로써 기존의 Brightness기능을 가진 디코더, 인코더의 밝기 조정 기능을 포함할 수 있음을 보였다. 이는 새로운 관점에서의 컬러 스페이스 컨버터 설계를 제안한 것이며, 이러한 설계는 멀티미디어 관련업체에서 ASIC화하는데 좋은 참고가 될 수 있다. 기타 멀티미디어 비디오 관련 칩에 본 논문에서 제안한 컬러 스페이스 컨버터를 함께 고려한다면 멀티미디어 비디오 분야에 좋은 응용 칩이 만들어질 수 있음을 제시하였다. 앞으로의 연구방향은 현재 두 개의 큰 블록으로 양방향이 구현되어 있는 곱셈기를 줄이는 방향으로 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Keith Jack, "Video Demystified", Harris.
2. Benjamin Gordon, "A Low-Power Multiplierless YUV to RGB Converter Based on Human Vision Perception," 1994, IEEE.
3. A. Chiari, S. Miceli, "Conversion of video signals from YUV to RGB representation in the digital domain," Proc. of the 2nd Intl Workshop on Signal Processing on HDTV, L'Aquila, Italy, 1988.
4. "A 27M VideoNet YCrCb to RGB converter for 4:2:2 Video Applications," Brooktree Corporation Product Description.
5. Harris, Video and Multimedia Data Book., 1996.
6. Philips, Desktop Video Data Handbook., 1996.
7. GEC PLESSEY, SEMICONDUCTORS VP510 Data Book., 1996.

8. 윤성식, 배준석, 고학립, 박노경, 문대철 "Programmable Color Space Converter 설계에 관한 연구," 한국통신학회 추계종합학술 발표회 논문집. p621-624. 1996.

▲배 준 석(Joon-Seok Bae) 1971년 3월 19일생



1996년 2월: 호서대학교 정보통신공학과(학사)
1996년 2월~현재: 호서대학교 정보통신공학과 석사과정

▲박 노 경(Noh-Kyung Park) 1958년 1월 7일생



1984년: 고려대학교 전자공학과(학사)
1986년: 고려대학교 전자공학과(공학석사)
1990년: 고려대학교 전자공학과(공학박사)
1988년 8월~현재: 호서대학교 정보통신공학과 부교수

※주관심분야: 영상신호처리 ASIC 설계, 회로 및 시스템 설계

▲문 대 철(Dai-Tchul Moon)

한국음향학회지 제14권 4호 참조
※주관심분야: VLSI 신호처리