

논문 2007-44SP-1-7

사면체 보간을 이용한 실시간 색역 사상에 관한 연구

(A Study on Real Time Color Gamut Mapping Using Tetrahedral Interpolation)

김 경 석*, 권 도 형*, 이 학 성**, 한 동 일***

(Kyoung-Seok Kim, Do-Hyung Kwon, Hak-Sung Lee, and Dongil Han)

요 약

색역 사상은 다양한 컬러 디스플레이 장치에서 출력되는 영상의 색재현성을 향상시키기 위한 방법으로 제안되었으며 Digital TV 또는 디스플레이 장치와 같이 고속의 영상 신호 처리가 요구되는 경우 색역 사상 또한 고속 실시간으로 처리하기 위한 방법이 요구된다. 기존의 실시간 색역 사상 방식에 사용되는 육면체 보간에 비해 사면체 보간이 좀 더 간단한 형태의 보간 연산이 가능하다. 본 논문에서는 이러한 사면체 보간 기법의 장점을 활용하여 고속 실시간 색역 사상을 위한 하드웨어 구조를 제안한다. 제안된 하드웨어 구조는 색역 사상의 처리 속도 향상시키고, 하드웨어 비용을 감소시키는 장점이 있다.

Abstract

A color gamut mapping has been known to be one of promising methods to enhance display quality of various types of color display device. However, it is required to handle this mapping in real time for display or digital TV application. If carefully arranged, the tetrahedral interpolation can be computed with simpler operations compared to a cubic interpolation in the conventional reduced resolution look-up table which is devised to process the gamut mapping in real time. Based on the tetrahedral interpolation, a new type hardware architecture for real-time gamut mapping is proposed in this paper. The proposed hardware architecture shows better processing speed and reduces the hardware cost.

Keywords : 색역 사상, 3차원 보간, 실시간 컬러 신호 처리, 사면체 보간

I. 서 론

최근 디스플레이 기술의 발달로, 기존의 CRT에서 PDP, LCD, OLED, DLP, LCoS 등 다양한 종류의 디스플레이 장치들이 개발되고 활용되고 있다. 한편, 각 디스플레이 장치는 각 장치별로 고유한 색 재현 원리를 채용하고 있는 까닭에 각 디스플레이 장치는 각 장치가 지원할 수 있는 고유한 색의 범위, 즉 고유한 색역

(color gamut)을 가지고 있다^[1]. 이러한 색역의 차이는 한 장치에서 생성된 컬러 영상이 다른 장치에서는 전혀 다른 컬러로 출력이 되는 문제를 야기한다. 예를 들어, 색역이 넓은 장치의 컬러 영상을 색역이 좁은 장치로 재현하면 색역 밖에 놓이는 색이 원래의 색으로 정확하게 재현되지 않는데, 이러한 이중 디스플레이 장치의 색역 차이를 극복하여 색재현성을 향상 시키는 방법을 색역 사상(color gamut mapping)이라 한다^[1~6].

기존의 색역 사상 기법은 PC용 컬러 모니터와 컬러 프린터 간의 색 재현성의 차이를 보정하는 데에 많이 사용되어 왔다. 프린터의 색역은 모니터의 색역에 비해 상대적으로 작기 때문에 모니터에서 재현되는 색을 프린터 장치에 효과적으로 표현하기 위하여 색역 축소 기법에 대한 연구가 주로 이루어졌지만^[2~4], 최근 디지털 TV 시장의 확대와 함께 다양한 종류의 디스플레이 장

* 학생회원, ** 정회원, 세종대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Sejong University)

*** 정회원, 세종대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Sejong University)

※ 본 논문은 '서울시 산학연 협력사업'의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2006년6월29일, 수정완료일: 2007년1월5일

치가 개발, 이용됨에 따라 이들 장치에 대한 색 재현성 문제가 새롭게 대두되고 있다. 기존의 모니터와 프린터 간의 색역 사상 방법들이 우수한 성능을 제공하고 있지만, 이러한 색역 사상 방법들이 디지털 디스플레이 장치에 실시간으로 적용되기에는 많은 어려움이 존재한다. HDTV의 경우 디스플레이 장치 간의 색 재현 특성 차이를 보정하기 위한 사상은 HDTV의 화소 클럭인 10나노 초 정도에 이루어져야 하는데 기존의 색역 사상 알고리즘^[2~4]은 비선형성이 매우 크고 복잡하여 필요한 처리 시간 안에 색역 사상을 수행하기가 힘들다. 이와 같은 어려움을 극복하고자 최근 해상도 절감 3차원 룩업 테이블(three-dimensional reduced resolution look-up table : RRLT)을 이용하여 복잡한 비선형 색역 사상을 실시간으로 처리하는 방식이 제안되었다.^[5~6] 이 방식은 3차원 보간 기법(three-dimensional interpolation)의 하나인 육면체 보간(cubic interpolation)을 이용하여 색역 사상을 근사화 하는 방식으로 ASIC이나 하드웨어 등으로 구현이 용이한 구조를 가지고 있어, 고속 실시간 컬러 신호 처리가 가능한 방식이다.

본 논문에서는 사면체 보간(tetrahedral interpolation) 방식을 이용한 실시간 색역 사상 하드웨어 구조를 제안한다. 사면체 보간은 육면체 보간과 마찬가지로 3차원 보간 기법의 일종으로 다양한 컬러 신호 처리에 사용되고 있으며^[8~11] 육면체 보간에 비해 계산량이 적으면서 보다 우수한 보간 오차 성능을 가진 것으로 알려져 있다^[10]. 이에 따라 제안된 하드웨어 구조는 기존의 방식에 비해 보간의 정확성을 유지하면서, 처리 속도 향상과 하드웨어 비용 감소 등의 장점이 있다.

II. 해상도 절감 3차원 룩업 테이블

컬러 디스플레이 장치들에서 색을 표현하는 데 사용하는 컬러 신호는 컬러 디스플레이 장치마다 다소 차이가 있으나, 대부분의 디스플레이 장치는 RGB 세 개의 원색 신호의 선형 조합으로 다양한 색상을 만들어 낸다. 하지만 RGB 컬러 신호로 표현되는 색 공간(color space)은 기기 종속적 색 공간(device dependent color space)으로 입력 영상을 출력할 때 디스플레이 장치의 물리적 특성을 반영하여 색이 표현된다. 따라서 일반적인 색역 사상 방식은 디스플레이 장치들의 특성과 무관하게 정의되는 기기 독립적인 색 공간(device independent color space)에서 논의되는 것이 일반적이다.

대표적인 기기 독립적인 색 공간으로는 CIEXYZ, CIEL*a*b*, CIEL*u*v* 등이 있으나^[7], 특히 CIEL*a*b* 색 공간은 컬러 디스플레이 장치들의 색 표현 특성을 정확하게 표현하는 장점을 가지고 있기 때문에 일반적인 색역 사상 알고리즘에 널리 사용된다. 이에 따라 기존의 색역 사상 방법이 RGB컬러 신호를 이용하는 컬러 디스플레이 장치에 적용되기 위해서는 그림 1과 같이 두 번의 색 좌표 변환부(color space conversion)와 색역 사상부가 요구된다^[5]. 한편, 일반적으로 CIEL*a*b* 등의 색 좌표로의 변환 및 색역 사상등은 복잡한 비선형 계산을 포함하므로, 그림 1과 같은 색역 사상 구조를 직접 구현하여 디지털 TV와 같은 고속 실시간 응용에 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

이러한 어려움을 피하기 위해 모든 가능한 컬러 입력 R_{in} , G_{in} , B_{in} 값에 대해서 그림 1과 같은 색역 사상을 적용한 후 그 색역 사상한 결과인 R_{out} , G_{out} , B_{out} 값을 모두 저장하는 3차원 룩업 테이블을 이용해서 고속 색역 사상을 구현하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 경우 각 8비트 입력 R_{in} , G_{in} , B_{in} 값에 대한 모든 사상 값을 1:1로 저장하기 위한 3차원 룩업 테이블에 요구되는 메모리 양은 $256 \times 256 \times 256 \times 3 = 50.3$ M byte 이다. 한편,

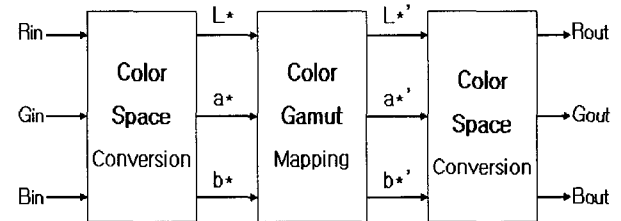


그림 1. 전형적인 색역 사상 구조
Fig. 1. A typical color gamut mapping structure.

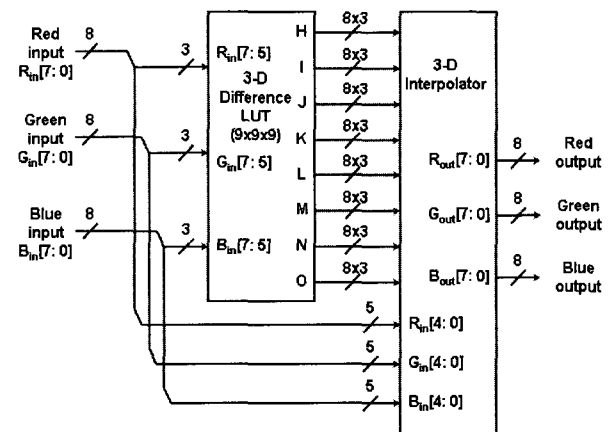


그림 2. 해상도 절감 3차원 룩업 테이블의 구조
Fig. 2. The 3-dimensional reduced resolution look-table(RRLT) architecture.

Han은 앞서의 3차원 룩업 테이블의 해상도를 낮추고 나머지 부분은 보간을 통하여 계산해냄으로써 앞서의 3차원 룩업 테이블과 거의 유사한 성능을 제공하는 RRLT^[5]를 제안하였다.(그림 2) RRLT 구조는 입력 R_{in} , G_{in} , B_{in} 값 중 상위 n 비트 정보를 이용하여 3차원 룩업 테이블을 구성하는데, 이 n 값에 의해 해상도와 룩업 테이블의 크기가 결정된다. Han은 $n=3$ 으로 하여 3차원 룩업 테이블의 크기를 약 2K byte($9 \times 9 \times 9 \times 3$)로 줄이면서 필요로 하는 해상도의 색역 사상을 수행할 수 있음을 확인하였다^[5-6].

RRLT 구조에서 사용된 3차원 보간 방식은 육면체 보간 방식으로, 육면체 보간은 주어진 입력 컬러 신호에 대해 이를 둘러싸고 있는 육면체의 8개의 꼭짓점을 이용하여 출력 컬러 신호를 계산하는 방식이다. 예를 들어, $n=3$ 일 경우 RRLT 구조에서는 입력 컬러 신호의 상위 3비트 데이터 $R_{in}[7:5]$, $G_{in}[7:5]$, $B_{in}[7:5]$ 를 이용하여 이 입력 컬러 신호를 둘러싸고 있는 육면체의 8개 꼭짓점에 대응하는 출력 컬러 신호 H, I, \dots, O 를 룩업 테이블에서 추출한다.(그림 2) 이 8개 값과 입력의 하위 5비트 값 $r=R_{in}[4:0]$, $g=G_{in}[4:0]$, $b=B_{in}[4:0]$ 를 이용하여 다음과 같이 3개의 선형 보간으로 구성된 육면체 보간을 수행한다. 먼저 그림 3에서 8개의 꼭짓점 H, I, \dots, O 위치에서 Red 신호의 3차원 룩업 테이블 출력 값을 각각 R_H, R_I, \dots, R_O 로 정의하면 그림 3의 HI 와 JK 에서 매핑 값은

$$R_{HI} = (R_H \times (32 - r) + R_I \times r) / 32 \quad (1)$$

$$R_{KJ} = (R_K \times (32 - r) + R_J \times r) / 32 \quad (2)$$

이며, 이 두 값을 이용하여 $HIJK$, $LMNO$ 위치에서의 보간 값을 아래의 식으로 구한다.

$$R_{HIJK} = (R_{HI} \times (32 - g) + R_{KJ} \times g) / 32 \quad (3)$$

$$R_{LMNO} = (R_{LM} \times (32 - g) + R_{NO} \times g) / 32 \quad (4)$$

최종 Red 성분의 보간 점 R_P 는 다음과 같이 계산된다.

$$R_P = (R_{HIJK} \times (32 - b) + R_{LMNO} \times b) / 32 \quad (5)$$

동일한 방법으로 Green과 Blue 신호에서 보간 점 G_P 와 B_P 도 아래 식과 같이 구할 수 있다.

$$G_P = (G_{HIJK} \times (32 - b) + G_{LMNO} \times b) / 32 \quad (6)$$

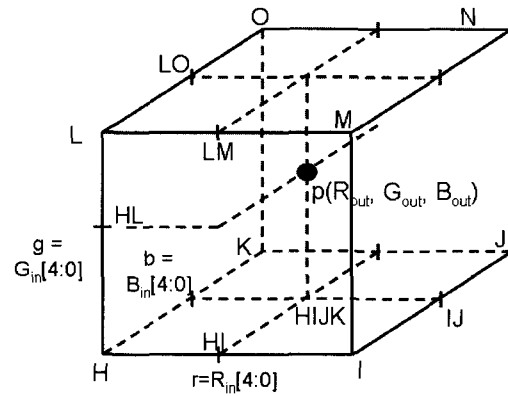


그림 3. 육면체 보간 방법

Fig. 3. Cubic interpolation method.

$$B_P = (B_{HIJK} \times (32 - b) + B_{LMNO} \times b) / 32 \quad (7)$$

식 (1)~(7)에서 알 수 있듯이 육면체 보간의 경우 입력 컬러 신호에 대한 출력을 계산하기 위해 세 단계의 선형 보간 과정이 순차적으로 수행되며, 이 보간 과정들은 곱셈, 나눗셈 연산을 포함하고 있기 때문에 실시간 하드웨어를 구성하는데 있어 큰 비중을 차지하고 있다. 만약 이 보간 식을 보다 간단하게 줄일 수 있다면 실시간 색역 사상 장치의 구현이 더욱 간단해진다. 본 논문에서는 RRLT 방법을 그대로 사용하면서, 3차원 보간이 좀 더 간단한 연산을 통해 얻어지는 사면체 보간 방법을 이용하여 비용을 줄이면서 높은 성능을 가지는 하드웨어 구조를 제안한다.

III. 사면체 보간

사면체 보간 방법은 주어진 입력 보간 점을 둘러싸는 사면체를 구한 다음, 사면체의 4개의 꼭짓점을 이용하여 출력 값을 보간하는 방법이다^[8-10]. 그림 4에서와 같이 입력 P 를 포함하는 사면체의 네 꼭짓점을 A, B, C, D 라 하고, 네 꼭짓점에서의 출력 값을 각각, O_A, O_B, O_C, O_D 라 하자. 4개의 꼭짓점 A, B, C, D 중 하나($X = A$ or B or C or D)를 제외한 세 점과 P 로 구성된 사면체의 부피를 V_X , 4개의 꼭짓점으로 전체 사면체의 부피를 V 로 정의하면 입력 P 에 대한 출력 O_P 는 사면체 보간에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$O_P = \frac{1}{V} (V_A O_A + V_B O_B + V_C O_C + V_D O_D) \quad (8)$$

식 (8)의 보간 식을 계산하기 위해 5개의 사면체 부

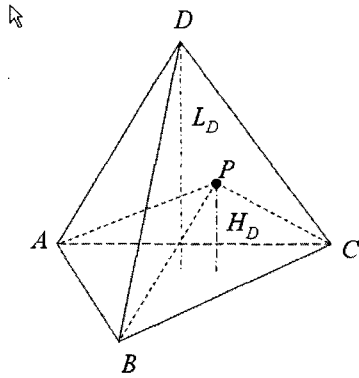


그림 4. 사면체 보간 방법
Fig. 4. Tetrahedral interpolation method.

피를 구하는 과정이 수행할 경우 연산 과정이 복잡하지만 이 식을 체적의 비를 이용한 식으로 단순화하면 간단하게 계산할 수 있다. 예를 들어, 그림 4의 사면체 ABCD와 사면체 ABCP를 비교하면, 두 사면체의 밑면이 같으므로 두 사면체의 체적은 높이에 비례한다. 따라서 식(8)의 V_D/V 는 H_D/L_D 로 정리된다. 마찬가지로 그림 4의 사면체를 이용한 보간식은 다음과 같다.

$$O_P = \frac{H_A}{L_A} O_A + \frac{H_B}{L_B} O_B + \frac{H_C}{L_C} O_C + \frac{H_D}{L_D} O_D \quad (9)$$

여기서, L_X 는 X점에서 반대편 평면과의 높이를 나타내고, H_X 는 P점에서 L_X 를 계산할 때 사용된 평면과의 높이를 나타낸다.

식 (9)의 계산이 좀 더 간단하게 되기 위해서는 높이를 구하는 과정이 간결해야 할 필요가 있다. 또한 이와 같은 사면체 보간이 전체 RGB 컬러 신호 공간에 적용되기 위해서는 육면체 보간에서와 마찬가지로 전체 RGB 컬러 신호 공간이 사면체로 적절히 분할되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 전체 컬러 신호 공간을 동일한 크기의 육면체로 분할하고 각 분할된 육면체를 그림 5에서와 같이 대각 분할(diagonal division)^[10~11]을 이용하여 6개의 사면체로 분할하였다. 그림 5에서 분할된 6개의 사면체는 H와 N을 공유하고 있으며, 표 1에 나타나와 있는 것처럼, 컬러 신호의 하위 5 비트 값 r, g, b에 의해 사면체의 종류와 다른 두 점이 결정된다. 표 1에 정의된 보간 계수를 이용하면 식(9)의 사면체 보간식은 다음과 같이 정리된다.

$$P_O = \frac{1}{\Delta} (H_0 O_0 + H_1 O_1 + H_2 O_2 + H_3 O_3) \quad (10)$$

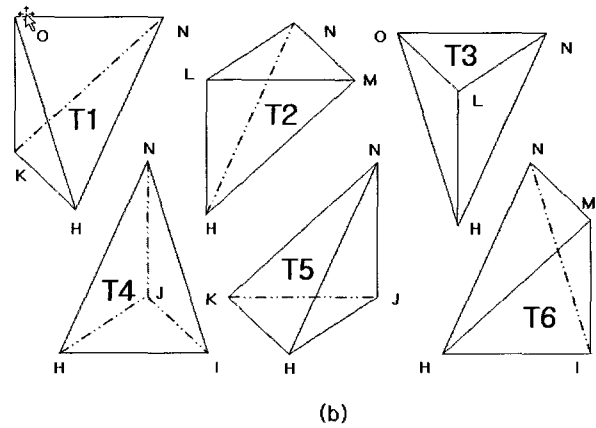
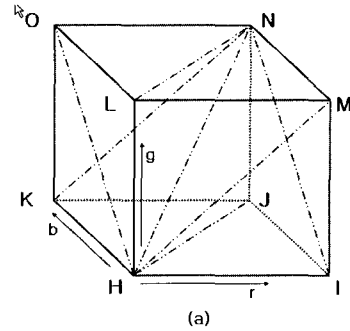


그림 5. 육면체에서 사면체 분할 (a) 육면체에서 사면체 분할 방법 (b) 나누어진 사면체

Fig. 5. Tetrahedral division of hexahedrons. (a) The method of division to tetrahedra. (b) The result of division.

표 1. 사면체 분할 조건 정리 및 보간 식 값
Table 1. Condition for division and values for interpolation.

Condition	Interpolation value					
	H ₀	H ₁	H ₂	H ₃	O ₁	O ₂
b ≥ g > r T1 Tetrahedron	Δ-b	g-r	b-g	r	O	K
g > r > b T2 Tetrahedron	Δ-g	r-b	g-r	b	M	L
g > b ≥ r T3 Tetrahedron	Δ-g	b-r	g-b	r	O	L
r ≥ b > g T4 Tetrahedron	Δ-r	b-g	r-b	g	J	I
b > r ≥ g T5 Tetrahedron	Δ-b	r-g	b-r	g	J	K
r ≥ g ≥ b T6 Tetrahedron	Δ-r	g-b	r-g	b	M	I

여기서 Δ는 육면체의 한변의 길이를 나타내고, O_i 는 사면체 꼭짓점에서의 출력 컬러 신호를 의미하는데, O_1, O_2 는 표 1에 정의된 바와 같고, O_0 와 O_3 는 분할된 6개의 육면체가 공유하는 2개의 꼭짓점으로 각각 그림 5에서의 H와 N을 나타낸다.

식(1)-(7)에서 설명된 육면체 보간 식에 비교하여, 식 (10)과 표 1에 의해 표현된 사면체 보간 식이 매우 간단하게 계산되어짐을 알 수 있다. 또한 사면체의 보간의 경우 각 RGB 신호 별로 4번의 곱셈 즉 모두 12번의 곱셈으로 구성되는 반면 육면체 보간의 경우 각 컬러 신호 별로 14번의 곱셈, 즉 모두 42회의 곱셈 연산이 요구된다. 따라서 육면체 보간 기법 보다는 사면체 보간 기법을 채용하는 것이 연산 속도, 하드웨어 비용 등의 관점에서 볼 때 유리하다고 할 수 있다.

IV. 실시간 색역 사상 하드웨어 설계

본 논문에서 제안하는 사면체 보간을 이용한 색역 사상을 위한 하드웨어 구조는 그림 6과 같이 입력 컬러 신호에 대해 보간에 사용될 4개의 출력 신호(O_0, \dots, O_3)를 산출하는 3-D LUT부, 보간에 사용될 4개의 계수(H_0, \dots, H_3)를 계산하는 보간 계수부와 식 (10)을 이용하여 3차원 보간을 수행하는 사면체 보간부(Tetrahedral Interpolator)로 구성된다.

앞서 설명한 바와 같이 3차원 RGB 컬러 신호 공간 전체에 사면체 사상을 적용할 수 있도록, 먼저 크기가 $256 \times 256 \times 256$ 인 전체 컬러 신호 공간을 크기가 $32 \times 32 \times 32$ 인 육면체로 분할하고 다시 각 육면체를 그림 5와 같이 6개의 사면체로 분할하였다. 이와 같은 점을 고려하여 3-D LUT부는 먼저 입력 컬러 신호의 상위 3비트를 활용하여 입력 컬러 신호를 포함하는 육면체의 8개의 꼭짓점(H, I, \dots, O)을 먼저 추출한 다음, 하위 5비트 정보를 통해 육면체 내에서 분할된 6개의 사

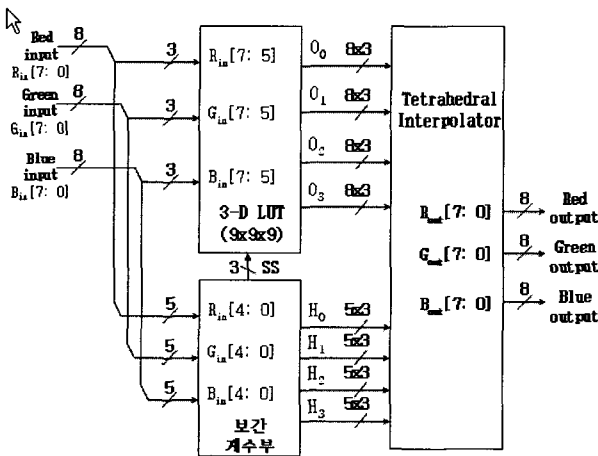


그림 6. 제안된 실시간 색역 사상 장치의 구조
Fig. 6. The proposed architecture for real time gamut mapping.

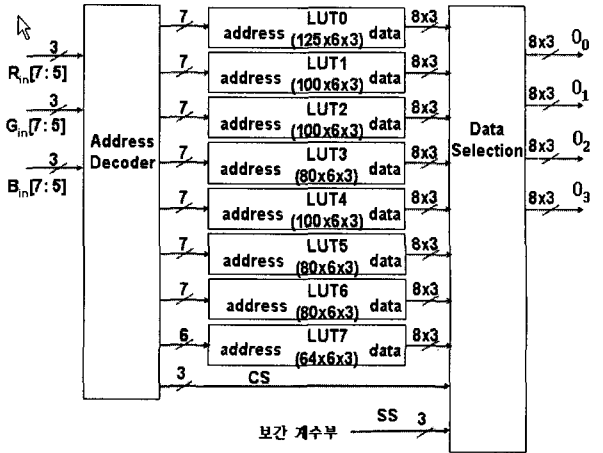


그림 7. 3-D LUT의 구조
Fig. 7. The architecture of 3-D LUT.

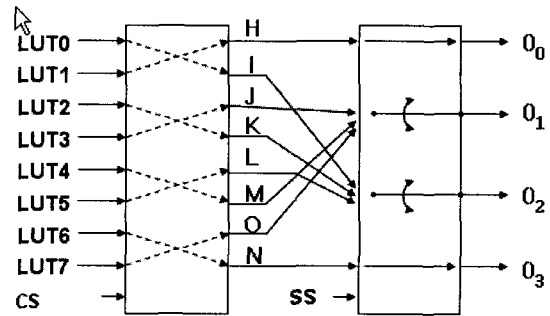


그림 8. Data Selection 부의 구조
Fig. 8. The architecture of Data Selection.

면체 중에서 입력 컬러 신호를 포함하는 사면체를 도출하여 사면체 보간에 필요한 4개의 출력 정보(O_0, \dots, O_3)를 출력하는 방식으로 구성된다.

한편, Han은 고속 실시간 컬러 신호 처리를 위해 3차원 룩업 테이블(그림 2)을 8개의 1차원 룩업 테이블로 분할한 후에, 각각의 8개의 룩업 테이블에서 육면체 보간에 사용되는 8개의 출력 신호를 병렬로 출력하는 방식을 제안하였다^[5-6]. 본 논문에서는 Han이 제안한 방식을 채택하여 먼저 8개의 출력 신호를 병렬로 출력하고, 하위 5비트 정보로 만들어지는 SS(selection signal)를 이용하여 사면체 사상에 필요한 4개의 출력 정보를 병렬로 출력하는 방법을 사용하였다(그림 7, 8). 그림 7에서, 8개의 1차원 룩업 테이블은 Han이 제안한 방법대로 8개의 출력 신호가 병렬로 출력하고, Data Selection부에서는 이 8개의 출력 신호 중 사면체 보간에 필요한 4개의 출력 신호를 출력한다. 그림 8은 Data Selection부의 구성을 보여주고 있는데, 8개의 룩업 테이블 데이터는 그림 7의 CS(control signal)에 따라 8

개의 육면체 꼭짓점 출력 데이터로 변환되고, 보간 계수부에서 발생하는 SS를 이용하여 표 1의 정의된 출력 신호를 출력한다.

보간 계수부는 입력 영상의 하위 5비트 정보와 표 1에 정의된 사면체 분할 조건을 바탕으로 입력 컬러 신호를 포함하고 있는 사면체를 결정하여 Data Selection 부에 전달하고 H_0, \dots, H_3 를 계산하여 사면체 보간부에 전달한다.

마지막으로 사면체 보간부는 3-D LUT에서 출력되는 사면체의 네 꼭짓점 값(O_0, \dots, O_3)과 보간 계수부에서 계산되는 H_0, \dots, H_3 를 식(10)의 사면체 보간식에 적용하여 입력 Red, Green, Blue 성분에 대한 새로운 사상 값 $R_{out}, G_{out}, B_{out}$ 값을 실시간으로 매 화소마다 계산하고 이 값을 디스플레이 장치에 전달한다.

V. 실험 결과

제안된 하드웨어 구조는 먼저 Matlab을 통해서 그 정당성을 확인한 후 VHDL로 구현하였으며, 이때 VHDL simulation 결과와 Matlab simulation 결과가 같음을 확인하였다. 본 논문에서는 참고 문헌^[12]의 색역 축소 및 확장 기법을 사용하여 PDP의 색 재현성 향상을 위해 산출된 729개의 3차원 룩업테이블 데이터를 이용하였다. 그림 9는 3차원 룩업테이블에 저장되는 사상 값을 1차원으로 나타낸 그림으로 R, G, B 신호에서 두 성분은 일정하게 유지시키면서 나머지 성분의 색역 사상 값을 추출하는 방식으로 PDP를 위한 3차원 색역 사상을 표현한 그림이다. 기존의 육면체 보간 방법을 기반으로 한 하드웨어 구조와 비교하여 제안된 방식을 VHDL로 구현하였을 때 영상이 입력된 후 색역 사상된 결과가 출력될 때 까지 소요되는 클럭을 비교하여 그림 10에 나타내었다. 그림 10에서 제안된 방식이 기존의 방식보다 빠르게 색역 사상을 수행함을 알 수 있다.

최종적으로 본 논문의 하드웨어 구조는 FPGA로 구현하였으며 Xilinx의 XC2V600을 이용하여 실시간 색역 사상이 수행할 수 있도록 하였다. 전체적으로 사용된 게이트의 크기와 처리 시간을 기존의 육면체 보간 방법을 이용한 하드웨어 구조와 제안된 방식을 비교하여 표 2에 정리하였다. 제안된 방식에 의한 색역 사상 장치는 기존의 방법에 비해 7% 정도의 게이트 수 절감과 6% 정도의 색역 사상 속도 향상을 가져왔다.

또한 그림 11에서는 색역 사상한 결과 이미지를 나타

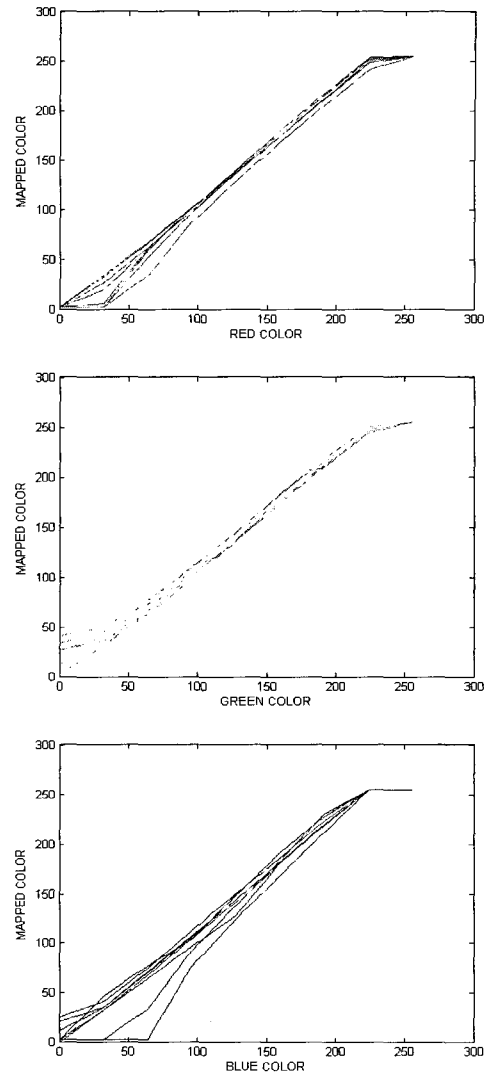


그림 9. 색역 사상 값들의 1차원 표현
Fig. 9. One-dimensional gamut mapping rules.

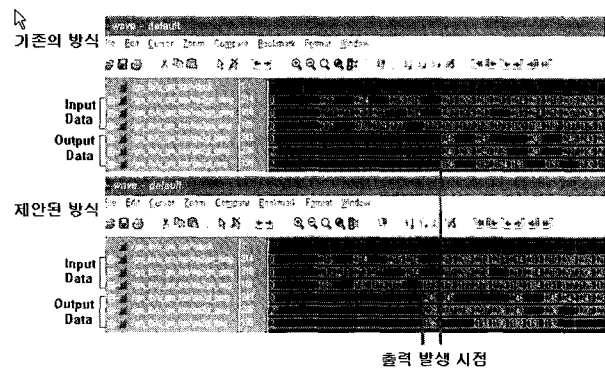


그림 10. VHDL simulation 결과
Fig. 10. The result of VHDL simulation.

낸 것으로 그림에서 알 수 있듯이 원 영상에 비해 색역 사상된 영상은 배경이나 사람 피부의 색상이 훨씬 자연스럽게 표현되고 있음을 알 수 있다.

표 2. 육면체 보간과 사면체 보간의 게이트 수와 처리 시간 비교

Table 2. Comparison of used gate count and processing time.

Method	Gate	Time
육면체 보간	92,961	10.558ns
사면체 보간	87,383	9.844ns



(a) 원 영상 (a) original image. (b) 색역 사상된 영상 (b) gamut mapped image.

그림 11. 실시간 색역 사상 결과 예

Fig. 11. An example of real-time color gamut mapping.

VI. 결 론

최근 PDP, LCD 등 다양한 종류의 디스플레이 장치의 보급에 따라, 색역 사상 기법을 이용하여 이종 디스플레이 장치 간의 색 재현성 향상을 위한 연구가 활발하다. 한편 Digital TV 방송과 같은 컬러 영상 신호의 경우 색역 사상 기법을 고속 실시간으로 처리할 수 있는 방법이 요구된다. 본 논문에서는 기존의 해상도 절감 3차원 룩업 테이블과 사면체 보간 방법을 이용하여 고속 실시간 색역 사상을 위한 새로운 하드웨어 구조를 제시하였다. 사면체 보간 방법은 4개의 사면체 꼭짓점 값만으로 보간이 수행되기 때문에 8개의 꼭짓점을 이용하는 기존의 육면체 보간 방법에 비해 계산량이 감소하는 장점이 있기에 제시된 방법은 기존의 육면체 보간 방법을 이용한 방식에 비해 처리시간과 하드웨어 구성 시 요구되는 게이트 수에서 개선을 보여주고 있다. 또한 Kasson 등^[10]에 의하면, 육면체 보간에 비해 사면체 보간이 보간 값에 대해 보다 근접한 꼭짓점 정보를 참조하는 까닭에 보간의 정밀도가 우수하다고 알려져 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 방식은 ASIC 등의 하드

웨어로 구현 시 기존의 방법에 비해 비용은 다소 감소하면서 우수한 성능을 보여주리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Phil Green and Lindsay MacDonald, "Color Engineering : Achieving Device Independent Colour," Wiley SID Series in Display Technology, 2002.
- [2] Raja Bala, Ricardo deQueiroz, Reiner Eschach and Wencheng Wu, "Gamut Mapping to Preserve Spatial Luminance Variations," Journal of Image Science and Technology, Vol. 45, no. 5, pp.436-443, September/October 2001.
- [3] Chae-Soo Lee, Yang-Woo Park, Seok-Je Cho and Yeong-Ho Ha, "Gamut Mapping Algorithm Using Lightness Mapping and Multiple Anchor Points for Linear Tone and Maximum Chroma Reproduction," Journal of Image Science and Technology, Vol. 45, no. 3, pp.209-223, May/June 2001.
- [4] Hung-Shing Chen and Hiroaki Kotera, "Three-dimensional Gamut Mapping Method Based on the Concept of Image Dependence," Journal of Image Science and Technology, Vol. 46, no. 4, pp.44-52, January/February 2002.
- [5] Dongil Han, "Real-Time Gamut Mapping Method for Digital TV Display Quality Enhancement," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 50, no. 2, pp. 691-669, 2004.
- [6] Dongil Han, "A Cost Effective Color Gamut Mapping Architecture for Digital TV Color Reproduction Enhancement," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 51, no. 1, pp. 168-174, 2005.
- [7] CIE, "Colorimetry", 2nd edition. CIE Publication No 15.2 Vienna, Austria: CIE 1986.
- [8] H. S. Chen and H. Koreta, "Color Correction Technique for Hard Copies by 4-Neighbors Interpolation Method," Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 36, pp. 73-80, 1992.
- [9] J. M. Kasson, W. Plouffe and S. I. Nim, "A tetrahedral interpolation technique for color space conversion", Proceedings of SPIE--the international society for optical engineering. Vol. 1909, pp. 127-138, 1993.
- [10] J. M. Kasson, S. I. Nim, W. Plouffe and J. L. Hafner, "Performing color space conversions with three-dimensional linear interpolation",

Journal of Electronic Imaging, Vol. 4, pp. 226--250 1995.

- [11] P. C. Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up table model and interpolation," *Journal of Electronic imaging*, Vol. 2, No. 1, pp. 53-61, Jan. 1993.
- [12] Byoung-Ho Kang, Jan Mrovic, M. Ronnier Lu, and Maeng-sub Cho, "Gamut Compression and Extension Algorithms Based on Observer Experimental Data," *ETRI Journal*, Vol. 25, no.3 pp.156-170, 2003.

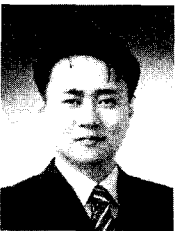
저 자 소 개



김 경 석(학생회원)
 2005년 세종대학교 전자공학과
 학사졸업.
 현재 세종대학교 전자공학과
 석사과정
 <주관심분야 : 자동 제어, 색역 사
 상>



권 도 형(학생회원)
 2005년 세종대학교 전자공학과
 학사졸업.
 현재 세종대학교 전자공학과
 석사과정.
 <주관심분야 : 자동 제어, 색역 사
 상>



이 학 성(정회원)
 1989년 KAIST 전기및전자공학과
 학사졸업.
 1991년 KAIST 전기및전자공학과
 석사졸업.
 1996년 KAIST 전기및전자공학과
 박사졸업

1996년~1998년 LG 종합 기술원
 1999년~2000년 LG 정밀
 현 세종대학교 전자공학과 부교수
 <주관심분야 : 지능제어, 색역사상, 신호처리>



한 동 일(정회원)
 1988년 고려대학교 전자전산
 공학과 학사졸업
 1990년 KAIST 전기 및 전자
 공학과 석사졸업
 1995년 KAIST 전기 및 전자
 공학과 박사졸업

1995년~2003년 LG전자 디지털 TV 연구소
 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 부교수
 <주관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터 비전, 디지털
 TV, 시스템 온 칩>