색상의 포화 및 탈색현상 방지를 위한 CIE 1976 u'v' 색도 좌표에서의 SPA를 이용한 화질개선 시스템

양정주* · 육지홍* · 최현철** · 강봉순***

Picture Quality Improvement System to prevent the Saturation and Decoloration using Skin Protection Algorithm(SPA) on CIE 1976 u'v' Chromaticity Coordinates

Jeong-ju Yang* · Ji-hong Yook* · Hyun-chul Choi** · Bong-soon Kang***

이 논문은 LG Display 지원에 의하여 연구되었음

요 약

화질개선 시스템은 디스플레이 기술의 발달로 인한 사용자들의 요구사항을 만족시키기 위하여 많은 개발이 되어왔다. 대부분의 화질개선 시스템들은 모든 입력 색상에 대한 색도 변환을 수행하여 일부 색상에서 왜곡현상이 발생하는 문제점이 존재하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 피부색 보호 알고리즘(Skin Protection Algorithm, SPA)을 이용한 화질개선 시스템이 제안되었다. 하지만, 기존의 화질개선 시스템은 단방향으로 색상 강조를 수행함에 따라 색상의 포화 및 탈색현상을 방지할 수 없다는 단점이 존재하였다. 따라서 본 논문에서는 CIE 1976 u'v' 색도 좌표계에서 SPA를 적용한 색도 변환 시 입력 영상의 밝기 정보에 따라 적응적으로 색도 확장 및 축소를 동시에 수행 하도록 하였다. 42장의 테스트 영상으로 기존 시스템과의 RGB Gamut 변화율을 비교함으로써 제안한 화질개선 시스템의 성능을 확인하였다.

ABSTRACT

Picture Quality Improvement Systems(PQIS) have been developed for user's needs with the development of display technology. Most PQIS change the all input data, so there were some color distortion. In order to compensate such problems, the PQIS using Skin Protection Algorithm(SPA) have been proposed. But the PQIS using SPA is performed simplex color emphasis, as a result occurred color saturation and decoloration. In this paper, we proposed the modified PQIS using SPA on CIE 1976 u'v' chromaticity coordinate. The modified method operated chromaticity extension and reduction at the same time about brightness value to prevent the saturation and decoloration. We evaluated by comparing the conventional method with the proposed method of RGB Gamut variation rate using 42 test image.

키워드

색도 좌표계, 색상 강조, 색도 변환, 화질개선, CIE 1976 u'v'

Key word

Chromaticity Coordinate, Color Emphasis, Chromaticity Conversion, Picture Quality Improvement, CIE 1976 u'v'

* 준회원 : 동아대학교 전자공학과 석사과정

접수일자 : 2010. 12. 06

** 정회원 : LG Display 노트북 개발 2팀 상무

심사완료일자 : 2011. 02. 17

*** 종신회원 : 동아대학교 전자공학과 교수 (교신저자, bongsoon@dau.ac.kr)

I. 서 론

다양한 디스플레이 기술의 발달로 인하여, 최근에는 TV 시청자들뿐만 아니라 휴대용 전화기, Portable Multimedia Player(PMP), MPEC Audio Layer-3(MP3) 등과 같은 다양한 디스플레이 장치의 사용자들은 보다 생생하고 자연스럽게 디지털 영상 처리가 적용된 영상을 요구한다. 기존에 존재하였던 다양한 화질개선 시스템들은 영상에 존재하는 모든 색상에 대하여 색 변환을 수행하였으며, 특정 색상의 색조가 파괴되는 단점이 존재하였다 [1]. 이러한 화질개선 시스템의 단점을 개선하고자, CIE 1931 XYZ 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템이 제안되었다 [2]. 하지만, XYZ 색도 좌표에서의 화질개선 알고리즘 역시 RGB Gamut의 가장자리 방향으로 색도 확장만 적용한 색 변환을 수행함으로써 인하여 밝은 색상의 포화현상이라는 문제점이 발생하였다. 또한 XYZ 색도 좌표는 RGB 색도 좌표를 수식변경을 통하여 얻은 색도 좌표로써, 시각상의 등색 간격과 색도 좌표상의 등색 간격 간에 균일성이 낮은 단점이 존재하였다.

따라서 XYZ 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템의 단점을 개선하기 위하여 CIE 1976 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템이 제안되었다. 본 논문은 앞서 제안된 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템의 성능을 개선시켜, 입력 영상의 밝기 정보를 바탕으로 색도 확장과 축소를 동시에 수행함으로써 더욱 자연스럽게 선명한 영상을 제공하기 위하여 제안되었다.

II. 기존의 화질개선 시스템

일반적인 화질개선 시스템들은, 입력 색상의 색조, 채도와 같은 특성에 대한 고려 없이 일정한 값으로 RGB(Red, Green, Blue) 신호를 변경하였다 [3]. 다른 방법으로는 CRT(Cathode Ray Tube), TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) 등과 같이 디스플레이 기기의 특성에 의한 색상의 왜곡을 보정하기 위해 감마 보정(Gamma Correction)을 수행하는 화질개선 시스템이 존재한다 [4]. 그러나 이러한 화질개선 시스템들은 여전히 입력 색상의 특성에 대한 고려 없이 색 보정을 수행하

기 위한 고정된 감마값(Gamma Value)을 사용한다는 한계가 존재하였다 [5]. 이러한 한계를 개선하기 위하여, White Point Line(Planckian Locus)을 이용한 색 변환 방법이 제안되었다[6]. White Point Line은 특정 색온도에서의 흑체(Blackbody)의 색도 좌표를 의미한다. 이 방법은 선호하는 색상을 기반으로 하여, 입력 영상의 색상을 변경하는 것이다.

하지만, 이 역시 사람의 피부색과 같은 특정 색상에 대한 고려 없이 색상 변경을 함에 따라 일부 색상에서 색 왜곡 현상이 발생하였다[7]. 사람의 피부색은 대표적인 기억색(Memorial Color)의 하나이다. 기억색이란, 색상에 대한 교육을 받지 않은 일반적인 사람들의 머릿속에서 고정관념으로 인식되어 있는 색을 의미한다. 대표적인 기억색으로는 사람의 피부색, 하늘색 그리고 초원색 등이 존재한다. 이것은 디스플레이 기기의 성능을 결정함에 있어서 중요한 역할을 수행하기 때문에 다른 색상보다 선명하게 처리되어야 한다는 특성을 갖는다. 하지만, 사람의 피부색은 일반적인 기억색들과는 달리 국가의 문화와 정서, 생활양식 등을 포함하기 때문에 기존에 디스플레이 되었던 색상과 동일한 색을 나타내어야 한다는 특징을 갖는다 [1]. 따라서 이러한 특성을 살리기 위하여, 사람의 피부색과 같은 특정 색상을 색 변화에서 방지하기 위한 새로운 화질개선 시스템이 제안되었다.

2.1 CIE 1931 XYZ 색도 좌표에서의 화질개선 시스템 [2]

CIE 1931 XYZ 색도 좌표에서 SPA를 적용한 화질개선 시스템은, 사람의 피부색과 같은 특정 색상을 색 변화에서 제외하기 위하여 다양한 조건을 적용하였다. 그림 1은 기존의 화질개선 시스템이 적용된 XYZ 색도 좌표이다 [8]. XYZ 색도 좌표는 RGB의 입력 데이터를 수식 변경을 통해 얻을 수 있다는 특성과 이로 인한 접근방법의 용이함으로 인하여 널리 사용되는 색도 좌표계이다.

그림 1에서의 삼각형은 RGB Gamut이라 불리며, 가산 혼합(Additive Mixture)으로 나타낼 수 있는 모든 색상이 표현되는 영역을 의미한다. 기존 알고리즘은, RGB Gamut 내부에 분포하는 입력 색도 좌표를 좌표 이동시킴으로써 색상의 채도를 높이도록 하였다.

그림 1. CIE 1931 XYZ 색도 좌표
Fig. 1 CIE 1931 XYZ Chromaticity Coordinate

그림 2는 XYZ 색도 좌표에서 좌표 위치에 따른 대표적인 색상을 표현한 것이다[5]. 색도 좌표가 White Point Line을 기준으로 하여 좌측(Left)으로 이동한다면, 색온도는 높아지며 푸른색을 띄게 된다 [9]. 반대로 색도 좌표가 White Point Line을 기준으로 하여 우측(Right)으로 이동한다면, 색온도는 낮아지며 색상은 보다 붉은 빛을 띄게 된다. 이것은 백색 좌표의 영역보다 RGB Gamut의 가장자리 영역에서 색상의 채도가 높음을 의미한다.

그림 2. XYZ 색도 좌표에서의 색상
Fig. 2 Colors on XYZ Chromaticity Coordinate

이러한 개념을 적용하여 기존의 화질개선 시스템은 그림 3과 같이 화질개선을 수행하였다. 그림 3은 기존 화질개선 시스템의 기본 개념을 간략하게 나타낸 것이다. 입력 색도 좌표를 RGB Gamut의 가장자리 부근으로 이

동시킴으로써 영상의 채도를 향상시키도록 하였다. 색도 좌표의 이동에는 채도에 따라 이동거리가 다른 변환 곡선을 적용함으로써, 색상의 급격한 변화를 방지하여 왜곡 현상을 방지하도록 하였다.

Fig. 3 Basic concept of proposed system

그림 3. 기존 알고리즘의 기본 개념
Fig. 3 Basic Concept of Former Algorithm

또한, 일반적인 색상강조 알고리즘들과는 달리 기존의 화질개선 시스템은 피부색 보호 알고리즘을 적용하였다.

그림 4. XYZ 색도 좌표에서의 피부색 분포
Fig. 4 Distributions of Skin Colors on XYZ Chromaticity Coordinate

그림 4에는 XYZ 색도 좌표에서의 사람의 피부색 분포를 나타낸 것이다. 그림 4에 나타낸 것과 같이 사람의 피부색은 특정한 형태를 띄우며, 이러한 특성을 이용하여 SPA를 적용할 수 있다. 그림 5에는 기존의 화질개선 시스템을 적용한 결과영상을 나타내었다.

그림 5. 기존 시스템의 적용 결과
Fig. 5 Result of Former System

그림 5의 결과를 통해 기존의 화질개선 시스템은 피부색을 제외한 나머지 색상의 채도를 향상시키는 것을 확인할 수 있다. 그러나 기존 시스템의 경우 입력 영상의 밝기와 무관하게 RGB Gamut의 가장자리 방향으로 색도 좌표를 확장함으로 인해 밝은 색상(치마)영역에서 포화현상(치맛주름 제거)이 발생하는 단점이 존재하였다.

2.2 CIE 1976 $u'v'$ 색도 좌표에서의 화질개선 시스템 [1]

기존의 XYZ 색도 좌표에서의 SPA를 적용한 화질개선 시스템은 입력 영상의 밝기와 관계없이 색도 확장을 수행함으로써 그림 5와 같이 밝은 색상의 포화현상이라는 문제점이 발생하였다. 또한 XYZ 색도 좌표는 RGB 데이터를 이용하여 수식을 통해 변환된 좌표로써, 그림 6의 (a)와 같이 시각적 등색 간격과 좌표상의 등색 간격이 균일하지 않은 단점이 존재하였다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 $u'v'$ 색도 좌표를 이용한 새로운 화질개선 시스템이 제안되었다.

그림 6. 색도 좌표 [10]
(a) CIE 1931 x-y (b) CIE 1976 $u'v'$
Fig. 6 MacAdam Ellipses
(a) CIE 1931 x-y (b) CIE 1976 $u'v'$

그림 7. $u'v'$ 색도 좌표에서의 화질개선 알고리즘의 기본개념 (a) 색도 확장 모드 (b) 색도 축소 모드
Fig. 7 Basic Concept of Picture Quality Improvement System on $u'v'$ Chromaticity Coordinate
(a) Extension mode (b) Reduction mode

$u'v'$ 색도 좌표는 그림 6의 (b)와 같이, XYZ 색도 좌표의 단점인 시각상의 등색 간격과 좌표상의 등색 간격의 균일성 문제를 개선하기 위해 제안된 색도 좌표계이다. 또한 기존의 XYZ 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템의 단점을 개선하기 위하여, 영상 밝기에 적응적인 $u'v'$ 색도 좌표에서의 화질개선 시스템을 제안하였으며 그림 7에 기본 개념을 나타내었다. 제안된 알고리즘은 입력 영상의 밝기 정보를 이용하여 적응적으로 색상 강조를 수행하도록 하였다. 제안된 시스템은 어두운 영상에서는 그림 7의 (a)와 같이 색도 확장을 수행하며 밝은 영상에서는 그림 7의 (b)와 같이 색도 축소를 수행하도록 하였다.

그림 8. 색도 좌표 변환 곡선 및 변환 좌표 (a) 확장 모드 (b) 축소 모드 (c) 입력 색도 좌표에 따른 변환 색도 좌표
Fig. 8 Transformation Curves and Transformed Coordinate
(a) Extension mode (b) Reduction mode
(c) Converted chromaticity coordinates

그림 8에는 색도 확장((a))과 색도 축소((b))를 수행하기 위한 색도 좌표의 변환 곡선 및 입력 색도 좌표에 따른 변환 색도 좌표((c))를 나타내었다. 그림 8의 변환곡선((c))을 이용한, u^*v^* 색도 좌표에서의 화질개선 적용 결과를 그림 9에 나타내었다. 기존의 화질개선 시스템의 경우 밝은 색상의 포화 현상이 발생하였던 것에 반하여, 새롭게 제안된 방법은 적응적으로 색상 강조를 수행함에 따라 이러한 현상이 방지됨을 알 수 있다(그림 9의 ①).

그림 9. u^*v^* 색도 좌표에서의 화질개선 결과 비교
Fig. 9 Comparison of Picture Quality Improvement Results on u^*v^* Chromaticity Coordinate

기존에 제안된 u^*v^* 색도 좌표에서의 화질개선 알고리즘은 XYZ 색도 좌표를 이용한 화질개선 알고리즘에서 발생하는 밝은 색상의 포화현상을 방지하기 위하여, 입력 영상의 밝기 정보를 이용하여 적응적으로 색상강조를 수행하도록 하였다. 이로써 그림 9의 ①번 영역과 같이 색도 확장 시 발생하였던 밝은 색상의 포화현상을 해결할 수 있었다. 그러나 기존의 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 알고리즘은 그림 9의 ②번 영역과 같이 어두운 색상에서의 탈색 현상이 발생하는 문제점이 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단방향으로의 색상강조로 인한 밝은 색상의 포화현상 및 어두운 색상의 탈색 현상을 방지하기 위하여 양방향으로의 색도 변화를 수행하는 새로운 화질개선 알고리즘을 제안하였다.

III. 제안된 화질개선 시스템

앞서 제안된 u^*v^* 색도 좌표에서의 화질개선 시스템은, 기존의 XYZ 색도 좌표에서의 화질개선 시스템의 밝은 색의 포화 현상이라는 단점을 개선시킨 것이다. 이를 위하여 입력 영상의 밝기 정보를 이용하여 적응적으로

색도 확장 또는 색도 축소를 수행하도록 하였다. 이로써 색도 확장 시에 발생하는 밝은 색상의 포화현상을 방지할 수 있었다. 그러나 단방향으로 색도 변환을 수행함에 따라 어두운 색상의 탈색 현상이 발생하는 문제점이 발생하였다.

그림 10. 제안된 변환 곡선과 색도 좌표 (a) 어두운 영상 (b) 밝은 영상 (c) 입력 색도 좌표에 따른 변환 색도 좌표
Fig. 10 Proposed Transformation Curves and Transformed Chromaticity Coordinate
(a) Dark image (b) Bright image (c) Converted chromaticity coordinates

따라서 밝은 색상의 포화현상 및 어두운 색상의 탈색 현상을 방지하기 위하여, 본 논문에서는 그림 10과 같이 RGB Gamut의 가장자리 방향으로의 색도 확장과 백색 좌표 방향으로의 색도 축소를 동시에 수행하는 새로운 변환 곡선을 적용하여 색상 강조를 수행하도록 하였다. 그림 10의 (a)는 어두운 영상이라 판단된 경우 어두운 영상에 존재하는 밝은 색상의 포화현상을 방지하기 위하여 색도 축소를 수행하도록 하는 곡선이며 그림 10의 (c)와 같은 변환곡선을 이용하여 색도 확장을 수행한다. 그리고 그림 10의 (b)는 밝은 영상이라 판단된 경우 색도 축소를 수행함과 동시에, 변환곡선을 이용하여 밝은 영상에 존재하는 어두운 색상의 탈색 현상을 방지하기 위하여 색도 확장을 수행하도록 하는 곡선이다. 그림 11에는 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템을 수행하기 위한 색도 좌표의 변환 과정을 나타낸 것이다 [1].

그림 11. 색도 좌표 변환 과정
Fig. 11 Chromaticity Coordinate Conversion Process

수식 (1)과 수식 (2)는 RGB의 입력 데이터를 XYZ 색도 좌표로 변경하기 위한 것이다 [2]. 수식 (3)은 XYZ 색도 좌표로 변경된 데이터를 $u'v'$ 색도 좌표로 변경하는 것이다 [1].

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

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} u' &= uv_u = \frac{4x_s}{-2x_s + 12y_s + 3} = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \\ v' &= uv_v = \frac{9y_s}{-2x_s + 12y_s + 3} = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} \end{aligned} \quad (3)$$

그림 12. 두 종류의 기울기 곡선
Fig. 12 Two Kinds of Curve Slope

그림 13. RGB Gamut 분할
Fig. 13 RGB Gamut Separation

$u'v'$ 색도 좌표로 변경된 입력 색도 좌표는 그림 10에 나타내었던 변환 곡선((c))을 이용하여 영상 밝기에 적

응적으로 색상 강조를 수행하게 된다. 좌표 변환을 수행하기 위한 방향을 설정하기 위하여, 그림 12와 같은 개념으로 기울기 값(s_{uv})을 추정하게 된다. 또한 색도 좌표의 이동 방향인 s_{uv} 를 결정한 후에는, 그림 13과 같이 4분면으로 분할된 영역에서 입력 좌표가 존재하는 위치를 설정한다. 그림 14에는 본 논문에서 제안하는 색도 확장·축소 동시 모드를 적용한 화질개선 시스템의 개념을 나타내었다.

그림 14. 제안한 개념
Fig. 14 Proposed Concept

$$x = \frac{9u'}{6u' - 16v' + 12}, \quad y = \frac{4v'}{6u' - 16v' + 12} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.9709 & -0.5494 & -0.2974 \\ -0.9538 & 1.9364 & -0.0274 \\ 0.0637 & -0.1294 & 0.9814 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} \quad (5)$$

수식 (4)는 $u'v'$ 색도 좌표에서, 그림 14의 개념으로 수행된 색상 강조의 수행 결과를 다시 RGB로 출력하기 위하여 XYZ 색도 좌표로 변경하기 위한 수식을 나타낸 것이다 [1]. XYZ 데이터로 변경된 색도 좌표는 백색 좌표의 정규화를 거친 후 수식 (5)를 이용하여 RGB 데이터로 최종 출력된다 [2].

IV. 시뮬레이션 및 성능 비교

표 1은 본 논문에서 제안하는 화질개선 시스템의 성능을 평가하기 위한 42개의 테스트 영상이며, 약 $30\text{cd/m}^2 \sim 180\text{cd/m}^2$ 의 밝기로 구성된다. 1~10번 영상은 저조도 영상, 11~28번 영상은 중조도 영상, 29~42번 영상은 고조도 영상에 해당한다. 제안된 화질개선 방법은, Microsoft Visual Studio 2008을 이용한 검증 프로그램을 통해 성능을 검증하였다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 테스트 영상
Table 1. Test images for simulation

No.	1	2	3	4	5	6	7
영상							
No.	8	9	10	11	12	13	14
영상							
No.	15	16	17	18	19	20	21
영상							
No.	22	23	24	25	26	27	28
영상							
No.	29	30	31	32	33	34	35
영상							
No.	36	37	38	39	40	41	42
영상							

그림 15에는 표 1의 테스트 영상을 이용한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 15의 (a)는 확장 모드에서의 RGB Gamut 변화율, (b)는 축소 모드에서의 RGB Gamut 변화율을 그리고 (c)는 확장·축소 동시모드에서의 RGB Gamut의 변화율을 나타낸 것이다. 확장 모드의 경우 색도 좌표가 RGB Gamut의 가장자리 방향으로 퍼짐현상이 발생하므로 변화율이 증가(+)하게 되며, 축소 모드의 경우 백색 좌표의 방향으로 응집현상이 발생하므로 변화율이 감소(-)하게 된다. 또한 확장·축소 동시모드의 경우 색도 좌표의 퍼짐현상과 응집현상이 동시에 발생하

므로, 확장 모드보다는 변화율이 작으며 축소 모드보다는 변화율이 크게 된다. 42개의 테스트 영상의 시뮬레이션 결과 설정된 피부색 영역은 변화가 없음을 확인하였다. 또한 42개의 테스트 영상에 대하여 동일한 가중치를 적용한 변환 곡선의 시뮬레이션 결과 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템은 확장 모드에서 36개, 축소 모드에서 33개, 그리고 확장·축소 동시모드에서 38개의 테스트 영상에 대하여 기존의 XYZ 색도 좌표를 이용한 화질개선 시스템보다 변화율이 높음을 확인하였다. 이로써 u^*v^* 색도 좌표를 이용한 화질개선 알고리즘은 등색구간의 비균일성이 개선된 색상강조가 수행됨을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문은 XYZ 색도 좌표 및 u^*v^* 색도 좌표에서의 화질개선 알고리즘의 성능을 개선하기 위한 것이다. 기존에 제안된 알고리즘들은 단방향으로의 색상강조를 수행함에 따라, 밝은 색상 또는 어두운 색상이 존재하는 영역에서 색의 포화현상 및 탈색현상이 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 이러한 현상을 개선하기 위하여 SPA를 적용한 입력 영상의 밝기 정보에 따라 적응적으로 색도 확장과 색도 축소를 동시에 수행하는 양방향 변환곡선을 제안하였다. 그 결과 피부색의 변화를 방지할 뿐만 아니라, 색의 포화현상 및 탈색현상을 방지하였으며 그로 인하여 기존 알고리즘에 비하여 더욱 자연스러운 색상강조가 수행됨을 확인하였다.

(a)

(b)

(c)

그림 15. 시뮬레이션 결과
Fig. 15 Simulation Results

참고문헌

- [1] 양정주, 육지홍, 조호상, 권호민, 강봉순, “밝은 색상의 포화현상 방지를 위한 영상 밝기에 적응적인 CIE 1976 u'v' 색도좌표에서의 색상강조 알고리즘,” 추계 한국신호처리시스템학회, pp. 281-284, 성균관대학교, 2010.11.26 -2010.11.27.
- [2] J. Ha, S. Lee, T. Kim, W. Choi and B. Kang, “A New Approach to Color Adjustment for Mobile Application Displays with a Skin Protection Algorithm on a CIE1931 Diagram,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 53, No. 1, pp. 191-196, Feb. 2007.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, Boston, 1993.
- [4] K. Jack, *Video Demystified: A Handbook for the Digital Engineer*, LLH Tech. Pub., Eagle Rock, 2001.
- [5] J. Ha, J. Kim, H. Yang and B. Kang, “Design of Mobile Display Color Control Algorithm Using Red and Blue Color Emphasis with Skin Color Protection,” 한국통신학회논문지, Vol. 31, No. 3C, pp. 264-270. March, 2006.
- [6] H. Lee, H. Choi, B. Lee, S. Park and B. Kang, “One dimensional Conversion of Color Temperature in Perceived Illumination,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 47, No. 3, pp. 340-346, Aug. 2001.
- [7] J. Ha, S. Kwak and B. Kang, “Design of Modified Real Time Color Conversion System by Using a Distance and an Angle on CIE1931 Diagram,” 2003 SOC Design Conference, pp. 778-783, Nov. 2003.
- [8] <http://www.efg2.com/Lab/>
- [9] W. N. Sproson, *Colour Science in Television and Display Systems*, Adam Hilger Ltd., 1983.
- [10] <http://www.lightemittingdiodes.org>

양정주(Jeong-ju Yang)

2009년 2월 동아대학교
전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재 동아대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : VLSI algorithm / architecture design, image/
video processing

육지홍(Ji-hong Yook)

2010년 2월 동아대학교
전자공학과 (공학사)
2010년 3월~현재 동아대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : VLSI algorithm

최현철(Hyun-chul Choi)

1989년 연세대학교 화학과(이학사)
1991년 KAIST 화학과 (이학석사)
1994년 KAIST 화학과 (이학박사)
2000년~2002년 미국 Kent State

University Postdoctoral fellow

2002년~현재 LG Display 노트북 개발 2팀상무

※ 관심분야 : 디스플레이 소자

강봉순(Bong-soon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)

1987년 미국 University of
Pennsylvania 전기공학과
(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년~현재 동아대학교 전자공학과 교수

2006년~현재 멀티미디어 연구센터 소장

2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신