

임의 색온도에 대한 조명 색 변환기법

김정엽[†], 김상현^{**}, 현기호^{***}

요 약

동일한 장면을 다양한 조건에서 촬영한 영상이나 비디오는 서로 다른 색감을 가지며 촬영조건에서 중요한 역할을 하는 것은 현장의 조명이다. 조명의 색온도에 따라 전체적인 색감이 결정되므로 조명색의 변환방법이 필요하다. 본 논문에서는 임의로 지정된 색온도로의 조명색 변환 방법을 제안한다. 기존의 조명색 변환 방법은 미리 정해진 일정한 개수의 대표성이 있는 색온도에 대한 변환 관계를 미리 계산하여 두었다가 활용하는 정도이다. 제안한 방법은 임의로 지정한 기준과 목표로 하는 색온도에 대한 변환 관계를 직접적으로 구하여 적용할 수 있는 장점이 있다.

Transformation of Illuminant Chromaticity for Arbitrary Color Temperature

Jeong-Yeop Kim[†], Sang-Hyun Kim^{**}, Ki-Ho Hyun^{***}

ABSTRACT

The still image and video of the same scene taken under various condition show different color, and the most important factor of capture condition is scene illuminant. The average color of contents is determined along the color temperature of scene illuminant, the method for conversion of scene illuminant chromaticity is needed. In this paper, the method for converting the scene illuminant chromaticity from arbitrary correlated color temperature to another arbitrary one is proposed. Conventional method only defines several set of color temperature conversion that can be evaluated as representative ones. The proposed method has the merit of calculating the conversion function directly from arbitrary color temperature to another one.

Key words: Illuminant Chromaticity Conversion(조명색 변환), Color Temperature(색온도)

1. 서 론

멀티미디어 콘텐츠를 구성하는 요소 중에서 영상은 중요한 정보이다. 영상은 시각적인 정보를 전달하

는 목적으로 이용되며 표현 방법에 따라 잘못된 정보가 전달될 수 있다. 본 논문에서는 영상을 나타내는 정보 중 정확한 색의 표현 및 효율적인 변환방법을 제안하고자 한다. 동일한 물체를 촬영한 영상의 색은 촬영하는 환경의 변화에 따라 서로 다르게 나타나며, 환경변화의 주된 요소는 조명의 색상이다. 백열등에서는 색상들이 전체적으로 붉은 경향이고, 형광등에서는 백열등에 비하여 약간 푸르게 나타난다. 장면 내부에 존재하는 조명의 특성을 추정하기 위해서는 분광 반사도와 삼자극치(tristimulus)를 이용하는 두 가지 방법이 있다.

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김정엽, 주소 : 경상남도 양산시 웅상읍 주남리 산 150번지(626-847), 전화 : (055) 380-9267, FAX : (055)380-9249, E-mail : neocopy@ysu.ac.kr
접수일 : 2003년 11월 24일, 완료일 : 2004년 5월 13일

[†] 정회원, 영산대학교 멀티미디어공학부 조교수
^{**} 정회원, 영산대학교 멀티미디어공학부 조교수
(E-mail : ksh50@ysu.ac.kr)

^{***} 정회원, 영산대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
(E-mail : khhyun@ysu.ac.kr)

※ 이 논문은 2001학년도 영산대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

분광 반사도를 이용하는 대표적인 방법은 Maloney-Wandell의 방법[1]이다. 물체 표면에서 반사되

는 빛의 분광반사도(spectral reflectance)는 물체 색 분광반사도와 조명 분광반사도의 곱으로 표현되며, 이를 분석하여 조명의 분광 반사도를 추정하는 방법이다. 일반적인 선형과 양선형 모델을 이용한 D'Zmura와 Iverson[2-4]은 원래의 Maloney-Wandell 방법을 확장하여, 다수의 조명 하에 다수의 물체표면이 존재하는 경우에 두 반사도의 곱으로 표현된 수식을 연장하고, 수식의 구조를 분석하였다. 확률적인 접근방법[5-7]은 주어진 장면에서 가장 발생 가능성이 높은 조명과 물체 표면에 대한 사전정보를 이용하는 것이며, 기본적으로 Bayes 법칙을 사용하였다. Sapiro[8]는 조명과 표면의 분광반사도 벡터들에 대한 투표과정을 거쳐 조명 색과 표면색을 구하는 방법을 제안하였다. 투표과정을 위하여 Hough 변환을 이용하며, 추정된 조명은 파라미터 공간에서 국부 최대 값의 위치를 가진다.

삼자극치를 이용하는 방법은 Land[9]가 제안한 Retinex 이론이 대표적이며, 입력영상의 각 칼라 채널별 평균값을 조명의 색도로 정의한다. 또한 영상에서의 광휘점(highlight) 특성을 이용하는 방법도 있다. Land의 방법은 영상내의 모든 경로에 대한 변화분을 고려하면 조명색을 추정할 수 있는 현상을 설명하며, 최종적으로는 전체 영상평균의 형태로 표현된다. Lee[10]가 제안한 방법은 이색성 반사모델을 이용하여, 색의 변화가 발생하는 영역을 대상으로 광휘점 특성을 해석하였다. 이와 같은 방법을 이용하여 추정된 조명 색을 변환하기 위하여 몇 가지 많이 사용되는 조명 색과 장치의 백색을 이용한 영상변환 방법이 제안되어 있으나 미리 지정된 몇 가지 조명 색을 사용함으로써 사용자의 요구에 적합한 정교한 변환은 구현하기 어렵다. Lee 등[11]은 색온도를 추정한 다음 색온도 변환 방법을 제안하였는데, 색온도 추정에 색도좌표 값 두 개 중에서 한개만 사용하여 색온도를 추정하였다. 추정된 색온도로부터 다른 색온도로 변환하기 위하여 백색 정규화 방법을 이용하였다[12]. 결과적으로 von Kries 모델을 적용한 변환 행렬을 계산하여 조명 색을 변환한 것이다. Do 등[13]은 Lee 등의 방법과 유사하지만, 색 변환오차를 줄이기 위하여 CIE-LUV 좌표계 상에서 조명 색 변환을 시도하였다. Do 등이 제안한 방법은 기준 색온도와 변환하고자 하는 목표 색온도에 대한 CIE-XYZ 삼자극치 집합 2개를 이용하여 두 집합간의 사상(mapping)을 계산하지만, 결과적으로는 von Kries

모델을 적용하여 조명 색을 변환하였다. 본 논문에서는 조명색의 변환에서 연속적인 값을 이용하여 자동으로 변환할 수 있는 방법을 제안하여 상기 문제점들을 해결하였다. 제안한 방법은 다양한 환경에서 표시되는 영상의 색을 정확하게 나타낼 수 있고, 사용자가 원하는 정교한 조명 색 조정을 자동으로 수행할 수 있는 장점이 있다. 색변환 방법은 일상생활에서 많이 사용되는 일광, 형광등, 백열등과 같은 조명들에 대한 상호 변환함수를 이용하는 것이 가장 일반적이지만, 경우에 따라 특정한 조명 색에 대한 임의의 변환도 필요하다. 표시장치의 특성을 고려하거나, 서로 다른 조명에서의 색 특성 관찰 등의 경우에 양자화된 몇 개의 조명에 대한 색온도를 이용하는 변환보다는 다양한 사용자의 요구에 적합한 연속적인 색온도에 대한 변환함수를 자동적으로 생성하여 이용할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

제안한 방법의 가장 효과적인 활용분야는 조명 색 변환이며, 추출된 조명 색도와, 원하는 조명의 색온도를 이용하여 변환을 수행한다. 조명의 색도인 CIE-(x,y)값만으로도 조명 색 변환을 수행할 수는 있으나, 단순한 백색조절(white balancing)의 효과만을 얻을 수 있다. 이는, 영상 획득 장치의 센서로부터 메모리로 입력 화소 값이 기록되는 프로세서에서 다루어지며, 일반적으로 알려진 자동 백색 조정(auto white balancing) 단계에서 von Kries 모델이 적용되는 것과 같다. 예를 들면, 입력영상의 색온도가 3000K이고, 목표 색온도가 9000K인 경우, von Kries 모델을 적용하여 채널별로 스케일만을 적용하면, 백색을 제외한 다른 중간색은 과도하게 CIE-Z 성분이 강화되므로 전체적으로 영상의 푸른 톤이 증가하는 것을 의미하며, 반대의 경우는 과도하게 붉은 톤이 관찰되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 조명의 색도에 해당하는 색온도를 계산하고, 희망하는 목표 색온도를 선정함으로써 조명 색 변환을 수행한다. 기준 색온도에 해당하는 일광 스펙트럼(daylight spectrum)을 계산하고, MCC(Macbeth Color Checker)의 패치 스펙트럼과 CIE-XYZ 스펙트럼을 활용하여, 24개 패치에 해당하는 XYZ 삼자극치와, 변환하고자 하는 목표 색온도에 해당하는 XYZ 삼자극치를 동일한 요령으로 구하여 이들의 상호 변환 행렬을 구함으로써, 원하는 조명 색 변환의 효과를 얻을 수 있다.

2. 조명 색 스펙트럼의 생성

임의의 색온도 간의 조명 색 변환을 수행하기 위해서는 기준 색온도에 대한 기준 조명 스펙트럼과 변환하고자 하는 목표 색온도에 대한 목표 조명 스펙트럼이 필수적으로 필요하다. 임의의 색온도에 대한 조명 색 스펙트럼은 5000K, 6500K 등과 같이 많이 사용되는 경우는 실제로 측정에 의하여 확보된 것을 활용할 수 있으나, 임의 색온도에 대한 조명 색 스펙트럼은 각각 측정하여 활용하기가 매우 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 변환에 필요한 기준과 목표 조명 스펙트럼을 일광 스펙트럼 계산법[14]을 이용하여 다음과 같은 계산과정을 거쳐 생성한다. 먼저, 변환에 필요한 기준 색온도 T_{cr} 이 결정되면 식(1)과 (2)를 이용하여 T_{cr} 에 대응되는 색도좌표 (x_d, y_d)를 계산할 수 있다.

$$x_d = \begin{cases} -4.607 \times \frac{10^9}{T_{cr}^2} + 2.9678 \times \frac{10^6}{T_{cr}} + 0.09911 \times \frac{10^3}{T_{cr}} + 0.244063, & T_{cr} < 7000 \text{ } ^\circ\text{K} \\ -2.0064 \times \frac{10^9}{T_{cr}^2} + 1.9018 \times \frac{10^6}{T_{cr}} + 0.24748 \times \frac{10^3}{T_{cr}} + 0.23704, & T_{cr} > 7000 \text{ } ^\circ\text{K} \end{cases} \quad (1)$$

$$y_d = -3 \times x_d^2 + 2.87 \times x_d - 0.275 \quad (2)$$

다음으로, 기준 조명색 스펙트럼 생성 시 스펙트럼 기본함수에 적용되는 가중치 계수 m_1 과 m_2 를 식(3)과 (4)에 의해 계산한다.

$$m_1 = \frac{-1.3515 - 1.7703 \times x_d + 5.9114 \times y_d}{0.0241 + 0.2562 \times x_d - 0.7341 \times y_d} \quad (3)$$

$$m_2 = \frac{0.03 - 31.4424 \times x_d + 30.0717 \times y_d}{0.0241 + 0.2562 \times x_d - 0.7341 \times y_d} \quad (4)$$

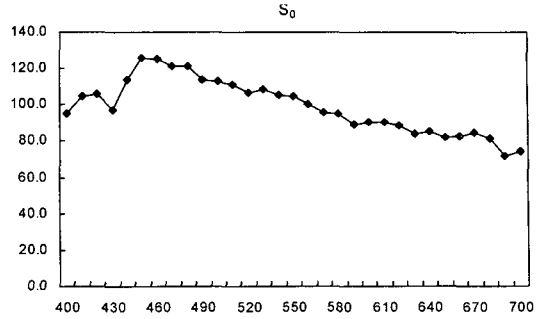
최종적인 기준 조명색 스펙트럼 $S_R(\lambda)$ 는 미리 계산된 m_1 과 m_2 , 스펙트럼 기본함수인 $S_0(\lambda)$, $S_1(\lambda)$ 및 $S_2(\lambda)$ 를 이용하여 식(5)와 같이 계산할 수 있다.

$$S_R(\lambda) = S_0(\lambda) + m_1 \times S_1(\lambda) + m_2 \times S_2(\lambda) \quad (5)$$

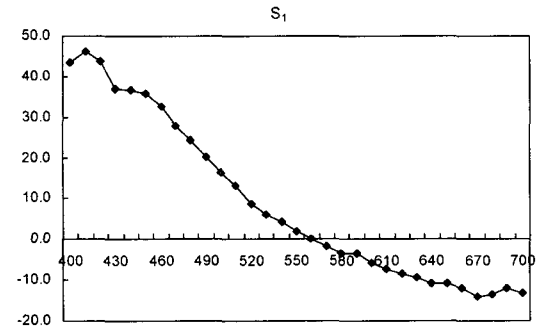
계산에 사용된 스펙트럼 기본함수의 형태는 그림 1에 나타내었다.

3. 제안한 조명 색 변환방법

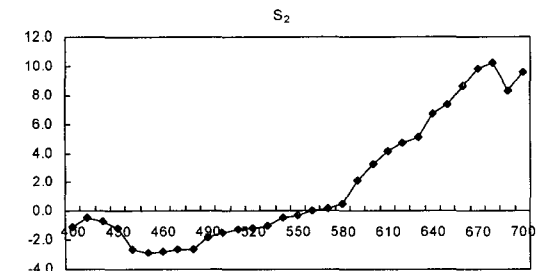
제안된 조명 색 변환은 기준 색온도와 변환하고자 하는 목표 색온도로부터 시작된다. 일광 스펙트럼 $S_R(\lambda)$ 는 지정된 기준 색온도로부터 맥베스 칼라 체커의 반사 스펙트럼 $\rho_i(\lambda)$ (여기서 i 는 패치번호)와



(a) $S_0(\lambda)$ 의 스펙트럼 파형



(b) $S_1(\lambda)$ 의 스펙트럼 파형



(c) $S_2(\lambda)$ 의 스펙트럼 파형

그림 1. 조명 스펙트럼 합성에 필요한 기본함수의 파형

CIE-XYZ 삼자극치 스펙트럼인 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ 및 $\bar{z}(\lambda)$ 로부터 생성된다. 이 스펙트럼들을 이용하여 각 MCC 패치에 해당하는 삼자극치인 (X_{Ri} , Y_{Ri} , Z_{Ri})를 생성하며 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} X_{Ri} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \\ Y_{Ri} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \\ Z_{Ri} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 i 는 패치의 번호이며 1~24의 값을 가진다. 추정된 색온도에서의 24개 삼자극치의 집합은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} X_{R1} & X_{R2} & \dots & X_{R24} \\ Y_{R1} & Y_{R2} & \dots & Y_{R24} \\ Z_{R1} & Z_{R2} & \dots & Z_{R24} \end{bmatrix} \quad (7)$$

동일한 과정이 변환하고자 하는 목표 색온도에 대하여 적용되며, 목표 일광 스펙트럼 $S_T(\lambda)$ 가 주어졌을 때 목표 삼자극치 (X_{T1}, Y_{T1}, Z_{T1})는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} X_{T1} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_T(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \\ Y_{T1} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_T(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \\ Z_{T1} &= \int_{400}^{780} \rho_i(\lambda) S_T(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 i 는 패치의 번호이며 1~24의 값을 가진다. 목표 색온도에 대한 24개의 XYZ 삼자극치의 집합은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} X_{T1} & X_{T2} & \dots & X_{T24} \\ Y_{T1} & Y_{T2} & \dots & Y_{T24} \\ Z_{T1} & Z_{T2} & \dots & Z_{T24} \end{bmatrix} \quad (9)$$

기준 색온도 집합 (X_R, Y_R, Z_R)와 목표 색온도 집합 (X_T, Y_T, Z_T) 사이의 변환관계를 계산하면, 원하는 색온도 변환 함수를 계산할 수 있다. 이 변환 함수는 행렬 계산에 의하여 구해질 수 있으며, 24개 패치로부터 MCC는 기준과 목표의 3×24 행렬 두 개가 데이터로 필요하다. 기준 데이터의 집합을 XYZ_R 라하고, 목표 데이터의 집합을 XYZ_T 라 하면, 변환함수 A 는 다음과 같은 행렬 계산에 의하여 구해진다.

$$\begin{aligned} XYZ_T &= A(XYZ_R), \\ XYZ_T(XYZ'_R) &= A(XYZ_R)(XYZ'_R), \\ A &= (XYZ_T)(XYZ'_R)[(XYZ_R)(XYZ'_R)]^{-1}, \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 첨자 t 는 행렬의 전치를 나타내고, -1 은 역행렬을 의미한다.

이 변환 함수 A 를 임의의 칼라 데이터에 적용하면

대응되는 색온도의 변환 값을 쉽게 얻을 수 있다. 전체 처리 과정을 간략하게 표현하면 그림 2와 같다.

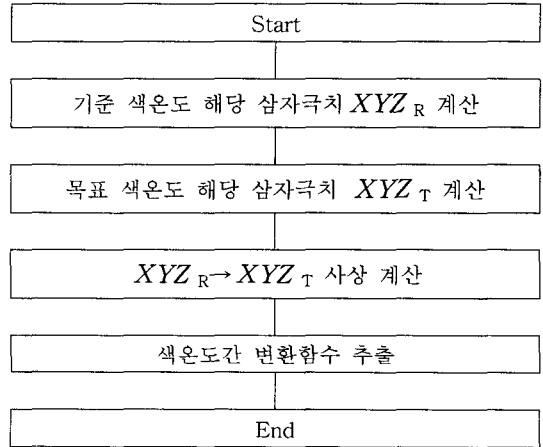


그림 2. 스펙트럼을 이용한 색온도간의 변환함수 계산

4. 실험 및 결과

제안한 방법의 성능을 확인하기 위하여 맥베스 칼라 체커의 24개 패치에 대한 반사 스펙트럼을 이용하여 기존의 방법과 제안한 방법의 성능을 ΔE 의 형태로 비교하였다. 실험에 사용한 조명의 색온도는 2800K, 5000K, 6500K, 9300K의 4가지이며, 이들 상호간의 변환에 대한 성능 평가를 하였다.

색온도 2800K에서 5000K로의 변환에 사용된 변환 행렬은 다음과 같이 자동으로 계산되었다.

$$\begin{bmatrix} 0.583 & 0.234 & 0.249 \\ -0.270 & 1.257 & 0.115 \\ 0.078 & -0.123 & 2.436 \end{bmatrix}$$

변환 이전의 색온도인 2800K와 변환후의 색온도인 5000K에 대한 MCC 24개 패치에 대한 각각의 CIE-XYZ 삼자극치를 계산하면 표 1과 같다.

색온도 2800K에 대한 CIE-XYZ 값을 변환 목표인 색온도 5000K로 변환하는, von Kries 모델과 제안한 행렬기반 변환방법의 결과 XYZ 삼자극치를 나타내면 표 2와 같다.

색온도 2800K에 대한 XYZ 삼자극치를 변환 목표인 색온도 5000K로 변환하는, von Kries 모델과 제안한 행렬기반 변환방법의 결과를 CIE-Lab 값으로 표현하면 표 3과 같다.

동일한 변환에 대하여 24개 각 패치에 대한 변환

표 1. 2800K와 5000K에서의 삼자극치 XYZ

Patch#	2800			5000			Patch#	2800			5000		
	X	Y	Z	X	Y	Z		X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.166	0.124	0.024	0.132	0.114	0.055	13	0.065	0.056	0.099	0.081	0.063	0.242
2	0.542	0.421	0.093	0.435	0.394	0.213	14	0.174	0.234	0.041	0.161	0.253	0.083
3	0.198	0.196	0.122	0.192	0.207	0.289	15	0.368	0.193	0.021	0.255	0.147	0.049
4	0.137	0.146	0.028	0.120	0.150	0.063	16	0.837	0.715	0.046	0.667	0.678	0.090
5	0.299	0.258	0.154	0.274	0.260	0.370	17	0.442	0.260	0.100	0.338	0.220	0.246
6	0.363	0.439	0.176	0.350	0.476	0.395	18	0.132	0.175	0.143	0.146	0.202	0.327
7	0.581	0.400	0.025	0.443	0.348	0.055	19	1.097	1.000	0.347	0.964	1.000	0.811
8	0.124	0.115	0.123	0.134	0.124	0.301	20	0.699	0.638	0.223	0.615	0.639	0.522
9	0.463	0.275	0.050	0.342	0.227	0.119	21	0.420	0.394	0.141	0.377	0.398	0.330
10	0.111	0.078	0.046	0.095	0.073	0.117	22	0.235	0.217	0.077	0.208	0.218	0.181
11	0.435	0.466	0.048	0.372	0.474	0.097	23	0.110	0.101	0.036	0.098	0.102	0.085
12	0.697	0.537	0.033	0.546	0.489	0.071	24	0.040	0.037	0.013	0.035	0.037	0.031

표 2. von Kries 모델과 제안한 모델에 의해 변환된 목표 삼자극치 XYZ

Patch#	von Kries			Proposed			Patch#	von Kries			Proposed		
	X	Y	Z	X	Y	Z		X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.146	0.124	0.055	0.132	0.114	0.055	13	0.057	0.056	0.230	0.076	0.064	0.238
2	0.476	0.421	0.217	0.438	0.393	0.217	14	0.153	0.234	0.096	0.166	0.252	0.085
3	0.174	0.196	0.284	0.192	0.207	0.288	15	0.323	0.193	0.049	0.265	0.145	0.056
4	0.121	0.146	0.066	0.121	0.150	0.061	16	0.735	0.715	0.106	0.667	0.678	0.088
5	0.263	0.258	0.360	0.273	0.261	0.367	17	0.388	0.260	0.232	0.343	0.219	0.245
6	0.319	0.439	0.411	0.358	0.474	0.404	18	0.116	0.175	0.333	0.153	0.201	0.337
7	0.511	0.400	0.058	0.439	0.348	0.056	19	0.964	1.000	0.811	0.961	1.001	0.809
8	0.109	0.115	0.287	0.130	0.125	0.295	20	0.613	0.638	0.521	0.612	0.639	0.520
9	0.406	0.275	0.117	0.347	0.226	0.125	21	0.369	0.394	0.329	0.372	0.398	0.328
10	0.097	0.078	0.108	0.094	0.074	0.112	22	0.207	0.217	0.180	0.207	0.218	0.180
11	0.382	0.466	0.113	0.374	0.473	0.094	23	0.097	0.101	0.084	0.097	0.102	0.084
12	0.612	0.537	0.077	0.541	0.491	0.068	24	0.035	0.037	0.031	0.035	0.037	0.031

표 3. von Kries 모델과 제안한 모델에 의해 변환된 CIE-Lab 값

Patch#	von Kries			Proposed			Patch#	von Kries			Proposed		
	L	a	b	L	a	b		L	a	b	L	a	b
1	41.89	16.81	18.09	40.26	15.34	15.19	13	28.38	3.92	-54.87	30.41	4.31	53.04
2	70.92	20.57	21.03	68.96	18.55	17.56	14	55.45	37.49	24.86	57.21	-36.91	31.70
3	51.40	-7.98	-24.74	52.61	-3.59	-23.37	15	50.99	58.51	37.08	44.96	62.65	23.01
4	45.06	-13.02	18.70	45.55	-14.42	21.42	16	87.72	9.81	77.22	85.87	3.67	80.05
5	57.80	6.18	-25.26	58.08	9.53	-25.95	17	58.06	49.90	-4.18	53.94	53.35	-13.72
6	72.17	-34.32	-7.47	74.45	-29.97	-2.67	18	48.86	-33.08	-36.90	51.90	-21.56	-32.28
7	69.43	36.31	64.38	65.57	33.44	58.31	19	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
8	40.39	-1.59	-44.29	42.01	6.36	-42.92	20	83.87	-0.36	-0.42	83.90	-0.30	-0.36
9	59.40	49.95	25.04	54.64	51.52	14.60	21	69.03	-3.46	-1.50	69.30	-3.12	-0.96
10	33.59	19.04	-16.76	32.61	21.24	-19.70	22	53.71	-1.20	-0.95	53.81	-1.03	-0.77
11	73.90	-20.34	51.35	74.39	-24.34	58.08	23	38.05	-0.61	-0.88	38.12	-0.47	-0.79
12	78.29	23.38	71.44	75.47	18.51	69.96	24	22.48	-0.75	-0.94	22.55	-0.60	-0.83

표 4. von Kries 모델과 제안한 모델에 의해 변환된 삼자극치 XYZ의 ΔE

Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed
1	3.483	0.333	7	6.891	1.180	13	16.326	5.950	19	0.000	0.000
2	4.703	1.609	8	11.426	3.519	14	8.765	4.124	20	0.314	0.270
3	4.832	0.153	9	9.874	2.954	15	11.800	7.018	21	1.599	1.232
4	3.677	1.753	10	5.351	1.668	16	7.258	0.680	22	0.424	0.284
5	3.653	0.337	11	8.142	1.438	17	10.324	2.757	23	0.379	0.273
6	6.762	4.144	12	5.311	1.867	18	9.682	5.516	24	0.234	0.105
전체 평균 ΔE : von Kries(5.884), Proposed(2.049)											

색차 ΔE 를 나타내면 표 4와 같다.

색차를 살펴보면, 흑백계열의 경우는 기존의 방법과 제안한 방법의 편차가 거의 없이 유사하게 나타났다. 이는 다른 색온도 간의 변환에서도 일정하게 나타나는 현상이다. 특히 차이가 크게 나는 패치 번호는 1, 3, 8, 9, 11, 13, 16 정도이며 기존의 방법보다 제안한 방법의 오차 크기가 매우 작음을 알 수 있다. 특히 13번 패치의 경우는 가장 크게 차이가 나는 부분으로 오차의 차이가 10정도로 나타났다. 또한 전체적인 24개 패치에 대한 ΔE 의 평균값을 비교하여 보면, 기존의 von Kries 모델보다 제안한 모델을 사용하는 경우, 오차를 절반 정도로 줄일 수 있음을 알 수 있다.

다양한 색온도 간의 변환 성능을 실험하였고, 결과를 정리하면 다음과 같이 나타난다.

1) 색온도 2800K에서 6500K로의 변환

계산된 색차 ΔE 를 표 5에 나타내었다.

이 변환의 경우도 첫 번째 변환 예와 같이 오차의 차이가 크게 나는 패치 번호는 1, 3, 8, 9, 11, 13, 16로 유사하며, 기존의 방법보다 제안한 방법의 오차 크기가 매우 작음을 알 수 있다. 특히 13번 패치의 경우는

가장 크게 차이가 나는 부분으로 오차의 차이가 17정도로 나타났다. 또한 전체적인 평균 오차값을 비교하여 보면, 기존의 von Kries 모델보다 제안한 모델을 사용하는 경우, 오차를 1/3 정도로 줄일 수 있음을 알 수 있다.

2) 색온도 2800에서 9300으로의 변환

계산된 색차 ΔE 를 표 6에 나타내었다.

이 변환의 경우, 13번 패치에서 최대 오차 차이가 발생하였으며, 그 값은 25정도이다. 전체 평균값의 비율은 제안한 방법이 약 1/3 정도로 우수하다.

3) 색온도 5000에서 9300으로의 변환

계산된 색차 ΔE 를 표 7에 나타내었다.

이 경우도 마찬가지로 오차의 전체평균값의 비율은 제안한 방법이 약 1/4로 우수함을 알 수 있다.

마지막으로, 여러 가지 색온도들 간의 변환에 대한 24개 패치에 대한 ΔE 의 평균값들을 계산하여 표 8에 나타내었다.

여러 가지 색온도 간의 변환 실험의 모든 경우에서, 기존의 변환방법인 von Kries 모델보다 제안한 행렬방식 모델의 평균적인 ΔE 가 적게 나타나며, 최

표 5. 2800K에서 6500K로 변환한 경우, 삼자극치 XYZ에 대한 ΔE

Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed
1	5.197	0.489	7	10.381	1.565	13	24.402	7.263	19	0.000	0.000
2	7.237	2.269	8	17.957	4.674	14	11.607	5.343	20	0.495	0.418
3	7.970	0.239	9	13.003	4.347	15	15.748	10.030	21	2.178	1.617
4	5.195	2.021	10	7.933	2.908	16	12.281	0.772	22	0.666	0.436
5	6.324	0.567	11	11.779	1.760	17	13.078	3.443	23	0.602	0.419
6	8.806	5.643	12	9.251	2.490	18	14.456	7.687	24	0.399	0.184
전체 평균 ΔE : von Kries(8.623), Proposed(2.774)											

표 6. 2800에서 9300으로 변환한 경우, 삼자극치 XYZ에 대한 ΔE

Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed
1	7.554	0.693	7	15.734	1.860	13	33.999	8.448	19	0.000	0.000
2	10.630	3.063	8	26.194	5.915	14	15.077	6.576	20	0.730	0.602
3	12.160	0.341	9	16.681	6.157	15	20.495	13.754	21	2.798	2.000
4	7.212	2.050	10	11.523	4.757	16	19.761	0.810	22	0.986	0.625
5	10.164	0.911	11	17.008	1.952	17	15.515	3.952	23	0.898	0.601
6	10.882	7.326	12	15.303	3.256	18	20.282	10.173	24	0.634	0.288
전체 평균 ΔE : von Kries(12.176), Proposed(3.588)											

표 7. 5000에서 9300으로 변환한 경우, 삼자극치 XYZ에 대한 ΔE

Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed	Patch #	von Kries	Proposed
1	4.364	0.416	7	9.907	1.027	13	17.497	2.973	19	0.000	0.000
2	6.098	1.377	8	14.609	2.409	14	6.875	2.262	20	0.412	0.308
3	7.272	0.157	9	7.849	3.081	15	9.927	5.790	21	1.203	0.791
4	3.667	0.578	10	6.766	2.954	16	12.671	0.158	22	0.563	0.318
5	6.547	0.453	11	9.616	0.649	17	5.128	1.463	23	0.515	0.302
6	4.125	2.953	12	10.283	1.125	18	10.707	4.778	24	0.402	0.172
전체 평균 ΔE : von Kries(6.542), Proposed(1.521)											

표 8. 몇가지 색온도 간의 변환에 대한 삼자극치 XYZ의 평균 ΔE값

기준	목표	von Kries	Proposed
2800	5000	5.884	2.049
2800	6500	8.623	2.774
2800	9300	12.176	3.588
4000	6500	5.307	1.473
4000	9300	9.004	2.280
5000	6500	2.810	0.713
5000	9300	6.542	1.521
5000	12000	8.495	1.912
6500	9300	3.715	0.803
6500	12000	5.677	1.196
9300	12000	2.490	0.499

대 오차 값이 3.6 정도로 더욱 정확한 색온도 변환이 가능함을 알 수 있다.

5. 결 론

동일한 장면을 다양한 조건에서 촬영한 영상이나 비디오는 서로 다른 색감을 가지며 촬영조건에서 중요한 역할을 하는 것은 현장의 조명이며, 조명의 색

온도에 따라 전체적인 색감이 결정되므로 조명색의 변환방법이 필요하다. 본 논문에서는 임의로 지정된 색온도로의 조명색 변환 방법을 제안한다. 기존의 조명색 변환 방법은 미리 정해진 일정한 개수의 대표성이 있는 색온도에 대한 변환 관계를 미리 계산하여 두었다가 활용하는 정도이다. 제안한 방법은 임의로 지정한 기준과 목표로 하는 색온도에 대한 변환 관계를 직접적으로 구하여 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한 제안한 방법은 조명색의 변환에서 연속적인 값을 이용하여 자동으로 변환할 수 있는 방법이므로, 사용자가 원하는 정교한 조명 색 조절을 자동으로 수행할 수 있는 장점이 있다.

참 고 문 헌

- [1] L. T. Maloney and B. A. Wandell, "A computational model for color constancy," J. Optical Soc. Am., A, vol.3, pp.29-33, 1986.
- [2] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy I: basic theory of two-stage linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.10, pp.2148-

2165, 1993.

[3] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy II: results for two-stage linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.10, pp.2166, 1993.

[4] M. D' Zmura and G. Iverson, "Color constancy III: general linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," J. Optical Soc. Am., A, vol.11, pp.2389-2400, 1994.

[5] H. J. Trusell and M. J. Vrhel, "Estimation of illuminant for color correction," Proc. ICASSP, pp.2513-2516, 1991.

[6] M. D' Zmura, G. Iverson and B. Singer, "Probabilistic color constancy," Geometric Representations of Perceptual Phenomena, R.D. Luce, M.D' Zmura, D.Hoffman, G.Iverson, and A.K.Rommey, eds. Mahwah, NU: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.

[7] W. T. Freeman and D. Brainard, "Bayesian decision theory, the maximum local mass, and color constancy," Proc. Int'l Conf. Computer Vision, pp.210-217, 1995.

[8] Guillermo Sapiro, "Color and illuminant voting", IEEE Trans. on PAMI, vol.21, No.11, pp.1210-1215, 1999.

[9] E. H. Land, "Color vision and the natural image," Proc. Nat'l Academy of Science USA, vol.45, pp.115-129, 1959; vol.45, pp.636-644, 1959; vol.80, pp.5163-5169, 1983.

[10] Hsien-Che Lee, "Method for computing the scene-illuminant chromaticity from specular highlights," J. Opt Soc. Am., A, vol.3, no.10, pp. 1694-1699, 1986.

[11] Honam Lee, Hyungji Choi, et.al., "One Dimensional Conversion of Color Temperature in Perceived Illumination," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.47, No.3, August 2001.

[12] 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.

[13] Hyun-Chul Do, Sung-Il Chien, et. al., "Color

Reproduction Error Correction for Color Temperature Conversion in PDP-TV," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.49, No.3, August 2003.

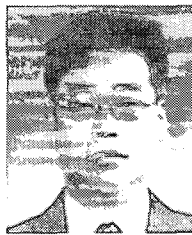
[14] Gunter Wyszecki and W.S. Styles, "Color Science : Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae," 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1982.



김 정 업

1990년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2001년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 1994년 6월~2001년 2월 삼성중

합기술원 전문연구원(과장)
 2001년~현재 영산대학교 멀티미디어공학부 조교수
 관심분야 : 칼라 영상처리, 디지털 프린팅, 컴퓨터비전, 비디오신호처리



김 상 현

1991년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1993년 경북대학교 영상신호처리 공학석사
 1998년 경북대학교 영상신호처리 공학박사

현재 영산대학교 멀티미디어공학부 조교수
 관심분야 : 영상처리 및 통신, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스



현 기 호

1993년~1997년 마산창신대학 전자과 조교수
 1990년~1993년 대현정밀(주) 자동차개발 연구소 연구실장
 1994년 경북대학교 전자공학과(공학박사)
 1990년 경북대학교 전자공학과

(공학석사)
 1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)
 2001년 IBM T.J. Watson Research Center 방문교수
 1997년~현재 영산대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
 관심분야 : 비디오 신호처리, 컴퓨터비전, 영상처리, 패턴인식 등.