

색각 이상 사용자를 위한 MPEG-21 디지털 아이템 적응 변환

양승지, 송재일, 노용만, 남제호, 홍진우* · 한국정보통신대학교 영상비디오시스템연구소, *한국전자통신연구원, 방송미디어연구부

ABSTRACT

This paper has been studied the adaptation technique for color vision variations in the MPEG-21 Digital Item Adaptation (DIA). As color is more widely used to carry visual information in the multimedia content, ability to perceive color plays a crucial role in getting visual information. DIA is performed respectively for severe color vision deficiency (dichromats) and for mild color vision deficiency (anomalous trichromats), according to the description of user characteristics about color vision variations. Adapted images are tested by simulation program for color vision variations so as to recognize the appearance of the adapted images in the color deficient vision. Experimental result shows that proposed adaptation technique works well in the MPEG-21 framework.

I. 서론

ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11은 MPEG-21에서 7

가지 주요 요소를 통한 멀티미디어 통합 프레임워크를 규정하고 있다. 각각의 요소는 사용자가 구조화된 멀티미디어 콘텐츠인 디지털 아이템을 멀티미디어 전자상거래 환경에서 편리하게 생산 및 소비할 수 있는 프레임워크를 제시한다. 이 요소들 가운데, 터미널과 네트워크 요소는 네트워크나 터미널의 설치, 운영 및 구현과 같은 기술적 문제들을 사용자가 직접 해결하지 않아도 이용할 수 있게 한다. 즉, 사용자가 자신의 네트워크 및 터미널 특성에 대한 고려를 하지 않아도 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 생산 및 소비할 수 있도록 하는데 목적이 있다 [1].

UMA (Universal Multimedia Access)는 이런 네트워크 및 터미널 요소의 목표와 밀접한 관련이 있다. 이런 관점에서 MPEG-21은 Digital Item Adaptation (DIA) 기술을 표준화하고 있다. DIA는 터미널이나 네트워크의 종류에 상관없이 거래가 이루어질 수 있도록, 사용자의 환경에 맞추어 디지털아이템을 적응변환시키는 자원적응변환엔진(resource adaptation engine)과 기술자적응변환엔진(description adaptation engine)을 규정하고 있다. MPEG-7이 콘텐츠를 기술하기 위한 메타데이터만을 다루고 있는 것과는 다르게, DIA의 자원 및 기술자적응 변환 엔진에서에서는 디지털아이템의 적응 변환 과정을 수행하기 위해서 콘텐츠 형식과 사용자 환경에 대한 기술(description)을 필

요로 한다 [2].

DIA의 사용자 환경에 대한 기술은 사용자의 네트워크 환경, 터미널 환경 및 개인적 특성 등이 포함된다. 오늘날 급속한 네트워크의 발달은 다양한 사용자가 단일 콘텐츠를 접근, 사용하게 되는 환경을 제공하고 있다. 그러나, 서로 다른 종류의 네트워크나 터미널의 사용으로 인하여 사용자간의 거래에 어려움이 발생한다. 서로 다른 사용자의 네트워크 및 터미널 특성을 고려하지 않는다면, MPEG-21 네트워크 및 터미널 요소의 본래 목표인 사용자가 멀티미디어 콘텐츠를 이용함으로써 얻는 사용자 만족도를 보장할 수 없다. 이러한 관점에서, 장애를 가지고 있는 사용자들도 디지털아이템을 일반인과 동등하게 생산 및 소비하기 위해서 사용자의 장애특성에 대한 기술(description)이 필요하다. 장애를 가진 사용자의 특성기술에 따라 디지털아이템이 적절하게 적응 변환되어야 한다.

MPEG-21 DIA는 사용자 특성정보의 하나로서 사용자가 접근 가능한 네트워크나 터미널 특성 및 장애 특성에 대한 *Accessibility Characteristics*를 표준화하고 있다. *Accessibility Characteristics*는 *Auditory Impairment* 및 *Visual Impairment*로 현재 구성되어 있다. 그 가운데, *Visual Impairment*에서는 색각 장애 특성 기술을 위한 *Color Vision Deficiency*를 포함하고 있다.

본 논문에서는 *Color Vision Deficiency*에 제안된 색각 장애 특성 기술에 따라 디지털아이템을 적응 변환하는 방법을 제안한다.

II. 본론

색상이 정보 전달 매체로서 가지는 순기능들은 색각 장애를 가진 사용자에게 오히려 역기능이

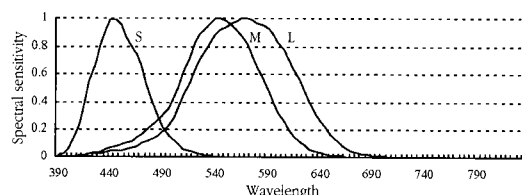
될 수 있다. 디지털 멀티미디어 시대에 색을 통한 정보의 전달이 증가하고 다양해지면서, 색각 장애를 가진 사용자들이 느끼는 불편함은 오히려 증가하고 있다. 특히, 색이 정보 전달의 기능을 수행하는 경우에 색각 장애를 가진 사용자는 시각적 정보의 의미가 그들에게 잘못 전달되어 역효과를 낳기도 한다.

본 논문에서는 색각 장애를 가진 사용자가 인지하는 콘텐츠의 색 특성을 적응 변환함으로써, 그들이 시각 정보를 보다 정확히 인지할 수 있도록 하고자 한다. 색의 적응 변환 기능은 각 사용자의 단말에서 각 사용자의 특성을 고려한 방법에 따라 수행되며, 콘텐츠 제작자나 디자이너의 콘텐츠 제작의 창조성에 제약을 주지 않으면서도, 현재 존재하는 모든 콘텐츠를 수용하여 적응 변환할 수 있다는 점에서 위에서 언급한 방법에서 존재하는 단점을 해결할 수 있다는 장점이 있다.

1. 색각 이상 (Color Vision Deficiency)

인간은 간상세포를 이용하여 명암을 구별하며, 원추세포를 이용하여 자세한 모양과 색상을 인지한다. 인간의 색상의 인지는 원추세포에 포함된 광색소에 의해 광자를 흡수함으로써 일어난다. 정상적인 사람은 망막 내에 가지 파장의 서로 다른 부분의 빛을 흡수하는 세 가지 원추 세포를 가진다. [그림 1]은 원추세포의 색상 민감도를 표현하는 함수이다.

이들은 각 원추 세포가 흡수하는 파장의 최고 민감도(peak sensitivity)에 따라 L(long),



(그림 1) 원추세포 색상 민감도 함수

〈표 1〉 색각 이상을 위한 MPEG-21 DIA Description

Medical Terms	ColorVisionDeficiencyInformationType		
	ColorVisionDeficiencyType	ColorVisionDeficiencyDegreeType	
		TextualDegreeType	NumericalDegreeType
Protanomaly	Red-deficiency	Mild	0.1 ~ 0.9
Protanopy	Red-deficiency	Severe	1.0
Deuteranomaly	Green-deficiency	Mild	0.1 ~ 0.9
Deuteranopy	Green-deficiency	Severe	1.0
Tritanomaly	Blue-deficiency	Mild	0.1 ~ 0.9
Tritanopy	Blue-deficiency	Severe	1.0
Achromatopsia	CompleteColorBlindness	NA	NA

M(middle), S(short)으로 분류된다. 인간은 이 세 가지 원추세포가 빛에 따라 반응하는 신호의 비율에 따라 색상을 인지한다 [3].

색각 이상은 선천적으로 망막 내에 세 가지 원추세포 가운데 어느 한 가지가 없거나 그들의 기능이 정상적이지 못한 상태를 말한다. 두 가지 원추세포만 가지고 있는 경우를 색맹(dichromacy)이라고 하고, 세 가지 원추세포가 모두 존재하지만 원추 세포의 기능이 정상적이지 못한 경우를 색약(anomalous trichromacy)이라고 한다. 전 세계 남성 인구의 약 8%, 여성 인구의 약 0.5%가 색각 이상자이다 [3]. 그러나, 색각 이상을 치료할 수 있는 방법이 현재까지 존재하지 않기 때문에, 이들을 위한 새로운 방안의 연구가 필요하다.

색맹은 적색맹(protanopia), 녹색맹(deuteranopia), 그리고 청색맹(tritanopia)으로 나뉜다. 색맹자들 가운데 가장 많은 적록색맹은 스펙트럼의 중간 녹색이 무색이나 회색으로 보이고, 그 보다 단파장측은 청색으로 장파장측은 황색으로 보이는 경우를 말한다. 그러므로 디스플레이 장치로부터 보여지는 색이 청색과 황색의 두 가지 색으로만 보이게 되고, 교통 신호등을 잘 식별할 수 없다. 이와는 반대로 청색맹은 극히 드물며, 모든

것이 적색과 녹색의 두 가지 색으로 보이게 되며, 교통 신호등을 식별하는 것은 의외로 쉽다.

색약은 적색약(protanomaly), 녹색약(deuteranomaly), 그리고 청색약(tritanomaly)으로 나뉜다. 색약자들 가운데 가장 많은 적록색약은 적색과 녹색은 약간 볼 수 있으나, 그 정도가 적록색맹과 다름 없을 정도로 심한 경우에서부터 아주 약한 경우까지 있다. 한편, 세 가지 원추 세포가 모두 없는 경우를 전색맹이라고 한다. 이 경우는 모든 색이 흑백 또는 회색으로만 보이기 때문에 시력이 매우 나쁘다.

2. 색각 이상을 위한 MPEG-21 DIA Description

MPEG-21 DIA는 사용자의 색각 이상 특성 따라 각각 *Green-Deficiency*, *Red-Deficiency*, *Blue-Deficiency*로 표시하며, 색각 장애 정도에 따라 *Textual type*으로 *Severe*와 *Mild*로 나타내거나 *Numerical type*으로 0에서 1.0까지 정규화된 수치로 표기할 수 있다. 〈표 1〉은 색각 이상을 위한 디지털아이템 적응 변환을 위한 MPEG-21 DIA Description을 나타낸다 [4].

[그림 2]는 색각 이상을 위한 MPEG-21 DIA 과정을 표현한 것이다. 디지털아이템 적응변환엔진은 전달된 사용자의 색각 이상 특성에 따라 색맹 또는 색약을 위한 적응 변환 과정으로 나누어 수행한다.

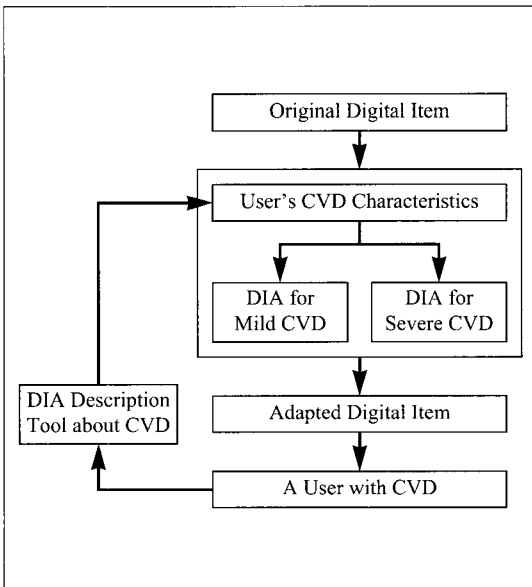
3. DIA for Color Vision Deficiency

색각 이상자가 원래의 색상을 보도록 하는 것은 불가능하다. 그러므로, 비록 원래의 색상을 볼 수는 없을지라도, 콘텐츠의 색상이 주는 정보를 정상인과 동일하게 얻을 수 있도록 하는 것이 본 적응 변환의 목적이다. 적응 변환은 다음과 같이 색약과 색맹을 위한 두 과정으로 나뉜다.

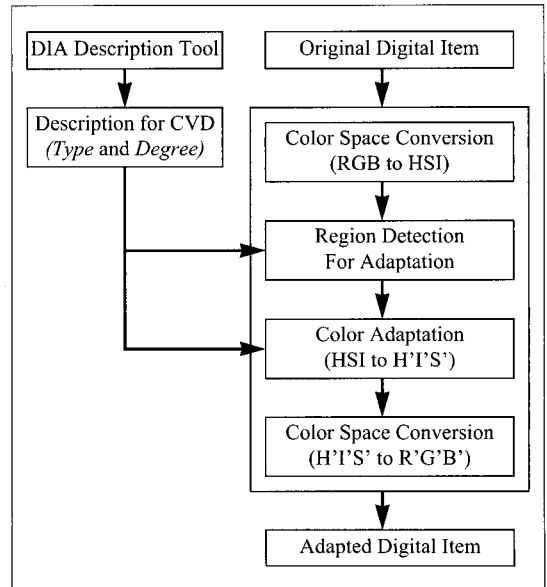
본 논문에서 제안하는 색맹을 위한 디지털아이템 적응 변환의 목적은, 이미지 내에 색맹자가 혼동되는 색상으로 이루어진 객체들의 색상을 적응 변환함으로써, 색맹자의 객체 정보를 인지 능력을 향상시키는데 있다. 색맹자는 세가지 원추세포 가운데 없어진 원추세포에 의해 가시 파장 영

역의 모든 색상을 두 가지 색상으로 모든 색상을 인지하기 때문에, 비록 색상을 임의의 다른 색상으로 변환하더라도 결국 색맹자에게 인지되는 색상은 두 가지 종류이다. 그러므로, 색상의 색도뿐만 아니라 채도를 동시에 변화시킴으로써 색맹자의 객체를 구별 능력을 가능한 한 향상시키는 방법을 이용한다. 색맹을 위한 디지털아이템 적응 변환 과정은 [그림 3]에서와 같이 표현된다.

터미널 사용자가 색각 이상을 가진 사용자인 경우, 입력으로 들어온 디지털아이템 내의 이미지를 디스플레이 장치에 보내기 전에, 적응 변환 과정을 수행한다. 먼저, 해당 이미지의 RGB (Red, Green, Blue) 값을 HSI (Hue, Saturation, Intensity) 값으로 변환한다. 변환된 색도값(hue)이 해당 색맹자가 구별하기 힘든 색상인 경우 해당 픽셀의 색도값(hue)과 채도값(saturation)을 구별 가능한 다른 색으로 변환한다. 마지막으로, 변환된 H'S'I' 값을 다시 R'G'B' 값으로 변환하여 디스플레이 장치로 보냄으로써, 적응 변환된 디지털아이템이 사용자에게 전달된다.



(그림 2) 색각 이상을 위한 MPEG-21 DIA 과정



(그림 3) 색맹을 위한 디지털아이템 적응 변환 과정

〈표 2〉 색맹 적응 변환 결과

Textual type (Image name in ICU DB)	Difference type	Color difference of the original image	Color difference of the adapted image
Red-Deficiency (P-P-1)	$ \Delta L^* $	0.611718	15.473635
	$ \Delta a^* $	5.372752	19.978351
	$ \Delta b^* $	39.977193	101.393538
	ΔE_{ab}^*	40.341253	104.495059
Green-Deficiency (D-S-3)	$ \Delta L^* $	7.279823	6.002708
	$ \Delta a^* $	0.239712	24.259493
	$ \Delta b^* $	2.151051	49.038783
	ΔE_{ab}^*	7.594755	55.039602
Blue-Deficiency (T-S-3)	$ \Delta L^* $	14.009668	18.847273
	$ \Delta a^* $	10.61419	22.904285
	$ \Delta b^* $	4.20416	9.641793
	ΔE_{ab}^*	18.072265	31.189584

색맹자를 위한 디지털아이템 적응 변환 과정과는 다르게, 색약자를 위한 디지털아이템 적응 변환 과정은 사용자의 색약 타입이 식별하기 어려운 색상의 밝기와 채도를 정상보다 크게 강조함으로써, 색약자의 색상 구별 능력을 보다 향상시키는 방법으로 수행된다. 색약을 일으키는 주된 원인은 세가지 원추세포들 가운데 하나의 원추세포의 스펙트럼 민감도가 정상적인 위치보다 우측 또는 좌측으로 이동되는 현상이다. 적색약의 경우 L 원추세포가 M 원추세포 방향으로 이동되고, 녹색약의 경우 M 원추세포가 L 원추세포 방향으로 이동되며, 청색약의 경우, S 원추세포가 M 원추세포 방향으로 이동된다 [5]. 원추세포의 이동 정도가 클수록, 색상 구별 능력을 더 감소한다. 본 논문에서는 색약자의 감소된 색상 구별 능력을 원추세포 이동 정도에 따라 콘텐츠의 색상을 적응 변환하여 해당 색약자의 감소된 색상 구별 능력을 보상하는 방법으로 수행한다.

Ⅲ. 실험 결과

본 논문에서 제안한 디지털아이템 적응 변환 과정의 실험은 색맹과 색약 적응 변환 과정을 검증하기 위한 실험으로 나뉜다. 색맹을 위한 실험은 다시 적색맹, 녹색맹, 청색맹으로 세분화되며, 색약도 마찬가지로 적색약, 녹색약, 청색약을 위한 실험으로 세분화된다. 실험 이미지는 현재 표준 그룹인 MPEG에서 진행중인 MPEG-21 DIA의 'Visual Accessibility for CVD'를 위해 제출된 ICU 데이터베이스내의 이미지들 가운데 선택되었다 [6, 7].

색맹을 위한 적응 변환 과정의 실험은 CIE $L^*a^*b^*$ 색공간을 이용하여 색각 이상자가 인지하는 원래 이미지와 적응 변환된 이미지와의 색상 차이를 측정함으로써 색상의 구별 능력이 얼마나 향상되었는지 양적인 측정 (quantitative measurement)을 하였다 [8, 9]. 색맹 이상자가 인지하는 색상을 시뮬레이션은 Hans Brettel의 방법

〈표 3〉 색약 적응 변환 결과

	Numeric-Degree Type	The rms of difference image between original image and image with CVD	The rms of difference image between original image and adapted image with CVD
Red-Deficiency (P-S-1)	0.1	2.796966	0.470785
	0.3	5.468025	0.461387
	0.5	8.310304	0.470601
	0.7	11.34042	0.470567
Green-Deficiency (D-S-2)	0.1	2.607816	0.439682
	0.3	5.578382	0.453672
	0.5	8.890788	0.333352
	0.7	12.539349	0.454237
Blue-Deficiency (T-S-2)	0.1	0.496583	0.443824
	0.3	0.618031	0.332132
	0.5	0.724421	0.459387
	0.7	0.808619	0.331925

을 사용하였다 [10]. 색각 이상자들이 인지하는 색상의 식별 정도는 각 사용자와 환경에 따라 매우 주관적이기 때문에, 보다 객관적인 기준을 이용하여 평가하기 위해 색상 차이를 이용하였다. 일반적으로 색각 이상자들은 색도, 채도, 그리고 명도에 기반하여 색상을 식별하는 능력이 감소된다. 그러므로, 색상의 이 세가지 요소의 차이가 크도록 이미지를 구성한다면 색각 이상자들의 색상 식별에 도움이 될 수 있다. 각 이미지의 색상 차이는 적응 변환 영역과, 그 밖의 영역의 차이를 측정하였다. 색상 차이가 0이면, 색상 식별이 불가능하다는 의미이며, 그 차이 값이 증가할수록 색상의 식별이 보다 용이함을 나타낸다. 〈표 2〉는 색맹을 위한 적응 변환 전후의 색상 차이를 나타낸다.

〈표 2〉에서, 적응 변환 전의 색상 차이보다 적응 변환 후의 색상 차이가 크게 향상되었음을 알 수 있다.

색약을 위한 적응 변환의 목적은 색약자가 가

능한 한 정상인과 동일하게 색상을 인지하는 것이기 때문에, 색약을 적응 변환 과정의 실험은 적응 변환 전후의 이미지 색상 차이의 rms (root mean square) 값을 비교함으로써 수행된다. 〈표 3〉은 색약 적응 변환 전후의 rms 결과를 나타낸다.

〈표 3〉에서, 적응 변환 전의 rms 값보다 적응 변환 후의 rms 값이 청색약을 제외하고는 크게 줄었음을 알 수 있다. 청색약의 경우에는 색상 식별 능력이 거의 정상적이기 때문에, 적응 변환 전후의 차이가 크지 않다.

IV. 결론

본 논문은 색각 이상을 가진 사람이 이미지로부터 얻을 수 없거나 얻기 힘든 정보를 제안된 적응 변환 방법을 통하여 얻도록 하는데 목적이 있다. 이미지 색상의 적응 변환을 통하여 색각 이상

자의 색상 식별 능력을 향상시킴으로써, 그들의 정보 인지 능력을 향상시키는 것이다. 위의 실험 결과를 통하여, 제안된 방법이 색각 이상자들의 색상 식별 능력을 향상시킴으로써, 그들이 이미지로부터 인지 가능한 정보를 정상인의 그것과

비슷하게 만들 수 있음을 증명하였다.

앞으로 이미지 뿐만 아니라, 비디오에도 적응 변환 과정을 적용함으로써 색각 이상을 가진 사람들이 접하는 다양한 비주얼 콘텐츠를 적응 변환하는 과정이 시도되어야 할 것이다.

저자 소개



노용만

1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (박사)
1987년 컬럼비아대학 연구원
1993년 UC Irvine 연구원
1996년 UC Berkeley 연구원

현재 한국정보통신대학교 (ICU) 교수, IEEE senior member, SPIE member

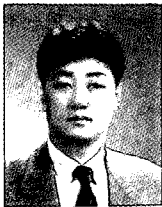
관심분야 : 영상/비디오 신호 처리, MPEG-7/21, Data Hiding, 방송 콘텐츠 처리



양승지

2001년 강원대학교 정보통신공학과 (학사)
2002년 한국정보통신대학교 (ICU) 공학부 (석사)
2002년~현재 한국정보통신대학교 (ICU) 공학부 박사 과정, 인턴정보 위촉 연구원

관심분야 : 영상/비디오 신호 처리, MPEG-7/21, 다차원신호 처리



남제호(南齊鎬)

1992년 2월 홍익대학교 전기제어공학과 졸업(학사)
1996년 12월 美 Univ. Minnesota 전기 및 컴퓨터공학과 졸업 (석사)

2000년 12월 美 Univ. Minnesota 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)

2001년 2월~현재 한국전자통신연구원 방송미디어연구부 근무(선 임연구원)

관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털 방송, 영상통신, MPEG-7/21, TV-Anytime, 콘텐츠 보호



홍진우

1978년 3월~1982년 2월 광운대학교 응용전자공학과 졸업 (공학사)
1982년 3월~1984년 2월 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1990년 3월~1993년 8월 광운대학교 대학원 전자계산기공학과 졸업 (공학박사)

1998년~1999년 독일 프라운호퍼연구소 (파견연구원)

1984년 3월~현재 한국전자통신연구원 방송컨텐츠보호연구팀장 (책임연구원)

2000년 1월~현재 한국음향학회 홍보이사 및 뉴미디어음향학술분과위원장, 한국방송공학회 편집위원, 한국해양정보통신학회 학술분과위원장

1993년 1월~현재 정보통신표준화연구단 방송기술위원회 위원

2001년 6월 ~ 현재 : SEDICA 운영위원

관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 디지털 콘텐츠 보호 및 관리, 디지털 오디오 방송



송재일

1996년 서강대학교 경영학과 (학사)
2002년 한국정보통신대학교 (ICU) 전자상거래학부 (석사), ETRI 위촉 연구원

관심분야 : 전자상거래, MPEG-21

■ 참고문헌

- [1] I. J. Bormans and K. Hill, "MPEG-21 Overview Ver.5", ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 N5231, N5231, Shanghai, October 2002.
- [2] MPEG MDS Group, "MPEG-21 Digital Item Adaptation WD Ver.3.1", ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11, Awaji Island, Japan, December 2002.
- [3] V. C. Smith and J. Pokorny, "Spectral sensitivity of the foveal cone pigments between 400 and 700 nm", *Vision Research*, vol. 15, pp. 161-171, Feb. 1975.
- [4] J. I. Song, Y. M. Ro, J. H. Nam, J. W. Hong, "MPEG-21 DIA for Colour Vision Deficiency", ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 m8303, Washington DC, May 2002.
- [5] J. Pokorny, V. C. Smith and I. Katz, "Derivation of the photopigment absorption spectra in anomalous trichromats", *Journal of the Optical Society of America*, vol.63, issue 2, pp.232-237, Sep. 1977.
- [6] S. J. Yang, J. I. Song, Y. M. Ro, C. S. Kim, J. H. Nam, J. W. Hong, C. Johnson, and Y. S. Huh, MPEG MDS Group, "Report on CE for Visual Accessibility - Part 1: Color Vision Deficiency", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M8543, Klagenfurt, Jul. 2002.
- [7] J. I. Song, S. J. Yang, C. S. Kim, Y. M. Ro, J. H. Nam, and J. W. Hong, MPEG MDS Group, "Color Image Dataset for CE on Color Vision Deficiency", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M8544, Klagenfurt, Jul. 2002.
- [8] A. Arditi, "Effective Color Contrast (Designing for People with Partial Sight and Color Deficiencies)", <http://www.lighthouse.org>.
- [9] CIE L*a*b* color space, CIE Colorimetry, 2nd edition, Bureau Central de la CIE. Publication 15.2, 1986.
- [10] F. Vienot and H. Brettel, "Color display for dichromats", *Proceeding on SPIE*, v. 4300, pp.199-207, 2001.