

# 컬러 커뮤니케이션 기술 동향

김동호, 차희철\*

사이버칼라정보기술, \*한국생산기술연구원

## 1. 서 론

커뮤니케이션의 사전적 의미는 언어, 기호, 몸짓 등을 수단으로 하는 정보나 의사 전달 또는 교환으로써, 커뮤니케이션 당사자 간의 상호 이해를 전제 조건으로 한다. 산업적인 측면에서의 컬러 커뮤니케이션은 제품의 개발, 생산, 홍보, 마케팅, 포장, 전시 등 제품 공급망(supply chain) 상에서 적절한 수단 및 도구를 사용, 정확한 컬러 데이터를 이해 당사자 상호간에 교환 및 전달하는 것을 의미한다고 할 수 있다.

본 고에서는 컬러 커뮤니케이션의 개념 이해를 돕기 위한 기초 색채 이론과 현재 상용화된 컬러 커뮤니케이션 시스템 및 컬러 커뮤니케이션 시스템에 내재되어 있는 핵심 기술에 대하여 소개하고자 한다. 2장(기초 색채 이론)에서는 표색계 및 색표집, 빛과 광원, CIE 시스템, 측색, 색차 이론에 관하여 소개하였다. 3장(컬러 커뮤니케이션 시스템)은 하드웨어/소프트웨어 솔루션, 소프트웨어, 기술 개발, 컬러 매칭 서비스, DB 구축과 관련된 컬러 커뮤니케이션 시스템에 관한 내용이다. 4장(컬러 커뮤니케이션 핵심 기술)에서는 색상 승인 가이드, 광원 데이터, 반사율 데이터, 색차식 및 색공간 등에 대한 내용을 다루었다.

## 2. 기초 색채 이론

### 2.1. 표색계 및 색표집

색은 무채색(achromatic colour: 흰색, 회색, 검정)

및 유채색(chromatic colour: 빨강, 노랑, 파랑 등)으로 나뉘며, 시각각에 따라 색상(hue), 명도(lightness), 채도(chroma, 또는 saturation, purity라고도 함)의 3차원인 것으로 간주된다. 명도는 흰색(white)과 검정(black)의 혼합비로 정의할 수 있다. 채도는 해당 색과 이것과 동일한 명도를 갖는 회색(grey)과의 차이이다. 색상은 빨강(red), 노랑(yellow), 녹색(green), 파랑(blue), 이 네가지 색상과의 근접성 또는 두가지 연속된 색상이 포함되어 있는 상대비를 의미한다.

먼셀(Munsell) 표색 시스템[1]은 1905년 미국의 먼셀 교수가 저술한 "A Color Notation"이라는 책에 처음 발표되었다. 10년후 먼셀은 "Munsell Atlas

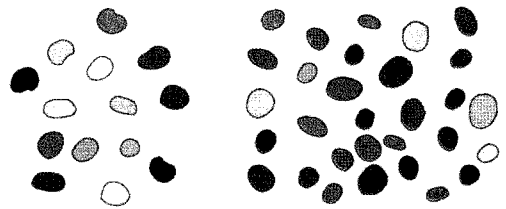


Figure 1. 무채색(왼쪽) 및 유채색(오른쪽).

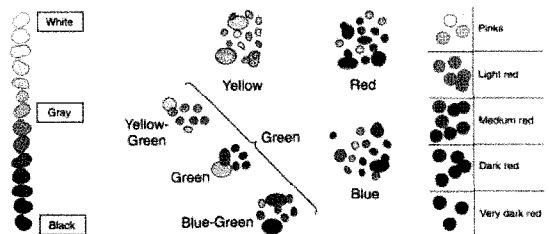


Figure 2. 명도, 색상, 채도의 개념(왼쪽부터).

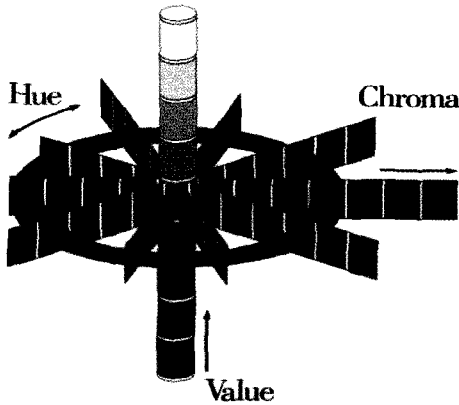


Figure 3. Munsell 색공간.

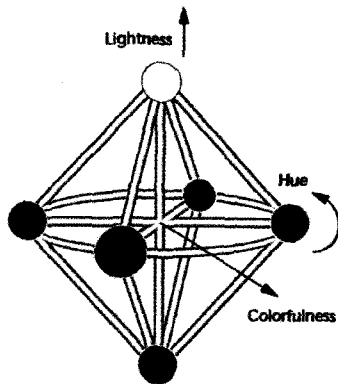


Figure 4. NCS 색입체 및 6가지 기본색.

of Color”를 발표하였는데, 여기서 멘셀은 색의 3가지 속성을 색상, 명도, 채도로 정의하였다.

NCS(natural color system)[2]는 요즈음에 널리 사용되는 또 다른 표색 시스템이다. NCS에서는 서로 반대되는 감각적 속성을 가지는 white-black, red-green, yellow-blue, 6가지 기본색(elementary colour)을 정의하고 색을 표시한다. NCS는 주로 디자인 분야 및 유럽의 여러 나라에서 널리 사용되고 있다.

국내에서 많이 사용되는 색표집으로는 잉크 기본색(CMYK : cyan, magenta, yellow, black)의 혼합비에 따른 색을 표시하는 Pantone[3], DIC(Dainippon Ink & Chemicals)[4] 색표집 등이 있다.

표색계 및 색표집은 컬러 커뮤니케이션의 가장 기본적인 수단으로서, 시각적으로 이해하기 쉽고, 컬러 측정 장비 없이도 사용할 수 있으며, 사용자가 컬러 chip을 용도에 맞게 사용할 수 있으나, 사용 상에 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.



Figure 5. Pantone 색표집.

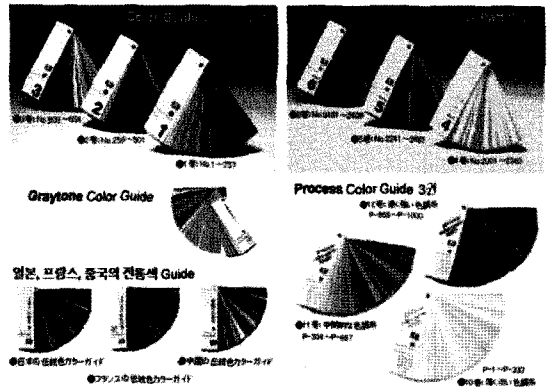


Figure 6. DIC 색표집.

러 측정 장비 없이도 사용할 수 있으며, 사용자가 컬러 chip을 용도에 맞게 사용할 수 있으나, 사용 상에 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 조명에 따라 색값(색 표기)이 다를 수 있다.
- 원칙상으로는 항상 중간 밝기의 회색 바탕(mid-grey background) 위에서 색을 판별해야 한다.
- 색표집에 표시된 색은 많아야 2,000색 정도이므로 정확한 색 구분 및 표기가 어렵다.
- 사용중에 오염 또는 빛의 노출 등 사용하는 색표집의 색상이 변할 수 있고, 이에 따라 색 표기가 달라질 수 있다.
- 표시되는 색의 범위(색역 : colour gamut)가 잉크나 도료 등의 색료에 따라 제한된다.

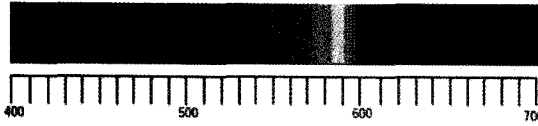


Figure 7. 가시 스펙트럼.

## 2.2 빛과 광원

우리는 일상 생활에서 여러 가지 다양한 빛을 사용하고 있는데, 빛의 종류나 밝기에 따라 우리 눈에 보이는 컬러의 어피어런스(appearance)는 현저히 달라지게 된다. 따라서 빛(광원)은 정확한 컬러 커뮤니케이션을 위해서 우리가 컨트롤해야 할 중요한 인자 중의 하나이다.

사람 눈의 시신경 및 뇌에 의해 지각되는 가시 스펙트럼 영역의 색은 약 400 nm에서 700 nm의 파장 범위에 걸쳐 있는데, 보라, 남색, 파랑, 녹색, 노랑, 주황, 빨강이다.

대부분의 색은 적색광, 녹색광, 청색광, 빛의 3원색을 혼합하여 만들어낼 수 있는데, 이것을 가산 혼합(additive mixing)이라고 한다. 빛의 혼합과 색료의 혼합(감산 혼합, subtractive mixing)은 전혀 다른 결과를 나타낸다.

가시 스펙트럼의 파장별로 광원(램프)이 발산하는 상대 에너지 크기를 표시하면 광원의 특성을 나타낼 수 있는데, 이것을 분광 에너지 분포(spectral power distribution: SPD) 곡선이라고 한다. SPD 곡선의 경우 광원의 특성을 직관적으로 파악하기 어렵고, 유사한 2개의 SPD 곡선을 구분하기 어려우므로, 광원의 색을 온도로 표시(색온도, colour temperature)하여 서로 다른 광원을 구분하기도 한다.

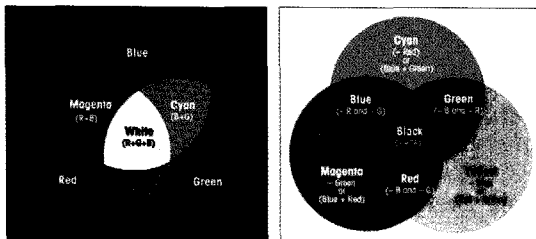


Figure 8. 가산 혼합(왼쪽) 및 감산 혼합(오른쪽).

Table 1. 주요 광원의 특징[5]

광원	색온도(K)	램프(광원) 종류	특징
HOR	2300	텅스텐 할로겐 (tungsten halogen)	이른 아침의 일출광 또는 늦은 오후의 일몰광
A	2856	(백열등, incandescent)	가정 또는 매장의 강조등
U30	3000		미국 Sears사의 매장 조명
TL84	4100	형광등(fluorescent)	3파장 램프
CWF (F2)	4150		cool white fluorescent
D50	5000	주광(daylight) daylight	noon sky daylight, 인쇄업계
D65	6500		average north sky
D75	7500		north sky daylight
C	6770	필터 텅스텐 할로겐 (filtered tungsten halogen)	average daylight

광원과 관련하여 우리가 이해해야 할 중요한 시각적 현상에는 Figure 10에 나타난 조건 등색 (metamerism), 색의 항상성(colour constancy), 색 순응(chromatic adaptation)이 있다. 서로 다른 색료로 만들어진 샘플 쌍의 색이 한 광원에서는 일치하지만 다른 광원에서는 일치하지 않을 때, 이 현상을 조건 등색이라고 한다. 광원이 바뀌더라도 물체(단일 샘플)의 색이 유지되는 현상을 색의 항상성이라고 하는데, 이는 물체의 고유한 성질을 나타낸다. 광원 변화에 따른 사람 눈의 보상 작용을 색순응이라고 한다. 흔히 컬러 매칭을 하는데 조건 등색 만이 중요한 것으로 착각하기 쉬우나, 컬러 매칭하고자 하는 목표색의 항상성 여부도 중요하다. 왜냐하면 목표색 자체가 colour inconstant하면 조건

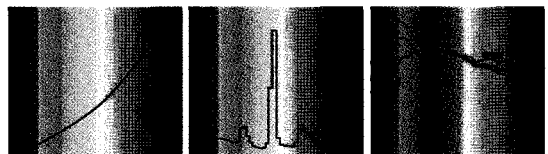


Figure 9. A(백열등), TL84(형광등), Daylight(주광)의 분광 에너지 분포 곡선(왼쪽부터).

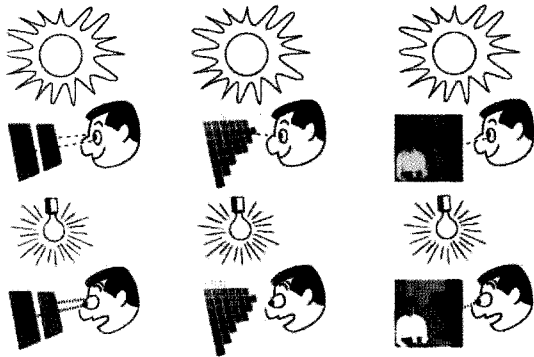


Figure 10. 조건 등색, 색의 항상성, 색순응 현상 (왼쪽부터)[6].

등색을 최소화시킨 처방도 역시 colour inconstant하기 때문이다.

### 2.3. CIE 시스템

표색계나 색표집을 사용하여 색을 감각적으로 표시할 수 있기는 하지만, 체계적이고 정확한 컬러 커뮤니케이션을 위해서는 색의 물리적(수치적)인 표시 수단이 필요하다.

우리가 물체의 색을 볼 때는 광원, 물체, 사람, 이 세가지 요소가 관여하게 된다. 1920년대부터 국제조명위원회(CIE)에 의해 체계화된 CIE 시스템에서도 이와 같은 가정을 바탕으로 한다. 즉 물체 또는 빛의 색을 표시하는데 광원(light source)의 에너지 분포, 사람의 시각각을 나타내는 표준 관측자(standard observer), 그리고 물체(object) 표면의 반사율 특성을 고려한다. 이상적으로 가장 채도가 높은 적색광, 녹색광, 청색광을 혼합하여 특정 색(광)에 일치(match)시킬 때, 이들 세가지 빛의 양을 해당 색의 3 자극치(tristimulus values) X, Y, Z라고 한다.

### 2.4. 측 색

사람의 눈은 물체의 색 그 자체만을 보는 것이 아니라 주변 환경을 감안하여 색을 지각하므로, 어떻게 보면 기계 보다 더 정확할 수도 있다. 하지만 색 감각이 아무리 발달된 사람도 똑같은 색을 그대로

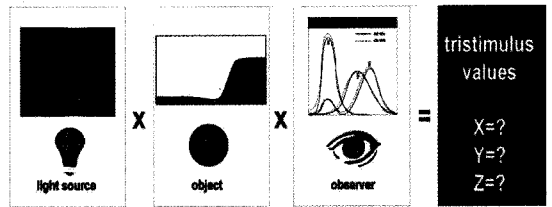


Figure 11. CIE 3자극치 XYZ의 계산기.

기억할 수 없으므로, 우리는 일반적으로 측색기를 사용하여 재현 가능한 컬러 데이터를 얻은 후 이를 상호간에 커뮤니케이션 한다.

물체 표면의 반사율(입사광에 대한 반사광의 비율)은 광원의 종류와 무관하며(independent), 해당 물체의 색을 가장 정확히 나타낼 수 있게 해주는 기본 정보이다. 즉 반사율은 색에 대한 일종의 지문(fingerprint)이라고 할 수 있다. 측색 조건이 동일할 때, 기준색(standard)과 비교색(trial)의 반사율 곡선이 동일하다면, 이 두 색의 쌍은 모든 광원에서 동일한 색으로 일치시킬 수 있다.

분광광도계는 물체의 반사율을 측정하는 장치인데, 빛을 조사하는데 사용되는 램프, 물체 표면에 빛이 고루 비추어지도록 하는 적분구(integrating sphere), 빛을 분광시키는 장치, 파장별 빛의 양을 측정하여 전기적 신호로 바꾸어 주는 검출기(detector) 등으로 구성되어 있다. 분광광도계 외에 많이 사용되는 물체색 측정 장치로는 색채계(colorimeter)가 있는데, 분

Table 2. 분광광도계와 색채계의 비교[7]

분광광도계	색채계
<ul style="list-style-type: none"> <li>고정 격자 및 어레이 방식 (fixed grating &amp; array)</li> <li>광원이 다수임 (multiple illuminant)</li> <li>관측자 선택 가능 (choice of observer)</li> <li>펄스 제논 광원 (pulsed xenon light source)</li> <li>조건 등색도 계산 가능 (metamerism detection)</li> <li>반사율 및 색좌표</li> <li>QC, 컬러 매칭, 기타 용도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3(4)개의 필터에 기초한 방식(filter based)</li> <li>광원의 수가 한정: C 또는 D65(fixed illuminant)</li> <li>관측자가 고정됨: 2° 또는 10° (fixed observer)</li> <li>텅스텐 할로겐 광원 (tungsten halogen light source)</li> <li>조건 등색 테스트 불가능 (no metamerism testing)</li> <li>색좌표(XYZ, L*a*b*)</li> <li>QC(quality control)만 가능</li> </ul>

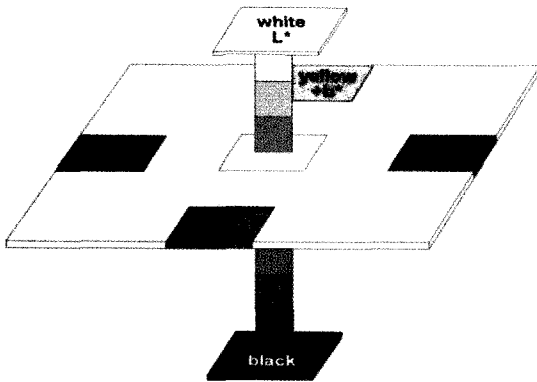


Figure 12. CIELAB 색공간[7].

광광도계와 색채계의 차이점은 Table 2와 같다.

### 2.5. 색차(Colour difference)

컬러 커뮤니케이션 양방의 당사자는 컬러 데이터의 정확도를 확인하기 위하여 색차를 계산하고 평가한다.

CIELAB 시스템은 CIE에서 1976년에 색의 수치적인 표시를 위하여 제한한 색공간으로서, 30여년이 흐른 현재 섬유, 도료와 같은 물체색 관련 산업 뿐만 아니라 모니터, 프린터, 스캐너, 디지털 카메라 등의 컬러 이미징 업계에서도 널리 사용되고 있다. CIELAB 시스템에서는 색을 표시하는데 L\* (lightness), a\* (red-green), b\* (yellow-blue) 3가지 속성으로 색을 나타낸다.

3차원 공간에서 두 점간의 거리는 최소 제곱근 (root mean square: rms) 거리로 계산되므로, CIELAB에서 기준색과 비교색 간의 색차는 다음의 식으로 계산된다.

$$\Delta E^* = [\Delta L^*]^2 + [\Delta a^*]^2 + [\Delta b^*]^2)^{1/2}$$

여기서,  $\Delta L^* = L^*_{tr} - L^*_{std}$ ,  $\Delta a^* = a^*_{tr} - a^*_{std}$ ,  $\Delta b^* = b^*_{tr} - b^*_{std}$  이며, 첨자 std는 기준색, 그리고 첨자 tr은 비교색을 나타낸다.

색의 허용치(colour tolerance) 기준은 해당 산업이나 특정 분야, 개별 업체 등이 달리 정할 수 있는

데, CIELAB의 경우, 일반적으로  $\Delta E^*$ 가 1보다 크면 색차 허용 기준을 초과한 것으로 ('fail'),  $\Delta E^*$ 가 1보다 작으면 색차 허용 기준을 만족시키는 것으로 ('pass') 간주하고 있다.

## 3. 컬러 커뮤니케이션 시스템

### 3.1. On-Screen colour system[8,9]

섬유 등 각종 제품의 어피어런스(컬러, 텍스처 등) 시뮬레이션 및 컬러 커뮤니케이션을 위하여 컴퓨터 (모니터), 측색기, 라이트 박스 등을 한세트로 결합한 시스템이다. 대표적인 시스템으로는 영국 Leeds 대학교의 Luo 교수팀이 개발한 ColourTalk[8]과, 영국 UMIST(University of Manchester Institute of Science & Technology)의 Hawkyard 교수팀이 개발한 Colorite(Datacolor사)가 있다. 온-스크린 컬러 시스템 개발자들은 이러한 시스템 도입의 장점으로 원격지간 컬러 판정의 신뢰도 향상으로 섬유 제품 공급망 상의 일관된 컬러 관리, 컬러 커뮤니케이션 비용 절감 및 제품 출시 신속화로 인한 대량 주문 생산시 수익성 향상 등을 들고 있다.

현재 온-스크린 컬러 소프트웨어는 점차 기존의 컬러 QC, 컬러 매칭 소프트웨어에 통합되어 가고 있다[10]. 따라서 사용자들이 수천만원에서 많게는 1억원에 달하는 고가의 온-스크린 컬러 시스템 전체를 구입할 필요성은 점차 줄어들고 있다는 점에 주목할 필요가 있다.

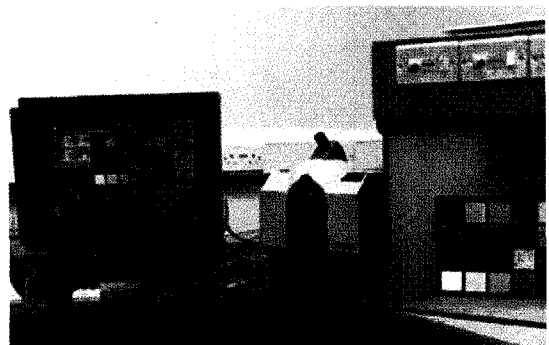


Figure 13. ColourTalk 시스템 구성.

### 3.2. VeriVide DigiEye[11]

DigiEye는 시각적인 색상 정보를 디지털 카메라로 캡처하여 색공간 좌표로 변환하는 색상 판정을 위한 디지털 이미징 시스템이다. 즉 분광광도계와 같은 측색기 대신에 디지털 카메라로 측색을 하는 장치라고 할 수 있는데, 컬러 커뮤니케이션 기능은 제품 캡처 이미지에 컬러 데이터를 첨부, 인터넷을 통하여 송·수신함으로써 구현된다고 할 수 있다. DigiEye는 섬유 제품의 경우 표면 조직에 따른 색상 차이를 판정할 수 있으며, 식품업계 및 기타 3차원 물체의 측색에 효과적이다. 미국의 NCSU(North Carolina State University) 연구자들은 2004년 7월 스페인 바르셀로나에서 개최된 ISO(국제표준화기구) 회의에서, DigiEye를 이용한 섬유 제품의 오염도(견뢰도) 판정 연구 결과를 발표한 바 있다[12].



Figure 14. DigiEye 시스템 구성.

### 3.3. Inter-Instrument agreement(측색기 간의 데이터 호환)[13,14]

월마트(WalMart)로 대표되는 해외 유명 바이어들은 섬유 제품 발주 및 색상 승인 과정에서, 제품 공급망 상에 있는 여러 업체간의 컬러(측색) 데이터 호환성을 높이기 위한 방안을 지속적으로 강구하고 있다. 그 한 방법으로서 자사 제품 발주 생산업체로 하여금 주요 측색 장비업체의 특정 기종 측색기 사용을 거의 의무화하고 있으며, 이들 측색기 메이커는 자신들의 일부 측색기 기종에 대하여 측색기 간의 유료 데이터 교정 서비스를 인터넷 또는 오프라인 standalone 프로그램을 통하여 제공하고 있다. 이러한 툴로는 GretagMacbeth사의 NetProfiler, Datacolor사의 Maestro 등이 있는데, 측색기 기종의 상이함, 측색기 사용 연한 차이, 측색 조건 차이 등으로 인한 측색 데이터 오차를 어느 정도는 감소시킬 수 있다.

Performance comparison										
D50 Report										
File	L*a*b*	P*F	DE	DL*	DC*	Der	Dr*	Dp*	Dr	Dr
Pale Grey	0.730	PaS5	0.161	0.016	0.039	0.735	0.111	0.021	0.072	0.072
Med Grey	0.730	PaS5	0.378	0.327	0.028	0.099	0.070	0.072	0.072	0.072
Dark Grey	0.730	PaS5	0.486	0.488	0.057	0.184	0.062	0.091	0.091	0.091
Dark Blue	0.730	PaS5	0.472	0.432	0.175	0.074	0.105	0.092	0.092	0.092
Red	0.730	PaS5	0.369	0.423	0.218	0.287	0.208	0.092	0.092	0.092
Orange	0.730	PaS5	0.227	0.402	0.085	0.098	0.208	0.092	0.092	0.092
Light Yellow	0.730	PaS5	0.682	0.135	0.410	0.509	0.527	0.208	0.092	0.092
Green	0.730	PaS5	0.736	0.425	0.201	0.279	0.296	0.092	0.092	0.092
Black	0.730	PaS5	0.448	0.329	0.068	0.300	0.220	0.214	0.214	0.214

D50 Report										
File	L*a*b*	P*F	DE	DL*	DC*	Der	Dr*	Dp*	Dr	Dr
Pale Grey	1.490	PaS5	0.029	0.023	0.045	0.038	0.027	0.019	0.019	0.019
Med Grey	1.490	PaS5	0.385	0.358	0.138	0.030	0.022	0.019	0.019	0.019
Dark Grey	1.490	PaS5	0.415	0.413	0.021	0.085	0.089	0.019	0.019	0.019
Dark Blue	1.490	PaS5	0.569	0.408	0.368	0.182	0.242	0.019	0.019	0.019
Red	1.490	PaS5	1.711	0.482	1.545	0.481	1.000	1.716	1.716	1.716
Orange	1.490	PaS5	0.821	0.487	0.148	0.090	0.473	0.488	0.488	0.488
Light Yellow	1.490	PaS5	0.785	0.281	0.823	0.743	0.744	0.488	0.488	0.488
Green	1.490	PaS5	1.132	0.980	0.942	0.780	0.904	0.488	0.488	0.488
Black	1.490	PaS5	0.645	0.427	0.096	0.099	0.433	0.719	0.719	0.719

Figure 15. Datacolor Maestro 실행 화면.

제품 공급망에서의 효율적인 디지털 컬러 커뮤니케이션을 모토로 내걸고 있다. 세부 개발 내용으로는 실험실, 현장 등에 사용되는 표준 라이트 박스 및 백화점, 대형 마트 등의 매장에 사용 중인 광원(특히 주광) 데이터를 수집하여 광원에 따른 색 지각 차이 규명, 광원 차이에 따른 색채 비항등성(colour inconstancy) 모델 개발 및 이를 컬러 매칭 소프트웨어에 통합, 여러 관측자 집단에 대한 시각 색차 판정 실험을 통한 최적화된 색차식 및 지각적으로 균등한 색공간 개발 등이다.

### 3.4. Optimizing color control throughout the supply chain[15]

미국의 NCSU에서 NTC(National Textile Center) 과제로 2004년부터 개발하고 있는 기술로서, 섬유

### 3.5. Lectra color management solution[16]

프랑스의 의류·봉제·패션 소프트웨어/장비 전문업체인 Lectra사가 자신들의 의류 디자인 소프트웨어와 연동시켜 사용할 목적으로 개발한 컬러 관

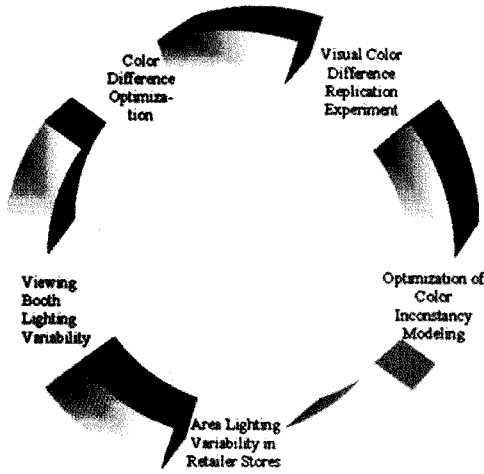


Figure 16. Optimizing color control throughout the supply chain 프로젝트 개념도.

리 및 커뮤니케이션을 위한 솔루션으로, 컬러 프로파일 생성 툴, 컬러 팔레트 생성 툴, 프린터 프로파일 생성 툴, 3가지 모듈로 구성되어 있다. 각 세부 모듈의 기능은 다음과 같다. Color match option은 통합 컬러 프로파일(profile) 생성 툴로서, 그래픽 디자인 소프트웨어로 생성한 모니터 상의 컬러와 프린터 출력물(하드카피)의 컬러를 일치시키는 기능을 담당한다. Kaledo color developer는 Pantone textile color system과 Datacolor사의 mercury 측색기를 사용, spectral palette(반사율 데이터를 포함하는 컬러 팔레트, Datacolor사의 .qtx 포맷)을 생성하여, 색상 승인(컬러 커뮤니케이션) 과정의 신속성 및 정확성을 높이는 역할을 한다. Color target measurer는 프린터 프로파일 생성 툴로서, 프린터 출력물 컬러의 재현성을 높이는 역할을 한다.

### 3.6. eWarna XMatch[17]

인터넷 기반 색상 지정, 염색 결과 제출, 색상 승인 소프트웨어로서, 바이어가 목표 색상, 소재, 색차 허용 기준 등을 지정하면 납품업체는 시험 염색 및 측색 결과 리포트를 웹 기반으로 할 수 있는 시스템이다. XMatch는 컬러 공급망에 관련된 모든 사

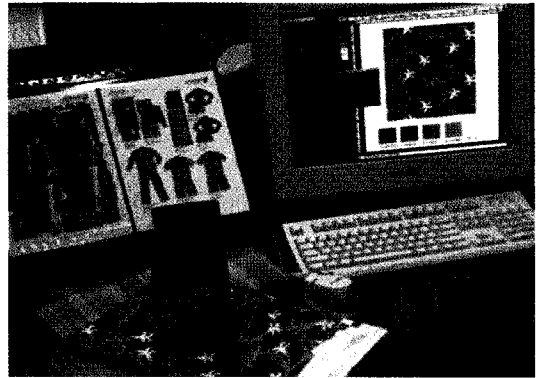


Figure 17. Lectra Colour Management Solution 구성.

람(기관)이 작업 진행 과정을 그때 그때 즉시 확인할 수 있으므로, 공정 투명성 확보 및 납기 시간 단축 효과를 볼 수 있다는 점을 표방하고 있다.

### 3.7. Clariant MatchWizard[18]

MatchWizard는 Clariant사에서 섬유, 피혁, 제지 분야용으로 개발한 컬러 매칭 및 컬러 QC 소프트웨어이다. 일반적인 컬러 매칭/QC 기능 이외에 이메일을 통한 컬러 데이터 파일의 송수신, 원격 사용자와의 컬러 데이터 공유를 위한 FTP 파일 업로드, Datacolor사의 프로그램 사용자를 위한 .qtx 파일의 불러오기/내보내기(import/export) 등을 컬러 커뮤니케이션과 관련된 기능으로 표방하고 있다. MatchWizard의 가장 큰 장점은 고객에게 무료로 배포되는 프로그램이라는 점을 들 수 있다.



Figure 18. eWarna 홈페이지(www.ewarna.com).

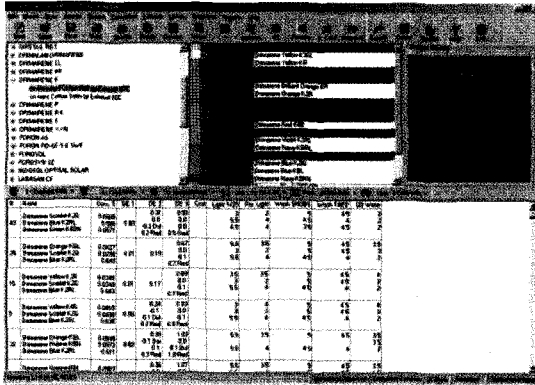


Figure 19. MatchWizard 프로그램 실행 화면.

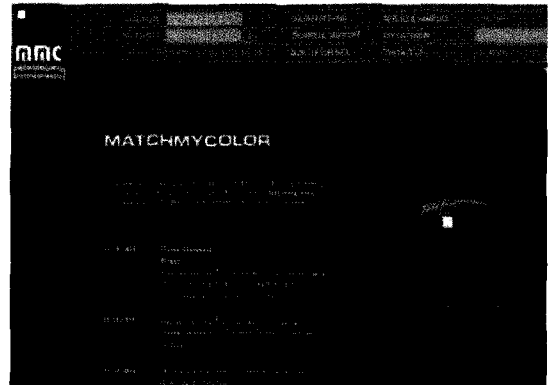


Figure 20. MatchMyColor 홈페이지 (www.matchmycolor.com).

### 3.8. Ciba MatchMyColor[19]

Ciba Specialty Chemicals 및 관련업체가 플라스틱 업계의 컬러 데이터 관리 및 컬러 매칭 등에 인터넷을 효과적으로 이용하기 위하여 개발, 2005년 초부터 온라인으로 제공하고 있는 웹 서비스이다. 현재 페인트, 코팅, 잉크 업계로 서비스를 확장하고 있는 중이며, colorant 데이터베이스, 배색자를 위한 컬러 매칭 서비스, 컬러 적합성(feasibility) 테스트, 기타 해당업계 전문가에 의한 기술 지원 서비스 등을 제공하고 있다.

### 3.9. DIC 사이버조색시스템[20]

일본의 화학 종합 제조업체인 DIC(Dainippon Ink & Chemicals)의 사이버 조색 시스템(cyber color match system)은 인터넷을 이용한 플라스틱 착색제의 컬러 결정 및 선택 툴(디지털 컬러 커뮤니케이션 시스템)이다. DIC는 사이버 조색 시스템의 특징(장점)으로 광원색과 물체색의 감각적인 동일화, 고정밀도의 디지털 색 견본을 제공, 용이한 조작성을 갖는 염가의 시스템, 신속한 샘플 대응, 베이스 컬러 착색 시스템과 완전 연동 등을 들고 있다.

### 3.10. 산업 웹 컬러 시스템[21]

한국컬러앤드패션트렌드센터(CFT)는 2002년부

터 5개년에 걸쳐 산업자원부 기반구축사업의 일환으로 “산업 웹컬러 기반구축사업”을 수행하고 있다. CFT는 ColorMecca라는 사이트를 구축하고 섬유·염색, 화장품, 인쇄, 도료 등 다양한 분야에서 현재 활용하고 있는 컬러 데이터를 수집하여, 이를 활용할 수 있는 간단한 소프트웨어를 제공하고 있다. 올해의 경우, 국내 주요 도료업체 7개사에서 배포하고 있는 컬러 샘플북에 포함된 5,000여색의 축색 및 처방 데이터를 DB화하였고, 이 데이터를 포함한 컴퓨터 활용 소프트웨어를 개발한 바 있다 (ColorMecca Paint Pro). 산업 웹 컬러 시스템은 사업 주관기관의 성격상 기술적 측면 보다는 패션, 디자인 중심의 성격을 지니고 있다.

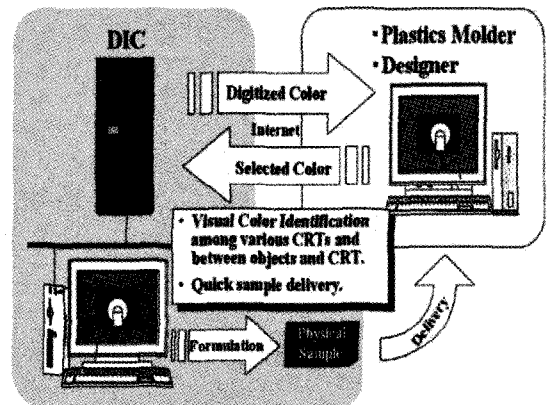


Figure 21. 사이버 조색 시스템 개념도.



### 4. 컬러 커뮤니케이션 핵심 기술

점점 원활해지고 신속해지는 오늘날의 인터넷, 유비쿼터스 커뮤니케이션 환경 하에서는 커뮤니케이션 그 자체는 그다지 문제시 되지 않는다고 할 수 있다. 정작 중요한 문제는 컬러 데이터 그 자체에 있는데, 이것은 한 시스템에서 생성된 컬러 데이터가 시스템 제조업체만 알고 있는 포맷으로 되어 있어서 다른 시스템과 쉽게 호환되지 않기 때문이다. 또한 지속적인 새로운 시스템의 개발과 기존 시스템의 기능 향상으로 인하여 새로운 데이터 포맷이 새로 만들어지기 때문이기도 하다.

#### 4.1. 색상 승인 가이드

3.3.에서 언급한 바와 같이 국내 생산업체가 해외 빅 바이어의 외주 물량을 받기 위해서는, 특정 측색기 및 소프트웨어의 사용은 이제 권장 사항이라기 보다는 필수 사항이다. 이 뿐만 아니라 해외유명 바이어는 컬러 커뮤니케이션의 효율성을 더 높이기 위하여, 색상 승인 가이드(색채 관리 지침)를 지정하여 사용하고 있다(Table 3). 색상 승인 가이드는 제품 생산 시 색채 관리와 관련된 항목을 상세히 규정해 놓은 것인데, 국내의 경우 거의 대부분의 기업체에서 아직까지는 이렇다할 색채 관리 지침을 정하여 사용하고 있지 않다. 합리적이고 체계적인 색

Table 3. 색상 승인 가이드[22-26]에서 관리되는 항목의 예

일반	색상표준 B/T샘플	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 컬러코드(라벨)</li> <li>· 샘플제작방법(형태, 크기, 납기)</li> </ul>
	실험(실) 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 샘플보관요령(보관용기...)</li> <li>· 온·습도</li> <li>· 실내조명(암실)</li> <li>· 실험복(회색)</li> </ul>
육안 판정	색각검사 - 담당자	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 100색상테스트 및 pass기준</li> </ul>
	라이트박스	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제원(메이커)</li> <li>· 유지/보수(광원 교환주기)</li> <li>· 광원 종류(제1, 제2, 제3 ...)</li> <li>· 관측조건 및 절차</li> <li>· 색차 평가/기술 방법</li> </ul>
기기 판정	측색기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제원(메이커)</li> <li>· 유지/보수(측색데이터 체크)</li> </ul>
	측색(기) 세팅	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 측색기 초기화</li> <li>· 광택, UV 포함여부</li> <li>· 측색창 크기</li> <li>· 샘플장착방법(지물 중첩회수)</li> <li>· 측색회수(flash 회수)</li> <li>· 광원/시야</li> <li>· 색공간</li> <li>· 색차식(색차허용기준)</li> <li>· 색차성분표시(수치, 기술) 방법</li> </ul>
기타	성적서(보고서)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 작성요령</li> </ul>
	기타 시험 용어 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 견뢰도 테스트(표준규격)</li> <li>· 약자, 전문용어 등</li> </ul>
	문의/상담	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 담당자, 소속, 연락처</li> </ul>

채 관리는 제품 공급망에 필연적으로 요구되므로, 국내 기업들도 조속히 자신들의 고유한 색채 관리 지침을 정하여 사용하는 것이 바람직할 것이다.

#### 4.2. 광원 데이터

2.3. “CIE 시스템”에서 설명한 바와 같이 색좌표 (X,Y,Z)는 분광광도계로 측정하여 얻은 반사율 R(λ)에 광원의 에너지 분포 S(λ)와 컬러매칭함수[표준 관측자  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ ]를 각각 곱하고 이를 모든 가시 파장에 대하여 합산하면 얻을 수 있다. 보통 컬러 소프트웨어(컬러 QC, CCM)에서는 계산상의 편리를 위하여 각 광원 종류별 S(λ)와  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$  각각을 미리 곱해놓고(Wx, Wy, Wz) 프로그램에서 사용한다. 이것이 소위 우리가 말하는 가중치

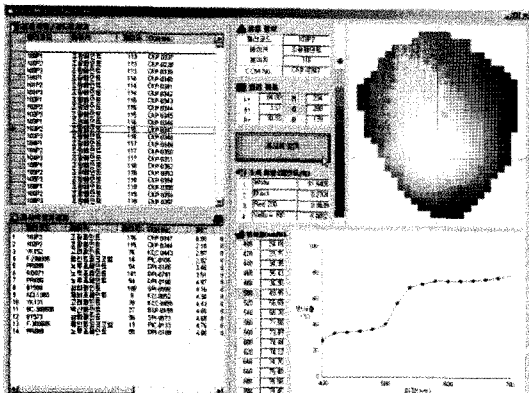


Figure 22. ColorMecca Paint Pro 실행 화면.

Table 4. 광원 가중치 데이터(광원 D65/관측자 10°)의 예

파장 (nm)	ASTM E308			GretagMacbeth ProPalette			추정 계산치		
	$W_{10,x}$	$W_{10,y}$	$W_{10,z}$	$W_{10,x}$	$W_{10,y}$	$W_{10,z}$	$W_{10,x}$	$W_{10,y}$	$W_{10,z}$
360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
380	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	-0.002	-	-	-
390	0.008	0.001	0.033	0.008	0.001	0.033	-	-	-
400	0.137	0.014	0.612	0.137	0.014	0.612	0.181	0.014	0.690
410	0.676	0.069	3.110	0.676	0.069	3.110	0.573	0.073	2.976
420	1.603	0.168	7.627	1.603	0.168	7.627	1.735	0.167	7.816
430	2.451	0.300	12.095	2.451	0.300	12.095	2.333	0.253	11.910
440	3.418	0.554	17.537	3.418	0.554	17.537	3.510	0.667	17.651
450	3.699	0.890	19.888	3.699	0.890	19.888	3.658	0.743	19.857
460	3.064	1.290	17.695	3.064	1.290	17.695	3.062	1.447	17.672
470	1.933	1.838	13.000	1.933	1.838	13.000	1.942	1.675	13.001
480	0.802	2.520	7.699	0.802	2.520	7.699	0.811	2.702	7.773
490	0.156	3.226	3.938	0.156	3.226	3.938	0.125	3.054	3.821
500	0.039	4.320	2.046	0.039	4.320	2.046	0.087	4.429	2.131
510	0.347	5.621	1.049	0.347	5.621	1.049	0.299	5.583	1.024
520	1.070	6.907	0.544	1.070	6.907	0.544	1.093	6.901	0.540
530	2.170	8.059	0.278	2.170	8.059	0.278	2.170	8.077	0.287
540	3.397	8.668	0.122	3.397	8.668	0.122	3.386	8.652	0.117
550	4.732	8.855	0.035	4.732	8.855	0.035	4.757	8.872	0.035
560	6.070	8.581	0.001	6.070	8.581	0.001	6.038	8.559	0.002
570	7.311	7.951	0.000	7.311	7.951	0.000	7.336	7.983	0.000
580	8.291	7.106	0.000	8.291	7.106	0.000	8.278	7.069	0.000
590	8.634	6.004	0.000	8.634	6.004	0.000	8.631	6.033	0.000
600	8.672	5.079	0.000	8.672	5.079	0.000	8.684	5.055	0.000
610	7.930	4.065	0.000	7.930	4.065	0.000	7.930	4.095	0.000
620	6.446	2.999	0.000	6.446	2.999	0.000	6.401	2.960	0.000
630	4.669	2.042	0.000	4.669	2.042	0.000	4.756	2.071	0.000
640	3.095	1.290	0.000	3.095	1.290	0.000	3.078	1.306	0.000
650	1.859	0.746	0.000	1.859	0.746	0.000	1.741	0.692	0.000
660	1.056	0.417	0.000	1.056	0.417	0.000	1.137	0.442	0.000
670	0.570	0.223	0.000	0.570	0.223	0.000	0.656	0.256	0.000
680	0.274	0.107	0.000	0.274	0.107	0.000	0.203	0.084	0.000
690	0.121	0.047	0.000	0.121	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000
700	0.058	0.023	0.000	0.058	0.023	0.000	0.219	0.085	0.000
710	0.028	0.011	0.000	0.028	0.011	0.000	-	-	-
720	0.012	0.005	0.000	0.012	0.005	0.000	-	-	-
730	0.006	0.002	0.000	0.006	0.002	0.000	-	-	-
740	0.003	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	-	-	-
750	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	-	-	-
760	0.001	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
770	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
780	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-
Sum	94.809	100.000	107.307	94.809	100.000	107.307	94.811	100.000	107.304
White	94.811	100.000	107.304	94.811	100.000	107.305	94.811	100.000	107.304

(weighting factors)이다. 즉 측색기에 여러 광원이 들어 있는 것이 아니고, 소프트웨어에 가중치가 테이블의 형태로 저장되어 있는 것이다.

한 샘플을 서로 다른 측색기로 측정된 두 반사율 데이터가 동일하다고 가정할 때, 가중치 차이에 의한 측색 데이터 오차는 충분히 발생할 수 있다(사실 이 문제는 컬러 소프트웨어 사용자들의 문제라기 보다는 소프트웨어 개발자들의 문제라고 할 수 있다). CIE 표준 광원의 경우, ASTM(American Society for Testing and Materials, 미국재료시험학회) 표준 규격 E308[27]에서 정의해 놓은 가중치가 일반적으로 사용된다.

Table 4는 D65 광원, 10° 관측자에 대한 가중치 데이터를 나타낸 것인데, 2~4열의 데이터는 ASTM E308의 Table 5.19를 인용한 것이며, 5~7열의 데이터는 GretagMacbeth사의 ProPalette 소프트웨어에 저장되어 있는 값이고, 8~10열의 데이터는 필자가 200개의 샘플 측정 데이터(반사율, 색좌표)로부터 역으로 추정해낸 값이다. Table 4에서 보면 ASTM과 GretagMacbeth사의 데이터는 사실상 같다는 것을 알 수 있으며, 필자의 계산값이 상이해 보이는 것은 400 nm에서 700 nm의 파장 범위에 대해서만 값을 계산하였기 때문이라고 할 수 있다.

해의 바이어가 CIE 표준 광원 이외에 자신들만의 고유한 광원을 사용하여 컬러를 지정하는 경우, 현재로서의 해결책은 바이어가 지정하는 컬러 장비(소프트웨어)를 구입하거나, 필자가 사용한 방법처럼 샘플 측색후 바이어가 실제 사용하고 있는 광원 데이터를 추출하여 컬러 데이터 리포팅에 활용하는 것이다.

### 4.3. 반사율 데이터

앞서 광원 데이터에 대한 설명에서 서로 다른 측색기로 측정된 반사율이 같다고 가정하였지만, 실제로 이런 경우가 발생하지 않음은 자명한 사실이다. 이것은 각 측색기 메이커 별로 약간씩 다른 측색기 구조와 설계 특성을 가지고 있음에 기인한다. 서로 다른 측색기 간의 데이터(반사율) 상관성을 높

이기 위한 연구는 꾸준히 진행되어 왔으며, 이 결과물이 3.3.에서 설명한 inter-instrument agreement 소프트웨어라고 할 수 있다. Datacolor사의 Maestro는 Rich 등의 연구 결과[28]에 기초하고 있는데, 이를 간략히 설명하면 다음과 같다.

먼저 반사율을 호환시키고 싶은 기준 측색기(reference instrument)와 비교 측색기(test instrument) 간에 일정 개수의 샘플을 측정한다. 두가지 측색기로 측정된 반사율은 다음의 식에서 네 계수( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ )를 파장별로 추정함으로써 일정 수준의 정확도로 일치시킬 수 있다.

$$R_o(\lambda) = \beta_0 + \beta_1 R_t(\lambda) + \beta_2 \frac{dR_t(\lambda)}{d\lambda} + \beta_3 \frac{d^2 R_t(\lambda)}{d\lambda^2}$$

여기서,

$R_o(\lambda)$  : 기준 측색기로 측정된 반사율

$R_t(\lambda)$  : 비교 측색기로 측정된 반사율

$\beta_0$  : 영점 기준(black level) 보정 계수

$\beta_1$  : 측광 스케일(black과 white 사이) 보정 계수

$\beta_2$  : 파장 스케일 보정 계수

$\beta_3$  : 대역폭(bandwidth) 보정 계수

이 방법은 측색기와 측색기 사이의 일치에도 사용되지만, 이론상으로는 동일한 측색기로 조건을 달리하여 측정된 경우의 두가지 반사율 데이터의 일치에도 응용할 수 있다. 예를 들면 광택 포함(SCI : specular component included) 및 광택 미포함(SCE : specular component excluded) 조건으로 측정된 데이터간, 또는 대구경(LAV : large area of view)과 소구경(SAV : small area of view) 측색창을 사용, 측색한 데이터간의 호환이다.

반사율 데이터의 호환성은 이메일 또는 웹 등의 전자 커뮤니케이션이 일반화된 오늘날의 컬러 커뮤니케이션 환경에서 중요한 문제중의 하나이다. 비록 유료이기는 하지만, 해외 측색 장비업체들이 자신들의 시스템에 측색 데이터 호환 툴과 같은 부가 서비스를 제공하는 추세에 있으므로, 국내에서도 이에

대해 보다 더 관심을 가지고 대처해야 할 것이다.

#### 4.4. 색차식 및 색공간

생산업체의 경우 정확한 컬러 데이터를 바이어로 부터 받아 생산을 하더라도, 재현된 컬러가 얼마나 정확한지 여부가 중요한 문제가 된다. 컬러 재현의 정확성 여부를 확인하는 수단이 색차식인데, 효율적인 컬러 커뮤니케이션을 위해서는 필수적인 요소라고 할 수 있다.

Figure 23은 CIELAB(2.5) 색공간의 a\*b\* 평면에 오늘날 실제 사용되고 있는 페인트의 최대 색 재현 범위를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 CIELAB는 색공간의 개념으로는 전혀 균등하지 않다. 최대로 순수한 노란색(+b\* 방향)은 최대로 순수한 파란색(-b\* 방향)에 비하여 2배 가량의 채도 값을 갖는다. 이것은 노란색 계통의 색들 간의 색차 1과, 파란색 계통의 색들 간의 색차 1에 대하여 사람이 느끼는 시각적인 차이의 크기는 전혀 다르다는 것을 의미한다. 즉 표준 색차식으로써의 CIELAB의 역할은 그리 만족스럽지 않다.

1980년 이후 사람의 시각각에 보다 더 근접시킬 수 있는 새로운 색차식이 많이 개발되었다. 대부분 CIELAB 색공간에 기반하고 있는 이들 색차식 중 대표적인 것으로는 CMC[29], M&S, LCD99[30], CIEDE2000[31] 등이 있다. CMC의 경우 영국 SDC(Society of Dyers and Colourists)의 CMC(Colour Measurement Committee)에서 개발하여 CMC라는 명칭이 붙게 되었는데, 1984년 발표된 이래 현재는 섬유 염색 분야에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 색차식이다. M&S의 경우 영국의 유명한 리테일 업체인 Marks & Spencer사에서 자신들의 제품 색채 관리를 위하여 개발한 색차식인데, 구체적인 내용은 외부에 공개하지 않고 있다. LCD99와 CIEDE2000은 비교적 최근에 개발된 색차식으로, 아직까지는 업계에서 많이 사용하고 있지 않지만 가장 성능이 우수한 색차식으로 알려져 있다[32,33].

색차식은 상당한 수준의 심리물리학(psychophysics),

색채물리학(colour physics) 지식을 기본으로 하고, 수많은 색차쌍(colour-difference pair)의 정교한 제작 및 수많은 사람(관찰자)을 동원한 색차 판정 시각 테스트를 바탕으로 하여 개발된다. 즉 색차식 개발은 결코 쉬운 과제는 아니다. 하지만 국내외를 망라한 글로벌 기업이 자신들만의 고유한 색차식을 개발하여 제품 공급망에 적용한다면, 색채 관리와 커뮤니케이션의 효율성을 극대화시킬 수 있으므로 (Marks & Spencer사의 예), 충분히 메리트가 있는 과제라고 할 수 있다.

#### 4.5. 기타

2005년 9월 영국의 SDC와 NPL(National Physical Laboratory)은 모든 종류의 컬러 데이터를 포함할 수 있는 논리적인 구조를 정의하고, 이것에 대한 XML(eXtensible Markup Language : 확장가능 마크업 언어) 문서 포맷을 규정한 컬러 데이터 표준을 제안하였다[34]. 여러 상이한 측색기와 소프트웨어 시스템 간의 데이터 호환성 문제 극복을 위한 새로운 컬러 커뮤니케이션 표준이 개발된 것인데, 이 표준을 사용하면 사용자가 특정 측색 장비업체나 시스템과는 무관하게 효율적으로 컬러 데이터를 커

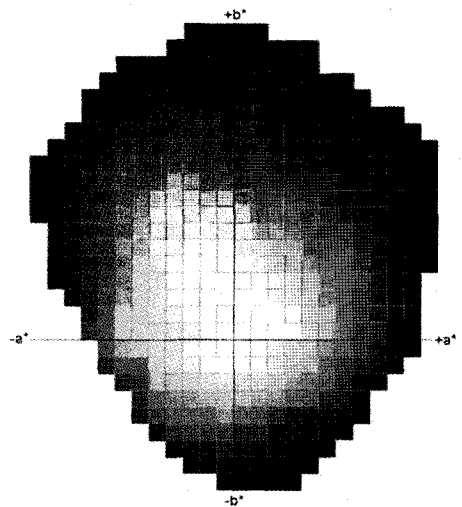


Figure 23. CIELAB 색공간의 a\*b\* 평면.

뮤니케이션할 수 있게 된다는 것을 의미한다.

2006년 초에 “섬유 산업에서의 색채 관리”에 관하여 이 분야의 세계적인 전문가들이 저술한 전문 도서가 발간될 예정이다[35]. 이 책의 내용은 색 지각, 색의 표시 방법, 측색, 색채 관리(색차식), 섬유 샘플의 시각 판정 방법, 섬유 제품의 컬러 시뮬레이션, 컬러 커뮤니케이션, 컬러 매칭, DTP(digital textile printing), 제품 공급망 상의 컬러 관리 등으로 구성되어 있으므로, 섬유·염색 및 관련업계 종사자들에게 좋은 참고 자료가 될 것으로 기대된다.

## 5. 결 론

컬러 관리 및 컬러 매칭 시스템의 효용성 및 효율성을 향상시키려는 의도가 컬러 커뮤니케이션 시스템의 발전과 관련 기술 개발로 이어지고 있다. 컬러 커뮤니케이션 시스템이라면 온-스크린 컬러 시스템처럼 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 통합 솔루션을 떠올리기 쉽지만, 컬러 커뮤니케이션의 핵심은 컬러 데이터의 정확성과 호환성에 있다. 이를 위해서 우리는 컬러 커뮤니케이션을 위한 기초 기술 개발에 더욱 힘써야 할 것이다. 체계적인 색채 관리 가이드의 정비, 컬러 데이터의 정확성에 영향을 미치는 광원 데이터의 확립, 측색 반사율 데이터의 기기간 호환성 확보, 사람의 시각각에 보다 높은 상관성을 갖는 색차식 및 균등 색공간의 개발, 그리고 국제 표준 컬러 데이터 포맷의 도입 등이다. 현재 국내에서는 이러한 요소 기술 개발 여건이 취약한 것이 현실이지만, 해당 관련 기관이 꾸준한 관심을 가지고 연구, 개발 투자를 한다면 조만간 좋은 성과를 얻을 수 있으리라고 기대해 본다.

## 참고문헌

1. <http://www.munsell.com/>.
2. <http://www.ncscolor.com/>.
3. <http://www.pantone.com/>.
4. <http://www.dic.co.jp/>.
5. Optiview/ProPalette Help Book 4.0.1, GretagMacbeth.
6. 조맹섭, 김창순, 강병호, 김동호 역, 색채학 원론, 시그마프레스, 2003.
7. The Fundamentals of Color and Appearance, GretagMacbeth.
8. “Coats ColourTalk” Brochure, GretagMacbeth.
9. <http://www.colorite.com/>.
10. “New GretagMacbeth Technology Provides Affordable Electronic Color Communication”, <http://www.interplas-expo.com/>, Feb., 2005.
11. <http://www.digieyepc.com/>.
12. T. May-Plumlee, “Color Communication in a Digital World”, J. Textile Apparel Tech. Management, 4(1), Summer, 2004.
13. “NetProfiler” Brochure, GretagMacbeth.
14. “Maestro” Brochure, Datacolor.
15. <http://www.ntcresearch.org/projectapp/?project=C04-NS11>.
16. <http://www.lectra.com/>.
17. <http://www.ewarna.com/>.
18. <http://www.matchwizard.net/>.
19. <http://www.matchmycolor.com/>.
20. “Cyber Color Match System - Color Communication Tool for Plastics in the Internet”, DIC Technical Review, No.9, 2003.
21. <http://www.colormecca.com/>.
22. Color Evaluation Procedures, Columbia Sportswear Company.
23. Color Approval Guideline, Gap Inc.
24. Color Management Accreditation Program(MAP) Guidebook, The Limited, Inc.
25. Method of Test - Instrumental Colour Measurement of Textiles, Marks & Spencer.
26. Color Manual, Nike.
27. ASTM E308, “Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System”.
28. D. C. Rich and D. Martin, “Improved Model for Improving the Inter-Instrument Agreement of Spectrocolorimeters”, *Analytica Chimica Acta*, **380**, 263-276(1999).
29. F. J. J. Clarke, R. McDonald, and B. Rigg, “Modification to the JPC79 Colour Difference Formula”, *JSDC*, **103**, 128-132(1984).
30. D. H. Kim, E.K. Cho and J. P. Kim, “Evaluation of CIELAB-Based Colour-Difference Formulae Using a New Dataset”, *Color Res. Appl.*, **26**, 369-375(2001).
31. M. R. Luo, G. Cui and B.Rigg, “The Development of the CIEDE2000 Colour-Difference Formula: CIEDE2000”, *Color Res. Appl.*, **26**, 340-350(2001).
32. D. H. Kim, H. K. Song and J. P. Kim, “Lightness-Difference Data Set for Evaluation of CIELAB-Based Colour-Difference

- Formulae”, *Proc. AIC Color 01*, Rochester(USA)(2001).
33. D. H. Kim, H. L. Woo, B. S. Lee, “The Variation of Acceptable Color Tolerances near the Origin in CIELAB Space”, *Proc. AIC Color 05*, Granada(Spain)(2005).
34. “UK: New Standard For Colour Communication”, <http://www.just-style.com/>, Sep., 2005.
35. J. Xin Ed., *Total Colour Management in Textiles*, Woodhead Publishing Ltd., 2006.
36. 김동호 편, 산업 현장의 색관리 98-강의 노트, <http://www.cybercolor.info/>, 1998.
37. 김동호 편, 산업 색채 관리 99-강의 노트, <http://www.cybercolor.info/>, 1999.
38. 김동호 편, 색채 관리 2003-강의 노트, <http://www.cybercolor.info/>, 2003.

저자 프로필

김 동 호



1987. 서울대학교 섬유공학과 졸업  
1989. 서울대학교 섬유공학과(석사)  
1997. 영국 Leeds대(Ph.D. in Colour Physics)  
1999. Leeds 색차식(LCD99) 개발  
2003-2004 Marquis Who's Who 인명 사진 사이언스-엔지니어링 분야 등재  
2004-현재. 사이버칼라정보기술 (Cybercolor.info) 대표  
(110-070)서울 종로구 내수동 용비어천가 304  
Tel : 02-736-6285, Fax : 02-736-6287  
e-mail : donghokim@korea.com

차 희 철



1990. 숭실대학교 섬유공학과 졸업  
1993. 숭실대학교 섬유공학과(석사)  
2002. 숭실대학교 섬유공학과(박사 수료)  
1993. 현재. 한국생산기술연구원 디지털 염색팀 선임연구원  
(425-836)경기 안산시 성곡동 단원구 시화공단 4마 203  
Tel : 031-496-6721, Fax : 031-496-6710  
e-mail : heecheol@kitech.re.kr