

색 온도 느낌을 고려한 색 대비 평가 알고리즘

장 영 건[†]

요 약

웹 접근성 평가를 위하여 기존의 문서의 배경색과 문자 색 사이의 색 대비 정의에 대한 알고리즘을 조사하고, 비교하였다. 색 조합에 대한 기존의 색 대비에 대한 정량적 정의는 가독성 측면에서 불완전하며, 사용자에 대한 시험 평가에서도 무시하지 못할 불일치를 드러내고 있다. 본 연구에서는 기존의 W3C와 미국 토양조사센터(NSSC)의 색 대비 평가 알고리즘을 웹 안전 색의 조합에 적용하여 비교 분석하였고, 이를 위하여 NSSC의 알고리즘을 실수 영역으로 확장하였다. W3C의 알고리즘을 보완하여 색 온도 느낌을 고려한 알고리즘을 제안하며, 해당 알고리즘을 구현하였다. 시험 결과 W3C의 알고리즘과 NSSC의 알고리즘은 모순된 결과가 없었으나, W3C의 기준이 미국 토양조사센터의 기준보다 너무 엄격하며, 전체 색조합의 94.7%가 부적절한 색 대비를 제공하는 것으로 판정되었다. 본 연구에서 제안한 색 대비 알고리즘은 W3C의 방식에 비하여 색 대비와 가독성의 관계 사이의 선형성이 개선되었다. 따라서 색 대비의 정량적 요소로써 색 온도 느낌이 추가되어야 한다는 타당성이 입증되었다. 그러나 색 대비 알고리즘에 색 온도 느낌에 대한 최적의 반영 비율 및 가독성을 보장하는 적장 값의 설정은 좀 더 연구가 필요하며, 문자의 스타일과 크기에 따라 요구되는 색 대조 정도에 대한 연구가 필요하다. 색 대비는 일반 데스크톱 컴퓨터에서의 색에 의한 화면 접근 장애뿐만 아니라 휴대용 디스플레이 장치의 소형화에 따른 가독성 저하 문제가 더욱 심각해지면서 더욱 중요한 접근성 지표가 될 것이다.

키워드 : 색 대비, 평가 알고리즘, 가독성, 색 온도 느낌, 화면 접근 장애

Color Contrast Evaluation Algorithm Considering Color Temperature Feeling

Jang Young Gun[†]

ABSTRACT

In this paper, two color contrast evaluation algorithms, W3C and NSSC algorithms are compared and investigated to select proper criteria of the color contrast of text-background color combinations in web documents. The relationship between the color contrast defined by existing formula and the readability rating is not perfect and there is quite a bit of variance, in particular, there is some substantial outlier. I modify the NSSC algorithm to apply all colors and compare the two algorithms to apply same color combinations of web safe colors. A new algorithm considering color temperature feeling as a component of the color contrast is proposed and implemented. As the results of this study, the existing two algorithms are not contradictory to each other, 82% of all color combinations of web safe colors are not proper combinations according to W3C guide which provide severe restriction to select colors in web documents compared to NSSC algorithm. Experimental test shows proposed algorithm is superior to the W3C algorithm with respect to the linearity of relationship between color contrast and readability rating. It means a color temperature feeling is an effective component of a color contrast. But to determine best contribution ratio of the color temperature feeling, further study is required and it is related to Hangeul font style and size. The more popular a mobile color display is used, the more important accessibility factor a color contrast will be.

Key Words : Color Contrast, Evaluation Algorithm, Readability, Color Temperature Feeling, Display Accessibility

1. 서 론

Desktop 컴퓨터뿐만 아니라 핸드폰, PDA 등 모바일 디지털 정보통신 기기에서는 그래픽 인터페이스의 채움과 콘텐츠의 색의 다양성이 크게 증가하고 있으며, 이 경향은 앞으로 더욱 가속화될 것이다. 방송과 통신의 융합, 유무선 인터넷의 통합 등, 기술과 사업의 영역별 장벽이 무너지고 있

고, 미려하고 화려한 콘텐츠에 대한 사용자의 요구는 더욱 증가할 것이 예상된다. 휴대용 디스플레이 장치의 사용자들은 작은 디스플레이 크기로 인하여 Desktop 컴퓨터 사용자에게 비하여 콘텐츠의 인식에 더욱 큰 장애를 겪고 있다. 사용자 측면에서는 청소년들의 과도한 TV 시청, 컴퓨터 게임 및 인터넷 사용 시간 증대 등으로, 평균적 시각 능력이 급격히 나빠지고 있어, 노인 인구뿐만 아니라 중장년층에서도 빠르게 노안 현상 및 시각 능력 저하가 나타나고 있다. 따라서 국내의 100만명 정도로 추정되는 시각 이상자[1],

[†] 정 회 원 : 청주대학교 정보기술공학부 부교수
논문접수 : 2006년 1월 13일, 심사완료 : 2006년 5월 18일

3-4%로 추정되는 난독증자[2], 수백만명의 노인뿐만 아니라 더욱 많은 인구가 정보통신기기에서 제공되는 콘텐츠의 시각적 접근에 어려움을 겪고 있으며, 앞으로는 더욱 그 장애가 심화될 것이 예상된다. 디스플레이 장치에서 색으로 인한 장애는 그래픽 정보는 물론이고, 문자 정보의 가독성을 저하시키며, 문자의 크기가 작아질수록 더욱 가독성이 나빠진다[3, 4]. 색으로 인한 접근 장애는 원인 별로 서로 다르며, 개인별로 다양한 증상을 보이고 있다. 그러나 공통적인 현상은 콘텐츠의 낮은 색 대조가 가독성을 저하시키는 주요 요인으로 보고되고 있다.

웹 문서의 경우 W3C의 웹접근성 이니셔티브의 페이지 저작 권고안에서는 HTML문서를 좀 더 접근적으로 만들어야 한다는 것을 규정하고 있으며, 권고안 2의 검사 포인트 2.2는 흑백 화면으로 볼 때 또는 색각 이상을 갖는 사람이 볼 때, 전경색과 배경색의 조합이 충분한 대조를 제공해야 한다는 것을 규정하고 있고[5], 접근성 평가 및 수정도구 기법의 검사항목 2.2에서는 토론토 대학의 웹 접근성 평가 수정도구인 A-prompt의 색 대비 알고리즘에서 사용하는 색상(hue)차이와 밝기 차이가 각각 125와 500 이상이 되도록 배경 색과 문자 색을 선택할 것을 권고하고 있다[6]. 국내에서는 행정자치부의 행정기관 홈페이지 구축·운용표준지침의 별첨1의 장애인·노인 등의 정보통신 접근성 향상을 위한 권장지침의 제 12조(색상 식별능력의 보완)에서 “① 색상 식별능력을 요구하는 입력 및 제어 기능을 가진 정보통신제품과 정보통신서비스에는 색상 이외의 방법으로도 식별 또는 작동할 수 있는 보완적인 수단이 제공되도록 한다. ② 색상 식별능력을 요구하는 화면 출력 기능을 가진 정보통신제품과 정보통신서비스에는 색상을 사용한 의미의 전달이 흑백 화면에서도 동일하게 이루어질 수 있도록 하고, 배경이나 글씨의 색을 변경시킬 수 있는 수단이 제공되도록 한다.”라고 규정하고 있다[7]. 그러나 이 규정에서 언급하고 있는 충분한 대조라는 것이 정량적으로 어떤 것인지의는 국내의 어떤 기관에서도 발표한 바 없다.

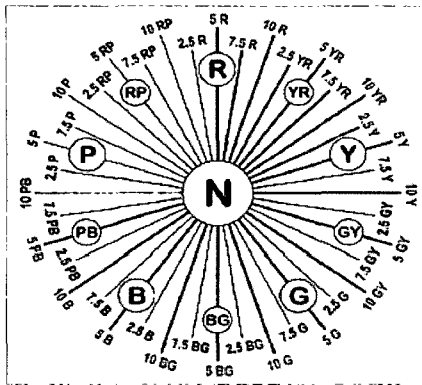
W3C의 웹접근성 지침에서 색 대조 기준은 A-prompt의 색 대조 알고리즘을 연구한 Ridpath도 인정한 바와 같이 불완전하다. 그는 가독성에 영향을 미치는 다른 요소들이 있으며, 제시한 알고리즘에 의하여 밝기 차이도 크고, 색상 차이도 크다고 판단된 색 조합들이 가독성 측면에서 여러 시험 대상자들에 의하여 낮은 점수를 받은 사례, 알고리즘에 의하여 밝기 차이와 색상 차이가 아주 낮은 것으로 평가된 몇 샘플들이 적지 않은 시험 대상자들에 의하여 높은 점수를 받은 사례 등을 보고하였다. 또한 매우 큰 색상 차이는 결함을 유발하여 가독성을 감소시킨다고 하였다[8]. 그의 연구에서 제안한 알고리즘은 색의 3요소 중의 하나인 채도를 전혀 사용하지 않았으며, 색채 심리학에서 색을 구별하는 가장 강력한 요소 중의 하나인 따뜻한 색과 찬색의 대조 등을 무시하였다. 따라서 W3C의 접근성 평가 및 수정도구 기법의 검사 항목 2.2의 권고안은 개선될 여지가 많다. 본 연구에서는 첫째, 기존의 W3C와 미국 토양조사센터(National

Soil Survey Center)에서 사용하고 있는 색 대비 평가 알고리즘을 비교 평가하고, 토양조사센터의 알고리즘을 웹 문서에 적용할 수 있도록 수정하여 확장할 것이다. 두 단체에서 가독성을 보장하기 위하여 권고하고 있는 색 대비기준을 216개의 웹 안전 색들의 색 조합들에 대하여 시험하고, 그 차이를 비교 평가할 것이다. 색 대비 기준은 적용할 대상에 따라 달라지지만, 기준 설정의 타당성이 중요하다. 그러나 그 타당성을 비교 평가한 연구는 본인의 조사에서는 발견되지 않았다. 둘째, 기존의 W3C 색 대조 평가 알고리즘에 색채심리학에서 강조하는 색온도 느낌을 고려한 대조 알고리즘을 부가하여 새로운 색 대조 기준을 제시하고, 그 타당성을 임상적 실험을 통하여 검증할 것이다.

2. 기존의 색 대비 평가 알고리즘

문서에서 색을 포함한 정보를 인식하는데 있어서 각각의 색의 인식보다는 다른 색에 대한 한 색의 대조가 그것들을 인식하는데 크게 영향을 미친다. Arditi는 웹에 사용되는 효과적인 색의 대조를 위하여 색의 3가지 요소인 색상, 밝기, 포화도를 고려한 문서 저작 가이드라인을 제시하였다[9]. 그러나 그가 제시한 가이드라인은 정성적인 언어로 표현되어 웹 페이지의 색 조합을 정량적으로 평가하는 데는 쓰일 수 없으며, 저작을 할 때도 명확한 판단을 내리기 어려운 경우가 발생한다.

배경색과 문자 색을 대상으로 웹 문서의 가독성에 대한 실험적 연구는 매우 적다. Hill과 schaff는 그들의 연구 결과에서 높은 색 대조는 가독성을 향상시키지만, 그 관계가 완전하지 않다는 것을 제시하였다. 즉 밝은 회색 배경에 노랑이나 검은 색 글자는 백색 배경의 검은 색 문자보다 가독성이 높았다[10]. 좀 더 색 대비와 가독성과의 관계를 정량적으로 일반화시킨 연구는 토론토 대학에서 웹 접근성 평가 수정도구인 A-prompt를 연구하는 과정에서 Ridpath 등에 의하여 수행되었다. 그들은 216개의 웹 안전 색에 대하여 밝기 차이와 색상 차이를 근거로 색 대비를 7단계로 분류하고, 42개의 서로 다른 배경색과 문자 색의 색 조합을 갖는 웹 페이지를 사용자에게 제시하고, 가독성에 대한 사용자 평가 결과를 수집하였다. 수집된 결과는 밝기 차이와 색상 차이를 근거로 작성된 색 대비 샘플에 대해서 색 대비가 증가할수록 가독성이 증가한다는 일반적 이론과 일치하였다. 그러나 무시하지 못할 정도의 사용자가 색 대비가 낮은 샘플에 대해서도 가독성이 좋다는 선택을 하였고, 선택의 변화도 상당히 큰 단계들이 존재하였다. 이들의 연구결과에서 스스로도 인정하였지만, 색 조합에 대한 색 대비의 정량적 정의는 가독성 측면에서 불완전하며, 사용자에게 대한 시험 평가에서도 무시하지 못할 불일치를 드러내고 있다[8, 11]. 밝기 차이(b_d)와 색상차이(h_d)는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 정의하였다. 그러나 색 대비를 7단계로 분류할 때, 이 밝기 차이와 색상 차이를 어떻게 전체적 색 대비에 반영하였는지는 밝히지 않고 있다.



(그림 1) 먼셀의 색상환

$$b_d = (299ABS(R_{text} - R_{back}) + 587ABS(G_{text} - G_{back}) + 114ABS(B_{text} - B_{back}))/1000 \quad (1)$$

이 식에서 ABS는 절대값을 산출하는 함수이며, 0에서 255의 범위의 값을 갖는다. 청색은 녹색에 비하여 인식되는 밝기가 매우 낮게 주어지며, 적색은 중간 정도의 밝기를 갖는다. 배경과 문자에 대한 인식된 밝기를 계산한 후에 두 값 사이의 차이를 밝기 차이를 결정하는데 사용하였다. 밝기 차이를 규정하는 또 다른 기준 중의 하나는 Michelson의 정의가 있다. 이 정의는 바탕과 문자의 밝기의 차이를 그 둘의 밝기의 합으로 나눈 수치로 표현된다. 색상의 차이를 결정하기 위하여 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다.

$$h_d = ABS(R_{text} - R_{back}) + ABS(G_{text} - G_{back}) + ABS(B_{text} - B_{back}) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 R_{text} , G_{text} , B_{text} 는 각각 문자 색의 적색, 녹색, 청색 요소를 나타내며, R_{back} , G_{back} , B_{back} 은 배경 색의 적색, 녹색 청색 요소를 나타낸다. h_d 는 0-765 범위에서 결정되며, 0은 색차이가 없음을, 765는 가장 큰 색 차이를 나타낸다. 이 계산에서 모든 수는 반올림한다.

2002년 미국의 토양조사센터에서는 토양지도를 작성할 때, 경계가 되는 토양 색 들 사이의 대조가 작아서 지도에서 토양 경계를 구분할 수 없는 문제를 해결하고자 토양을 표시하는 색들 사이의 대조를 규정하는 보고서를 발간하였다[12]. 이 문서는 자유 곡면을 경계로 색으로 표현된 도형 사이의 뚜렷하지 않은 색 대조로 발생하는 인식 오류나 혼란을 방지하기 위하여, 도형에 대한 색 대조의 가독성 기준을 과학적으로 제시한 세계 최초의 문서로 판단된다. 문자도 도형의 조합으로 볼 수 있으며, 색 대비가 문자의 가독성에 미치는 영향은 한자와 같이 복잡한 형태를 갖는 문자와 영어와 같이 좀 더 단순한 형태의 문자 간에 차이가 발생할 수 있다. 발간된 토양조사기술보고서 2에는 먼셀표색계의 용어를 사용하여 색 대비를 저 대비, 중 대비, 고 대비로 분류하였고, 그 정의는 식 (5), (6)과 같으며, 식에서 사용한 H, V, C는 먼셀의 표색계에서 정의된 용어이며, 각각 색상(hue), 명도(value), 채도(chroma)를 의미한다. 명도는 밝

기(lightness), 채도는 색의 순도(saturation)의 개념과 유사하다. (그림 1)의 먼셀의 색상환은 색상이 2.5의 같은 간격으로 배치되어 있으며, 이 간격 즉 색상환에서 9도 차이가 식 (5), (6)에서 색상(Hue) 값의 차이 1에 해당된다. 이 그림에서 굵게 표시된 색상은 토양지도에서 토양 색으로 선택할 수 있는 색상이다. 색상 차이(hue difference)의 최대 거리는 20이며, 한 방향으로 측정된 거리가 이보다 크면 반대방향으로의 거리가 더 가깝다는 것을 의미한다.

$$\Delta V = Abs(V_{back} - V_{fore}) \quad (3)$$

$$\Delta C = Abs(C_{back} - C_{fore})$$

식 (3)에서 V_{back} , C_{back} , V_{fore} , C_{fore} 는 각각 배경색과 문자 색의 명도, 채도이다. ΔH 는 (그림 1)의 먼셀 색상환의 값을 참조하여 색상환의 색 배치에 따라 인덱스를 계산하고, 인덱스의 차이를 계산한다. 즉 비교하는 두 색의 색상 인덱스를 각각 i와 j라 하면,

$$\Delta H = Abs(i - j) \quad (4)$$

if $\Delta H > 20$ then $\Delta H = 40 - \Delta H$ 가 성립한다.

저대비 - 근접한 검사를 할 때만 분명한 대비를 말하며, 그 조건은 다음과 같다.

- 1) $V_1, V_2 \leq 3, C_1, C_2 \leq 2$ 또는
- 2) $\Delta H = 0, \Delta V \leq 2, \Delta C \leq 1$ 또는
- 3) $\Delta H = 1, \Delta V \leq 1, \Delta C \leq 1$ 또는
- 4) $\Delta H = 2, \Delta V = 0, \Delta C = 0$

중대비 - 쉽게 구별이 되지만 비교되는 색에 대하여 중간 정도의 대비를 갖는다. 대비는 다음과 같다면 중대비이다.

- 1) $\Delta H = 0$ 이고,
 - a. $\Delta V \leq 2, \Delta C \geq 1$ or $1 \leq 4$ 또는
 - b. $\Delta V \geq 2$ or $1 \leq 4, \Delta C \leq 4$
- 2) $\Delta H = 1$ 이고,
 - a. $\Delta V \leq 1, \Delta C \geq 1$ or $1 \leq 3$ 또는
 - b. $\Delta V \geq 1$ or $1 \leq 3, \Delta C \leq 3$
- 3) $\Delta H = 2$ 이고,
 - a. $\Delta V = 0, \Delta C \geq 0$ or $1 \leq 2$ 또는
 - b. $\Delta V \geq 0$ or $1 \leq 2, \Delta C \leq 2$

고대비 - 비교되는 색과 강력하게 대비된다. 저대비와 중대비가 아니면 고대비이다.

식 (5), (6)에서 보듯이 토양조사센터의 방식은 ΔH 가 자연수일 때만 적용할 수 있는 약점을 가지고 있다. Munsell 색 차트의 색상(Hue)이 색상 간격이 색상환에서 9도씩 떨어져 배치되어 있는 색만을 사용하기 때문에 문제를 발생시키지 않지만 웹 안전 색과 같이 다양한 색을 사용할 때에는 색상(hue)이 20개의 색상환에 표현되는 색상을 벗어나 실수로 표현될 수 있다. 따라서 이 기준을 색상이 먼셀 색상환의 20

가지가 넘을 때도 적용할 수 있도록 확장해야만 웹 안전 색들에 적용할 수 있다. 본 연구에서는 뚜렷한 색 대비의 기준을 정하는 것이 중요하므로 저대비와 중대비를 구분하지 않고, 뚜렷하지 않은 대비로 보아 합성하였고, 식 (5), (6)을 ΔH 의 실수 영역으로 확장하였다. 뚜렷하지 않은 대비 기준은 ΔH 를 0에서 2사이에서 정의하고, 대비의 기준이 $\Delta H, \Delta V, \Delta C$ 공간에서 선형적으로 확장된다고 가정하였다. 즉 식 (7)과 같은 조건에서는 ΔH 의 값과 무관하게 뚜렷하지 않은 대비가 되며, 식 (5), (6)에서 0에서 4사이에서 정의된 $\Delta V, \Delta C$ 영역의 극한값을 식 (8)과 같이 ΔH 와의 관계로 정의된 공간에서 선형적으로 확장하면, 식 (9)와 같이 표현할 수 있으며, 이 조건에서 뚜렷하지 않은 대비를 제공한다.

뚜렷하지 않은 대비 :

$$1) V_1, V_2 \leq 3 \text{ and } C_1, C_2 \leq 2 \tag{7}$$

2) $2 \leq \Delta H \leq 4$ 이고 뚜렷하지 않은 명도차이 ΔV_T 와 채도 차이 ΔC_T 의 한계를 식 (8)과 같이 정의하면

$$\Delta V_T = 4 - \Delta H, \Delta C_T = 4 - \Delta H \tag{8}$$

식 (9)로 표현된 영역에서는 뚜렷하지 않은 대비가 제공된다.

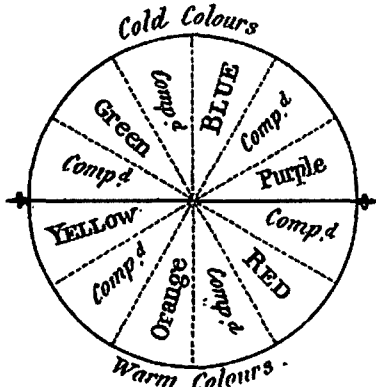
$$\Delta V \leq \Delta V_T \tag{9}$$

$$\Delta C \leq \Delta C_T$$

3. 색 온도 느낌의 분류와 새로운 색 대비 알고리즘

일반적으로 색 대조에서 색 온도에 의한 대조는 가장 강력한 대조 중에 하나로 알려져 있다. 그러나 막상 따뜻한 색과 찬색을 규정하는 방식은 규정된 사람마다 약간의 차이를 보이고 있다. 세계에서 최초로 색을 따뜻한 색과 찬색으로 분류한 사람은 영국의 화가 헤이터(Hyater)로, 1813년 원근법 개론에서 (그림 2)와 같이 분류한 것이 최초로 보인다.

심리작용에서 보면 빨강이나 귤색은 따뜻하게, 청색이나 녹색은 시원하게 느껴진다. (그림 3)과 같이 색상환을 황록색과 보라색을 연결하는 직선으로 분할하면 우측의 반원은 따뜻한 색감을, 좌측의 반원은 찬 색감을 주는 색상으로 나뉜다[13]. 한 색상에서는 밝은 색이 어두운 색보다 시원하게



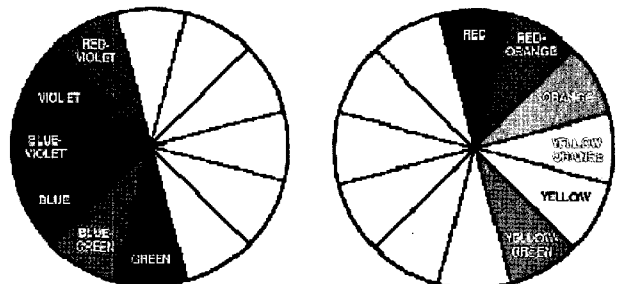
(그림 2) 헤이터의 따뜻한 색/찬색 색상환

느껴진다. 색을 평면상에 배열하면 따뜻한 색감을 주는 색상은 돌출해 보이고, 찬 색감을 주는 색상은 후퇴해 보인다. 돌출하는 색은 부풀어 보이고, 후퇴하는 색은 오그라들어 보인다. 그러나 이 색상환은 현대의 표색계의 어떤 표준 색상환과도 일치하지 않는다. 또한 황록색(yellow Green)의 경우는 헤이터의 색상환에서는 찬색으로 분류되지만, (그림 3)의 색상환에서는 따뜻한 색으로 분류되었다. 클리스틴의 웹 안전색의 분류에서는 녹색조차 따뜻한 색으로 분류하였다[14]. 즉 분류하는 목적에 따라 따뜻한 색과 찬색의 분류는 달라지지만, 대부분의 차이는 분류의 경계에 존재하는 색들이다. 본 연구에서는 분류의 경계색인 녹색과 자두색(purple) 등 색감이 뚜렷하지 않은 색은 중간색으로 분류하였고, 상대적 색감은 고려하지 않았으며, 216개의 웹 안전 색들을 찬색, 따뜻한 색, 중간색으로 분류하였다.

분류된 색 온도 느낌을 색을 포함한 문서의 색 대조 평가 알고리즘에 적용하였고, 색 대조를 색상 대조(\hat{h}_d), 밝기 대조(\hat{b}_d), 온도 대조(\hat{t}_d)의 합으로 규정하였다. 온도 대조는 식 (10)과 같이 표현할 수 있다. 이 식에서 c, w, m은 각각 찬색, 따뜻한 색, 중간색을 표현한 상수이다.

$$\begin{aligned} &\text{if}(\text{temperature of Text_color} = 'w' \text{ and temperature of} \\ &\text{background_color} = 'c') \text{ or} \\ &(\text{temperature of Text_color} = 'c' \text{ and temperature of} \\ &\text{background_color} = 'w') \text{ then } \hat{t}_d = 1 \\ &\text{else if}(\text{temperature of Text_color} = 'w' \text{ and temperature} \\ &\text{of background_color} = 'm') \text{ or} \\ &(\text{temperature of Text_color} = 'm' \text{ and temperature of} \\ &\text{background_color} = 'w') \text{ or} \\ &(\text{temperature of Text_color} = 'c' \text{ and temperature of} \\ &\text{background_color} = 'm') \text{ or} \\ &(\text{temperature of Text_color} = 'm' \text{ and temperature of} \\ &\text{background_color} = 'c') \text{ then } \hat{t}_d = 0.5 \\ &\text{else } \hat{t}_d = 0; \end{aligned} \tag{10}$$

다양한 값을 갖는 색상 대조와 밝기 대조와는 달리, 온도 대조는 절대적 찬색과 절대적 따뜻한 색의 대조일 때는 1, 찬색과 중간색 또는 따뜻한 색과 중간색 대조일 때는 0.5, 그 외에는 0인 셋 중에 하나의 값을 갖도록 하였다. 따라서



(a) 찬색

(b) 따뜻한 색

(그림 3) shaw사의 찬색/따뜻한 색 색상환

동등한 크기를 가질 때 1, 0.5, 0으로 선택되어 전체 색 대조에 절대적 영향력을 갖는다. 본 연구에서는 그 영향력을 조절하기 위하여 가중치를 적용하여 전체적 색 대조($\hat{t}c_c$)는 식 (11)과 같이 규정하였다.

$$\hat{t}c_c = (\hat{h}_d + \hat{b}_d + \alpha \hat{t}_d) / 3 \quad (11)$$

이 식에서 α 는 실험적으로 설정하였으며, 초기 값은 1/3이다. 온도 대조의 정량화는 색을 세분화할수록 규정하기 어려운 문제이다. 온도 대조는 온도에 대한 심리적인 느낌을 표현한 것으로 일정한 빛깔을 나타내는데 필요한 광원의 복사에너지를 나타내는 일반적인 색 온도의 정의와는 다르다. 일반적인 색온도는 낮은 온도에서 붉은 색 계통이 나타나고, 높은 온도에서 청색 계통이 나타나지만, 심리적인 색감 표현에서는 붉은 계통의 색이 따뜻한 색이고, 청색 계통이 찬색으로 표현된다. 본 연구에서는 216개의 웹 안전 색에 대하여 찬색, 따뜻한 색, 중간색으로 분류하였지만, 색을 16비트 이상으로 표현하는 모든 색에 대하여 적용하고자 할 때, 많은 모호한 판단이 나타날 수 있으며, R, G, B로 색을 표현할 때는 이러한 색 감각은 매우 비선형적이다.

4. 시험 및 평가

4.1 기존 W3C와 NSSC 알고리즘 비교 평가

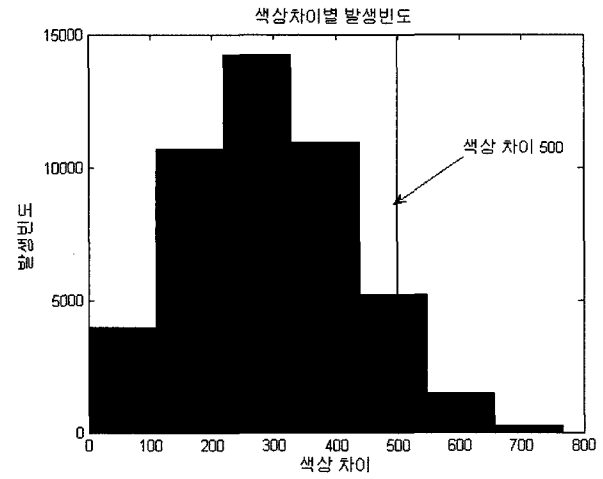
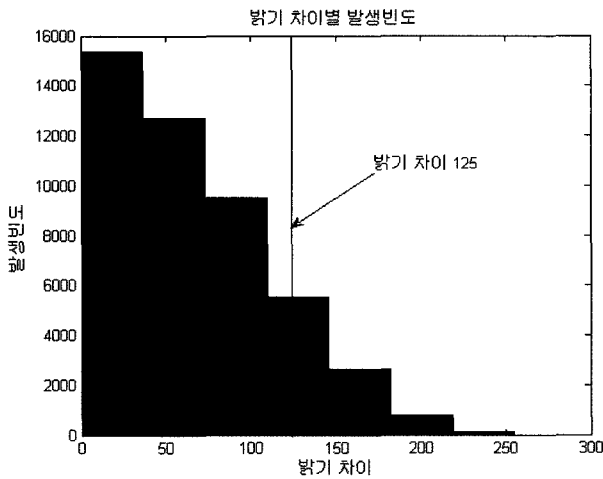
문자 색과 배경색의 웹 안전색의 조합은 46656개가 가능하다. 기존의 W3C 알고리즘과 웹 안전 색에 적용할 수 있도록 변형한 NSSC 알고리즘을 웹 안전 색의 조합에 적용하여, 그 결과를 평가하고, 두 알고리즘 사이의 관계를 도출하였다. NSSC의 기준은 먼셀 색표계를 사용하므로, 216개의 웹 안전 색들의 R,G,B 표현을 먼셀 색표계로 변환하였다. 감마(Gamma)값은 윈도우즈 운영체제를 사용하는 컴퓨터에 권장되는 2.2로 지정하여 변환하여 식 (7)과 식 (9)를

적용하여 대비의 정도를 시험하였다. W3C에서는 식 (1)과 (2)에서 정의된 색상차이와 밝기차이에 대하여 배경색과 문자 색의 색상 차이가 500이상이고, 밝기 차이가 125이상이면 가독성에서 문제가 없는 색 대비를 제공하는 것으로 규정하고 있다. 이 기준들을 사용하여 웹 안전 색들의 조합에 적용하여 평가하였다. 216개의 웹 안전 색들의 전체 색 조합인 46656개의 색조합에서 W3C의 기준에 부합되지 않는 경우가 전체의 94.7%에 이르러 대부분의 색 조합이 충분한 색 대비를 제공하지 못하는 것으로 나타났다. W3C의 밝기 차이와 색상차이에 대한 발생빈도를 (그림 4)에 표시하였다.

W3C와 NSSC의 두 기준 사이에서 모순이 나타나는 경우는 없었다. 그러나 NSSC기준으로는 고대비이지만 W3C 기준으로는 충분하지 못한 대비로 나타난 경우가 전체의 77.6%에 이르러 두 기준 사이의 차이가 너무 큰 것으로 나타났다. 그 이유는 첫째, W3C의 기준이 정상인은 물론이고, 시각적 결함을 가진 사용자까지도 충분히 볼 수 있도록 기준을 크게 강화했고, 둘째 NSSC의 기준은 지도 작성용이기 때문에 지도가 복잡한 패턴을 갖는 문자보다 단순한 패턴을 갖고, 연속적 영역을 점유하여 구분이 더욱 쉽기 때문이다. 그럼에도 불구하고, W3C의 기준은 너무 엄격하고, 또한 W3C에서는 이 기준에 대한 타당성 있는 설명이나 통계적 자료를 제공하고 있지 않다. 또한 일반인들에게 적용하기에는 너무 색 선택의 제한을 가하고 있다고 볼 수 있다.

4.2 색 대비에 대한 가독성 평가 실험

이 실험에서는 웹상에서 제공되는 문서의 가독성에 미치는 색 대비 효과를 시험하였다. 기존의 W3C 알고리즘과 색 온도 느낌을 정량화하여 색 대비에 적용한 새로운 색 대비 알고리즘을 적용하여 각각 216개의 문자색과 배경색을 갖는 46656개의 웹 문서 색 조합을 색 대비 정도에 따라 7단계의 문서 샘플로 분류하였다. 이 샘플들을 각 단계별로 6개씩 각 알고리즘 당 총 42개의 샘플 문서를 시험 참여자에게 제



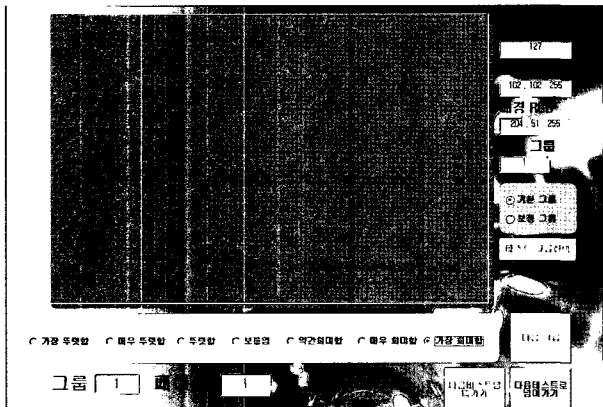
(a) (b)
(그림 4) W3C의 밝기 차이와 색상 차이에 대한 웹 안전 색조합의 발생빈도

공하여 사용자가 보이는 정도를 평가하는 방식을 취하였다. 시험 평가 프로그램은 비주얼 베이직으로 작성되었고, 웹 서버에서 다운 받아 사용자 컴퓨터에 설치하고, 실행하여 시험을 수행하도록 하였다.

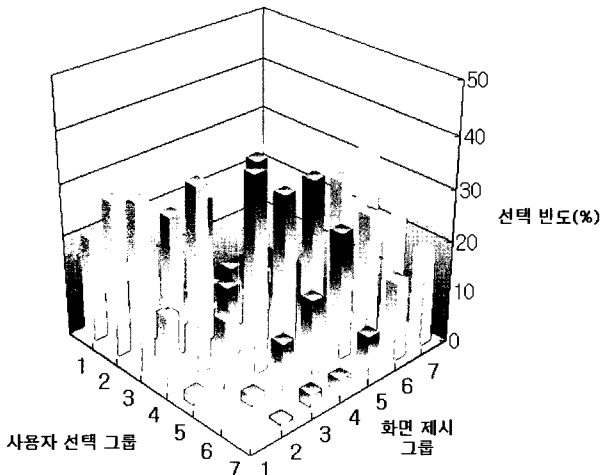
4.2.1 실험 방법

A대학교의 컴퓨터정보공학전공에서 개설된 과목을 수강하는 82명의 남녀 학생들이 실험에 참여하였다. 실험에 참가한 학생들의 시력은 조사되지 않았고, 색맹이나 색약은 실험에 참가하지 않았다.

실험 방법은 문서와 문서의 가독성을 평가하는 프로그램을 서버에서 다운 받아 본인의 컴퓨터에 설치하고, 실행하며, 시험은 시간의 제한이 없이 시험 평가 프로그램에서 임의적으로 선택된 색상을 가진 단일한 문장의 가독성을 7단계로 평가하도록 하였다. 생성된 시험 결과 파일을 시험 참여자가 서버에 전달하여, 결과 파일을 분석하였다. 이 시험에서 사용한 사용자 인터페이스는 (그림 5)와 같다. 우측에는 선택된 문자색과 배경색의 RGB값을 나타내는 부분이 있으며, 시험 평가 프로그램의 신뢰성을 검증하기 위하여 관리자 차원에서 만든 것이다. 제공된 프로그램에서 일반 가독성 시험(기본 그룹)과 색온도를 고려한 가독성 시험(보정



(그림 5) 가독성 시험 평가 프로그램의 사용자 화면

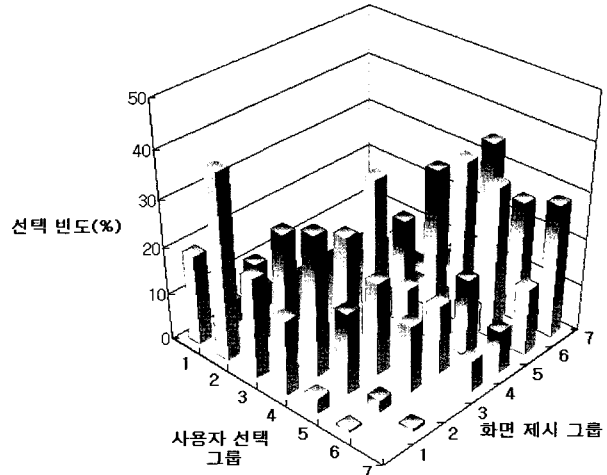


(그림 6) W3C 알고리즘에 대한 시험 결과

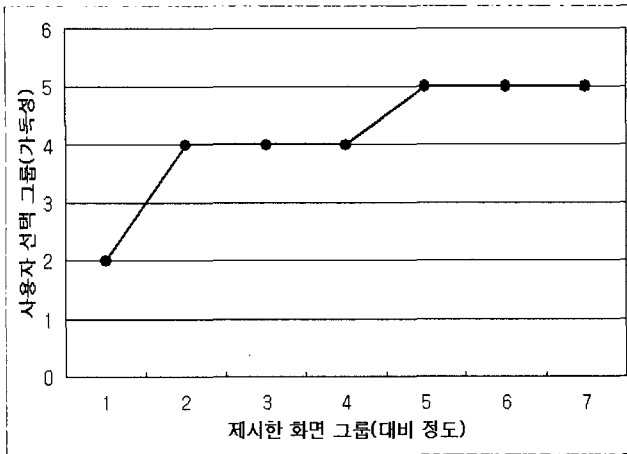
그룹)을 사용자가 차례로 선택하게 하였고, 선택할 때에 시험 내용을 알 수 있는 용어는 사용하지 않았다. 각 실험은 그룹별로 가능한 6665개의 색 조합 중에서 6개의 색 조합 샘플이 제시되며, 총 42개의 샘플 문장이 제시된다. 시험의 신뢰성을 위하여 각 그룹 별로 2개의 샘플이 동일하게 제시되며, 해당 샘플에 대한 가독성 선택이 같지 않으면, 해당 단계의 사용자의 모든 선택을 평가에서 제외하였다. 제시 수준의 그룹은 기본 그룹의 경우 밝기 차이와 색상차이를 기준으로 가장 차이가 큰 그룹을 7로, 가장 차이가 작은 그룹을 1로 정하여 화면을 제시하였다. 가독성 수준은 “가장 뚜렷함”에서 “가장 희미함”의 7 개 중에서 사용자가 선택하도록 하였으며, 사용자가 문장을 보고, 가독성 평가 결과로써 화면 하단의 7개 옵션 중에서 하나를 선택하고, 다음 시험으로 넘어가게 하였다. 이러한 선택방법은 토론토 대학에서 사용하였던, 가독성 수준을 100분을 막대 바로 지정하도록 한 방법과 다르며, 심리적 지표를 정량적으로 표시하는 것이 시험 참가자에게 부담을 주는 것을 피할 수 있다.

4.2.2 결과 및 논의

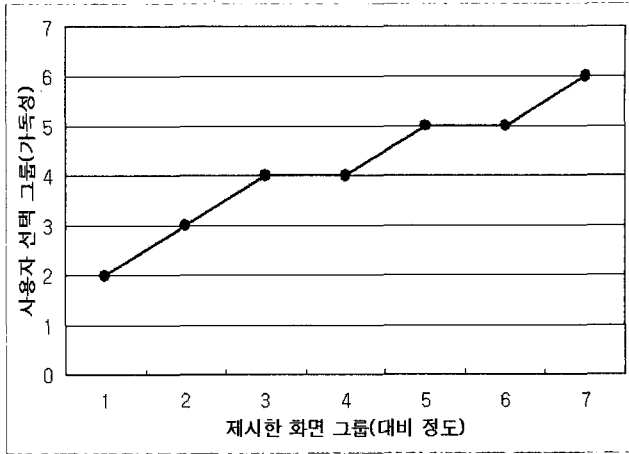
W3C 알고리즘을 적용한 시험의 결과를 (그림 6)에 표시하였다. 대체적으로 화면 제시 그룹이 증가할수록 즉 색대비가 높은 화면을 제시할수록 사용자 선택 그룹이 증가하여, 가독성이 증가하였고, 이 결과는 대체적으로 Ridpath의 시험 결과와 일치하였다. 또한 색 대비가 매우 크게 제시된 경우와 매우 낮게 제시된 경우에, 적지 않은 사용자가 낮은 가독성과 높은 가독성을 선택하였고, 이러한 경향은 Ridpath의 시험에서도 나타난 것이다. 색 온도의 느낌을 색 대비에 포함시킨 시험 결과를 (그림 7)에 표시하였다. 이 시험에서도 (그림 6)에 나타난 경향이 대부분 유지되는 것을 알 수 있다. 즉 색 대비가 증가할수록 가독성이 증가하지만, 가장 색 대비를 크게 제시한 7번 그룹과 6번 그룹에 대하여 각각 4%와 11%가 약간 희미하거나 매우 희미함을 선택하였고, 색 대비를 낮게 제시한 2번 그룹에 대해서는 24%가 6번 이상의 사용자 선택을 하여, 뚜렷하거나 매우 뚜렷하게 보인



(그림 7) 제안 알고리즘에 대한 시험 결과



(그림 8) W3C 알고리즘에 대한 사용자 선택 중앙값



(그림 9) 제안 알고리즘에 대한 사용자 선택 중앙값

다고 답하여, 색 대비에 대응하여 적지 않은 사용자가 예측하지 못한 선택을 하는 경우가 발생하였다. 그럼에도 불구하고, 전체적인 사용자 선택의 특성은 중앙값을 분석할 때 좀 더 분명하게 나타난다. W3C의 알고리즘과 제안한 알고리즘 시험에서 제시된 화면 그룹에 대한 사용자 선택의 중앙값을 각각 (그림 8), (그림 9)에 표시하였다. 두 그룹을 비교하면 제안한 알고리즘이 W3C 알고리즘에 비하여 색 대비가 증가할수록 가독성이 증가하는 선형성이 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 색 대비에서 색 온도 느낌을 도입하는 것이 타당하다는 것이 임상 실험에서 검증되었다. 그러나 이 실험에서 색 대비에 대한 색 온도느낌의 최적화는 목표로 하지 않았다.

5. 결 론

웹 문서 및 정보 단말기에서는 문자와 배경색간의 색 대비 부족으로 발생하는 가독성 저하를 방지하기 위하여 일정 수준이상의 색 대비를 제공하여야 한다. 본 연구에서는 색 대비 평가 알고리즘 중에서 대표적인 W3C의 알고리즘과 토양지도 작성에서 색 대비 혼란을 피하기 위하여 사용되는 NSSC의 알고리즘을 216 웹 안전 색들의 조합에 대하여 적용하여 그 결과를 분석하였다. NSSC의 알고리즘은 평가 색상(Hue)이 20개의 먼셀 색상환에 포함된 색으로 제한되어, 본 연구에서는 모든 색상에 대하여 평가가 가능하도록 알고리즘을 확장하고, 수정하였다. 평가 결과 NSSC의 알고리즘과 W3C의 알고리즘은 서로 모순된 결과를 보이진 않았지만, W3C의 알고리즘에서 제시한 요구 대비가 NSSC의 경우보다 지나칠 정도로 높았다. 따라서 정상인을 대상으로 제공되는 웹 문서의 경우 저작자의 색 선택을 지나치게 제한하는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 휴대폰과 같은 작은 디스플레이를 사용하는 경우 필요한 색 대조가 증가하여 더욱 부각될 것이다. 색 대비의 요소로써 온도 대조를 추가하여 가독성 시험을 수행하였다. 시험 결과 본 연구에서 제안하는 방식은 색 대조에 따라 증가하는 가독성의 선형성이

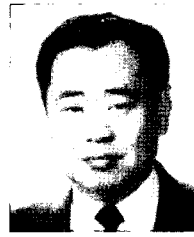
W3C 알고리즘에 비하여 개선되었다. 따라서 색 대조에 색 온도 느낌이 큰 영향을 미친다는 것이 임상적으로 규명되었으며, W3C의 접근성 평가 및 수정도구 기법의 검사 항목 2.2의 권고안은 색 온도 대조를 포함하여 개선되는 것이 바람직하다. 그러나 아직까지 정량적으로 어떻게 고쳐져야 하는지는 좀 더 추가적인 연구가 필요하다. 또한 글꼴 및 폰트 크기에 따라 필요한 색 대조 정도가 달라져야 하며, 이에 대한 추가 연구가 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 장영진, “전자문서용 색각 장애 보정 소프트웨어 개발”, 정보처리학회 논문지, Vol.10-B권, No.5, pp.535-542, Aug., 2003.
- [2] 장영진, “정보기술과 난독증 학습장애”, 정보화정책, 12권 2호, pp.106-122, June, 2005.
- [3] 이혜원, “한글읽기에서 시각질이 빈약한 단어의 제인에 미치는 맥락의 영향”, 한국심리학회지, Vol.16, No.4, pp.467-482, 2004.
- [4] GORDON E. LEGGE, GARY S. RUBIN and ANDREW LUEBKER, “PSYCHOPHYSICS OF READING: V. THE ROLE OF CONTRAST IN NORMAL VISION”, Vision Research, Vol.27, No.7, pp.165-1177, 1987.
- [5] <http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT-TECHS/#tech-color-contrast>
- [6] <http://www.w3.org/TR/AERT#color-contrast>
- [7] 행정자치부, 행정기관 홈페이지 구축·운영 표준지침, 2003. 5.
- [8] Chris Ridpath, Jutta Treviranus, Patrice L.(Tamar) Weiss, Testing The Readability Of Web Page Colors, <http://www9.org/final-posters/47/poster47.html>
- [9] Aries Ardit, Effective Color Contrast Designing for people with Partial Sight and Color Deficiencies http://www.lighthouse.org/color_contrast.htm, 2002.
- [10] Hill, A. and Scharff, L.(1999). “Readability of computer displays as a function of color, saturation, and background

texture". D. Harris Ed., Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, Vol.4, pp.123-130.

- [11] Richard H. Hall, Color Combinations and Readability, http://web.umn.edu/~rhall/commentary/color_readability.htm
- [12] National soil survey center USA, "Soil color contrast", soil survey technical note No.2, 2002. 4.
- [13] shaw Industries,inc. The color wheel is one of the most powerful tools available for home decorating...if you know how to use it. <http://www.shawfloors.com/DesignCenter/MyColor/ColorWheel.asp>
- [14] Christine Rigden, "Now You See It, Now You Don't", IEEE Computer, Vol. 35, No.7, July, 2002, pp.104-105.



장 영 건

e-Mail : ygjang@cju.ac.kr

1980년 인하대학교 전자공학과 학사

1979년~1983년 국방과학연구소 연구원

1983년~1994년 대우중공업 중앙연구소
책임연구원

1991년 인하대학교 전자공학과
(정보공학석사)

1995년 인하대학교 전자공학과 박사(정보공학)

1995년~1996년 고등기술연구원 책임연구원

2003년~2004년 University of California, Davis visiting Professor

1996년~현재 청주대학교 정보기술공학부 부교수

관심분야: HCI, 지능 로봇, 보조기술, 재활공학, 생체정보시스템