

웹 문서의 가독성을 고려한 색 대비 평가 알고리즘 비교

최훈일*, 홍성웅*, 연제용*, 박찬곤*, 장영건*

*청주대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail:ygjjang@cju.ac.kr

A Comparison of Color Contrast Evaluation Algorithms Considering Color Readability of Web Documents

Hoon-Il Choi*, Sung-Woong Hong*, Che-Yong Yon,
, Chan-Khon Park*, Young-Gun Jang*

*Dept of Computer & Information Engr., Chongju University

요 약

본 연구에서는 웹 접근성 평가를 위하여 기존의 문서의 배경색과 문자 색 사이의 색 대조 정의에 대한 알고리즘을 조사하고, 비교하였다. 현재까지 나와 있는 색 조합에 대한 색 대비의 정량적 정의는 가독성 측면에서 불완전하며, 사용자에게 대한 시험 평가에서도 무시하지 못할 불일치를 드러내고 있다. W3C에서 색 대비 평가 방식으로 추천하는 토론토 대학의 웹 접근성 평가 수정도구인 A-prompt에서 사용하는 알고리즘과 미국 토양조사센터의 토양지도 작성을 위한 색 대비 평가 알고리즘을 비교 대상으로 하여 216개의 웹 안전 색의 조합에 대하여 총 46656개의 비교 평가를 수행하였다. 평가 결과 W3C의 기준은 미국 토양조사센터의 기준보다 대비기준이 너무 엄격하며, 전체 색조합의 94.7%가 부적절한 색 대비를 제공하는 것으로 판정 되었다. 따라서 W3C의 기준은 웹 문서 저작자의 색 선택을 상당할 정도로 제약하며, 적용 기준을 정상인에게도 혼란을 줄 수 있는 기준, 시각적 결함을 가진 사용자에게 혼란을 줄 수 있는 3단계의 기준을 적용하는 것을 제안한다. 추후에는 사용자 평가를 통하여 알고리즘의 타당성을 검증하고, 보완점을 제시할 예정이다.

1. 서론

Desktop 컴퓨터뿐만 아니라 핸드폰, PDA 등 현재의 거의 모든 디지털 정보통신 기기에서는 사용자 인터페이스에서 그래픽 인터페이스의 채용과 색의 다양성이 크게 증가하고 있으며, 이 경향은 앞으로 더욱 가속화될 것이다. 더욱이 방송과 통신의 융합, 유무선 인터넷의 통합 등, 기술과 사업의 영역별 장벽이 무너지고 있고, 미려하고 화려한 콘텐츠에 대한 사용자의 요구는 일반화되고 있다. 휴대용 디스플레이 장치에서는 작은 디스플레이 크기로 인하여 Desktop 컴퓨터에서도 콘텐츠의 인식에 어려움을 겪는 사용자들은 더욱 큰 장애를 겪고 있다. 사용자 측면에서는 청소년들의 과도한 TV 시청, 컴퓨터 게임 및 인터넷 사용 시간 증대 등으로, 평균적 시각 능력이 급격히 나빠져서, 노인 인구뿐만 아니라 중장년층에서도 빠르게 노안 현상 및 시각 능력 저하가 나타나고 있다. 따라서 국내의 100만명 정도로 추정되는 색각 이상자[1], 3-4%로

추정되는 난독증자[2], 수백만명의 노인뿐만 아니라 더욱 많은 인구가 정보통신기기에서 제공되는 콘텐츠의 시각적 접근에 어려움을 겪고 있으며, 미래에는 더욱 그 장애가 심화될 것이 예상된다. 이러한 경향은 국내뿐만 아니라 세계적으로도 마찬가지다. 색으로 인한 장애는 그래픽 정보는 물론이고, 문자 정보의 가독성을 저하시키며, 문자의 크기가 작아질수록 더욱 가독성이 나빠진다. 색으로 인한 접근 장애는 원인 별로 서로 다르며, 개인별로 다양한 증상을 보이고 있다. 그러나 공통적인 현상은 색의 대조에 민감하며, 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 대조

를 제공해야 한다는 것을 규정하고 있다. 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 정보통신 제품과 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[3]. 그러나 이 규정에서 언급하고 있는 충분한 대조라는 것이 정량적으로 어떤 것인지 국내의 어떤 기관에서도 발표한 바 없다.

본 연구에서는 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 단계에서 가독성을 보장하기 위하여 권고하고 있는 색 대비 기준을 216개의 웹 안전 색들의 색 조합들에 대하여 시험하고, 그 차이를 비교 평가할 것이다. 색 대비 기준은 웹 문서의 저작자가 지켜야 할 기준이 되므로, 기준 설정의 타당성이 중요하다. 그러나 그 타당성을 비교 평가한 연구는 본인의 조사에서는 발견되지 않았다.

2. 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[4]. 그러나 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 페이지에 가독성에 대한 실험적 연구는 매우 적다. Hill과 schaff는 그들의 연구 결과에서 높은 대조는 일반적으로 가독성을 향상시킨다는 기존의 이론과 일치하였지만, 그 관계가 완전하지 않다는 것을 제시하였다. 즉 밝은 회색 배경에 노랑이나 검은 색 글자는 백색 배경의 검은 색 문자보다 가독성이 높았다[5]. 좀 더 색 대비와 가독성과의 관계를 정량적으로 일반화시킨 연구는 토론토 대학에서 A-prompt를 연구하는 과정에서 Ridpath 등에 의하여 수행되었다[6]. 그들

은 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 색상차이를 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 평가를 하였고, 그 평가의 변화도 상당히 큰 단계들이 존재하였다. 이들의 연구결과에서 스스로도 인정하였지만, 색 조합에 대한 색 대비의 정량적 정의는 가독성 측면에서 불완전하며, 사용자에 대한 시험 평가에서도 무시하지 못할 불일치를 드러내고 있다[7]. 밝기 차이와 색상차이를 정의한 방식을 식 1과 식 2에 표시하였다. 그러나 7단계로 분류할 때, 이 밝기 차이와 색상 차이를 어떻게 전체적 색 대비에 반영하였는지는 밝히지 않고 있다. 밝기의 차이(b_d)는 HTML에 사용되는 R(적색), G(녹색), B(청색)를 이용하여 식 1과 같이 계산되었다.

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

이 식에서 ABS는 절대값을 산출하는 함수이며, 0에서 255의 범위의 값을 만든다. 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. 색상의 차이를 측정하기 위하여 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다.

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

이 식에서 $R_{text}, G_{text}, B_{text}$ 는 각각 문자 색의 적색, 녹색, 청색 요소를 나타내며, $R_{back}, G_{back}, B_{back}$ 은 배경 색의 적색, 녹색, 청색 요소를 나타낸다. 이 계산은 0-765 범위 사이의 값을 만들고, 0은 색차이가 없음을, 765는 가장 큰 색 차이를 나타낸다. 이 계산에서 모든 수는 반올림하였다.

2002년 미국의 토양조사센터에서 토양지도를 작성할 때, 색의 대조가 작아서 지도에서 토양을 구분할 수 없는 문제를 해결하고자 토양을 표시하는 색들 사이의 대조를 규정하는 보고서를 발간하였다[8]. 발간된 토양조사기술보고서 2에는 먼셀표색계의 용어를 사용하여 색 대비를 저 대비, 중 대비, 고 대비로 분류하였고, 그 정의는 식 5, 6과 같으며, 식에서 사용한 H, V, C는 먼셀의 표색계에서 정의된 용어이며, 각각 색상(hue), 명도(value), 채도(chroma)를 의미한다. 명도는 밝기(lightness), 채도는 색

의 순도(saturation)의 개념과 유사하다. 그림2 의 먼셀의 색상환은 색상이 2.5의 같은 간격으로 배치되어 있으며, 이 간격 즉 색상환에서 9도 차이가 식 5, 6에서 색상(Hue) 값의 차이 1에 해당된다. 이 그림에서 굵게 표시된 색상은 토양지도에서 토양 색으로 선택할 수 있는 색상이다. 따라서 식 5,6에서 표현된 알고리즘은 그림 2에서 정의되지 않은 색상을 처리하는 데는 문제를 발생시킨다. 즉 ΔH 가 0.5와 같은 실수로 표현될 때, 식 5와 6의 조건에 해당되지 않으므로 고대비로 판단하게 되며, 이는 잘못된 판단이다. 216개의 웹 안전 색들과 같이 그림 2에 표현되지 않는 색들을 포함할 때는 식 5, 6을 그대로 사용할 수 없다. 색상 차이(hue difference)의 최대 거리는 20이며, 한 방향으로 측정된 거리가 이보다 크면 반대방향으로의 거리가 더 가깝다는 것을 의미한다. 5R을 기준으로 먼셀의 색상환을 시계방향으로 순차적으로 인덱스를 부가하였다.

$$\begin{aligned} \Delta V &= Abs(V_{back} - V_{fore}) \\ \Delta C &= abs(C_{back} - C_{fore}) \end{aligned} \quad (3)$$

식 3에서 $V_{back}, C_{back}, V_{fore}, C_{fore}$ 는 각각 배경색과 문자 색의 명도, 채도이다. ΔH 는 먼셀 색체계의 값과 일치하지 않으며 색상환에서 떨어진 정도이므로 색상환을 순서적으로 배치하한 표 1의 인덱스를 이용하여 인덱스의 차이를 계산한다. 즉 비교하는 두 색의 색상 인덱스를 각각 i 와 j 라 하면,

$$\begin{aligned} \Delta H &= Abs(i - j) \\ \text{if } \Delta H > 20 \text{ then } \Delta H &= 40 - \Delta H \end{aligned} \quad (4)$$

가 성립한다.

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

$$\begin{aligned} ((V_1, V_2 \leq 3) \wedge (C_1, C_2 \leq 2)) \vee \\ ((\Delta H = 0) \wedge (\Delta V \leq 2) \wedge (\Delta C \leq 1)) \vee \\ ((\Delta H = 1) \wedge (\Delta V \leq 1) \wedge (\Delta C \leq 1)) \vee \\ ((\Delta H = 2) \wedge (\Delta V = 0) \wedge (\Delta C = 0)) \vee \\ ((\Delta H \geq 3) \wedge (V_1, V_2 \leq 3) \wedge (C_1, C_2 \leq 2)) \end{aligned} \quad (5)$$

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

$$\begin{aligned} ((\Delta H = 0) \wedge ((\Delta V \leq 2) \wedge (\Delta C \geq 1 \vee \Delta C \leq 4))) \vee \\ ((\Delta H = 0) \wedge ((\Delta V \geq 2 \vee \Delta V \leq 4) \wedge \Delta C \leq 4)) \vee \\ ((\Delta H = 1) \wedge ((\Delta V \leq 1) \wedge (\Delta C \geq 1 \vee \Delta C \leq 3))) \vee \\ ((\Delta H = 1) \wedge ((\Delta V \geq 1 \vee \Delta V \leq 3) \wedge \Delta C \leq 3)) \vee \\ ((\Delta H = 2) \wedge ((\Delta V = 0) \wedge (\Delta C \geq 0 \vee \Delta C \leq 2))) \vee \\ ((\Delta H = 2) \wedge ((\Delta V \geq 0 \vee \Delta V \leq 2) \wedge \Delta C \leq 2)) \end{aligned} \quad (6)$$

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

식 5,6에서 보듯이 토양조사센터의 방식은 ΔH 가 자연수일 때만 적용할 수 있는 약점을 가지고 있다. 토양조사센터의 기준에 적용하는 Munsell 색 차트의 색상(Hue)이 표 1과 같이 색상 간격이 색상환에서 9도씩 떨어져 배치되어 있는 색만을 사용하기 때문에 문제를 발생시키지 않지만 웹 안전 색과 같은 더욱 다양한 색을 사용할 때에는 색상(hue)이 20개의 색상환에 표현되는 색상을 벗어나 실수로 표현될 수 있다. 따라서 이 기준을 색상이 먼셀 색상환의 20가지가 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 합성하였다. 즉, 저대비 기준이 모두 ΔH 가 0에서 4사이에서 정의되고, 대비의 기준이 $\Delta H, \Delta V, \Delta C$ 공간에서 선형적으로 확장된다고 가정하였다. 원래의 식 5와 6에서 정의된, ΔH 가 0, 1, 2, 3, 4에서 정의된 공간을 선형적으로 이어주면, 다음의 식으로 표현될 수 있다.

뚜렷하지 않은 대비 :

$$1) (V_1, V_2 \leq 3) \wedge (C_1, C_2 \leq 2) \quad (7)$$

$$2) 0 \leq \Delta H \leq 4$$

에서 뚜렷하지 않은 명도차이 ΔV_T 와 채도 차이 ΔC_T 의 한계를 식 8과 같이 정의하면, 식 9가 성립한다.

$$\Delta V_T = 4 - \Delta H \quad (8)$$

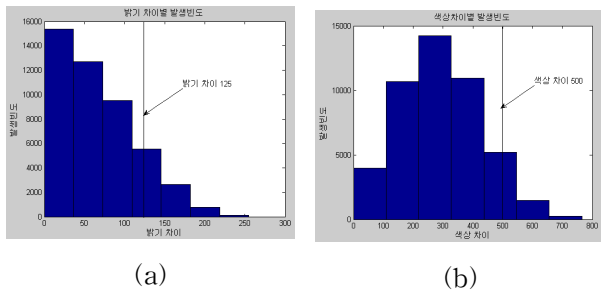
$$\Delta C_T = 4 - \Delta H$$

$$\begin{aligned} \Delta V &\leq \Delta V_T \\ \Delta C &\leq \Delta C_T \end{aligned} \quad (9)$$

3. 비교 평가 시험

NSSC의 기준은 먼셀 색표계를 사용하므로, 216개의 웹 안전 색들의 R,G,B 표현을 먼셀 색표계로 변환하였다. 감마(Gamma)값은 윈도우즈 운용체계를 사용하는 컴퓨터에 권장되는 2.2로 지정하여 변환하여 식 7과 식9를 적용하여 대비의 정도를 시험하였다. W3C에서는 식 1과 2에서 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 1에 표시하였다.



(그림 1) W3C의 밝기 차이와 색상 차이에 대한 웹 안전 색 조합의 발생빈도

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. 결론

웹 문서에서는 문자와 배경색간의 색 대비 부족으로 발생하는 가독성 저하를 방지하기 위하여 일정 수준이상의 색 대비를 제공하여야 한다. 본 연구에서는 색 대비 평가 알고리즘 중에서 대표적인 A-prompt의 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 가

능하도록 알고리즘을 확장하고, 수정하였다. 평가 결과 NSSC의 알고리즘과 A-prompt의 알고리즘은 서로 모순된 결과를 보이진 않았지만, A-prompt의 알고리즘에서 제시한 요구 대비가 NSSC의 경우보다 지나칠 정도로 높았다. 따라서 정상인을 대상으로 제공되는 웹 문서의 경우 저작자의 색 선택을 지나치게 제한하는 문제점이 있다. 이 문제에 대한 본인의 견해는 W3C의 색상대비에 대한 권고안이 색 대비의 정도의 기준을 시각적 결함을 가진 사용자를 위한 색 대비 정도, 정상인을 위한 색 대비 정도와 저대비의 3단계로 구성하는 것이 보다 현실적이라고 판단된다. 또한, 정상인을 위한 색 대비 정도로써 NSSC의 알고리즘은 문자를 대상으로 할 경우에 더욱 강화될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 장영건, “전자문서용 색각 장애 보정 소프트웨어 개발”, 정보처리학회 논문지, 제 10-B권 5호, pp535-542, 2003.8
- [2] 장영건, “정보기술과 난독증 학습장애”, 정보화정책, 제 12권 2호, pp106-122, 2005.6
- [3] 행정자치부, 행정기관 홈페이지 구축·운영 표준지침, 2003.5
- [4] Aries Ardit, Effective Color Contrast Designing for people with Partial Sight and Color Deficiencies http://www.lighthouse.org/color_contrast.htm, 2002
- [5] 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.
- [6] Chris Ridpath, Jutta Treviranus, Patrice L. (Tamar) Weiss, Testing The Readability Of Web Page Colors, <http://www9.org/final-posters/47/poster47.html>
- [7] Richard H. Hall, Color Combinations and Readability, http://web.umn.edu/~rhall/commentary/color_readability.htm
- [8] National soil survey center USA, "Soil color contrast", soil survey technical note No. 2, 2002. 4