

논문 2015-52-2-17

CIECAM02에서의 밝기 분포 기반 모바일 디스플레이의 인지적 대비

(Perceptual Contrast based on Distribution of Brightness in CIECAM02
for Mobile Display)

남 의 원*, 경 왕 준**, 하 호 건**, 하 영 호***

(Eui-Won Nam, Wang-Jun Kyung, Ho-Gun Ha, and Yeong-Ho Ha[©])

요 약

디스플레이의 대비는 일반적으로 디스플레이 최대 밝기와 최소 밝기의 비율을 이용하여 나타낸다. 그러나 이와 같은 명암비는 인간 시각의 인지 특성을 고려하지 않고 디스플레이의 물리적 특성만을 고려했기 때문에 인지 대비와 일치 하지 않는다. 본 논문에서는 디스플레이 밝기 범위 내에서 인지적으로 구별 가능한 밝기를 고려한 대비 측정 방법을 제안한다. 먼저, 디스플레이의 인지 밝기 범위를 측정하기 위해 CIECAM02 색 공간에서 최대 밝기와 최소 밝기 사이의 길이를 계산한다. 다음으로, Weber-Fechner 법칙을 기반으로 하여 각 밝기에서 인지적으로 동일한 밝기 범위를 결정하고, 각 범위 내에 존재하는 색의 수를 계산한다. 마지막으로, 각각의 동일하게 인지되는 밝기 범위내의 색의 수와 인지적 대비 길이의 비율로 인지적으로 구별 가능한 밝기를 계산한다. 주관적 실험에서 제안한 방법은 이전의 인지 대비 측정법에 비해 주관적 인지 대비 실험 결과와 일치하는 결과를 보였다.

Abstract

The contrast of a display is generally evaluated by using the ratio of the minimum luminance to the maximum luminance of the display. However, this contrast ratio is not matched with perceived contrast because it uses only physical characteristic of display without considering human perceptual characteristics. In this paper, the proposed contrast measure that considers perceptually discriminable brightness within the range of display brightness is suggested. First, the range between the minimum and maximum brightness of display in CIECAM02 color space is calculated to measure the length of perceived brightness for the display. Next, brightness ranges which are perceptually same at each brightness level are determined by applying Weber-Fechner ratio and then, the number of brightness values within each brightness range is counted. Finally, perceptually discriminable brightness is defined as the sum of ratio between the number of brightness values in each brightness range and the perceptual contrast length of the display. In the experiments, preference test using various displays with random brightness patches is performed to evaluate perceived contrast. As a result, the proposed measure is more consistent with human perception than the previous contrast measures.

Keywords : Display quality evaluation, mobile display, perceptual contrast

* 정회원, ** 학생회원, *** 평생회원, 경북대학교 전자공학부
(School of Electronics Engineering, Kyungpook National University)

© Corresponding Author(E-mail: yha@ee.knu.ac.kr)

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. NRF-2013R1A2A2A01016105).

접수일자: 2014년09월23일, 수정일자: 2014년12월30일, 게재확정: 2015년01월29일

I. 서론

고화질의 영상을 재현하기 위한 디스플레이 기술이 급속도로 발전함에 따라, 디스플레이 화질 평가 연구의 중요성이 커지고 있다. 이러한 디스플레이 화질 평가는 계측기를 이용한 디스플레이의 물리적 특성 기반 정량적 평가와 인간 시각 인지 기반의 주관적 평가로 나뉜다. 대표적인 물리적 특성기반 정량적 평가 항목으로는 밝기, 대비, 색역 크기, 화이트의 색도 등이 있으며, 계측기를 이용해 정량적으로 나타낼 수 있다. 그러나 이러한 정량적 평가 항목에 대한 수치는 동일 항목에 대한 인간시각 기반의 평가 결과와 다른 결과를 보인다.

디스플레이 화질을 평가하는 항목인 대비는 일반적으로 정량적 수치인 명암비(absolute contrast ratio)로서 나타낸다^[1~3]. 명암비는 디스플레이의 최대 밝기와 최소 밝기의 비율로서 정량화하며, 단순 물리적인 밝기를 측정된 결과이므로 사람이 인지하는 대비와는 관련성이 적다. Lee는 두 대의 서로 다른 디스플레이의 명암비를 비교했을 때 수십 배 이상의 차이가 나는 결과라 하더라도 실제로 인지되는 대비는 동일하게 나타나는 결과를 보였다^[1].

이러한 디스플레이의 정량적 평가 항목에 대한 주관적 평가의 정량화를 위한 연구가 계속되고 있다^[1]. Chong^[4~5]은 인지 대비를 정량적으로 나타낸 인지적 대비 길이(perceptual contrast length, PCL)를 제안했다. 인간 시각의 특성을 반영하기 위해, 시정환경을 고려한 인지 색공간인 CIECAM02^[6~7]을 기반으로 디스플레이 밝기의 길이를 정량적으로 나타내었다. 그러나 최근 디스플레이의 밝기가 증가하고, 외부 환경에 의한 인지 밝기의 차이로 인해 인지적 대비 길이 역시 실제 인간시각이 인지하는 대비와 차이를 보였다.

본 논문에서는 인지 대비의 정량화를 위해 모바일 디스플레이의 색역을 기반으로 한 인지 대비의 평가 방법을 제안한다. 기존에 제안된 CIECAM02에서의 밝기(brightness)를 고려한 인지적 대비 길이와 함께 색역 내 밝기의 분포를 분석하여 모바일 디스플레이에서의 인지적 대비를 정량화 하였다. 디스플레이가 가지는 색역 내에서 동일하게 인지되는 밝기 분포의 분석을 위해 Weber-Fechner^[8] 법칙을 이용한다. 이를 통해 색역 내 같은 밝기로 인지되는 영역을 정의하고, 그 영역 안의 색 분포를 이용하여 사람이 다른 밝기로 인지하는 디스

표 1. 명암비와 인지적 대비 길이 비교

Table 1. Comparison absolute contrast ratio with perceptual contrast length.

	MD-A	MD-B	MD-C
명암비	3410:1	19480:1	321:1
인지적 대비 길이	115.55	119.47	119.47

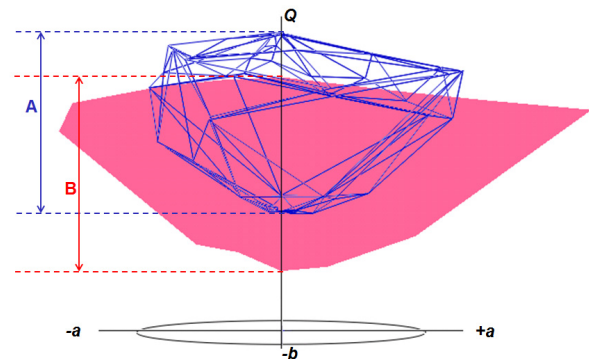


그림 1. 두 모바일 디스플레이의 인지적 대비 길이

Fig. 1. Perceptual contrast length for two mobile displays.

플레이의 밝기 표현력의 정도를 정량화 하였다.

II절에서는 기존의 인지적 대비 길이에 대해 설명하고, 밝기 분포 기반의 인지 대비 정량화 알고리즘은 III절에서 설명한다. IV절에서는 기존의 방법들과의 실험 및 결과를 비교하며, V절에서 결론을 맺는다.

II. 인지적 대비 길이

대비의 정량적 평가 방법인 명암비는 인간 시각의 인지 특성이 반영 되지 않아 실제 인지되는 대비와 많은 차이를 보인다. 이를 보완하기 위해 Chong^[5]은 주변 환경에 따른 시각 특성을 고려한 CIECAM02 색 공간에서 밝기의 최대와 최소의 차를 이용한 인지적 대비를 제안하였다. 그림 1은 인지적 대비 길이를 측정하는 방법을 나타낸다. A와 B는 각각 서로다른 디스플레이의 색역 형태를 나타내며, 각 장치의 최대 인지 밝기와 최소 인지 밝기의 차인 길이로서 인지적 대비를 나타낸다.

모바일 디스플레이들(MD-A, MD-B, MD-C)의 명암비와 인지적 대비 길이의 결과는 표 1에 나타내었다. 명암비의 방법을 통한 대비 측정 결과는 최대 60배 이상의 차이를 일으킨다. 하지만 실제로 사람이 모바일



(a) (b)

그림 2. 카메라로부터 캡처된 모바일 디스플레이
(a) MD-C (b) MD-B

Fig. 2. Captured images of mobile displays using a camera. (a) MD-C (b) MD-B

디스플레이를 통해 인지하는 대비는 비슷하거나 약간의 차이가 난다. 인지적 대비 길이의 결과는 모바일 디스플레이 간 60배가 넘는 명암비 차이를 같거나 비슷한 대비로 측정된 것을 볼 수 있다. 그러나 같은 인지적 대비 길이를 갖는 디바이스라 할지라도 사람이 실제로 인지하는 대비는 차이가 난다. 그림 2는 동일한 영상을 디바이스에 출력하고 이를 동시에 촬영한 것을 나타낸다. 그림 2에서 난간아래를 보면 난간을 받치고 있는 지지대 부분에서 인지적 대비 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 표 1에서 나타난 각각의 디스플레이의 인지적 대비 길이 값은 비슷하게 나타났지만 실제 인지되는 대비는 다르다는 것을 나타낸다. 즉, 인지적 대비 길이는 색역을 이용해 표 1에서처럼 명암비보다 사람이 인지하는 대비에 더 가까운 측정을 하였다. 그러나 동일한 인지적 대비 길이를 가진다 하더라도 그림 2와 같은 차이를 나타낼 수 있으므로 인지적 대비 길이만으로는 사람이 인지하는 대비를 측정하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 인지적 대비 길이 내에 밝기 분포를 분석하여 인지적 대비 측정 방법을 제안한다.

III. 제안한 밝기 분포 기반 인지적 대비 평가

1. Weber-Fechner Fraction을 통한 밝기 분포 분석

Weber-Fechner는 사람의 시각 특성 중 인지 밝기 차에 대한 모델을 제시했다^[8]. 인간 시각은 밝은 영역에서 밝기 차를 인지하는 것은 우수하지만 어두운 곳에서

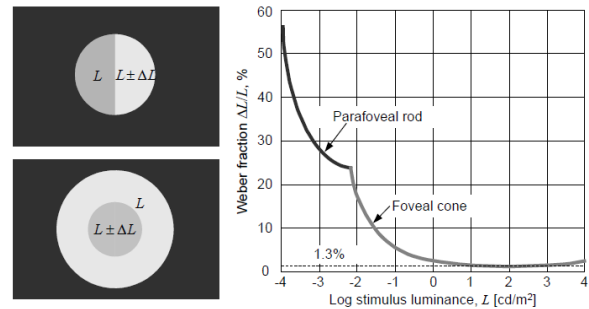


그림 3. Weber-Fechner fraction의 법칙
Fig. 3. The rule of Weber-Fechner fraction.

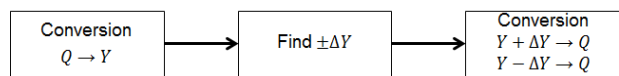


그림 4. 같은 밝기로 인지되는 영역의 계산 순서도
Fig. 4. Flowchart for calculation of region of perceived same brightness.

의 인지 밝기 차는 밝은 영역보다 떨어진다. 그러나 밝기 범위 내에서 배경 휘도의 인지 밝기 차의 최소 휘도 변화량과의 비율은 그림 3에서와 같이 약 1.3%로 일정하다. 본 논문에서는 Weber-Fechner의 법칙을 고려하여 인지 밝기 차의 경계를 구한다. 이는 장치 색역의 밝기 축에 동일한 간격의 표본값을 정하고, 각 표본값과 동일한 밝기로 인지되는 색역에서의 영역을 얻어 그 영역 내의 색 분포를 분석하는 것이다.

그림 4는 Weber-Fechner 법칙을 기반으로 하여 같은 밝기로 인지되는 영역을 선택하는 절차를 나타낸다. 먼저, CIECAM02 색 공간에서는 밝기(Q)의 정보를 이용하므로 Weber-Fechner 법칙의 적용을 위해 밝기에서 휘도(Y)로 변환해야 한다. 따라서 최소 인지 밝기 차에 대한 휘도 변화량 ΔY 을 구하기 위해서 추출된 표본 밝기 레벨(Q)을 휘도(Y) 값으로 변환해 준다. 변환된 표본 휘도에 대해 Weber-Fechner 법칙을 적용하여 같은 밝기로 인지되는 최대 휘도 변화량 $\pm \Delta Y$ 을 구한다. 각 표본 휘도에 대한 $+\Delta Y$ 와 $-\Delta Y$ 는 CIECAM02 색 공간에서의 영역을 결정하기 위해 다시 Y 값에서 Q 값으로 변환한다.

2. 동일 밝기로 인지되는 회색계조 컬러의 수

앞서 Weber-Fechner Fraction을 기반으로 하여 CIECAM02 색 공간에서 표본값에 대해 동일 밝기로 인지되는 영역을 얻었다. 다음으로 각각의 표본된 영역이

포함하는 회색계조의 수를 계산한다.

먼저 RGB 값을 기준으로 한 회색계조들에 대해 Q_{ab} 값을 구한다. 본 논문에서는 8bit 입력을 기준으로 하여 256개의 회색계조 값을 사용했다. 그리고 각 표본된 영역이 포함하는 회색계조 컬러의 수를 구한다. 이때 모든 컬러 값에 대해 각각의 표본영역이 포함된 회색계조와 색차(ΔQ_{ab})가 3이내의 컬러 값들 역시 각 표본영역이 포함하는 회색계조 패치로 계산한다. 이는 일반적으로 인간시각이 인지하지 못하는 색차를 3으로 보고 있기 때문이다^[9]. 이는 수치적 회색계조 뿐만 아니라 인간시각이 회색 계조로 인지하는 저채도의 주변 컬러까지 고려하여 인지적인 대비를 계산하기 위함이다. 또한, 다음 단계의 각 표본 영역들 사이의 비율을 계산함에 있어서 회색 계조 컬러 수의 부족으로 계산 결과가 한두 컬러수에 따라 크게 달라질 수 있기 때문이다.

위와 같은 과정을 통해 각각의 표본 영역이 포함하는 같은 밝기로 인지되는 컬러의 수는 표 2와 같다. 즉 실험에 쓰인 MD-A의 밝기 표본값 70과 같은 밝기로 보이는 컬러의 수는 모두 493개가 된다. 이 493개의 컬러는 디스플레이가 493개의 다양한 밝기로 표현하더라도 사람이 인지하기에 단 하나의 밝기로밖에 인지되어지지 않는다. 그러므로 그림 2에서 난간 아래의 부분은 다양한 밝기 값을 가지고 표현되도록 입력되었지만 모바일 디스플레이 입출력 특성에 따라 같은 밝기로 인지되는 밝기 값이 출력되어 밝기 차이가 인지되지 않고 어둡게

표 2. 각 표본된 밝기의 영역에서의 컬러 수
Table 2. Number of colors in range of each sampled level.

표본 밝기	MD-A	MD-B	MD-C
60			441
70	493	248	569
80	416	286	590
90	425	335	695
100	492	384	805
110	548	491	922
120	622	590	1110
130	683	694	1280
140	740	819	1430
150	850	926	1587
160	925	1108	1889
170	1012	1264	1755
180	580	744	

보이는 것이다.

즉, 그림 2와 같은 현상은 모바일 디스플레이가 나타내는 밝기 값들의 간격이 균일하지 못하고 밀집되어 있다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 이러한 부분을 이용한 인지적 대비 측정 방법을 제안한다. 분간대비(distinct contrast)는 모바일 디스플레이가 낼 수 있는 밝기 범위 내에서 사람이 밝기 차이를 인지할 수 있도록 얼마나 잘 표현해 내는 정도를 나타낸다.

3. 제안하는 분간대비의 계산

앞선 과정을 통해 표 2와 같이 표본된 영역이 포함하는 동일 밝기로 인지되는 패치 수를 계산 한 후, 이를 이용해 분간 대비를 구할 수 있다. 각 표본 밝기 r 에 대해 각 표본 영역의 분간 대비 C_r 은 아래와 같다.

$$C_r = \frac{N_r}{Q_{r,max} - Q_{r,min}} \tag{1}$$

식 1에서 N_r 는 표본된 영역내 회색계조의 컬러 수를 나타낸다. $Q_{r,max}$ 와 $Q_{r,min}$ 은 표본된 영역의 최대 및 최소 Q 를 나타낸다. 즉, 길이에 따른 같은 밝기로 인지되는 회색계조의 수의 비율을 나타내며 이는 표 3에 나타내었다.

식 1로부터 얻어진 모바일 디스플레이의 길이에 따

표 3. 각 표본 밝기 영역의 길이에 대한 같은 밝기로 인지되는 컬러의 수의 비율
Table 3. Ratio of number of colors as perceived same brightness to length for each region of sampling level.

표본 밝기	MD-A	MD-B	MD-C
60			36.53990
70	41.03546	19.72528	24.84716
80	17.88017	12.41457	24.14075
90	16.86374	13.37699	27.13466
100	18.40766	14.33692	30.22339
110	19.58542	17.58911	33.76176
120	21.97880	20.92199	39.18108
130	23.60871	24.10559	43.79063
140	25.11881	27.92363	47.71438
150	28.01582	30.25155	51.02894
160	29.24439	35.34290	62.96667
170	39.01311	45.53314	84.29395
180	35.62654	41.72743	

표 4. 각 모바일 디스플레이에 대한 분간 대비
Table 4. Distinct contrast for each mobile display.

	MD-A	MD-B	MD-C
Proposed method	0.89	0.83	0.86

른 같은 밝기로 인지되는 회색계조의 수의 비율을 각 모바일 디스플레이가 가지는 전체 회색 계조 수로 정규화 한다.

$$CN_r = \frac{C_r}{N_T} \quad (2)$$

식 2에서 N_T 은 전체 회색 계조 수를 나타낸다. 본 논문의 목적은 같은 밝기로 인지되도록 표현하는 정도가 아닌 다른 밝기로 인지되도록 표현하는 정도이므로 분간대비, CR 을 다음과 같이 정의한다.

$$CR = 1 - A \sum_{n=0}^{N_S} CN_n \quad (3)$$

식 3에서 A 는 정규화 인자이며, 본 논문에서는 100을 사용했다. N_S 는 표본의 수이다. 식 3의 결과, 표 4와 같이 각 모바일 디스플레이에 해당하는 분간대비를 계산할 수 있다.

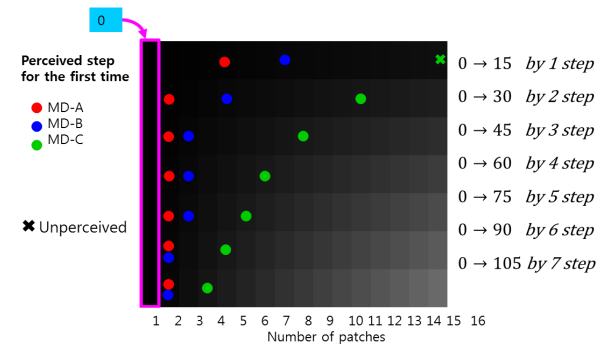
IV. 실험

제안한 방법의 결과를 확인하기 위한 실험으로 3개의 각 모바일 디스플레이가 갖는 인지적 대비를 평가하였다. 실험에 사용한 3개의 각기 다른 모바일 디스플레이를 사용했다. 본 논문에서는 CIECAM02에서의 색역을 이용하여 각 모바일 디스플레이의 인지적 대비를 측정하기 위해, CIECAM02 색 공간 변환에 필요한 주변 환경에 대한 값을 가정의 실내 환경을 기준으로 하였다. 따라서 럭스(Lux)로 표현되는 주변 광원은 38럭스로 고정된다.

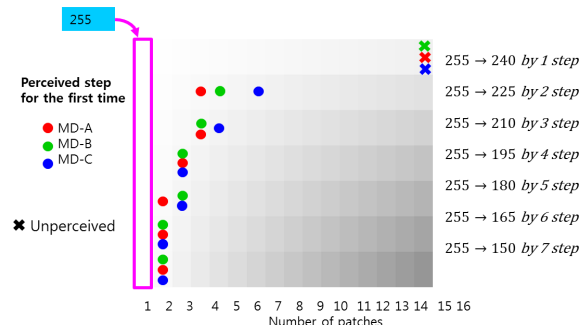
먼저, 각 디스플레이에서 표현하는 회색 계조의 변화를 얼마나 잘 나타내는지 주관적 평가를 통해 확인하였다. 그림 5는 회색 계조에 각 다른 간격의 밝기 변화를 주면서 블랙에서 그레이로 화이트에서 그레이로 나타낸 그림이다. 계조에 나타난 점은 주관적 평가를 통해 각 디스플레이가 밝기 차이를 인지하기 시작하는 위치이

다. 왼쪽 긴 네모 박스 내에 있는 회색 계조는 0 또는 255로 시작 값을 나타낸다. 가장 왼쪽에서부터 오른쪽으로 회색 계조 값을 변화시켜주는데 값의 변화 간격은 가장 위에서부터 1간격에서 7간격으로 계조 변화를 주었다.

실험 참가자는 영상처리 분야의 전문가를 포함하여 15명을 대상으로 하였다. 실험 순서는 가장 왼쪽에서부터 오른쪽으로 각각의 해당하는 밝기 스텝을 변화하면서 밝기 차이가 인지가 되는 부분을 표시하도록 하였다. 점으로 표시된 위치가 처음으로 다른 밝기에 대해서 인지 가능한 위치를 나타낸 것이고, × 표시는 해당 모바일 디스플레이에서 관측 하였을 때 × 표시가 있는 줄에서 모두 같은 밝기로 보인다는 표시이다. 즉 × 표시가 있는 줄에 해당하는 디스플레이에서는 해당 계조 패치에 대해 밝기 차이가 인지되지 않는다. 예를 들어, 그림 5의 (a)의 첫 번째 줄에서 가장 왼쪽의 밝기 0에서 시작하여 오른쪽으로 한 칸에 1씩 밝기가 증가한다. 실험 참가자들은 왼쪽에서 오른쪽으로 인접한 밝기들을 보면서 처음으로 밝기의 차이가 인지되는 위치에 표시



(a)



(b)

그림 5. 디스플레이 별 인지되는 밝기 변화
Fig. 5. Perceived brightness difference for each display.

를 한다. MD-C를 예로 들면, 첫 번째 줄의 7번째 칸에 대한 밝기가 6번째 칸의 밝기와 구분이 되며 1번째부터 6번째까지 모두 같은 밝기로 보이는 것을 알 수 있다. 1개 줄을 1번의 실험으로 블랙과 화이트에 대해 각각 7번 실험을 하였다.

앞서 언급했던 것과 같이, 그림 5에 보이는 각 디스플레이에 해당하는 점들은 첫 번째로 밝기 차이가 인지되기 시작하는 밝기를 나타낸다. 그림에 나타난 것처럼 블랙과 화이트 모두 MD-A가 가장 높은 인지력을 보였고, 화이트에서 1간격씩의 밝기 변화를 가지는 계조에서는 3개 디스플레이 모두 계조변의 인지가 불가능하였다. 블랙에서는 1간격씩의 밝기 변화를 가지는 계조에 대해 MD-B 만이 인지하지 못하였다. 화이트에서 MD-B가 MD-C보다 조금 나은 경향을 보이지만 큰 차이는 나지 않고, 블랙에서는 MD-C가 MD-B보다 나은 경향을 보이고 있는데 이는 화이트에서와는 달리 큰 차이를 보여주고 있다. 따라서 화이트와 블랙간의 밝기 변화에 대한 인지력이 MD-C와 MD-B가 상반되어 있지만, 그 차이를 비교해 보았을 때 MD-C가 MD-B보다 밝기 변화에 대한 인지력이 더 높게 나타낸다고 볼 수 있다.

두 번째 인지적 대비 평가를 위해 23개의 무작위 패치를 이용하였다. 각 패치는 인지적 회색 계조 내의 값들을 8×8개로 무작위로 선택한다. 이 8×8개의 값들은 한 밝기 당 128×128 크기의 픽셀을 가지며 1024×1024 크기인 하나의 패치가 된다. 그림 6은 실험에 사용된 23개의 패치를 나타낸다. 각 계조 값들은 모두 다른 계조로 인접해 있다. 본 실험에서는 이러한 패치 23개를 두고 모바일 디바이스에서 대비 선호도 조사를 실시하였다. 본 논문에서는 대비를 평가하기 위해 다르게 인지되는 밝기 차이를 고려하였으므로 각 패치가 가지고 있는 여러 밝기 값들을 구분할 수 있는 표현력에 중점을 두어 각 디스플레이 간 대비 비교 평가를 하였다.

실험 참가자들은 영상처리분야 전문가 포함 15명으로 구성되었으며, 실험자들로부터 각 디스플레이의 대비에 대한 선호도 조사를 실시했다. 실험 방법은 3개의 디스플레이에서 같은 무작위 패치를 23개를 보고 각 디스플레이의 순위를 매기게 하였다. 실험자들에게는 “각각의 디스플레이를 보고 인접한 회색 계조가 가장 잘 구분이 가는 순서를 정하여 점수를 매기시오.” 라는 질문을 주었다. 이때, 각각의 무작위 패치에 따라 디스플

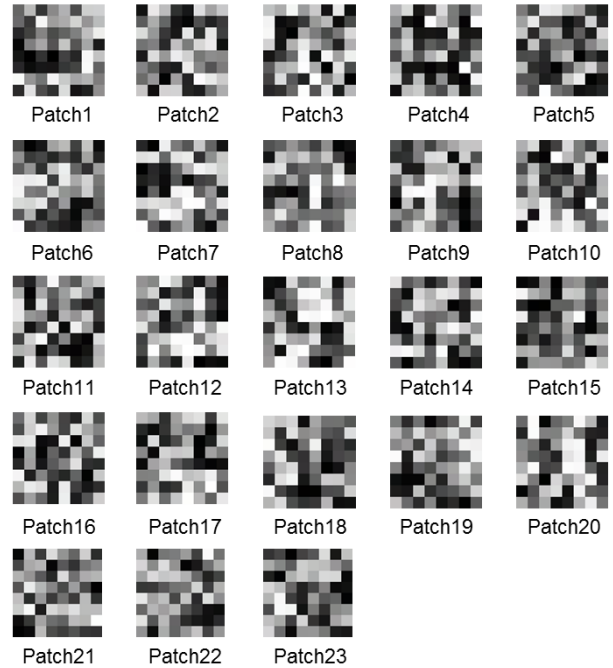


그림 6. 8×8 개의 무작위 회색 계조를 가지는 패치
Fig. 6. 8×8 random gray scale patches.

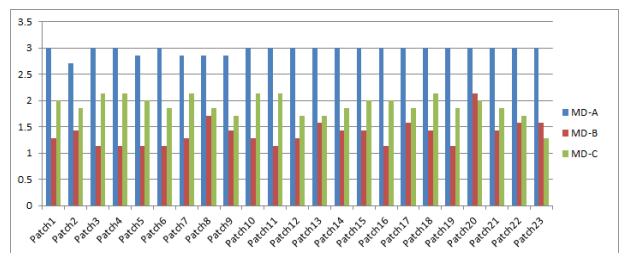


그림 7. 모바일 디스플레이 대비 선호도 결과
Fig. 7. Result of preference for mobile display contrast.

표 5. 다양한 방법과 주관적 평가 결과 비교
Table 5. Comparison resulting data from various methods with subjective evaluation test.

	MD-A	MD-B	MD-C
선호도 조사	2.96 (1)	1.38 (3)	1.91 (2)
명암비	3410:1 (2)	19480:1 (1)	321:1 (3)
인지적 대비 길이	115.55 (3)	119.47 (1)	119.47 (1)
제안한 방법	0.89 (1)	0.83 (3)	0.86 (2)

레이 간 차이를 느끼지 못하는 패치에 대해서는 같은 순위를 매기도록 하였다. 실험에서 선호도가 가장 높은 것은 3점, 중간은 2점, 그리고 가장 낮은 선호도로 채택된 모바일 디스플레이는 1점을 주었다.

그림 7은 각 무작위 패치들에 대한 실험자들의 선호도 조사 결과를 평균하여 나타낸 것이다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 MD-A가 가장 높게 평가되었고, 이는 본 논문에서 제안한 인지적 대비 측정 결과와 동일한 것으로 보여준다. 표 5는 주관적 선호도 조사 결과와 제안하는 방법의 결과를 비교 하였다. 괄호안의 숫자는 각 디스플레이의 순위를 나타낸다. 모바일 디스플레이 간 인지적 대비 차이가 제안된 방법을 통해 잘 나타나는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 모바일 디스플레이에서 인지적 대비를 평가하는 방법을 제안하였다. 제안한 대비 평가 방법은 인지적 대비를 정량화 하는데 목적이 있으므로 동일한 디스플레이라 하더라도 장치의 설정 및 시청환경에 따라 그 값이 달라질 수 있다. 그러나 제안한 방법은 동일한 환경에서 디스플레이의 고정된 설정값 통해 서로 다른 디스플레이의 인지적 대비를 정량화된 수치로서 상대비교가 가능하다. 제안한 인지적 대비 평가 방법은 디스플레이 장치의 물리적 특성뿐만 아니라 인지적인 특성을 고려하기 위해 CIECAM02 색 공간을 기반으로 한다. 또한, 모바일 디스플레이가 나타낼 수 있는 밝기 범위 내에서 사람이 인지할 수 있는 밝기 차이를 얼마나 잘 표현하는가를 나타내기 위해 Weber-Fechner의 비율을 적용해 동일하게 인지되는 밝기 영역을 계산하였다. 그리고 계산된 영역 내의 계조 컬러의 수와 영역의 길이를 이용하여 인지적 대비를 도출하였다. 그 결과, 제안한 분간 대비 측정은 각 모바일 디스플레이가 나타낼 수 있는 밝기 차이의 능력을 하나의 값으로 도출 할 수 있었다. 또한, 다양한 계조 패치들을 통한 주관적 평가 실험을 수행하여 그 결과를 제안한 방법의 결과와 비교하였다. 이를 통해 제안한 분간 대비 측정 방법이 다양한 모바일 디스플레이를 대상으로 한 주관적 평가 실험의 경향과 일치하는 결과를 보였다.

REFERENCES

[1] S.B. Lee, "Emotional Image Quality Evaluation Technology for Display Devices," Korean Institute of Illuminating & Electrical Installation

En- gineers, vol. 21, no. 5 pp. 13-20, 2007.
[2] S.B. Lee, "Image Quality Technology Issues Using Emotional Image Quality Evaluation Method," KDC 2008, Session B-3, 2008.
[3] S.K. Lee, "Trends in Visual Quality Assessment," Electronics and Telecommunications Trends, vol. 27, no. 3, 2012
[4] J.H. Chong, "A Study on The Evaluation Method of Perceptual Contrast with CIECAM02," IMID 2007 Digest, pp. 1661-1663, 2007.
[5] J.H. Chong, "A Novel Method to Evaluate the Emotional Image Quality with CIECAM02," IMID 2008 Digest, pp. P3-3, 2008.
[6] Vienna: Central Bureau of the CIE, "A Color Appearance Model for Color Management Systems : CIECAM02," CIE TC8 - 01 Technical Report (Draft 11), 2003.
[7] Mark D. Fairchild, "Color appearance models," John Wiley & Sons, pp. 265-277, 2005.
[8] G. Wyszecki, "Color Science," John Wiley & Sons, pp. 567-572, 1982.
[9] J. Morovic, "Color Gamut Mapping", Wiley, New York, 2008

저 자 소 개



남 의 원(정회원)
2010년 단국대학교 전자공학과
학사 졸업.
2014년 경북대학교 대학원
전자공학부 석사 졸업.
<주관심분야 : 컬러영상처리, 영
상화질평가>

경 왕 준(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 48권 SP 편 제 1호 참조

하 호 건(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 47권 SP 편 제 1호 참조

하 영 호(평생회원)
대한전자공학회 논문지
제 38권 SP 편 제 3호 참조