

https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.4.71

IIBC 2017-4-9

디스플레이에서 조도와 대비비에 따른 가독성 비교 연구

A Comparison of Legibility Based on Illumination Intensity and Contrast Ratio in Displays

홍지영*, 민장근**

Ji-Young Hong*, Jang-Geun Min**

요약 사물을 분석하고 인지하는 분야에 해당하는 시지각은 시각의 생리학적인 측면과 시각체계의 인지적 측면에 대해 많은 연구가 이루어져 있으며 이를 바탕으로 설립된 시지각 이론이 각 분야별로 다양한 응용 가능성을 모색하고 있는 실정이다. 그러므로 뉴미디어 시대의 대표적 사례물 중 하나인 모바일 디스플레이가 강조되는 가운데, 시지각 연구를 기반으로 하여 보다 효율성 있는 시각적 인지 기반의 비중을 늘려야 한다는 인식이 본 연구의 기본적인 이해이다. 본 연구는 모바일 디스플레이를 대상으로 하여 조도와 배경의 밝기에 따른 가독성 관련 실험을 진행하고 이를 분석하였다. 이를 위해 두 가지 조건에 해당하는 조도의 환경 조건과 기존 모바일 디스플레이에서 가독성 향상 방안으로 제안되는 두 가지 배경의 밝기 조건을 대상으로 하여 가독성 관련 실험을 진행하였다. 본 연구에서 진행된 실험결과를 분석하여 조도와 배경의 밝기에 따른 가독성에 대해 유의미 여부를 정의하고 가독성 향상을 위한 방안을 제시한다.

Abstract Visual perception is part of a field of study that examines the analysis and recognition of objects. There have been numerous studies on this topic, including research on the physiological and cognitive aspects of the visual system. Visual perception theory was established through such research efforts and the potential for its application in each field is being investigated. Mobile displays are a representative example of media in the new age. Therefore, this study is based on the understanding that research on visual perception must stress the importance of useful visual cognition. This study used displays to conduct legibility tests based on illumination intensity and contrast ratio. Two conditions relevant to legibility were tested 1) illumination intensity environment and 2) two luminance conditions proposed as measures to improve readability in existing mobile displays. The results of this study were analysed to determine the degree of legibility based on illumination intensity and contrast ratio, and measures for improving legibility were proposed.

Key Words : Display, Human Visual Perception, Illumination, Lightness, Legibility

1. 서론

뉴 미디어 시대로 접어들며 디스플레이 기반의 다양한 확장 분야에서 보다 인간 중심적인 사고와 지각을 요구하는 새로운 접근 방식이 요구되고 있는 실정이다. 이

를 위해 사용자와 사용하고자 하는 기기와의 구체적인 커뮤니케이션 방식에 대해 체계적이며 합리적인 연구가 필요하다. 사용자의 실질적 요구를 반영하는 연구는 사물을 판별하고 지각하는데 중심적인 역할을 수행하고 있는 시지각을 기반으로 구성된다고 할 수 있다. 인간의 시

*정희원, 경민대학교 광고홍보제작과 조교수

**정희원, 경민대학교 영상콘텐츠과 교수

접수일자: 2017년 5월 14일, 수정완료: 2017년 6월 14일

게재확정일자: 2017년 8월 11일

Received: 14 May, 2017 / Revised: 14 June, 2017 /

Accepted: 11 August, 2017

*Corresponding Author: placebo_joan@kyungmin.ac.kr

Assistant Professor, Department of Advertising, PR & Design, Kyung Min University, Korea

각은 간상체와 추상체로 구성되어 있으며 보편적으로 간상체가 추상체 보다 많이 존재하기 때문에 빛의 밝기에 민감하다고 할 수 있다.[1] 하나의 예로 2D 디스플레이 화질 평가 시 우수한 화질로 평가 받는 항목 중 하나가 바로 밝기 차이가 많은 영상, 즉 대비(Contrast)가 있는 영상이다. 인간 시각은 여러 가지 신호가 혼합되어 있을 때 각 신호를 독립적으로 인식하는 것이 아니라 혼합된 신호들의 상호 간섭에 의해 변화된 신호를 받아들인다.[2] 다시 말해 두 가지 신호에 해당하는 배경의 밝기와 글자의 밝기 상호관계에 따라 서로 간섭을 하며 그 간섭에 의해 인간 시각은 원신호와 다른 신호로 인식하게 된다. 따라서 본 연구에서는 인간의 시지각에 기반을 둔 가독성 관련 연구를 진행하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 화질에서 정량적 평가 요인 중 하나인 대비비와 가독성에 대해 정의하고, 제 3장에서는 구체적인 실험 방법을 기술한다. 제 4장에서는 도출된 실험 결과에 대해 기술하고 끝으로 제 5장에서 결론 및 향후 연구과제에 대해 기술한다.

II. 인지적 대비비와 가독성

디스플레이에서 화질에 영향을 미치는 요인으로는 객관적 측정이 가능한 정량적 요인(IQ_{DPF} , Image Quality Display Factor)과 주관적 측정이 가능한 정성적 요인(IQ_{HPF} , Image Quality Human Performance Factor)로 구성되어 있다.

표 1. 화질에 영향을 미치는 요인
Table 1. Factors that influence image quality

	IQ_{DPF}	IQ_{HPF}
Clarity	<ul style="list-style-type: none"> Resolution Uniformity 계조 특성 Contrast 시아각 Flicker Motion Crosstalk 	<ul style="list-style-type: none"> Colour / Spatial Sensitivity (CSF) Temporal Characteristic (CFF) Eye Aging <ul style="list-style-type: none"> - 노안인 경우 Yellowish - 청색 계열의 색 인식능력 저하
Fidelity	<ul style="list-style-type: none"> Colour Gamut Colour Temperature 	<ul style="list-style-type: none"> Preference <ul style="list-style-type: none"> - 지역, 문화 Memory Colour 심리/건강 상태

선명도(Clarity)는 영상에서 선명도에 기여하는 항목을 의미하며, 재현도(Fidelity)는 색상 재현력에 기여하는 항목을 의미한다. 주관적 평가는 피험자를 대상으로 실험하여 주관적인 평가를 정량화 하는 항목을 나타낸다. 화질 평가 시 2D와 3D영상의 경우 공통적으로 선명도, 색 재현도, 주관 평가 항목에 의해 평가되며 3D영상의 경우 입체 영상의 특성에 맞는 화질평가 항목이 추가된다.[3] 정량적 요인에서 화질의 선명도를 측정하는 대표적 지표인 명암비(Contrast Ratio)는 디스플레이가 표현하는 최대 휘도와 최소 휘도의 상대적 비율을 의미한다. 명암비는 밝고 어두움을 어느 정도까지 섬세하게 표현할 수 있는지 나타내는 정량적 지표라고 할 수 있다.[4] 그러나 대비의 정량적 평가 방법인 명암비는 인간 시각의 인지 특성이 반영 되지 않아 실제 인지되는 대비와 많은 차이를 보인다. 이런 명암비와 연관이 있는 읽기 활동은 글자색과 배경색 간의 대비를 전제로 글자를 인식함으로써 가능한 활동이다. 읽기 활동에 해당하는 가독성에 영향을 미치는 요인들로 크게 색상대비와 휘도대비로 구분될 수 있으며 휘도대비가 가독성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.[5] 또한, 인쇄매체와 HCI 분야 등에서 대부분의 가독성 관련 가이드라인은 모두 글자색과 바탕색의 휘도대비가 증가할수록 가독성이 증가하고 있음을 주장하고 있다. 가독성은 글자가 잘 읽히는 개념을 의미하며 가독성은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 읽힘성(Readability)은 많은 양의 텍스트가 얼마나 쉽고 빠르게 인지되는가를 나타내며 독해성(Legibility)은 식별성과 관계되며 짧은 양의 텍스트가 얼마나 쉽게 판독되어 인지되는 가를 나타낸다.[6]

본 연구에서는 가독성 중 독해성과 관련하여 조도와 배경의 밝기에 따른 실험을 진행하고 그 차이를 규명하고자 한다.

III. 실험방법

본 연구는 조도에 따라 배경의 밝기 설정을 다르게 하는 것이 가독성에 영향을 주는가에 대해 알아보고, 휘도 대비와 가독성은 선형관계에 해당하는지 알아보고자 한다. 즉, 조도에 따라 배경의 밝기를 다르게 하는 것이 가독성에 차이가 있는지, 그리고 동일한 조도환경에서 배경의 밝기에 따라 가독성의 차이가 있는지 여부를 알아

보고자 한다. 실험에 사용된 디스플레이 특성은 표준 sRGB 색 재현 영역과 매우 흡사한 색 재현율을 나타냈으며 디스플레이 표준 감마인 2.2와 일치하였다. 가독성 관련 실험을 하기 위해 MATLAB 으로 실험환경을 구축하였으며 실험 환경은 그림 1과 같다.

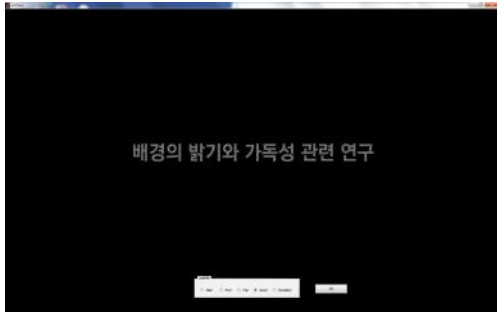


그림 1. MATLAB으로 구현된 실험 환경
 Fig. 1. Experiment environment materialized through MATLAB

실험은 암실과 형광등 환경에서 각각 진행되었으며, 형광등의 경우 조도계를 이용하여 측정 시 약 360 lux 정도이며 색온도는 약 5580K에 해당되었다. 실험에 사용된 디스플레이 배경의 밝기 Y는 가장 어두운 상태에서 0.21, 최대 밝기인 경우 97.74에 해당한다. 디스플레이는 X-Rite il Pro2를 사용하여 D65 환경으로 교정 한 후 실험에 사용 하였다. 실험에 사용된 글자체는 윤고딕 32 포 인트로 화면 중앙에 배치하였으며 문장의 길이는 10*20 자 내외로 진행 하였다. 문장의 길이는 단문으로 구성하여 피험자에게 가독성과 다른 시각적 피로도가 변수로 작용되지 않도록 조절하였다.

실험에 사용된 글자와 배경의 밝기는 미켈슨 정의 (Michelson ratio)를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min}) \quad (1)$$

C는 대비비를 나타내며, L_{max} 는 배경의 밝기, L_{min} 는 글자의 밝기를 의미한다. 실험에 사용된 배경의 밝기와 글자의 밝기는 표 2와 같다.

실험에 참가한 피험자는 30대 5명, 40대 5명으로 구성 되었으며 실험에 대한 간단한 설명을 들은 후 모니터와 시선간의 거리를 약 50cm로 고정하였다. 피험자는 충분한 시간을 두고 가독성에 대해 리커르트 스케일(Lickert scale) 5점 척도로 평가하였으며 실험 전 암실과 형광등

환경에 각각 적응할 수 있도록 충분한 순응이 이루어진 후 실험을 진행하였다.

표 2. 실험에 사용된 배경의 밝기와 글자의 밝기
 Table 2. Background lightness and text lightness used in the experiment

no.	배경의 밝기(Y)	글자의 밝기(Y)	no.	배경의 밝기(Y)	글자의 밝기(Y)
1	0.21	0.41	18	97.74	0.21
2	0.21	0.96	19	97.74	0.41
3	0.21	2.07	20	97.74	0.96
4	0.21	4.07	21	97.74	2.07
5	0.21	6.50	22	97.74	4.07
6	0.21	9.81	23	97.74	6.50
7	0.21	13.62	24	97.74	9.81
8	0.21	18.19	25	97.74	13.62
9	0.21	23.74	26	97.74	18.19
10	0.21	29.93	27	97.74	23.74
11	0.21	36.54	28	97.74	29.93
12	0.21	44.32	29	97.74	36.54
13	0.21	53.25	30	97.74	44.32
14	0.21	63.28	31	97.74	53.25
15	0.21	74.43	32	97.74	63.28
16	0.21	84.98	33	97.74	74.43
17	0.21	97.74	34	97.74	84.98

IV. 실험 결과

암실과 형광등 환경에서 진행된 실험데이터에 대해 F-검정을 통해 양측 검정의 p값이 0.322에 해당하므로 등분산에 해당되는 결과치를 얻을 수 있었다. 암실 환경에서 배경의 밝기와 가독성의 실험 결과, 배경의 밝기와 글자 밝기의 대비비에 따라 가독성의 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 마찬가지로 형광등 환경에서 배경의 밝기와 가독성의 실험 결과, 배경의 밝기와 글자 밝기의 대비비에 따라 가독성의 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 특정한 조도 환경 하에서 배경과 글자 간의 밝기 대비비가 변화됨에 따라 가독성에 영향이 있다는 유의미한 결과를 의미한다.

그림 2는 암실과 형광등 환경에서 배경의 밝기와 글자의 밝기 대비비에 따른 실험 결과이다. 그림 2의 (a)는 배경의 밝기가 0.21에 해당되는 경우이며, (b)는 배경의 밝기가 97.74에 해당되는 밝기에서 진행된 실험 결과이다. 그림 2의 (a)에서 보이는 바와 같이 두 곡선의 경향성은 유사하나 암실에서는 글자의 밝기가 29.93에 해당되는 경우 척도 평균이 5에 해당하고 형광등에서는 글자의 밝기가 53.25에 해당되는 경우 척도 평균이 5에 해당됨을

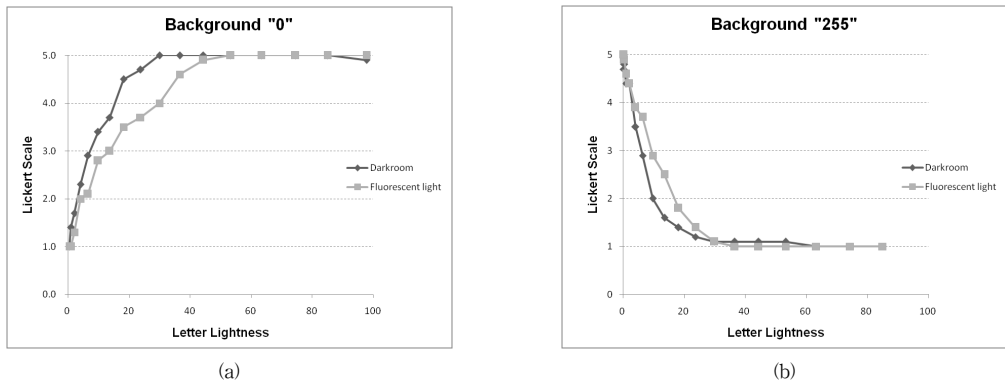


그림 2. 배경의 밝기와 글자의 밝기 대비비 실험 결과
 Fig. 2. Contrast ratio test results of background lightness and text lightness

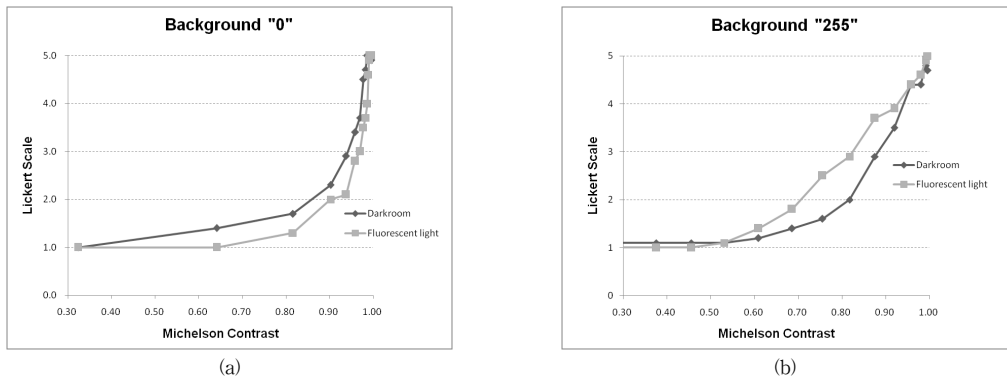


그림 3. 미켈슨 대비비에 따른 실험 결과
 Fig. 3. Experiment results based on Michelson's contrast ratio

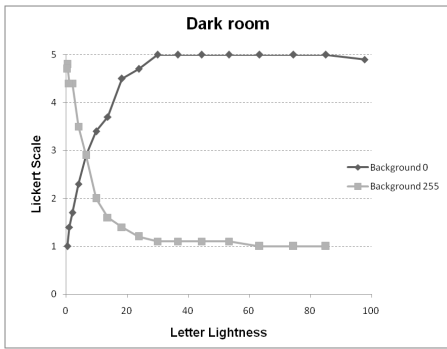
알 수 있다. 이는 형광등 환경에서 배경의 밝기가 어두운 경우, 글자의 밝기가 암실에서 제시된 밝기보다 밝아야 가독성이 증가한다는 것을 알 수 있다. 배경의 밝기가 밝은 경우, 암실환경에서는 제시된 글자의 밝기가 형광등에서 제시된 밝기보다 어두워야 가독성이 증가한다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 암실과 형광등 환경에서 미켈슨 대비비에 따른 실험 결과이다. 그림 3의 (a)는 배경의 밝기가 0.21에 해당되는 경우이며, (b)는 배경의 밝기가 97.74에 해당되는 밝기에서 진행된 실험 결과이다. 그림 4는 암실환경에서 배경의 밝기와 글자의 밝기 대비비에 따른 실험 결과이다.

그림 4의 (a)는 암실환경에서 배경의 밝기와 글자의 밝기를 각기 다르게 제안된 경우이며, 그림 4의 (b)는 동일한 실험 결과를 미켈슨 정의에 따라 나타낸 그래프이다. 암실 환경과 형광등 환경에서의 가독성 차이는 배경의 밝기가 밝은 경우 그 차이가 뚜렷이 나타남을 알 수

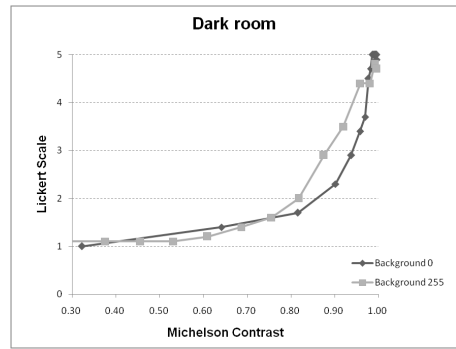
있다.

그림 5의 형광등 환경에서는 미켈슨 정의에 따른 대비비가 약 0.45까지 비슷한 경향성을 보이나 배경의 밝기가 밝은 경우 배경의 밝기가 어두운 경우 보다 대비비가 증가함에 따라 가독성이 더욱 증가하는 경향성을 나타냈다. 즉, 배경의 밝기가 어두운 경우 가독성을 향상시키기 위해서는 배경의 밝기와 글자 밝기의 대비비가 배경의 밝기가 밝은 경우 보다 증가 시켜야 함을 의미한다.

그림 6은 각기 다른 조도환경에서 미켈슨 대비비에 따른 실험 결과이다. 그림 6의 (a)는 배경의 밝기가 디지털 RGB 0에 해당하는 0.21인 상태를 나타내며, 그림 6의 (b)는 디지털 RGB 255에 해당하는 97.74인 배경에서 얻은 실험 결과이다. 배경의 밝기가 어두운 경우, 암실과 형광등에서의 실험 결과 경향성은 비슷하나 동일한 대비비를 갖은 경우 암실에서의 가독성이 더 나은 결과를 나타냈다. 배경의 밝기가 밝은 경우는 이와 반대로, 동일한 대비



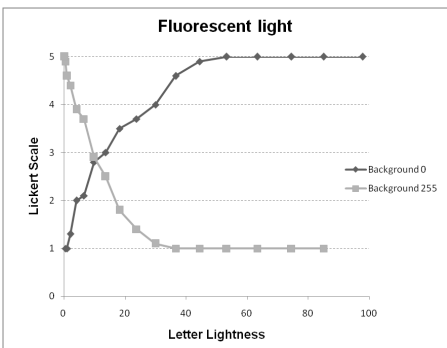
(a)



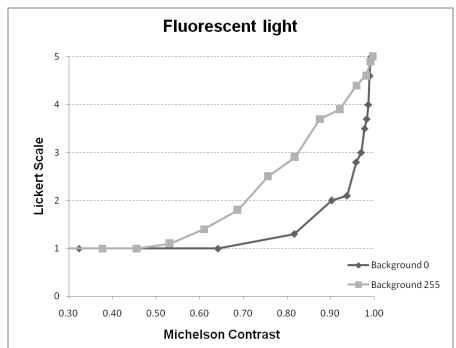
(b)

그림 4. 암실 환경에서 배경의 밝기와 글자의 밝기에 따른 실험 결과

Fig. 4. Experiment results of background lightness and text lightness in a darkroom environment



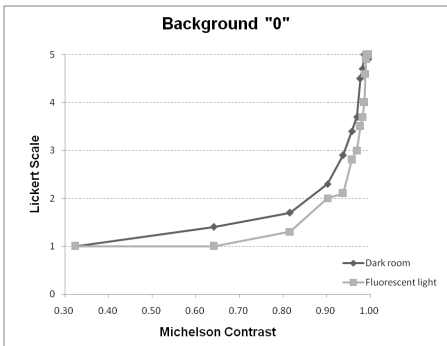
(a)



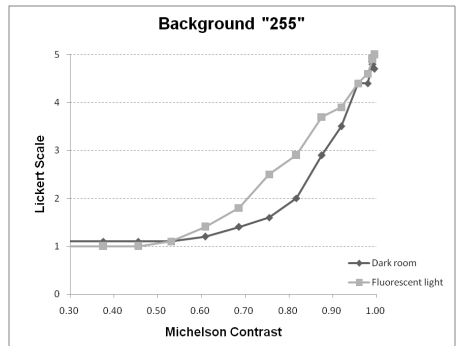
(b)

그림 5. 형광등 환경에서 배경의 밝기와 글자의 밝기에 따른 실험 결과

Fig. 5. Experiment results of background lightness and text lightness in fluorescent light environment



(a)



(b)

그림 6. 미켈슨 대비비와 조도 환경 따른 실험 결과

Fig. 6. Experiment results based on Michelson's contrast ratio and illumination intensity

비를 갖은 경우 형광등 환경에서의 가독성이 조금 더 나은 결과를 나타냈다.

평가 분석을 위해 성능만족도 평가(Scaled mean observer scores, sMOS)를 사용하여 로그 스케일로 결과

값을 비교하였으며 수식은 다음과 같다. N 은 총 실험 수를 의미하고, i 는 각 실험에서 얻은 척도 스케일, 그리고 Max_p 는 평가 시 사용된 척도 스케일 중 최대값을 의미한다.

$$sMOS = 100 \left\{ \text{Log} \left(\frac{1}{N} \sum_N p_i \right) / \text{Log} (Max_p) \right\} \quad (2)$$

동일한 대비비가 주어진 조건에서 가독성 만족도는 다음과 같다. 배경이 어두운 경우 암실 환경에서는 약 71.43, 형광등 환경에서는 64.60 으로 형광등 환경에서의 가독성 만족도가 낮게 평가된 것을 알 수 있었다. 배경의 밝기가 밝은 경우 암실 환경에서 약 73.37, 형광등 환경에서는 약 78.09로 배경이 어두운 경우와 상반되는 결과를 나타내었다.

V. 결론

본 연구는 특정한 조도 환경에 따라 배경의 밝기 설정을 다르게 하는 것이 가독성에 영향을 주는가에 대해 알아보고, 대비비와 가독성의 관계에 대해 알아보았다.

실험 결과, 특정한 조도 환경 하에서 배경과 글자간의 밝기 대비비가 변화됨에 따라 가독성에 영향이 있다는 유의미한 결과를 나타내었다. 가독성 향상을 위해 형광등 환경에서는 배경의 밝기가 어두운 경우, 암실 환경보다 더 큰 대비비가 필요하며 암실 환경에서는 배경의 밝기가 밝은 경우, 형광등 환경보다 더 큰 대비비가 필요하다는 결과를 도출하였다. 또한 배경의 밝기가 어두운 경우, 암실에서 가독성이 더 나은 결과를 나타냈다. 배경의 밝기가 밝은 경우는 이와 반대로, 형광등 환경에서의 가독성이 조금 더 나은 결과를 나타냈다. 결론적으로, 도출된 실험 결과를 모델링하여 주변 조도에 따라 배경의 밝기와 대비비를 제어함으로써 디스플레이에서 가독성을 향상 시킬 수 있다고 판단된다. 본 연구를 통해 도출된 실험 결과를 바탕으로 향후 진행할 연구 과제로는 본 연구의 완전성을 위해 가독성 향상 대비비 제어 모델로 확장하는 연구 및 논리적 모델을 개념적 모델로 변환하는 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] Fairchild M. D. (2005). Color Appearance Models, Second Edition, Reading, Second Edition, John Wiley & Sons.
 [2] Hunt R. W. G. (1995). The Reproduction of Colour, England, Fifth Edition, Fountain Press.

[3] Hurvich L. M (1981). Colour Vision, Sinauer Associate, Sundland, Mass.
 [4] Wyszecki G, Stiles WS. (2000). Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Second edition, A Wiley-Interscience Publication.
 [5] Gordon E. Legge, David H. Parish, Andrew Luebker, and Lee H. Wurm. (1990). Psychophysics of reading. XI. Comparing color contrast and luminance contrast, Journal of Optical Society of America, 2002-2010.
 [6] Spengelink, G. P. J., & Besuijen. K. (1996). Chromaticity contrast, luminance contrast, and legibility of text, Journal of the Society for Information Display, 4(3), 135-144.

저자 소개

홍 지 영(정회원)



- 2001년 : Sydney University, Multimedia Design 석사
- 2017년 : 홍익대학교 디자인·공예 색채학 박사
- 2004년 ~ 2013년 : 삼성종합기술원, Multimedia Lab., 전문연구원
- 2014년 ~ 현재 : 경민대학교 광고홍보 제작과 조교수

<주관심분야 : 디스플레이, 색채, 시지각, 영상처리>

민 장 근(정회원)



- 1992년 : 동국대학교 컴퓨터공학,공학 석사
- 2007년 : 동국대학교 컴퓨터공학, 공학 박사
- 1998년 ~ 현재 : 경민대학교 영상콘텐츠과 교수

<주관심분야 : 영상콘텐츠, 멀티미디어, 콘텐츠 품질평가>