



특집

OLED 화질 평가 기술

© 승배 정호근 김상수 (삼성모바일디스플레이)

I. 서론

IT 기술의 급속한 발전과 더불어 Display의 화질 성능 향상이 매우 빠르게 변화하고 있다. 따라서 Display 연구 개발에 있어서 화질 성능에 대한 치열한 경쟁이 필연적이다. 이러한 가운데 최근 꿈의 Display로 각광 받으며 OLED가 새롭게 등장하여 Display 업계를 뜨겁게 달구고 있다. OLED는 종래 Display와는 비교할 수 없을 정도의 우수한 감성 화질 특성을 보유하고 있어, 다양한 최첨단 IT 제품에 속속 채용되고 있으며 그 규모도 급격하게 확대되고 있다. 이는 고객을 즐겁게 하는 New Display로서 한 차원 높은 화질 차별화를 가능하게 하는 동시에 Display 업계를 새로운 Paradigm으로 이끌어 갈 신호라는 점에서 누구도 의심할 여지가 없다. 이러한 OLED Display는 기존의 화질 평가법으로 측정하여 우수한 감성 화질을 표현하는 데에는 많은 한계와 문제점이 발생되고 있었다. 최근 이러한 문제점을 해결하고 OLED의 우수한 화질 장점을 객관적으로 평가하려는 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 이에 새롭게 개발되고 있는 OLED의 화질 평가 기술을 다음과 같이 소개하고자 한다.

본고는 2장에서는 Display 화질 평가 기술의 현실에 대해 알아보고, 3장에서는 새롭게 개발된 OLED 화질 평가 기술에 대한 소개를, 4장에서는 향후 화질 평가 기술에 대한 방향을 언급하고, 맺음말로 마무리 하고자 한다.

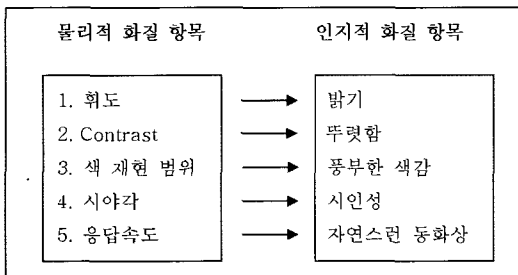
II. Display의 화질 평가란?

1. 기존 화질 평가 기술의 한계

Display의 화질에 대한 우수성을 아직도 물리적인 수치의 크기만으로 평가하는 현실은 안타까운 일이다. 고객이 실제로 느끼는 Display의 화질 성능을 올바르게 평가해야 한다는 차원에서 감성 화질이라는 Key word를 사용하기도 많은 시간이 흘렀다. 그럼에도 불구하고 인간의 시각 특성이 반영된 Display의 화질 평가 기술이 기존의 Display에서는 활발하게 적용되지 못하고 있는 실정이다. 예를 들어 색 재현 능력 평가법에 있어서 2차원 색 좌표의 Red, Green, Blue의 3가지 Primary Color의 삼각형 면적(범위)으로 평가하여 휘도가 고려되지 않기 때문에 받

생하는 객관적이지 못한 색 재현 능력 평가법이 사용되고 있을 뿐 아니라, Contrast의 경우도 100만대 1의 실체를 올바르게 전달하지 않고 10만대 1의 Contrast 화질 특성에 비해 10배 좋은 화질로 오인하는 절대 Contrast 평가법의 한계에서 탈피하지 못하고 있기 때문이다. 또한 휘도(Luminance)와 밝기(Brightness)를 올바르게 구별하지 못하고 사용함으로써 물리적인 수치인 휘도와 실제로 인간이 느끼는 밝기의 수치 차이에서 나오는 괴리감으로 인하여 화질 성능 수치에 대한 불신감을 잠재우지 못하고 있는 실정이다. 이는 기존의 물리적인 화질 평가법에서 휘도를 평가하면서 밝기라는 단어와 혼동하여 사용하고 있었을 뿐 아니라, 밝기라는 성능을 평가하는 화질 평가법이 부재하였기 때문에 발생하였다.

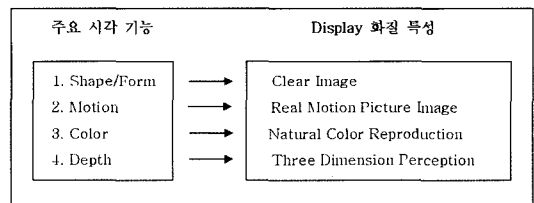
이것들을 종합하여 보면 기존의 물리적인 화질 평가 항목을 인지적 특성이 반영된 감성 화질 평가 항목으로 고려할 때 <그림 1>에서와 같이 단순하게 물리적인 화질 항목과 인지적인 화질 항목을 1:1 대응 관계로 생각하고 물리적인 화질 성능을 개선하기만 하면 그 수치가 증가하는 만큼 감성 화질이 커질 것이라는 막연한 기대감에서 비롯된 기존 Display 화질 평가 기술의 한계가 문제의 원인이 된 것이다.



<그림 1> 기존의 물리적 화질 항목과 인지적 화질 항목의 연계

2. 신 화질 평가 기술에 대한 도전

Display 화질을 고객이 느끼는 감성 화질과 일치화 시키기 위한 객관적인 화질 평가법과 물리적인 화질 평가법의 문제점을 극복하기 위하여 인간의 시각 기능을 바탕으로 한 감성 화질 평가 기술이 최근 발표되고 있다^[1~3]. 이는 Display의 화질 평가에 있어서 인간의 시각 기능을 이해하고 시각 특성을 고려하여 Display의 화질을 평가하는 새로운 시도로 받아들여지고 있다. <그림 2>의 왼쪽 부분에서와 같이 인간의 주요 시각 기능은 4가지로 분류된다고 널리 알려져 있다. 이는 1981년 노벨상을 수상한 신경 과학자 Hubel과 그의 공동 연구자인 Livingston이 눈의 시각 기능과 뇌의 시 신경 처리에 대하여 체계적인 논문을 발표하여, 다음과 같이 설명하였다. 인간의 눈은 모양, 크기, 명암, 움직임, 방향, 색깔, 질감, 위치, 거리 등 주변 환경으로부터 다양하고 많은 정보를 제공받는다. 그 수많은 정보에도 불구하고 시각 처리를 체계적으로 분석하고 이해하는데 어려움을 겪지 않는 이유는 신속하고 효율적인 시각 정보에 대한 처리 체계를 가지고 있기 때문이다. 눈으로 들어온 여러 가지 정보들 중 모양(Shape/Form), 움직임(Motion), 색깔(Color), 깊이감(Depth)과 같은 4 가지 정보를 병렬적으로 처리하는 기능적 경로가 뇌에



<그림 2> 주요 시각 기능과 Display 화질 특성과의 관계

존재하고, 그를 통하여 시각 처리 과정이 일어난다고 발표하였다^[4,5]. 그리고 다양한 임상 실험과 관찰을 통하여 그들의 주장이 옳음을 증명하였고, 그 후에도 그들의 주장을 입증하는 연구가 지속적으로 발표되고 있다.

이러한 인간의 4 가지 주요 시각 기능을 이해하고 Display의 화질 특성을 고려하면 <그림 2>와 같이 그들의 관계를 쉽게 연결할 수 있게 되고, 이를 체계적으로 풀어 나가게 된다면 시각 특성이 반영된 감성 화질 평가 기술이 가능하게 될 수 있을 것으로 보여 진다. 이러한 감성 화질 평가 기술에 대한 연구가 시작 된 것은 OLED Display가 우수한 감성 화질 특성을 보유하고 있을 뿐 아니라 새로운 화질 평가 기술에의 요구가 동시에 존재하였기 때문이라고 보여 진다. 다음 절에서 그에 대한 구체적인 사례를 바탕으로 설명하고자 한다.

III. OLED 화질 평가 기술

1. 화질 평가 기술의 개요

Display의 화질 평가 기술은 앞에서 언급한 바와 같이 인간의 시각 특성을 반영하여, 인간이 지각하는 관점에서의 객관적인 화질 성능에 대한 정량화를 달성하는 것이다. 이 문제를 풀기 위해서는 앞에서 설명한 시각 처리 과정에서 일어나는 4 가지의 주요 시각 기능과 Display 화질 특성과의 상관 관계를 구체적으로 이해 할 필요가 있다. Display에 있어서 궁극적으로 달성하여야 할 목표는 <그림 2>에서 표시 된 4 가지의 Display 화질 특성을 모두 만족시키는 것이라 할 수 있다. 첫째로 Display에 있어서 선명한 화상

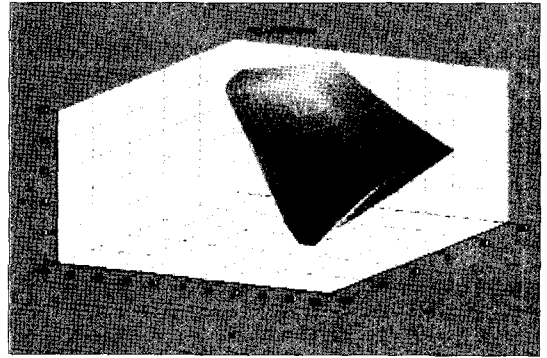
(Clear Image)을 구현하기 위해서는 해상도와 휘도, Contrast, 시야각 등과 같은 화질 특성과 관계가 있다. 이는 모양을 인지하는 Shape/Form이라는 시각 처리 기능과 밀접한 관련이 있다. 둘째로 실물과 같은 동화상 (Real Motion Picture Image) 특성을 구현하기 위해서는 소자의 응답 속도 뿐 아니라 Display의 구동 방식과 Frame 구동 주파수, 동화상의 Edge에서 나타나는 Motion Blur, 의사 윤곽(Dynamic False Contour), Flicker 등의 화질 특성과 관련이 있으며, 이는 시각 처리 기능의 Motion에 해당 된다. 셋째로 자연색 재현(Natural Color Reproduction)을 구현하기 위해서는 Color Gamut의 크기, 적절한 Gamma 설정, Color의 단계를 구분 짓는 계조 수 등이 관련이 있으며, 이는 시각 처리 기능의 Color에 해당 된다. 넷째로 3 차원 공간 지각(Three Dimension Perception)을 구현하는 화상을 얻기 위해서는 3 차원 Display 산업이 완전히 성숙되지 않아 명확한 화질 특성이 아직 덜 밝혀졌지만 Depth의 능력, 시야 의존성, 좌우 영상의 Crosstalk, 3 차원 구현 방식 등이 있으며, 시각 처리 기능으로는 Depth가 이에 해당 된다. 따라서 이 4 가지의 주요 시각 기능과 이에 대응하는 Display의 화질 특성을 바탕으로 OLED Display의 인지 화질 특성을 객관적으로 평가하는 기술을 개발하게 된다면, 시각 특성이 반영된 모든 화질 특성을 객관화 시킬 뿐 아니라 감성 화질 특성을 정량화 시킬 수 있을 것으로 기대 된다.

2. OLED 신 화질 평가 기술 소개

최근 들어 OLED Display의 급속한 시장 확대와 더불어 시각 특성이 반영 된 OLED Display

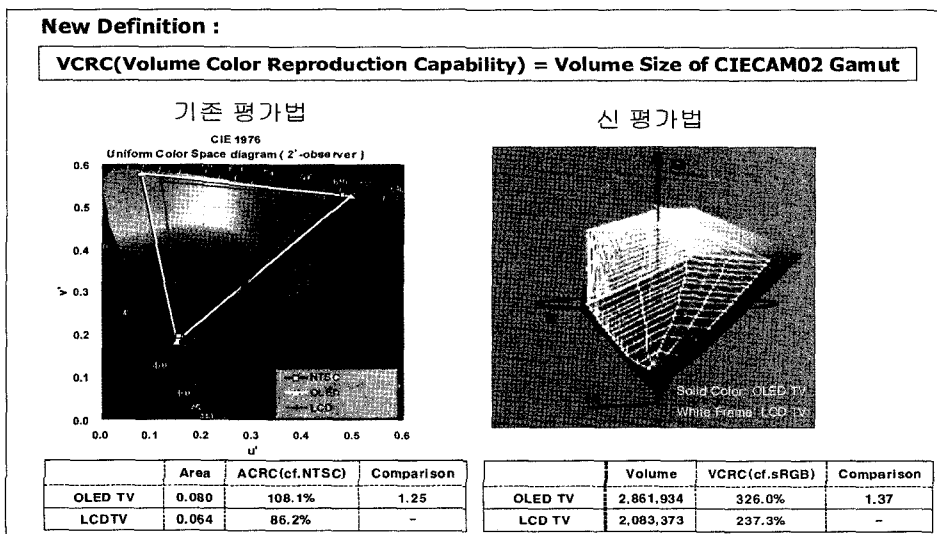
의 화질 평가 기술이 속속 발표되고 있다. 이는 기존의 화질 평가 기술로는 OLED Display의 우수한 화질 성능을 올바르게 표현할 수 없기 때문인 것으로 보여 지고 있다. 더욱이 기존 Display의 화질 평가 기술이 물리적인 수치에 근간을 두고 있기 때문에 최근 향상된 화질 성능을 객관적으로 표현하는데 한계가 나타났기 때문이다. 이제부터 우수한 화질 특성을 보유하고 있는 OLED Display의 감성 화질 평가 기술에 대하여 소개하고자 한다.

우선 첫번째와 세번째 시각 처리 기능인 Shape/Form과 Color에 대하여 인간의 시각 특성이 반영된 3차원 색 공간을 활용한 새로운 화질 평가 기술에 대하여 소개하겠다. 2002년 국제 조명 위원회(CIE)에서는 기존의 색 좌표 공간(CIEXYZ 1931, CIELUV 1976, CIELAB 1976)에서는 표현할 수 없었던 밝기(Brightness)라는 척도가 가능하고, 주변 환경의 조명 조건과 인간의 순응 특성을 반영할 수 있는 가장 최신의 색 공간 좌표를 국제 표준 규격(CIECAM02)으



〈그림 3〉 국제조명위원회(CIE)에서 발표한 최신의 3차원 표준 색공간(CIECAM02)

로 발표하였다. 이 CIECAM02라는 색 공간은 〈그림 3〉에 나타낸 것과 같이 국제 조명 위원회에서 제시하고 있는 시각 특성이 반영된 가장 진보된 표준 색 공간이다^[6]. 이를 표현하기 위해서는 최소한 Red, Green, Blue의 Primary Color와 Black 그리고 White 6개의 색 좌표와 휘도 정보를 입력하면 3차원 공간으로 표현할 수 있고, 이때의 부피는 측정된 Display에서의 색 재현 능력에 해당된다. 이를 객관화 시키기 위하여 다면체 부피 계산법을 채용하여 〈그림 4〉

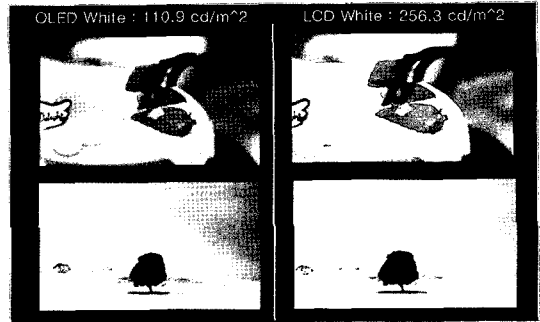


〈그림 4〉 부피 색 재현 능력 평가법(Volume Color Reproduction Capability(VCRC))

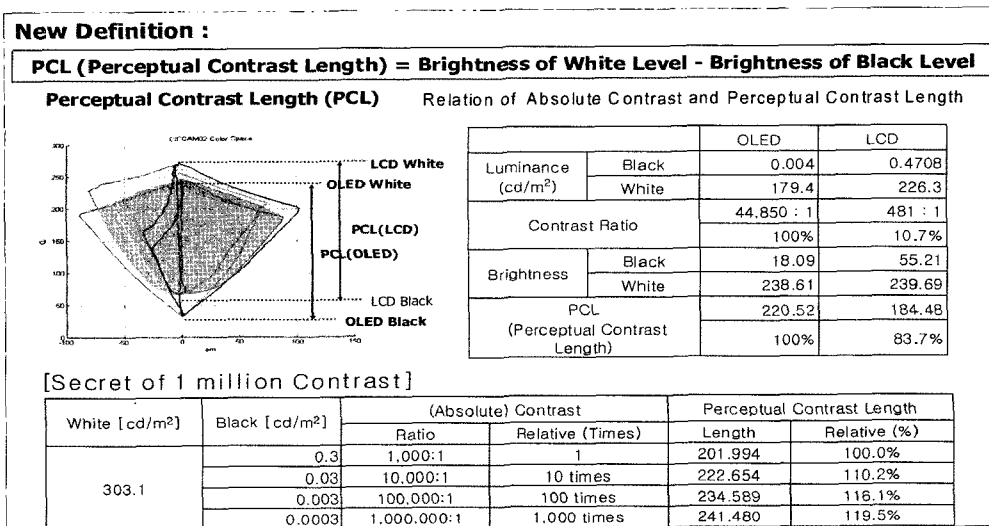
에서와 같이 부피 색 재현 능력(Volume Color Reproduction Capability(VCRC))을 평가하는 새로운 화질 평가법이 발표되었다^[1~3,7]. 이 평가법의 의미는 공간으로 계산된 부피의 내부에 있는 색 좌표는 어떠한 Color도 구현이 가능하기 때문에 부피에 대한 의미가 객관적일 뿐 아니라 OLED의 매우 우수한 Black 특성을 잘 반영하여 저 계조 특성의 우수성을 부피라는 수치로 그대로 반영되기 때문이다.

이 CIECAM02 색 공간을 활용하여 z-축에 해당되는 Brightness 개념을 이용하면 기존의 물리적인 Contrast Ratio에 대한 평가법을 크게 개선시킬 수 있다. 이 평가법은 <그림 5>와 같이 Display의 White 밝기(Brightness)와 Black 밝기(Brightness)의 차이를 길이로 계산하여 평가하는 방법이다^[1]. 이때 사용되는 길이에 해당되는 Brightness 축은 인지 균등 Scale로 그 길이가 선명도의 절대치가 되는 원리이다. 이 원리는 <그림 5>의 하단에서와 같이 100만대 1의 절대 Contrast에 대한 비밀을 쉽게 설명할 수 있

다. 절대 Contrast 1,000대 1의 Contrast 보다 1,000배나 우수한 100만대 1은 새롭게 개발한 인지 Contrast(Perceptual Contrast Length (PCL)) 평가법으로 평가하면 1,000대 1의 Contrast에 비해 19.5% 밖에 선명도가 증가되지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 이와 관련하여 동일한 PCL 길이를 갖는 White 휘도가 256.3 cd/m²의 LCD와 White 휘도가 110.9 cd/m²의 OLED가 같은 선명도라는 것을 <그림 6>에서와 같이 비교 평가하여 PCL 평가법의 객



<그림 6> 동일 PCL에 대한 Image 비교 평가 (구현된 Image를 카메라로 Capture한 결과)



<그림 5> 인지 Contrast 평가법(Perceptual Contrast Length(PCL))

관성을 한층 더 입증하였다.

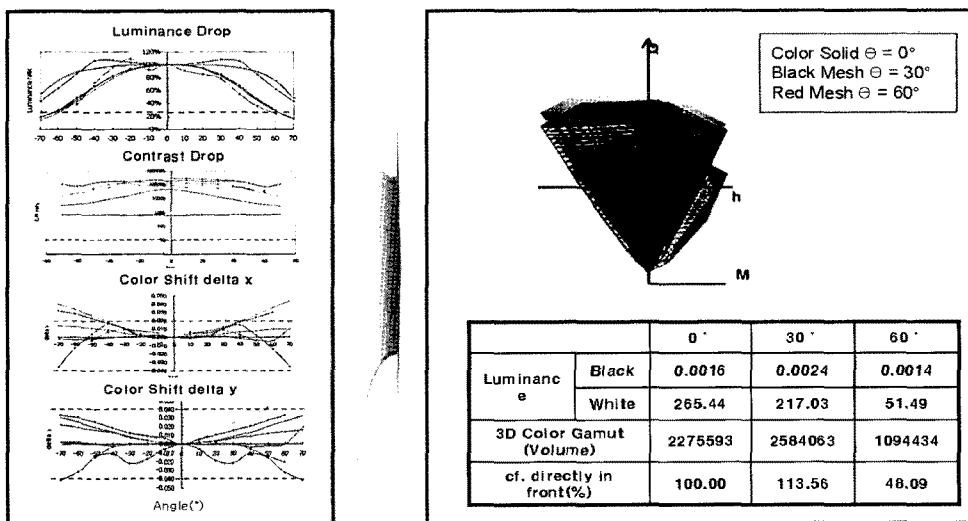
또한 CIECAM02 색 공간의 부피 색 재현 능력(VCRC) 평가법을 활용하면 시야각 평가법으로 사용할 수 있다. 이는 부피 색 재현 능력(VCRC)의 절대치가 시청자가 바라보는 각도에서의 인지 색 재현 능력의 절대치이기 때문이다. <그림 7>에서와 같이 시야 각도에 따른 부피 색 재현 능력(VCRC)의 부피 변화 속에는 White의 휘도 변화에 해당하는 Luminance Drop에 대한 정보와 Contrast Drop에 대한 변화 정보 뿐 아니라 Color Shift에 대한 변화 정보까지 담고 있어 부피의 척도만으로 인간의 눈으로 인지하는 시야각 특성을 모두 반영하고 있기 때문이다. 이 인지 시야각(Perceptual Angle(PA)) 평가법은 기존에 사용하고 있던 Contrast 10:1까지의 각도가 시야각 특성이라는 무의미한 평가법에서 탈피하는 좋은 사례라 할 수 있다^[1,8].

이번에는 시각 처리 기능의 두번째에 해당하

는 Motion에 대한 새로운 평가법을 소개하겠다. 최근 Mobile Display에서도 동화상을 보는 기회가 많아지고 있다. 이는 동화상 특성이 Display의 화질 평가에 더욱 더 중요하게 자리 잡고 있다는 증거이다. 그 동안 Display의 동적인 화질 특성을 평가하는데 있어서 소자의 응답 속도로 평가하여 왔다. 하지만 소자의 응답 속도라는 화질 성능은 Display상에서 화상으로 구현 될 때 인간이 지각하는 동화상 특성을 충분히 반영하지 못하는 화질 특성이었던 것이 사실이다. 최근 들어 동화상의 화질 특성을 좌측 혹은 우측으로 Scroll되는 동화상 Image의 Edge를 추종하여 Motion Blur를 계측할 수 있는 방법이 고안되어 사용되고 있다. 또한 좌측 혹은 우측으로 Scroll되는 해상도 Pattern을 이용하여 동화상 해상도를 육안으로 계측함으로써 인지 해상도를 평가하는 방법도 제안되고 있다^[9]. 이 두 평가법을 살펴보면 우선 Motion Blur의 길이를 측정하여

New Definition :

PA(Perceptual Angle) = Change of Volume Size with Color Gamut

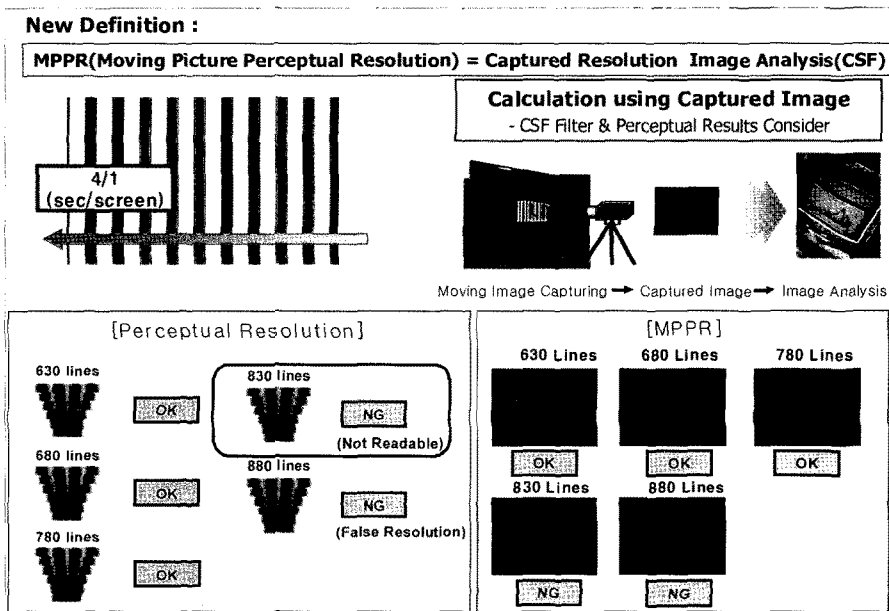


<그림 7> 인지 시야각 평가법(Perceptual Angle(PA))

시간으로 환산하는 방법은 Display의 구동 방식에 따라 달라지는 다양한 Edge의 광 Profile 특성을 반영할 수 없기 때문에 결국 육안으로 느끼는 동화상의 선명도와 일치하지 않는 평가방법을 쉽게 알 수 있다. 또한 두번째 방법인 동화상 인지 해상도 육안 평가법은 모든 동화상 특성을 수많은 사람들이 매번 평가해야 하기 때문에 측정법으로 효율적이지 못하다. 이를 개선시키기 위한 새로운 OLED 동화상 평가법을 소개하겠다. 우선 계측 시스템화 시키기 위하여 좌측 혹은 우측으로 Scroll되는 해상도 Pattern을 동화상 카메라로 Capture하여 시감 특성 CSF(Contrast Sensitivity Function)을 고려하여 Capture된 Image를 분석하는 방법으로 접근하였다. 이 동화상 평가 방법을 동화상 인지 해상도(Moving Picture Perceptual Resolution(MPPR)) 평가법이라 칭한다^[1,10]. 이는 <그림 8>에서와 같이 육안으로 평가하는 동화상 인지 해상도 실험과

일치하는 결과를 얻었을 뿐 아니라 이는 Display의 구동 방식에 의존하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 이러한 동화상의 Image Capture 분석 평가법은 동화상 인지 해상도를 평가하는 방법을 비롯하여 또 다른 동화상 특성을 평가하는 방법으로 다양하게 응용될 수 있을 것으로 보여진다.

이러한 인지 특성을 기본 원리로 하는 화질 평가 기술이 최근 앞에서 소개한 화질 평가법 이외에도 OLED 신 화질 평가법으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 예를 들면 인지 Gamma 평가 기술, 외광 시인성 평가 기술, Peak White 구동에 따른 인지 특성 등의 화질 평가 기술이 연구되고 있는 것으로 알려져 있다. 또한 향후 3D Display에 있어서도 OLED의 화질 특성이 경쟁 Display와 비교하여 동화상 특성의 우수하고, 좌우 양안의 Crosstalk가 작기 때문에 Main Display가 될 것이 확실시 되고 있다. 이와 관련하여 네번째 시



<그림 8> 동화상 인지 해상도 평가법(Moving Picture Perceptual Resolution(MPPR))

각 처리 기능인 Depth 평가 기술에 대한 연구가 시작되고 있으며, 이에 따라 OLED Display의 새로운 3D 화질 평가 기술이 보다 활발하게 전개될 것으로 보여 진다.

IV. 향후 화질 평가 기술의 방향

Display의 올바른 화질 평가 기술은 시간이 지나감에 따라 고객의 입장을 고려한 인간의 시각 특성이 반영된 평가법으로 진화할 것으로 보여 진다. 이에 대한 화질 평가 기술은 감성 화질 특성이 우수한 OLED Display가 선도할 것으로 기대를 모으고 있다. 앞에서 소개한 부피 색 재현 능력(VCRC) 평가법은 색 공간이 CIELAB 1976으로 한정되어 아쉽지만 국제 전기 기술 위원회(International Electrotechnical Commission (IEC))의 TC(Technical Committee) 110에서 IEC 62341-6-2(Measuring methods of visual quality and ambient performance) 문건의 한 항목으로 표준화가 진행 중에 있으며, 인지 시야각(PA) 평가법은 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)의 FPD Metrology Standard TC(Technical Committee)에서 Test method for perceptual angle of OLED Displays라는 Project로 표준화가 진행되고 있다. 나머지 화질 평가법인 인지 Contrast (PCL) 평가법과 동화상 인지 해상도(MPPR) 평가법도 표준화가 추진될 것으로 보여 지고 있다. 이처럼 감성 화질 평가 기술을 개발하여 국제 표준 측정법으로 범용화를 추진하는 것이 OLED Display의 성장과 함께 보편화 될 것으로 여겨진다.

앞으로 인간의 시각 특성을 고려한 화질 평가 기술의 발전과 더불어 Display의 화질 성능은 감성 화질 특성을 근간으로 최적화 될 것으로 여겨진다. 이와 아울러 감성 화질 성능의 달성과 동시에 간과해서는 안 될 특성과 기능이 있음을 염두에 두어야 한다. 이는 Display 시청 시 발생할 수 있는 시각 피로가 이에 해당 된다. 일본 오사카 교육 대학의 Takahashi 교수가 2006년 KDC (Korea Display Conference)에서 발표 한 FPD(Flat Panel Display) TV의 시청 시간에 따른 시력 저하의 평가 결과에 대한 내용을 주시할 필요가 있다^[11]. 시각 피로에 영향을 주는 화질 요인이 있다면 이를 충분히 고려하여 화질을 설계하여야 한다. 물론 최적 화질 구현을 달성할 수 있도록 화질 평가 기술이 성숙되어야 할 뿐 아니라 시각 피로를 정량화 시키는 시각 피로 평가 기술의 개발도 시급한 실정이다. 또한 최근 들어 친 인간, 친 환경적인 측면에서 인체에 무해한 재료의 사용과 소비전력 저감 기능이 반영된 Display를 강도 높게 요구함에 따라 이에 대한 연구 개발도 필연적이라 할 것이다.

V. 맺음말

OLED Display의 탁월한 감성 화질 특성은 친 인간적인 차세대 Display임에 틀림이 없다. 또한 OLED의 구성 재료와 효율은 친 환경적인 Display에도 부합되기 때문에 향후 우리의 눈을 즐겁게 해주는 최적의 Display로 자리 잡아 갈 것으로 확신하고 있다. 우수한 감성 화질 성능을 바탕으로 화질 평가 기술의 선도적인 역할을 다 할 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Seungbae LEE, Emotional Image Quality Evaluation for Display Devices. Color Technology for Display(Tutorial), IMID 2009.

[2] Eun-Jung LEE and Seungbae LEE. Emotional Image Quality Evaluation Technology for Display Devices. Journal of the Korean Institute of Illuminating & Electrical Installation Engineers, Vol.23, No.3 pp.10-17, 2009.

[3] Seungbae LEE. Display의 감성화질 평가기술. 조명 전기 설비 학회지, Vol.21, No.5 pp.13-20, 2007.

[4] D. Hubel & M. Livingston, Segregation of form, color and stereopsis in primate area 18, J. Neuroscience, 7, 3378-3415, 1987.

[5] Livingston & Hubel, Segregation of form, color, movement and depth, Science, 240, 740-9, 1988.

[6] Mark D. Fairchild, Color Appearance Models, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 2005.

[7] S. LEE, J. Chong, J. Bae, J. Kim, J. Oh, S. Lee, H. Kim and H. Chung, A Study on Method of Evaluating Image Quality with CIECAM02. 26th CIE Conference 2007, Proceeding Vol.2, pp.2-5(D8), 2007.

[8] Eun-Jung LEE, J. Chong, S. Yang, H. LEE, M. Shin, S. Kim, D. Choi, S. LEE, H. LEE and B. Berkeley,

Improved Method for Angle-of-view Measurement of Display Devices. 46-2, IMID 2009, October, 15. 2009.

[9] I. Kawahara, Excellent Moving Picture Resolution, IMID '07 Digest 1685-7, 2007.

[10] J. Chong, S. Lee etc., Method to Measure Perceptual Resolution of Moving-Picture Display, SID 2010(to be published)

[11] M. Takahashi, LCD vs PDP Picture Quality Status and the Task of FPD TVs, KDC, 2006.

저자소개



이 승 배

1987년 고려대학교 화학과 학사
 1997년 고려대학교 재료공학과 석사
 2004년 일본 Chiba 대학교 정보화상공학과 박사
 1989년~2008년 삼성SDI(주) 연구소(수석연구원)
 2009년~현재 삼성모바일디스플레이 연구소(수석연구원)

주관심 분야 : Color Sciences, Vision Sciences, Display
 감성 화질 연구

저자소개



정 호 균

1973년 서울대학교 전자공학과 학사
 1977년 케이스웨스턴 전기공학과 석사
 1981년 일리노이대(Urbana-Champaign) 전기공학과
 박사
 1981년~1987년 하니웰社(과장)
 1987년~1988년 맥도널더글라스(과장)
 1988년~1999년 삼성전자 반도체총괄 생산기술 센터장
 (상무)
 2000년~2008년 삼성SDI(주) 중앙연구소장(부사장)
 2009년~현재 삼성모바일디스플레이 연구소(고문)
 2009년~현재 성균관대학교 석좌초빙 교수

주관심 분야 : Flat Panel Display 관련 연구 개발



김 상 수

1983년 서울대학교 물리학과 학사
 1990년 North Carolina 주립대학 전기공학과 박사
 1990년 North Carolina 주립대학 전기공학과 Post-Doctor
 1983년~1984년 삼성반도체통신(주) 연구소(연구원)
 1990년~2009년 삼성전자 LCD 기술 센터장(부사장)
 2009년~현재 삼성모바일디스플레이 연구소장(부사장)

주관심 분야 : Flat Panel Display 관련 연구 개발