

영역 카메라를 이용한 플라즈마 디스플레이의 컬러출력 검사 시스템

김우섭, 도현철, 진성일
경북대학교 전자전기컴퓨터학부

Color Inspection System for Plasma Display Panel by Using Area Camera

Woo-Seop Kim, Hyun-Chul Do, Sung-Il Chien
School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University
E-mail : goiron22@palgong.knu.ac.kr

Abstract

This paper proposes a non-contact color inspection system for plasma display panel (PDP). The red, green, and blue test pattern images are acquired by using the area color CCD camera at the various distance from the PDP. The RGB values are obtained from the region of interest (ROI) which are extracted by applying the image processing to the test pattern image. Finally, the CIE xy and u'v' chromaticity coordinates of the test pattern images according to the distance are acquired from the RGB color coordinates.

I. 서론

국내를 비롯한 주요 선진국들의 지상파 디지털 TV 방송이 시작됨과 더불어 대형 벽걸이 텔레비전의 대명사로 일컬어지는 PDP에 대한 기대가 한층 높아지고 있으며[1], 수요 또한 증가하고 있다. 이에 따라 생산 공정상에서 자동 검사 장비의 중요성이 높아지고 있지만, 현재까지 제품 완성 또는 조립과정에서의 검사공정은 사람의 시각에 많이 의존하고 있다[2]. 일반적으로 기존의 접촉식 컬러 분석기는 objective 렌즈, 광학적 fiber, 센서로 이루어져 있다. 발광소자로부터 모아진 빛은 렌즈와 광학적 fiber를 거쳐 세 부분으로 나누어져서, spectral sensitivity가 CIE 1931 컬러 매칭 함수와 유사한 각각의 센서에 입력된다. 이러한 계측기는 광학적 소자

를 포함하므로 고가이며, 또한 외부 빛을 차단하기 위해 피측정 소자와의 기계적 밀착이 필요하므로 측정 속도 또한 느리다.

비접촉식 검사가 이루어지기 위해서는 영상획득 환경, 획득거리, 피측정 소자의 특성 등이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 일반적인 컬러 영역 카메라를 이용하여 PDP에 디스플레이된 테스트 패턴과의 거리를 변화시키면서 영상으로 획득하였다. 또한 영상 획득거리와 다른 디스플레이 소자에 비해 상대적으로 큰 셀를 가지는 PDP 특성을 고려한 적절한 영상 처리방법을 제시하였으며, 그 결과를 분석하여 xy 색도좌표와 색도도에 나타내었다.

II. 시스템 구성 및 영상획득

2.1 검사 시스템

실험에서 사용된 실험장비는 그림 1과 같은 구조를 가지며, 고해상도 칼라 CCD 카메라, IBM PC, 패턴 생성기, 컬러 분석기로 구성된다. 패턴 생성기는 PDP에 테스트 패턴을 공급하는 역할을 하게 되며, PDP에 디스플레이된 영상을 BASLER A101fc 고해상도 컬러 CCD 카메라로 획득한다. 보조 데이터를 얻기위한 실측장비는 컬러 분석기(color analyzer)인 CA-100이 사용되었다.

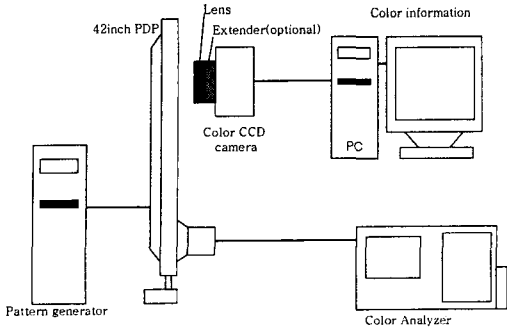


그림 1. 검사 시스템 개요도

2.2 거리에 따른 영상획득

영상획득은 차광된 상태의 실내 조명 하에서 진행되었으며, 패널 전체에 디스플레이된 red, green, blue 테스트 패턴을 컬러 영역 카메라를 이용하여 렌즈와 촬영 거리를 변화시키며 영상을 획득하였다. 특히 PDP 는 그레이 레벨을 표현하기 위해 하나의 field 를 여러 개의 subfield 로 나누고 on/off 하여 인간 시각 시스템의 잔상(after effect) 효과를 이용하므로 촬영시 flicker 현상이 일어나지 않도록 노출시간을 최적화한다. 또한 정확한 컬러 정보를 얻기 위해 카메라의 CCD 가 포화되지 않도록 하였다.

영상획득은 0.01m, 0.8m, 1.8m 의 세가지 거리에서 진행되었다. 각각의 획득 영상에 대해 (1) case1 : 0.01m 거리에서의 획득 영상 (2) case2 : 0.8m, (3) case3 : 1.8m 로 정의하였다. 근접 거리인 case1 의 경우 초점거리가 짧은 8mm 렌즈와 보조 extender 를 사용하여 획득되었다. Case2 와 case3 은 각각 16mm 와 25mm 렌즈를 사용하여 획득하였으며, 보조 extender 는 사용되지 않았다. 그림 2 는 PDP 에 red 테스트 패턴을 디스플레이 시킨 후 각각의 거리에서 획득한 영상의 일부분이다. 그림 2(a)에서 볼 수 있듯이 근접거리에서 영상 획득이 이루어진 case1 은 하나의 셀이 명확히 구분됨을 알 수 있다. PDP 는 다른 디스플레이 디바이스에 비해 상대적으로 큰 셀을 가지며, 또한 규칙적인 셀 배열을 가짐으로써 그림 2(c), (d)와 같이 카메라로 촬영한 일부 영상은 모아레(moiré)현상을 가지게 된다. 이러한 모아레 현상은 PDP 셀 배열이 가지는 주파수가 카메라 CCD 간의 피치(pitch)보다 큰 경우 샘플링 왜곡에 의해 발생한다.

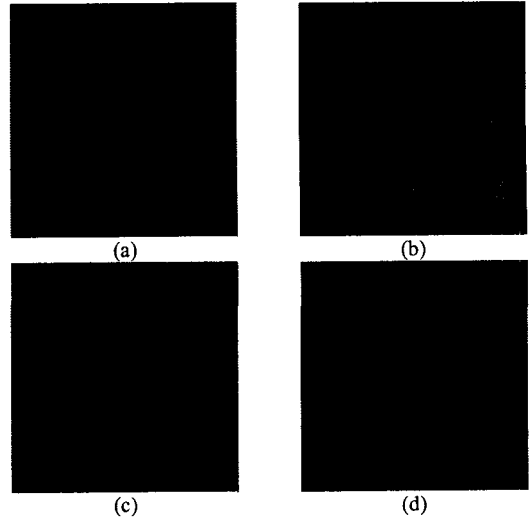


그림 2. 영상 획득거리에 따른 카메라 획득영상의 예 : (a) 테스트 패턴, (b) case1 : 획득거리 0.01m, (c) case2 : 0.8m, (d) case3 : 1.8m

III. 영상처리를 이용한 컬러정보 획득

앞 장의 그림 2 에서 볼 수 있듯이 획득된 영상은 방전셀 외의 비방전셀, 어둡지역(dead zone), 격벽(barrier rib)등이 포함되어 있다. 그러므로 전처리 작업을 수행하여 원하지 않는 검은 부분과 방전셀 외의 가시광 부분에 대한 분리제거 작업과 연산량을 줄이기 위하여 원하는 중앙의 PDP 셀 부분만을 획득하는 작업이 필요하다.

3.1 전처리

그림 3 은 case1 의 전처리 과정의 흐름도를 나타낸 것이다.

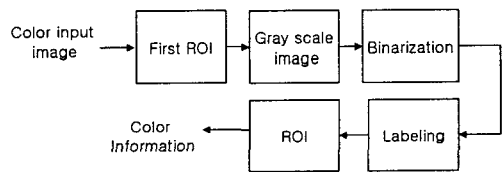


그림 3. Case 1 의 전처리 과정의 흐름도

고해상도로 획득된 영상은 연산량을 줄이기 위해 임의로 영상 중앙의 500× 500 크기의 ROI 를 정의한다. 그림 4(a)는 전체 영상에서 설정된 초기 ROI 에 대한 영상이다. 방전이 일어나는 셀부분은 높은 휘도를 가지므로 초기 ROI 컬러영상을 그레이 스케일 영상으로 변환해준다. 이때 1953 년 미국의 NTSC 에서 채용한 YIQ 표

색계의 식 (1)을 이용하였다[3].

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

그레이 스케일로 변환 후 결과 영상은 그림 4(b)과 같다. 식(1)을 적용하여 변환된 그레이 스케일의 영상에 Otsu 알고리즘을 적용함으로써 이진화를 수행하게 된다 [4]. 획득된 영상에 Otsu 알고리즘을 적용하여 문턱치를 결정할 경우 PDP 셀 외에 셀 방전시 방전셀 주변의 가시광선 부분과 휘도가 낮은 PDP 셀의 가장자리가 포함되게 된다. 그러므로 Otsu 알고리즘을 이용한 문턱치 결정시 식 (2)같이 그레이 영상의 최대값과 Otsu 알고리즘에 의해 결정된 문턱치 차의 1/3 만큼 높은 곳에서 결정하였다.

$$Threshold = Threshold_{Otsu} + \frac{Y_{max} - Threshold_{Otsu}}{3} \quad (2)$$

여기에서, Y_{max} 는 그레이 스케일 영상에서의 최대 값이며, $Threshold_{Otsu}$ 는 Otsu 알고리즘에 의해 결정된 문턱치이다. 그림 4(c)에서와 같이 문턱치보다 큰 부분을 방전이 일어나는 부분(gray level = 255)으로, 나머지 부분(gray level = 0)을 방전되지 않은 셀, 어둡지역(dead zone), 격벽(barrier rib)등으로 간주한다.

이진화를 수행한 영상은 레이블링(labeling) 단계를 거치게 된다. 여기에서는 다음 단계에서 최종 ROI 를 결정하기 위해, 획득된 영상 내에서 각각의 셀을 분리하며, 또한 이진화 단계에서 남아 있을 수 있는 불필요한 부분을 제거하기 위한 단계이다. 레이블링은 NFL(non-recursive flood-fill) 알고리즘을 사용하였다[5]. 레이블링 작업후 불필요한 부분과 부분적으로 영상에서 절단된 셀부분을 제거하기 위해 셀에 해당하는 영역 중 가장 큰 셀영역의 70%미만인 레이블들은 모두 제거하였다.

최종 ROI 는 레이블링된 각각의 PDP 셀영역 중에서 영상의 중앙과 가장 가까운 9 개 셀영역을 포함할 수 있도록 선택되었다. 선택된 ROI 는 그림 4(d)와 같으며, 이 때 흰 영역으로 표시된 부분이 컬러 정보를 계산하기 위해 사용된 영상의 픽셀들이다.

Case2 와 case3 의 경우 그레이 스케일로 변환 후 case1 과 동일한 이진화 알고리즘을 적용하여 문턱치보다 높은 셀영역을 획득하고, 영상의 중앙을 중심으로 100x100 픽셀을 선택적으로 이용하였다. 그림 5 는 그림 2(c)와 (d) 각각에 대한 이진화 영상이다.

3.2 CIE xy 와 u'v' 색도 좌표 획득

3.1 장에서 획득된 ROI 를 이용하여 CIE xy 와 u'v' 색도 좌표를 계산한다. 실험에 사용된 카메라의 출력

방식과 환경을 고려하여, NTSC 표준 인광체 원색과 D_{65} 기준 백색 하에서의 RGB 에서 XYZ 로의 변환 matrix 는 식 (3)과 같다 [6][7].

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.588 & 0.179 & 0.183 \\ 0.289 & 0.606 & 0.105 \\ 0.000 & 0.068 & 1.021 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

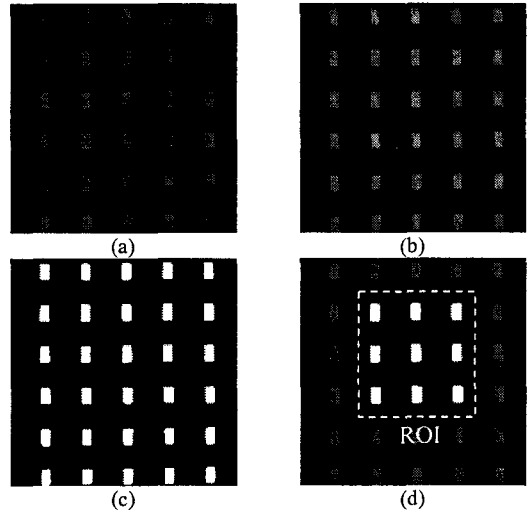


그림 4. Case1 의 전처리 과정 : (a) 초기 ROI 영상, (b) 그레이 스케일 영상, (c) 이진화 영상, (d) 최종 ROI

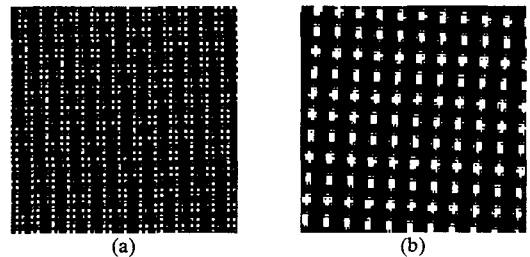


그림 5. 이진화된 영상 : (a) case2, (b) case3

카메라 획득 영상의 RGB 픽셀 값으로부터 식 (3), (4), (5)를 이용하여 CIE xy 와 u'v' 색도 좌표를 얻을 수 있다[8].

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (4)$$

$$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3}, \quad v' = \frac{9y}{-2x+12y+3} \quad (5)$$

IV. 결과

표 1~표 3 은 각각의 영상 획득 거리에 대한 색도 좌표

이며, 그림 6은 표 1~표 3의 결과와 컬러분석기에 의해 측정된 색도좌표를 xy 색도도에 나타낸 것이다. 영상 획득 환경이 유사한 case2 와 3의 결과는 비슷했으며 case1에 비해 상대적으로 컬러 분석기에 의한 측정치와 적은 격차를 보였다.

표 1. Case1 : 촬영거리 0.01m에서의 색도좌표

Test pattern	x	y	u'	v'
Red	0.5892	0.3693	0.3769	0.5315
Green	0.2473	0.5054	0.1154	0.5308
Blue	0.1917	0.1993	0.1531	0.3581

표 2. Case2 : 촬영거리 0.8m에서의 색도좌표

Test pattern	x	y	u'	v'
Red	0.6279	0.3530	0.4200	0.5313
Green	0.2292	0.5975	0.0944	0.5537
Blue	0.1701	0.1871	0.1387	0.3433

표 3. Case3 : 촬영거리 1.8m에서의 색도좌표

Test pattern	x	y	u'	v'
Red	0.6282	0.3492	0.4235	0.5296
Green	0.2285	0.6107	0.0926	0.5568
Blue	0.1687	0.1893	0.1368	0.3453

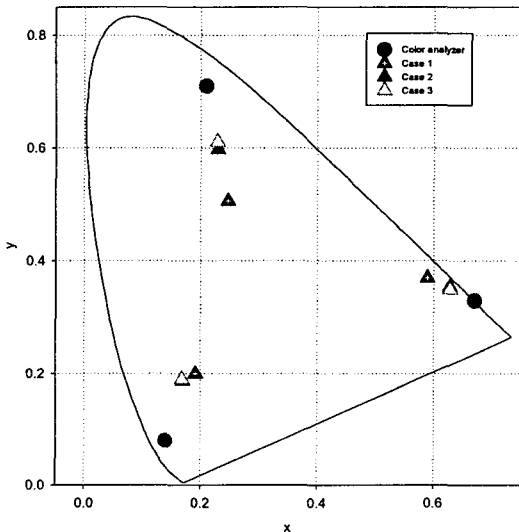


그림 6. 획득 영상의 CIE xy 색도도

위와 같은 방법으로 구해진 색도좌표는 컬러 분석기 좌표와 차이는 있지만 PDP 간의 상대적 xy 좌표 위치로써 발광특성이 좋지 못한 PDP를 검출할 수 있으며 보다 정밀한 측정을 위한 대상으로 분류할 수 있다.

V. 결론

기존의 접촉식 검사 장비는 디스플레이된 컬러 출력의 절대적인 값 측정이 가능하지만 실제 생산 공정에서 불량 PDP의 검출은 정상적인 PDP의 색도좌표에 대한 상대적인 좌표의 차이만으로도 검출 가능하다. 본 논문에서 제시한 컬러 분석기에 비해 저가인 영역 카메라를 이용한 PDP 컬러 출력 검사는 상대적으로 고속 검사가 가능하며, 검사한 PDP 컬러 특성에 대한 대량의 데이터를 쉽게 확보할 수 있다. 현재 획득한 색도 좌표는 컬러 분석기에 의한 좌표와 차이는 있지만, 획득된 영상의 색도좌표와 컬러 분석기에 의한 측정데이터를 이용하여 오차 보정 매트릭스(error compensation matrix)를 구성할 경우 컬러 분석기에 근접한 색도좌표를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 지역연구센터(RRC : R12-2002-003-00003-0)와 ㈜엔트의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 박명호, "PDP의 연구 개발 현황 및 시장동향", *전기전자재료학회지*, 제 13 권, 제 8 호, 2000. 8.
- [2] 양희수, 김재형, 박상호, 윤일동, 이상욱, "모니터 화면 검사를 위한 시각 시스템의 구현", *전자공학회 논문지*, 제 33 권 B 편, 제 2 호, 1996. 2.
- [3] K. Jack, *Video Demystified : A Handbook for the Digital Engineer*, HighText, 1996.
- [4] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no.1, pp. 62-66, Jan. 1979.
- [5] 김도현, 강동구, 차의영, "비재귀 Flood-Fill 알고리즘을 이용한 적응적 이미지 Labeling 알고리즘", *정보처리학회논문지*, 제 9-B 권, 제 3 호, 2002. 6.
- [6] *디스플레이 공학 II*, 청범출판사, 2000.
- [7] C. B. Neal, "Television Colorimetry for Receiver Engineers", *IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers*, pp.149-162, Aug. 1973.
- [8] D. Malacara, *Color Vision and Colorimetry*, SPIE Press, 2002.