

FPD 화상특성 평가시스템 개발

송준엽*, 박화영, 김현종(한국기계연구원), 정연욱, 김용래(NRT Co.)

Development of Analysis System for Display Characters of FPD

J. Y. Song*, H. Y. Park, H. J. Kim (KIMM), Y. W. Jung, Y. R. Kim (NRT Co.)

ABSTRACT

In this study has developed analysis system for automatic inspection of FPD(Flat Panel Display) characteristic, such as brightness, view angle, color ratio in the manufacturing process. Developed system consists of inspection-sensor part, acquiring a data by 3-CCD Color CCD camera and Inspection-stage part, driving a FPD holder to rotation and tilt direction. In experiment results, we could have ensured easily brightness distribution, available view angle, color reproduce and could expect to improve the quality, productivity, and yield.

Key Words : FPD(Flat Panel Display), Brightness(휘도), View Angle(시야각), Color Characteristic(컬러특성), Contrast Ratio(콘트라스트 비)

1. 서론

초기의 FPD(Flat Panel Display)는 화질과 가격 면에서 부동의 선두를 지키고 있던 CRT(Cathod Ray Tube)에 비해 수요와 성능이 월등히 떨어졌으나, 최근 이동성이 증시되는 정보환경에 대응하여 나타나는 기기의 경박단소화 추세나 디지털 기술의 진전과 융합에 따라 보편화되는 멀티미디어 환경 등으로 인해 수요의 급증과 더불어 제조 기술과 제품 성능이 비약적으로 발전하고 있다. FPD 제품의 주요한 성능지수로는 휘도, 시야각 그리고 반도체 공정과 밀접한 Color 특성을 꼽을 수 있으며, 이에 따라 변화하고 개선되는 Display 의 특성을 체계적으로 검사하고 정량적으로 평가, 분석할 수 있는 기술 또한 개발되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 기존에 사람이 수동 또는 반자동으로 검사하던 FPD 화상특성 평가기술을 자동으로 측정할 수 있는 평가시스템을 설계, 제작하여 FPD 공정에서의 적용을 검토, 연구한다. 개발된 시스템은 크게 CCD 카메라를 구동하기 위한 검사 센서부와 검사대상인 FPD 를 구동하기 위한 검사부 Stage 로 구분할 수 있다. 평가시스템에서 휘도 측정은 White Peak 시 화면의 중심부에 대한 휘도를 나타내는 최대휘도를 비롯하여 중심휘도와 주변휘

도(0.9Field)와의 비율을 표시하는 휘도균일도를 검사하게 되며, 시야각 검사에서는 White 와 Black 휘도의 비를 나타내는 Contrast Ratio 가 10:1 이상인 각도범위를 측정하게 된다. 그리고 FPD 에 Display 된 영상을 카메라로 받아들여 RGB 성분을 분석하여 출력된 신호의 일치도를 비교함으로써 RGB 에 대한 색도좌표를 정량적으로 산출하고, 이를 통한 각 형광체의 Color 구현성을 분석하게 되며, 또한 중심부에 대한 주변부에 대한 Color Balance 를 CIE 색도좌표계로 표현함으로써 Color 특성을 평가한다.

2. FPD 화상특성 평가시스템 개발

소비자들의 고급형 디스플레이의 소유욕구가 점차적으로 증가함에 따라 차세대 디스플레이 장치로 최근 기술개발이 활발히 진행되고 있는 FPD 소자가 선택되었으며, 급진하는 FPD 제조기술에 동조하기 위해 디스플레이의 특성의 체계적인 검사와 더불어 정량적인 평가·분석 기술개발의 필요성 또한 부각되기 시작했다.

본 연구에서는 FPD 의 성능에 결정적인 영향을 미치는 휘도, 시야각, Color 특성 등의 화상특성의 자동평가 시스템을 설계·제작하여 FPD 제조공정의 적용을 검토, 연구한다.

FPD 화상특성 평가시스템은 Fig. 1 과 같이 크게 검사 센서부와 검사부 Stage 로 구성되어 있다.

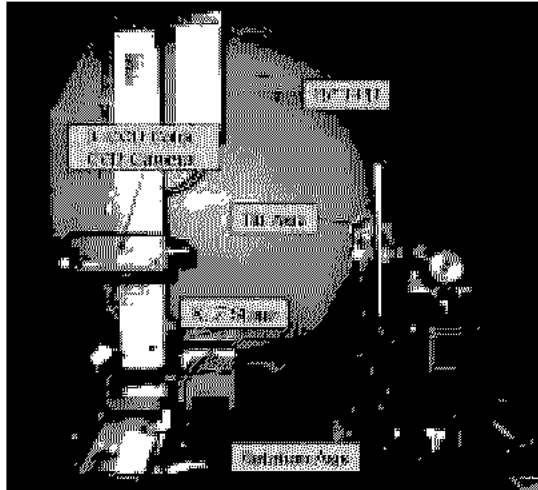


Fig. 1 Layout of FPD Inspection System

검사 센서부는 C-Mount 렌즈와 입력된 신호에서 굴절률의 차이를 이용하여 RGB(Red, Green, Blue)값을 분리하기 위해 Fig. 2 와 같은 3-CCD Color CCD 카메라를 채용하였으며, 초점거리 25mm 의 CCTV 렌즈에 1mm 의 검사링을 사용하여, FPD 홀더(Holder)에 장착된 FPD 표면에 초점이 고정되도록 설계하였다. 그리고 X, Z Stage 는 Step Motor 구동으로 FPD 전체 영역의 데이터를 입력받을 수 있도록 카메라를 이동할 수 있게 하였으며, 검사부 Stage 에서는 검사시료 FPD 를 장착할 수 있는 FPD Holder 를 구성하였다.

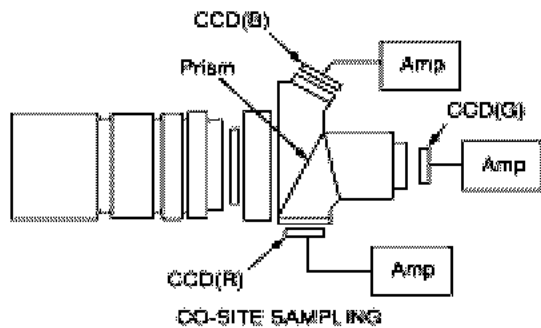


Fig. 2 Schematic of 3-CCD Color CCD Camera

3. FPD 화상특성 평가방법

본 연구에서 개발된 평가시스템은 Fig. 3 과 같이 카메라의 상하좌우 이동과 검사시료가 장착된 FPD Holder 의 Rotation, Tilt 회전이 각각 독립적으로 구동할 수 있어, FPD 전체 영역에서의 View Point 를 획득할 수 있게 설계·제작되었다.

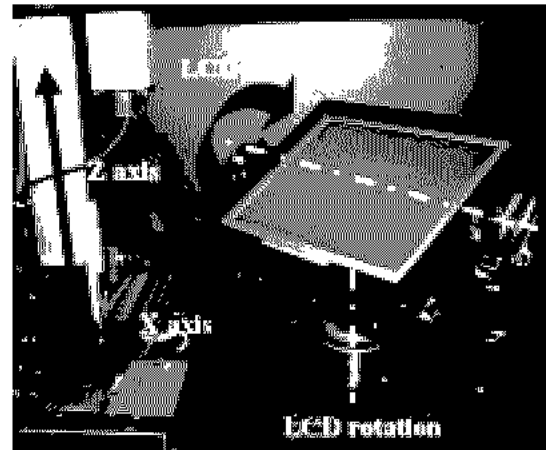


Fig. 3 Motion of FPD Inspection System

상기 거론한 평가시스템은 최근 TFT LCD 의 Dot Size 인 0.297mm 를 기준으로 최고 117*117 Pixel 의 데이터를 읽어들이 수 있도록 설계하였으며, 검사의 기준을 삼고자 하는 영역은 평가자가 설정하여 수행할 수 있도록 Fig. 4 와 같이 평가시스템의 MMI 에 Process Area 창이 구성되어 있다.

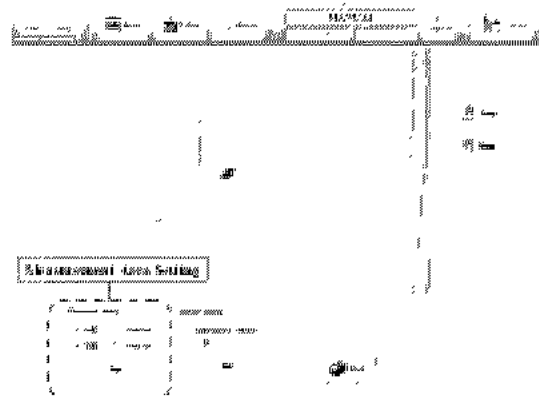


Fig. 4 Function Mode Window of System MMI

검사를 수행하게 되면 CCD 카메라의 중심을 기준으로 Process Area 에 설정된 Area 화소에서 출력된 데이터를 평균으로 취득하여 RGB 신호 분석과 변환 과정을 거쳐 FPD 화상특성인 휘도, 시야각, Color 특성을 평가하게 된다.

3.1 휘도 평가

TFT LCD 의 경우 배터리의 소비전력과 밀접한 관계가 있어 휘도특성은 FPD 제품의 품질을 좌우하는 주요 성능지수 중의 하나이다. 본 연구에서 개발된 평가시스템에서는 Fig. 5 에서와 같이 검사시료 FPD 의 중심부 휘도와 각 모서리 영역의 휘도를 측정함으로써 White Peak 시 화면의 중심부에 대한 최대휘도를 구할 수 있다. 또한, 화면 전체에 대한

휘도차이, 즉 중심휘도와 주변휘도(0.9Field)와의 비율로 표시된 휘도균일도는 White 휘도와 Black 휘도를 측정된 후 중앙부 휘도와의 최대 휘도 편차를 구함으로써 확인할 수 있다.

3.2 Color 특성 평가

Color 특성 평가는 검사시료인 FPD 에서 출력된 영상신호에 포함된 RGB 비율에 의해 표시된 CIE 좌표로 표현하여 색 재현성을 평가한다. 상기 거론된 평가시스템에서는 출력된 영상을 검사부의 3-CCD Color CCD 카메라로 획득하여 Fig. 5 에서와 같이 RGB 에 대한 색도좌표를 정량적으로 산출하고, 이를 통해 각 형광체의 Color 구현성을 분석한다. 또한 중심부와 주변부에 대한 Color Balance 를 검사함으로써 각 성분의 일치도인 Color 특성을 평가한다.

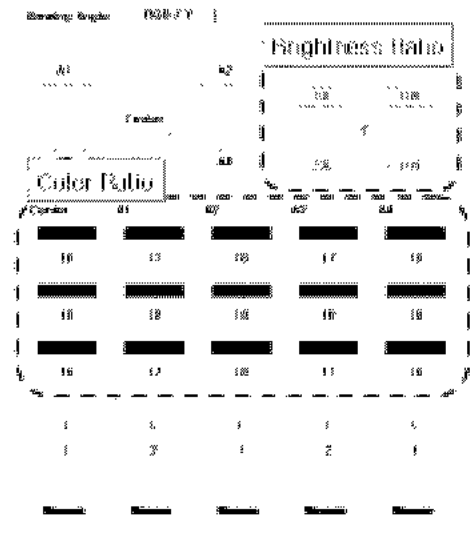


Fig. 5 Result of Brightness & Color Ratio

3.3 시야각 평가

TFT LCD 와 같은 FPD 는 CRT 와 같이 에너지를 받아 자체 발광하는 방식이 아니라, Back Light 상에 액정의 광 투과율을 전압으로 제어하여, 투과된 광량과 Color Filter 의 색 조합으로 화상을 구현하는 것으로 정면에서는 명도비(Contrast Ratio)가 높은 영상을 출력할 수 있지만, 측면에서는 명도비가 떨어져 명도비가 현저히 낮은 영상을 출력하게 된다. 최근 많은 연구개발을 통하여 LCD 제품도 상당히 넓은 시야각을 갖게 되었지만 아직도 CRT 나 자체발광을 이용한 PDP 에 비해 부족하며, 따라서 FPD 의 특성을 나타내는 주요한 규격이 된다.

시야각 평가는 일반적으로 식(1)에서와 같이 명도비가 10:1 이상인 범위를 나타낸다.

$$C/R = \frac{\text{Luminance with all pixels white } L_w}{\text{Luminance with all pixels black } L_b}$$

여기에서, C/R 은 Contrast Ratio, L_w 는 백의 휘도값, L_b 는 흑의 휘도값을 나타낸다.

검사를 수행하게 되면 Fig. 6 에서와 도식화한 것과 같이 검사부 Stage 가 구동되어 검사센서부를 검사시료 FPD 의 중심으로 이동하면서 초기화시킨 후, HOST PC 에서 검사시료 FPD 에 White 영상과 Black 영상을 반복하여 출력하도록 한 후, 장착된 카메라를 통해 획득된 휘도값에서 휘도비를 산출하게 된다.

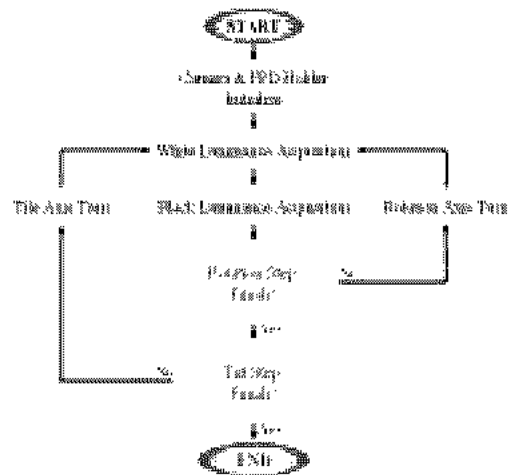


Fig. 6 Inspection Process of View Angle

FPD Holder 는 상기 작업을 Rotation, Tile 방향으로 반복 수행하여 검사를 수행하게 되며, Fig. 7 에서와 같은 결과를 출력하게 된다.

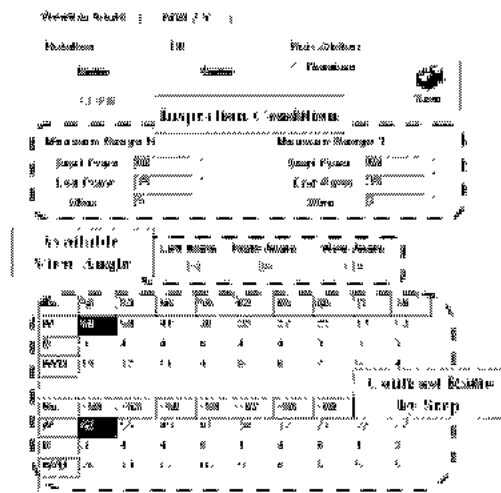


Fig. 7 Result of View Angle

4. 성능실험 및 결과분석

본 연구에서는 FPD 제품의 자동화 검사를 정량적이고 체계적으로 수행하기 위해 FPD 화상특성 평가시스템을 개발하였다. FPD 제품의 주요 성능지수인 휘도, 시야각, Color 특성 등을 평가하기 위해 검사시료 FPD 에서 Fig. 8 과 같이 중심부와 각 모서리 부분을 Center, A1, A2, A3, A4 의 검사영역으로 지정하여 각각의 획득된 영상 데이터를 분석·검토하였다.

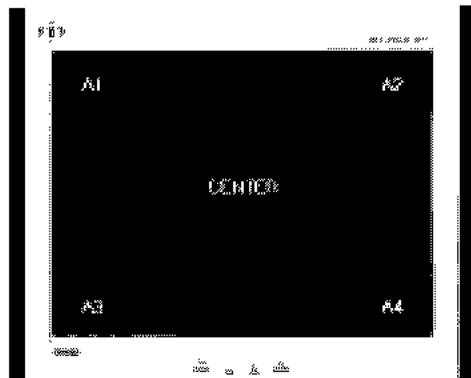


Fig. 8 Inspection Area of Sample FPD

검사시료 FPD 에서 출력된 데이터를 분석한 시야각 평가 결과는 Fig. 9 에서와 같이 Rotation 방향과 Tilt 방향에서 각각 $56^{\circ} \sim -59^{\circ}$, $53^{\circ} \sim -56^{\circ}$ 의 범위 내에서 Contrast Ratio 가 10:1 이상의 값을 가지므로 좌우 115° , 상하 109° 의 유효 시야각을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

그리고 Fig. 10 에서와 같이 Center 영역을 기준으로 A1~A4 까지의 휘도값은 일정한 분포상태를 보이고 있으나, Color 특성 분석 결과를 살펴보면, A1 영역에서 Green 값의 부족을 확인할 수 있다.

		Tilt									
FPD	Angle	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45
	W	57	55	54	53	52	51	50	49	48	47
H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U-M	11	11	X	"	"	"	"	"	"	"	"
검사항목	Angle	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
	W	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31
H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U-M	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
		Rotation									
FPD	Angle	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25
	W	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U-M	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
검사항목	Angle	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45
	W	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44
H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U-M	13	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11

Fig. 9 Contrast Ratio of Sample FPD by Angle

PROPERTY	CENTER	A1	A2	A3	A4
W	16	16	16	16	16
H	16	17	16	16	16
U-M	16	16	16	16	16
RATIO	100	100	100	100	100

Fig. 10 RGB Property and Luminance Ratio

5. 결론 및 향후 계획

최근 FPD 제품의 대형화 추세에 따라 가시영역을 나타내는 시야각과 디스플레이의 전체 화면에 밝기가 고르게 나타나는지 평가하는 휘도 균일성의 문제가 주로 제기되고 있다. 본 연구에서는 FPD 제품의 주요 성능지수인 시야각, 휘도, Color 특성의 자동화 검사를 위해 두 축으로 정밀구동이 가능한 검사센서와 Rotation, Tilt 방향의 구동이 가능한 FPD holder 를 구성하여 FPD 화상특성 평가시스템을 개발하였다. 개발된 평가시스템의 실용화를 통해 FPD 제품의 특성평가에 있어 기술방향을 정립할 수 있으며, FPD 제조 공정에서의 자동화 검사를 통하여 생산성과 수율향상을 기대할 수 있을 것이다.

한편 차후에 진행될 연구에서 검사 및 평가 알고리즘을 개선하여 평가시스템의 작업 능력을 향상시키고, 제조 공정에서 생산되는 FPD 의 크기에 대응할 수 있는 사양의 Stage 를 구성하여 실용화 할 수 있는 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

1. 안세중, "Adaptive Color Watermarking," 2003.
2. 최성호, 김희철, 장수옥, 김은수, 한찬호, 송규익, "Brightnees Function on TV Viewing Condition," 대한전자공학회, 하계종합학술대회, 제 26 권, 제 1 호, 2003.
3. 박화영, 송준엽 외, "Plasma Display Panel 핵심 기반기술 개발사업," 산업기술연구회 보고서, 2004.
4. I. J. Cox and M. L. Miller, "A review of watermarking and the importance of perceptual modeling," Proc. of Electronic Imaging, vol. 3016, pp. 92-99, February, 1997.