

◆특집◆ Display 제조 공정에 적용된 Machine Vision 사례

LCD Panel 결함 검사에 관한 연구

김종형*, 고국원**

Research on Defect Inspection of LCD Panel

Jong Hyeong Kim* and Kuk Won Ko**

Key words : LCD panel (액정표시장치 평판), Inspection system (검사 장치), Defect (결함), Feature Extraction (특징 추출)

1. 서론

LCD 산업은 한국이 세계에 자랑할 만한 주요 산업 기술 가운데 하나다. 세계 LCD 시장을 선도하는 두 개의 업체를 갖고 있는 한국은 현재 경기 파주와 충남 탕정에 대규모 LCD 단지를 건설 중으로 앞으로도 꾸준히 LCD 시장을 지배할 것으로 전망되고 있다.

2003년 액정디스플레이 등 국내 디스플레이 수출액은 148억 달러였다. 이는 2001년 69억 달러에서 2년 만에 두 배 이상 증가한 것으로, 장래 한국경제를 지탱할 전략 수출품목으로 자리잡았다. 이 가운데 액정디스플레이는 세계 1위였던 일본을 제치고 국내 업체가 세계시장의 47%를 차지했다.

전 세계 LCD 시장은 올해 매출 290억 달러에서 오는 2006년에는 620억 달러로 2배 이상 성장 할 것으로 전망된다. 현재 세계인들이 사용하고 있는 디스플레이 장비의 상당수가 LCD로 교체될 것으로 예측되고 있기 때문이다.

LCD의 수요가 급격하게 증가하고 이에 맞춰 LCD업체의 생산이 가속화 되고 설비 투자가 확대되고 있어 일정한 품질과 신뢰성 및 검사 속도를 만족하는 자동화된 LCD검사 장비의 중요성이 크게 부각되고 있다. 하지만 아직까지 LCD검사는 매뉴얼에 의존하여 검사가 이루어지거나, 기존 검사장비의 신뢰성이 LCD업체에서 요구하는 기준에 미치지 못하는 실정이다. 이러한 이유로 우수한 품질의 LCD 제품 생산을 위해 생산되는 제품의 품질을 결정하는 검사장치의 개발이 중요한 과제로 부각되고 있다.

LCD 검사에서는 LCD 화면의 일부분 샘플링 검사가 아닌 LCD Panel 전면 검사를 수행해야 하며 수십 마이크로 미터 수준의 해상도가 요구된다. 특히 대량 생산 공정에서는 많은 양의 정보를 고속으로 처리해야 한다. 따라서 영상처리 할 경우 대량의 데이터를 실시간으로 처리할 수 있는 고속의 영상처리 시스템이 요구된다. 그런데 영상 자체의 데이터가 크고 실제 이용하고자 하는 영상 특징(image feature)을 추출하려면 여러 연산을 수행해야 하므로 영상 처리의 고속화를 위해서 기본적으로 간단하고 빠른 영상처리 알고리즘이 필요하다.

현재의 육안 판정검사 방법은 작업자의 컨디션 및 주위환경의 여러 가지 요소에 의해 판별기준이 다소 다르게 나올 수 있는 문제를 해소할 수 없다.^{1,2}

* 서울 산업대학교 기계설계자동화공학부
Tel. 02-970-6357, Fax. 02-974-8270

Email : johnkim@snut.ac.kr

** 선문대학교 기계 및 제어공학부

영상 처리를 이용한 시각 검사 자동화 및 지능화, 영상처리 시스템 개발, 인공지능에 관심을 두고 연구하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서 검토한 자동검사장치는 Camera와 vision System을 이용한 LCD Pixel를 자동으로 검사하는 장치를 개발하여 작업자의 육안 검사로 인한 오차와 검사 신뢰도 하락을 방지하고, 양품율 95% 이상의 검사 신뢰도를 얻어 검사과정에서의 작업자 오류를 최소화 함으로써, 생산성을 향상시키는데 그 목적이 있다.

또한 본 연구는 이러한 검사장치를 개발하는 과정에서 고려하여야 할 사항 등을 종합적으로 검토함으로써, 7,8세대 LCD의 자동 검사기 개발에 도움이 되고자 하는데 그 목적이 있다.

2. LCD 기초 이론

2.1 TFT LCD

TFT LCD는 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)의 약어로 휴대용 컴퓨터, 자동항법장치, 전자수첩, 이동통신기기 등 최첨단 전자통신 기기에 화상정보를 표시하는 액정표시 소자를 말한다. 이는 경박 단소하여 휴대에 적합함은 물론, 기존의 고해상도 CRT에 비해서도 시인성이 우수하고, 평균소비전력은 같은 화면 크기의 CRT에 비하면 30-40% 정도이며 발열량도 작다.

TFT-LCD는 LED(발광다이오드), PDP, EL(전계발광표시)등의 표시부품 중 소형 고해상도 표시 소자로 가장 중요한 소자이다. 액정cell 구조는 끝이 봉해진 두 장의 유리판 사이에 액정이 들어 있으며 유리판의 내면에는 각각 나타내고자 하는상을 표시하기 위한 전극이 형성되어 있고, 이를 전극들은 외부단자에 전기적으로 접속되어 있다. 액정은 언뜻 보기에는 액체이지만 광학적으로는 결정체와 같은 이방성을 나타내는 특이상태의 것으로 일정 온도범위에서 액정이 되는 서모트로픽액정 (Thermotropic Liquid Crystal)이라 불리는 유기화합물이다.

LCD에는 반사형과 투과형이 있는데 반사형은 LCD패널의 전면으로부터 입사시킨 빛을 패널뒷면에 부착되어 있는 반사 판에 반사시켜 표시하는 형이며, 투과형은 배면으로부터 주위광 또는 형광을 입사시켜 나타내는 형이다. 이의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

2.2 LCD CELL 불량 종류

LCD CELL 불량은 TFT 및 CELL 공정 전반적

으로 일어나며 불량들의 종류는 Table 1과 같다.

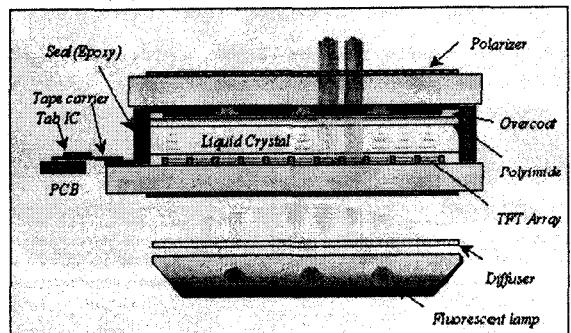


Fig. 1 Outline of TFT-LCD

본 논문에서는 대표적인 불량인 Pixel과 Line, 이물 불량에 대한 결합 검출 및 판정 알고리즘을 제안하였다.

Table 1 Type of defects

1. HIGH OVER	26. 띠 얼룩
2. HIGH 인접	27. 점 얼룩
3. HIGH 근접	28. SPOT 성 얼룩
4. OFF OVER	29. 사선 얼룩
5. OFF 인접	30. 세로줄 띠 얼룩
6. OFF 근접	31. 경계 얼룩
7. LOW OVER	32. 테두리 이상
8. LOW 인접	33. LOW 성 얼룩
9. LOW 근접	34. 경계 얼룩
10. GATE OPEN	35. 테두리 얼룩
11. DATA OPEN	36. WHITE 얼룩
12. G/G SHORT	37. BLACK 얼룩
13. D/D SHORT	38. 손톱 얼룩
14. C/G SHORT	39. W-SPOT
15. C/D SHORT	40. B-SPOT
16. PAD 이상	41. 원형 SPOT
17. CRACK	42. SPACE 놀림
18. ALIGN MISS	43. SPACE 뭉침
19. AIR 침투	44. 가로줄 얼룩
20. 세정액 침투	45. 등고선 얼룩
21. 이물	46. 물 얼룩
22. 배향막 SCRATCH	47. 원형 얼룩
23. 배향 불량	48. 모서리 이상
24. 잔상	49. ALIGN MARK 이상
25. GLASS 놀림	

2.2.1 Pixel 계열

Pixel Defect는 그 나타나는 특성에 따라 크게 HIGH성과 OFF성 그리고 LOW성 세가지로 구분

이 된다. 각각의 defect에 대한 영상은 아래와 같다.³

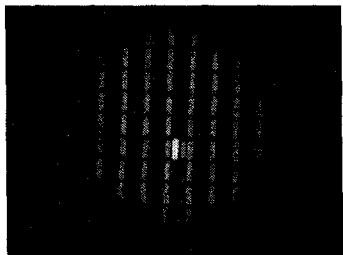


Fig. 2 High Pixel Defect with pattern
(imaged by microscope)

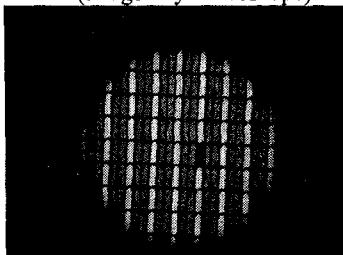


Fig. 3 OFF Pixel Defect with pattern
(imaged by microscope)

2.2.2 Line 계열

Line Defect는 Black, White, Gray Pattern에서 가장 잘 나타나며 주위보다 밝거나 혹은 어두운 줄 모양으로 나타난다.⁴



Fig. 4 G/G SHORT defect

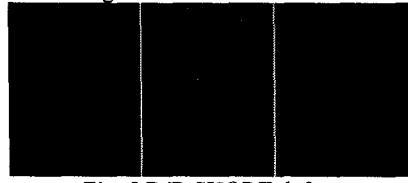


Fig. 5 D/D SHORT defect

2.2.3 이물 (foreign substance) 계열

전체 인가 시 이물 주변의 위상차에 의해 다음과 같은 각 defect에 대해서 아래와 같은 영상이 얻어진다.



Fig. 6 W-SPOT defect



Fig. 7 B-SPOT defect



Fig. 8 Foreign substance

3. LCD defect 검사

본 논문에서는 LCD Panel 검사 중 화질 검사에 해당하는 불량 중 가장 대표적인 불량인 High성 Defect, OFF성 Defect, Line Defect와 Spot계열의 불량을 검출하기 위한 알고리즘을 제안하고자 한다.

LCD 검사는 LCD 화면의 일부분 샘플링 검사가 아닌 LCD Panel 전면 검사를 수행해야 하기 때문에 짧은 시간에 많은 양의 정보를 처리해야 하는 고속의 영상처리 시스템이 요구된다.^{5,6} 영상처리 고속화를 위해서는 기본적으로 간단하고 빠른 영상처리 알고리즘이 필요하고 빠른 영상처리를 위한 깨끗한 영상획득이 요구된다.

앨리어싱을 최소화시키기 위해서 고해상도의 카메라를 사용하여, 72um/pixel의 해상도로 LCD 1Pixel의 사이즈는 6X6로 LCD Panel의 영상을 획득하였다.⁷

본 논문에서 제안된 LCD 검사 알고리즘은 Image로부터 Defect를 검출하는 과정, Defect를 분류 및 인식하기 위한 기하학적 특징을 추출하는 과정, 결함을 종류별로 인식 분류하는 과정으로 크게 세 단계로 이루어져 있다.

3.1 Pixel, 이물 계열의 Defect 검출 알고리즘

3.1.1 밝기 해석에 의한 방법

LCD Panel Defect들의 공통적인 특징은 불량 Pixel의 밝기 값이 주위의 정상적인 픽셀의 밝기 값보다 현저히 높거나 낮은 특징을 가지고 있다. Operator의 Manual 검사 또한 이러한 밝기 값의 차 이를 중점적으로 보며 불량들을 검출하고 있다. 본 논문에서도 불량을 검출하기 위한 방법으로 밝기 해석에 의한 방법으로 불량을 검출하였고 모든 불량들을 검사하기 위해서 White, Black, Gray, Red, Green, Blue이상 6개의 Pattern을 사용 이미지를 획득하여 검사하였다.

모든 패턴에서는 Fig. 9와 같이 일정한 주기로 BM(Black Matrix)이 형성되어 있고, BM과 BM 사이에는 sub-pixel이 있다. 하나의 sub-pixel은 LCD 화면은 구성하는 요소이자 검출하고자 하는 결점을 포함하는 특정영역이라 할 수 있고, BM은 특정 추출과 무관한 배경(Background) 영역으로 볼 수 있다. BM이 sub-pixel보다 Gray level이 낮으므로 Projection 결과 값을 이용하여 sub-pixel과 BM을 분리 할 수 있다.

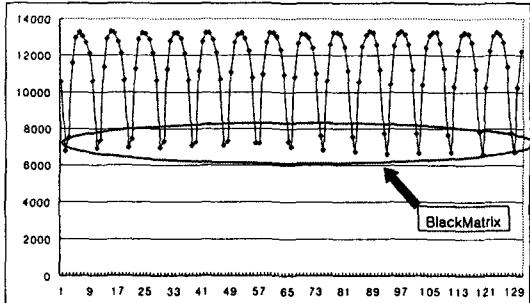


Fig. 9 Projection profile in direction of data

BM과 분리된 sub-pixel의 밝기 값을 임의의 임계치와 비교하여 Defect를 검출하였다. 본 논문에서 사용된 임계 값을 결정하기 위한 방법으로 다음 식 (1)과 같다. 표준 편차(σ)를 기준으로 임계치를 부여하고 sub-pixel의 밝기 값이 임계치를 벗어나는 경우 Defect로 판별한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i,j=0}^N (x_{ij} - m)^2}{N^2}} \quad (1)$$

여기서 x_{ij} 는 (i,j)의 픽셀 값이고, m 은 검사하고자 하는 Line의 평균 픽셀 값이다.

Defect의 유무는 다음 식 (2)와 같고, 검출 정도는 K를 조정함으로써 결정하게 된다. 각 픽셀

과 평균과의 편차를 각각 구하고 픽셀의 편차 값과 $K\sigma$ 를 비교하여 Defect를 검출한다.

$$D_{(x,y)} = \{(x,y) | |P_{(x,y)} - M_y| \leq K\sigma\} \quad (2)$$

3.1.2 LCD의 주기성을 이용한 방법

C/F(color filter)를 포함한 LCD Panel은 일정한 주기의 반복적인 패턴을 가지는 텍스쳐(texture) 타입의 영상이다. 본 논문에서는 1차적으로 밝기 값 해석에 의한 방법으로 광범위하게 Defect를 검출한 후 1차적으로 검출된 Defect에서 임계 값을 결정하는 K값에 따라 검출 시 노이즈가 포함되는 경우도 생긴다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해서 본 논문에서는 LCD Panel의 고유한 특징인 주기성을 고려한 Mask를 이용한 검출 방법을 제안한다.

LCD Panel의 주기성을 이용하기 위해 주기를 예측해야 되는데 주기를 예측하는 방법으로 검사 전에 LCD 기판 샘플을 Camera로 측정하여 반복되는 패턴의 실제 길이를 측정하고 Camera의 해상도와의 상관 관계를 계산하여 입력 영상 내에 반복되는 주기를 예측한다. 주기를 예측/확정하기 위한 판별 기준으로 다음과 같은 방법이 있다.

① 평균 절대값차 (MAD:Mean Absolute Difference)
이것은 가장 많이 사용되고 있는 블록매칭 기준이다. 각각의 블록내의 Pixel 값이 서로 비교되고, 그것들의 차이 값을 합산한다. 이것을 식으로 표현하면 식 (3)과 같다.

$$\frac{1}{mn} \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n |A[p,q] - B[p,q]| \quad (3)$$

MAD의 값이 작을수록 매칭 결과는 더 좋은 것이다. 그래서 많은 블록 매칭 결과 중 가장 작은 값이 매칭된 블록으로 선택된다.

② 평균 제곱차 (MSD : Mean Square Difference)
평균 제곱 차 방식은 픽셀간의 차이를 합산하기 전에 제곱하는 것을 빼고는 평균 절대 값 차 방식과 수식적인 측면에서 거의 유사하다.

$$\frac{1}{mn} \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n (A[p,q] - B[p,q])^2 \quad (4)$$

평균 제곱 차는 일반적으로 평균제곱오차로 불린다. 그리고 이 값이 작으면 작을수록 블록간의 유사도가 높다고 판단한다. 이 판별 기준은 MAD와 비교했을 때 거의 차이는 없지만 MAD보다는 다소 나은 매칭 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 MSD를 사용하여 주기를 확정하였고, 확정된 주기를 이용하여 주기의 변화에 따른 Cross형태의 Mask를 생성하였다. Mask를 이용하여 검사 Pixel을 이웃 Pixel과 비교하는 식은 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} C_{(x,y)} = & Df_{(x,y)} + (M_1 f_{(x+1,y)} + M_2 f_{(x+2,y)} + M_1 f_{(x-1,y)} \\ & + M_2 f_{(x-2,y)} + M_1 f_{(x,y+1)} + M_2 f_{(x,y+2)} \\ & + M_1 f_{(x,y-1)} + M_2 f_{(x,y-2)}) \end{aligned} \quad (5)$$

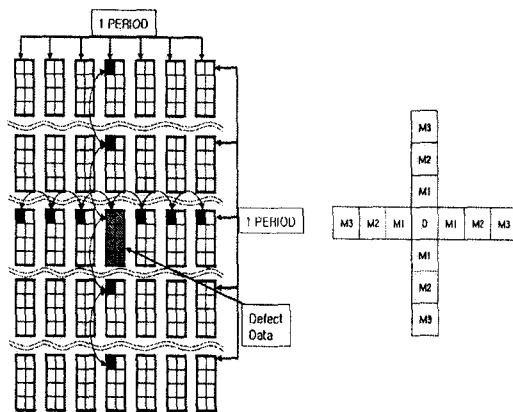


Fig. 10 Defect inspection by using MSD period and mask

생성된 Cross-Mask를 이용하여 1차적으로 검출된 Defect에 적용하고, Convolution 결과 값은 이용하여 Defect와 Non-Defect를 구분하였다. Fig. 10은 Defect를 포함하고 있는 영상이며 Defect가 포함된 Line을 Convolution한 결과 그래프이다. Defect가 있는 부분에서 결과 값이 증폭되어 있는 것을 알 수 있다.

3.2 Line 계열의 Defect 검출 알고리즘

Line 계열의 Defect는 Fig. 4 같이 주위 Pixel보다 밝기 값이 현저히 높거나 낮은 값들의 Pixel들이 최소 10Pixel이상이 연속적으로 나타나는 경우를 말한다. Line Defect 검사는 윤곽선 검출을 이용하여 검사를 하였고, 대표적인 미분 연산자인 Prewitt 마스크를 응용하여 사용하였다. Line Defect 검출 알고리즘은 Fig. 11과 같다.

ROI 영역을 Data, Gate 방향으로 각각의 Projection을 한 후 각 결과 값에 Prewitt 마스크를 응용하여 미분 계산을 하고, 그 결과를 이용하여 Line Defect의 유무를 판별한다. Line Defect는 상

황에 따라 RGB Pattern에서는 보이지 않는 경우도 있고, White, Black 두 Pattern에서 모든 Line Defect가 검출이 되기 때문에 Line Defect 검사는 White, Black Pattern에서만 검사를 한다.

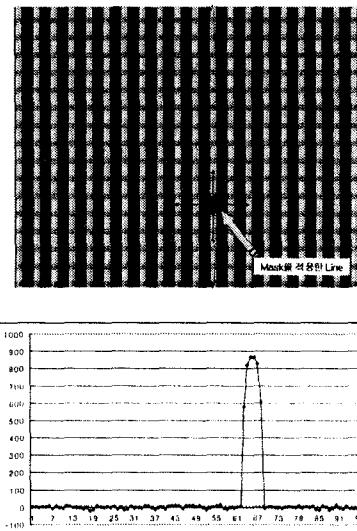


Fig. 11 A defect and its convolution result

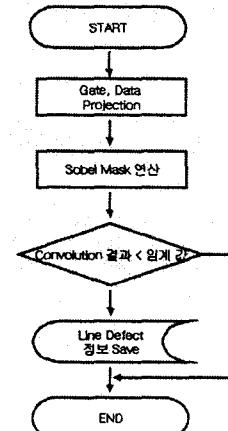


Fig. 12 Flow chart for inspecting line defects

White Pattern에서는 OFF성 Line Defect를 검사를 하고, Black Pattern에서는 High성 Line Defect를 검사를 한다. Fig. 12는 High line defect를 보여 준다. Black 바탕에 High line을 볼 수 있다. 반대로, Low line defect는 White 바탕에 Black line이 나타나는 명암이 반대인 영상이다.

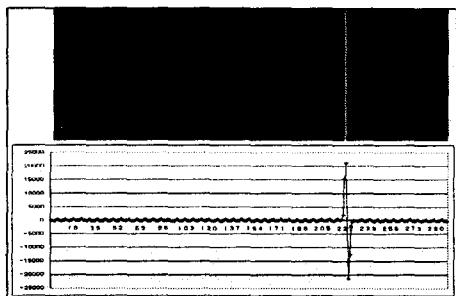


Fig. 13 High-line defect with black pattern

3.3 특징 추출

검출된 결함을 분류 및 인식하기 위한 기하학적 특징과 통계적 특징을 추출하기 위해서는 결함 패턴을 각각 하나의 객체로서 분리하는 전처리 과정을 거친 후에 기하학적인 특징과 통계적 특징을 추출하여야 한다. 다음은 특징 추출 과정을 순서대로 설명한다.

① Noise 제거

결함 결과를 저장한 영상은 CCD로 영상을 획득하는 과정에서 열로 인하여 발생하거나 전송라인으로부터 발생하는 잡음 등을 결함 정보로 포함할 수 있다. 이러한 문제점들은 모폴로지 (morphology) 연산인 확산 및 침식 연산을 적용하여 해결하였다.

본 논문에서는 크기를 3×3 의 연산 마스크를 사용하여, 침식과 팽창연산을 각각 한번씩 수행하였다. 모든 이미지 영역에 침식/팽창 연산을 적용하면 연산시간이 길어지기 때문에 본 논문에서는 결함 결과 이미지에서 결함이 있는 부분만을 침식/팽창 연산을 적용하여 고속화 시켰다.

② 라벨링(labeling)

모든 결함들을 각각의 객체로 분리시키기 위해 라벨링 작업을 한다. 라벨링 작업은 Raster Scan Method를 응용하여 사용하였다.

③ 기하학적, 통계적 특징

영상 처리에 있어서 특징 추출 단계는 처리될 대상 체에 매우 의존적이기 때문에 먼저 발생할 수 있는 결함의 특성을 충분히 파악한 후, 결함 패턴을 가장 잘 나타낼 수 있는 효과적인 특징 추출기법을 선정하였다. 특징들은 크게 기하학적인 특징과 통계적 특징으로 나눌 수 있다.

통계적 특징으로 모멘트의 개념으로부터 결함의 장단축비(axis ratio), 장축, 단축의 길이(long axis), 퍼짐 정도(spreadness)를 통계적 특징으로 선

정한 후, 실제 결합 패턴의 특징으로부터 패턴을 분류하는 과정에서는 라벨링으로 각각의 객체로 분리된 영역 내에서 중심 모멘트를 구함으로써 통계적 특징에 의한 결합패턴의 특징을 추출하였다.

영상 $f(x,y)$ 의 모멘트는 다음의 식 (6)과 같이 나타낼 수 있고, 물체의 무게 중심은 다음의 식 (7)과 같이 계산할 수 있다.

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x,y), \quad p, q = 0, 1, \dots \quad (6)$$

$$X = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad Y = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (7)$$

장축 길이와 단축 길이를 각각 식 (8), 식 (9)로 계산할 수 있다.

$$a = 2\sqrt{2\sqrt{(m_{20} + m_{02}) + \sqrt{((m_{20} - m_{02})^2 + 4m_{11}^2)}}} \quad (8)$$

$$b = 2\sqrt{2\sqrt{(m_{20} + m_{02}) - \sqrt{((m_{20} - m_{02})^2 + 4m_{11}^2)}}} \quad (9)$$

퍼짐 정도는 식 (10)과 같이 계산할 수 있다.

$$S = \frac{m_{02} + m_{20}}{m_{00}^2} \quad (10)$$

기하학적 특징은 패턴의 면적 비, 결합 패턴의 면적을 특징으로 선정하였다. 기하학적인 특징을 구하기 위해서 labelling을 통한 경계선 정보를 구한 후에 결합의 경계선에 접하는 ROI를 설정한다. 결합 패턴의 면적은 영역내의 픽셀 수로 정의하고 면적 비는 식 (11), (12)로 정의한다.

$$A_r = \frac{\text{Defect_Area}}{\text{subpixel_Area}} \quad (11)$$

$$C = \frac{\text{perimeter}^2}{\text{Defect_Area}} \quad (12)$$

3.4 Defect 분류

결합을 종류 별로 인식하기 위해서 본 논문에서는 look-up table을 사용하여 종류별로 분류 하였다.

결합을 종류 별 분류를 위한 순서는 다음과 같다.

- ① 면적 비, 면적, 장단축 길이, 장단축비에 관한 특징 정보를 추출한다.
- ② 추출된 특징 정보를 이용해 Table 2에 근거한 look-up table를 이용하여 1차 분류로 (Pixel, Line, 이물)의 3 가지 Class로 분류한다.
- ③ 1차 분류된 정보 중에서 Pixel-Class내의 결점들의 평균 밝기, 면적 비, sub-pixel Defect 개수에 관한 특징 정보를 추출한다.
- ④ 추출된 특징 정보를 이용해 Table 3에 근거한 look-up table를 이용하여 Pixel Defect를 세부적

으로 재 분류한다.

- ⑤ 1차 분류된 정보 중에서 Line-Class내의 결점들의 장축 방향, 단축 길이, 장축의 시작 Point에 관한 특징 정보를 추출한다.
- ⑥ 추출된 특징 정보를 이용해 Table 4에 근거한 look-up table를 이용하여 Line Defect를 세부적으로 재분류한다.
- ⑦ 1차 분류된 정보 중에서 이물-Class내의 결점들의 밝기 값 장단축비에 관한 특징 정보를 추출한다.
- ⑧ 추출된 특징 정보를 이용해 look-up table를 이용하여 이물 Defect를 세부로 재분류한다.

Table 2 Classification of Pixel, Line, foreign

	Pixel	line	이물
면적비 (Ar)	$0.9 \leq Ar \leq 1.1$	$0.9 \leq Ar \leq 1.1$	$Ar > 1$
면적(A)	$1 < A \leq 3$	$A > 3$	-
장축 길이(a)	$a \leq 3$ pixel	$a > 3$ pixel	-
단축 길이(b)	$b \geq 1$ pixel	$b \geq 1$ pixel	-
장단축비(R)	$1/3 \leq R < 1$	$R < 1/3$	-

Table 3 Specifics related with pixel defects

Defect 종류	평균 밝기	면적비	NP	PD (mm)
Bright Over	H	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L > 15$
Bright 인접	H	$A \geq 1.8$	$N=1$	-
Bright 근접	H	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L \leq 15$
Low Over	L	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L > 15$
Low 인접	L	$A \geq 1.8$	$N=1$	-
Low 근접	L	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L \leq 15$
Dark Over	D	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L > 15$
Dark 인접	D	$A \geq 1.8$	$N=1$	-
Dark 근접	D	$A \geq 0.9$	$N \geq 2$	$L \leq 15$

NP : Pixel defect 개수,

PD : 근접 Pixel 간 거리

Table 4 Specifics related with pixel defects

defect	장축 방향	단축길이	장축시작점
G/G 단선	Gate	$L \geq 2$	(x, 0)
D/D 단선	Data	$L \geq 2$	(0, y)
Gate open	Gate	$L=1$	(x, 0)
Data open	Data	$L=1$	(0, y)

C/G 단선	Gate	$L=1$	(x, y)
C/D 단선	Data	$L=1$	(x, y)

3.5 실험 환경 및 성능 평가

3.5.1 실험 환경

본 논문은 LCD 공정에서 Panel 표면에 불량 유무를 검사하는 장비로서 영역 스캔방식으로 속도 면에서 Line Scan 방식에 비해 매우 빠르다. LCD 검사는 높은 해상도를 요구하기 때문에 15Inch LCD Panel를 검사 시 11M 카메라를 4개 사용하여 검사를 하였다. 11M 카메라는 이미지의 사이즈가 4000X2672로 사이즈가 매우 커서 복잡한 알고리즘을 적용할 경우 연산하는 시간이 다소 오래 걸리기 때문에 본 논문에서는 검사를 고속화하기 위해 기존의 알고리즘내의 연산 시간을 최소화 하기 위한 고속화 방법을 개발/적용하여, 1 Panel 처리 시간을 20초 내외로 단축 시키고 또한 검사의 신뢰성이 보장되는 In-Line 시스템과 개발하는데 그 목적이 있다.

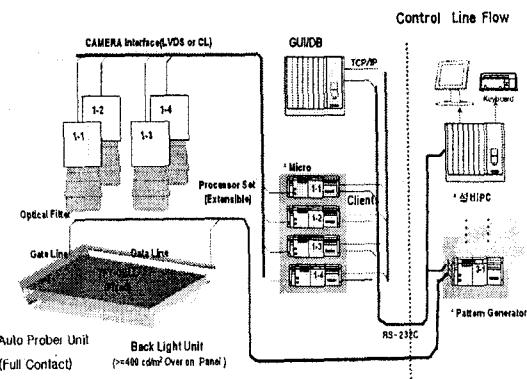


Fig. 14 Outline of System network

본 논문에서는 11M Camera 4대와 각 Camera를 제어하기 위한 Client PC 4대, Client를 제어하기 위한 Server PC 1대, Pattern Generator를 제어하기 위한 PC 1대, 설비를 제어하기 위한 PC 1대 총 7대의 PC를 사용 하였고, TCP/IP를 통한 네트워크 통신을 사용하여 Server PC에서 Client PC, Pattern PC, 설비 PC를 제어하였다. Fig. 13은 시스템의 네트워크 환경에 대한 개략도를 나타내었고, 실험 장비의 전체 이미지는 Fig. 14와 같다.

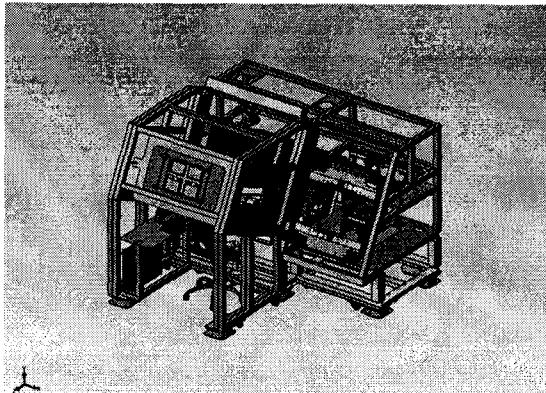


Fig. 15 Experimental Proto Machine

3.5.2 결함 검사 결과

본 논문에서 제안한 결함 검사 알고리즘 및 분류 알고리즘을 결함이 포함된 87 Panel에 대해서 LCD 결함 검사 시뮬레이션에 적용하였다.

샘플 영상으로부터의 결함 검출 율은 91.5%이고 검출된 불량의 인식 및 분류 율은 86.2%의 결과를 각각 알 수 있었다. 앞으로 실제 공정상에서 발생되는 여러 가지 많은 결함을 좀 더 세밀하고 정확하게 분류하기 위해서는 적용성 있고 효율적인 분류 및 인식을 위해서는 신경망 알고리즘을 개발/적용할 필요가 있다.

4. 결론

본 논문에서는 LCD 제조공정 상에서 발생할 수 있는 결함을 검사하고 분류할 수 있는 LCD 표면 결함 검사 알고리즘을 제안하였다. 제안된 검사 알고리즘은 BM을 검출하여 Back ground와 Active 영역을 나누고 1차 검사로 일정 검사영역의 표준 편차(σ)를 기준으로 Defect를 검출하고, 일정 영역의 주기적으로 반복되는 패턴을 가지는 LCD 영상의 특성을 이용한 mask를 사용하여 검출된 결함 패턴에서의 노이즈를 제거하였다. Line Defect를 검사하기 위해서 Projection값의 미분 값을 이용하여 Line Defect를 검출하였다. 또한, 검출된 결함 패턴에서 기하학적인 특징과 통계적 특징을 계산한 후 look-up table을 이용하여 여러 종류의 결함을 분류하였다. 최종적으로 본 논문에서 제안된 LCD 결함 검사 알고리즘을 이용하여 실험을 한 결과 91.5%의 결함 검출 유파 86.2%의 분류 유파 얻을 수 있었다.

본 연구에 관련하여 차후에 LCD 제조공정 상에서 발생하는 실제적인 문제점들과 각 단계 별로 다른 특징을 가지는 여러 종류의 불량에 관한 연구가 병행 되어야 된다고 생각한다.

참고문헌

1. Kim, J. H., "A Detection Method of Non-uniform Brightness Defects in LCD Based on Human Vision," The Institute of Electronics Engineering of Korea-SP, Vol. 41, No. 3, pp. 9-16, 2004.
2. Ko, M. S., Kim, W. S., Song, Y. C., Choi, D. H. and Park, K. H., "Image Reconstruction Using Line-scan Image for LCD Surface Inspection," The Institute of Electronics Engineering of Korea-SP, Vol. 41, No. 4, pp. 497- 502, 2004.
3. Oh, J. H., Kwak, D. M., Lee, K. B., Song, Y. C., Choi, D. H. and Park, K. H., "Line Defect Detection in TFT-Lcd Using Directional Filter Bank and Adaptive Multilevel Thresholding," Key Engineering Materials, Vol. 270-273, pp. 233-238, 2004.
4. Kim, W. S., Kwak, D. M., Song, T. C., Choi, D. H. and Park, K. H., "Detection of Spot-Type Defects on Liquid Crystal Display Modules," Key Engineering Materials, Vol. 270-273 pp. 808-813, 2004.
5. Yoda, H., Ohuchi, Y., Taniguchi, Y. and Ejiri, M., "An automatic wafer inspection system using pipelined image processing techniques," IEEE, T-PAMI, Vol. 10, Issue 1, pp 4-15, 1988.
6. Parker, J. R., "Practical Computer Vision," Addison-Wesley, pp. 100-154, 1992.
7. Timothy, S., "Newman A survey of automated visual inspection," Computer vision and image understanding, Vol. 61, No. 2, pp. 231-262, 1995.