

개별적인 Dot들의 추출 기법을 이용한 LCD 패널 불량검출

임대규⁰ 진주경 조익환 정동석
인하대학교 전자공학과

s8021@hanmail.net⁰, jukyong77@hotmail.com, cho8629@dreamwiz.com, dsjeong@inha.ac.kr

Defect Detection of LCD Panel using Individual Dots Extraction Method

Dae-kyu Lim⁰, Ju-Kyong Jin, Ik-hwan Jo, Dong-seok Jeong
Dept. of Electronic Engineering, Inha University

요 약

LCD의 생산이 많아짐에 따라 LCD의 불량 검출이 중요해 지고 있다. 불량 검사는 눈으로 확인할 수 있는 범위에서 검사가 이루어지고 있으며, 만약 눈으로 식별이 불가능한 경우 적외선 카메라나 초음파 센서를 사용하여 검사가 이루어진다. 본 논문에서는 카메라를 이용하여 LCD 패널의 표면에 있는 불량 검출을 위하여 각 Dot에 대한 R, G, B 값을 추출한 후, 추출된 픽셀을 제안된 알고리즘에 적용하여 불량을 검출하는 것을 목적으로 하고 있다.

1. 서 론

본 논문은 Liquid Crystal Display(LCD) 패널에서의 불량을 찾아내는 것이 목적이다 [1][2]. 불량은 화질불량과 외관불량의 2가지로 나눌 수 있다. 화질불량이라는 것은 Dot의 밝기가 다른 Dot들에 비해 어둡거나 밝은 경우 생기는 불량이며, 외관불량은 Dot에 이물질이나 이상이 있을 경우 발생하는 불량을 말한다. LCD를 구성하고 있는 Dot들이 일정한 간격으로 배열되어 있지 않기 때문에 이를 구별해 주기 위해서 가로선과 세로선을 검출하였다. 가로선과 세로선은 Dot사이의 공간을 구별해 주기 위해서 사용된다. 각각의 Dot을 검출하기 위해서 각 Dot을 구성하고 있는 Dot의 시작점과 끝점을 추출하였다. 추출된 점을 이용하여 Dot들을 뽑아낼 수 있다. 또한 R, G, B가 가지고 있는 화소값들이 다르기 때문에 이를 구별해 줄 필요가 있다. 이러한 이유 때문에 R, G, B 성분을 가지고 있는 Dot을 구분하고 이를 이용하여 불량을 검출하는 알고리즘을 제안한다.

2. 기본 배경

2.1 Dot과 Cell의 정의

Dot이란 R, G, B 값을 가지고 있는 막대라고 정의할 수 있다. LCD의 색을 결정해주는 것으로 Dot에 불량이 있을 경우 색이 달라 보이게 된다. Dot에 대한 성분을 잘 구별하는 것이 중요하다. 왜냐하면 잘못된 Dot을 구별하는 경우 LCD를 구성하고 있는 Dot에 대한 정보가

잘못 인식될 수 있기 때문이다. Dot은 일정한 R, G, B의 순서로 되어있다. Cell은 R, G, B Dot을 포함하는 하나의 집합으로 볼 수 있다.

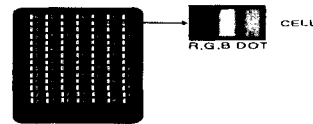


그림 1. LCD패널에서 Dot과 Cell.

2.2 불량류의 종류 및 정의

불량은 크게 화질불량과 외관불량 두 가지로 구분할 수 있다. 화질불량에는 밝은 Dot결점, 어두운 Dot결점 그리고 선 결점으로 나눌 수 있다. 밝은 Dot결점이라는 것은 어두운 화면에서 밝은 Dot으로 나타나는 불량이고 어두운 Dot결점은 밝은 화면에서 어두운 Dot으로 나타나는 불량이다. 마지막으로 선 결점은 불량 Dot이 연속으로 3개~5개 이상이 나타나는 것을 말한다.

외관불량에는 깨짐, 깎여짐, 긁힘, 이물, 실오라기 같은 불량들이 있다. 이와 같은 불량들은 LCD 이동 중에 긁히거나 여러 이물질들이 LCD 표면에 붙어 발생하는 경우이다.

3. 제안된 알고리즘

3.1 가로선과 세로선의 추출

가로선의 추출은 Dot들 사이의 간격을 비교하는 데 중점을 둔다. 여기서 사용되는 과정은 다음과 같다. 우선

최상위 행에서부터 열의 평균값이 기준 값보다 작은 선분 검출을 하고 구해진 선분을 기준으로 10픽셀씩 아래로 이동하며 기준선을 표시한다 [3]. 기준선을 중심으로 +4~-4픽셀의 화소에 대해 평균값을 추출하게 된다. 추출된 최상위 선분을 입력영상의 Dot과 비교하여 비틀어진 각도를 계산하게 되고 표시된 기준선 각각에 동일한 알고리즘을 적용하여 비틀림을 확인하게 된다 [4]. 위의 가정을 통해서 구해진 가로선은 위, 아래의 Dot들의 경계를 확인을 해준다. 이와 같은 과정에서 좀 더 정확한 가로선의 추출이 이루어 지게 된다 [5]. 가로선이 세로선의 기본 바탕이 되므로 잘못된 가로선의 추출이 Dot에 영향을 주어 Dot 정보가 손실될 수도 있기 때문이다.

세로선의 추출은 앞에서 설명한 것처럼 가로선을 추출한 후 이루어지게 된다. 여기서 세로선은 가로선을 중심으로 어두운 영역에서 가로선에 수직인 방향으로 추출하게 된다. 이때 추출된 가로선 선 사이에 경험으로 정해진 크기 윈도우를 적용하여, 윈도우 내부에서 세로선분의 값이 최소인 영역을 검출하게 되고 윈도우를 가로선 사이에서 이동시키면서 비교를 하게 된다.

그림 2에서는 가로선의 추출과 세로선을 추출하는 과정의 예를 보여준다.

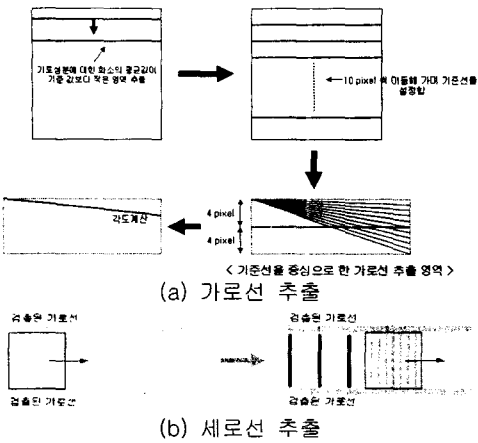


그림 2. 가로선과 세로선의 추출 과정.

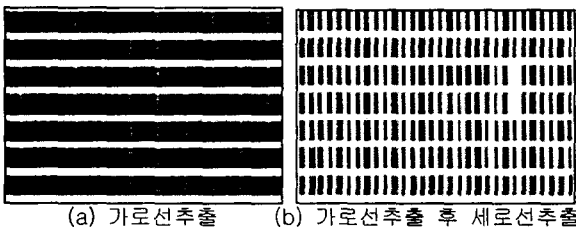


그림 3. 가로선과 세로선의 추출.

3.2 R, G, B에 대한 Dot 추출

선을 추출한 후 각 Dot을 추출하기 위해서 Dot에 대한 시작점과 끝점을 구한다[6]. 시작점이라는 것은 Dot이 시작되는 왼쪽 첫점을 의미하고 끝점이라는 것은 Dot

이 끝나는 오른쪽 아래 점을 의미한다. 시작점과 끝점을 구하기 위해서 다음의 마스크를 사용하여 모든 Dot에 적용함으로써 점들을 추출할 수가 있었다 [7].

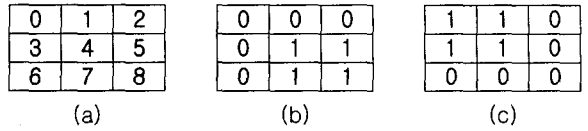


그림 4. 시작점과 끝점 추출을 위한 사용된 마스크.

(a) 일반적인 3x3마스크 순서 (b) 시작점 추출을 위한 마스크 (c) 끝점 추출을 위한 마스크

그림 4에서 (b)는 시작점을 구하는 방법을 보여주고 있다. 만약 픽셀이 마스크의 4,5,7,8에 속할 경우 4번을 시작점으로 정해주게 된다. (c)는 픽셀이 0,1,3,4번에 속할 경우 4번을 끝점으로 정해주게 된다. 시작점과 끝점이 정해진 후 사각형화 시켜주는 과정으로 들어가게 된다. 시작점과 끝점에 기준을 두지 않는다면 잘못된 사각형이 만들어질 수 있다. 따라서 사각형을 만들 때 왼쪽 위의 시작점에서 오른쪽 아래 끝점으로 마치게 함으로써 사각형을 만든다. 방향이 오른쪽 위에서 왼쪽 아래로 향하도록 하는 조건이다. 그 다음으로 아래쪽 방향에 꼭지점에 대한 올바른 추적이 가능하도록 거리를 계산하게 된다. 즉, 대각선의 길이의 최소가 되는 값을 측정하여 사각형을 만들기 위한 최적의 끝점을 찾는 것이다. 물론 사각형을 만들기 전에 Dot의 크기에 대하여 설정을 해주기 때문에 정해진 Dot의 크기보다 클 경우 불량으로 간주한다. 대각선을 구하는 방정식은 다음 아래의 수식(1)과 같다.

$$\text{거리}(D) = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_l - y_j)^2} \quad (1)$$

$i < k, j < l$ 일 경우 성립 $i, j \in$ 정수

위에서 제시한 조건에 맞을 경우, 사각형화가 이루어지게 된다. 만들어진 사각형 안에 각 R, G, B 화소값이 들어있다..



그림 5. Dot에 대한 사각형 추출.

그러나, 어두운 Dot결점이 있을 경우 시작점과 끝점에 대한 정보가 없기 때문에 사각형을 생성을 할 수 없게 된다. 그렇기 때문에 다른 범위를 정해주어야 한다. 위에서 설명했지만 시작점과 끝점으로 만들어 질 경우 설정한 범위에서 벗어나는 경우가 있다. 이때 두 Dot사이 어두운 Dot결점이 있다고 판단을 하게 된다..

3.3 R, G, B 값을 이용한 불량 검출

3.2절에서 추출해낸 사각형 내에는 각 Dot의 정보가 들어있다. 각 사각형의 R, G, B에 대한 값을 구별하기 위해서 셀 안에 영상에서 각 Dot을 포함하고 있는 픽셀에 대한 순서를 정해진 뒤 위아래의 불필요한 부분을 찾아 제거하고 평균을 구한다. 구한 평균을 가지고 각 성분에 대해서 정렬을 해준다. R, G, B Dot에 대한 평균에 대해 각 성분에 해당하는 픽셀의 값이 평균보다 극히 작은 경우 외관불량이 있다는 것을 알려준다. 또한 평균값보다 두드러지게 높은 경우 이를 밝은 결점으로 정함으로써 R, G, B Dot결점을 찾게 된다.

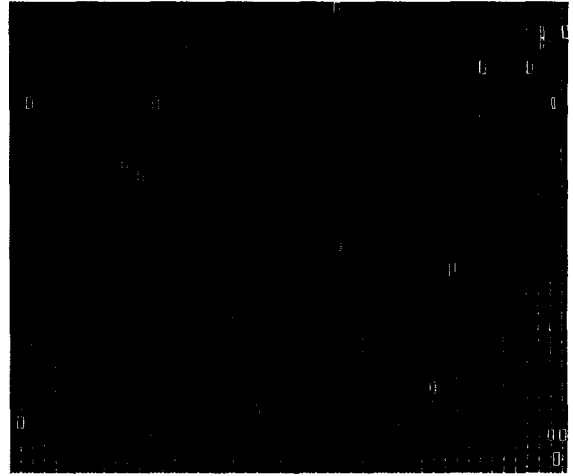
그러나 어두운 Dot결점에 대해서 새로운 검출이 필요로 한다. 왜냐하면 어두운 Dot결점이 발생했을 경우 어떤 칼라 성분에서 불량 발생하였는가를 알지 못하기 때문에 다른 접근 방식이 필요로 하다. 그래서 제안한 것이 R, G, B Dot의 순서가 일정하다는 것을 이용하였다. 다시 말해, $\{R, G, B\}_1, \{R, G, B\}_2$ 이 있다고 하자. 제안된 방법은 6개씩 비교해 나가게 되는데 만약 불량이 있다고 했을 경우, 각 성분을 비교를 하여 어느 부분이 값이 없는지를 파악을 하게 된다. 불량이 발생을 하지 않았을 경우 $\{R, G, B\}_2, \{R, G, B\}_3$ 처럼 첫 번째 그룹을 제외하고 그 다음 그룹이 기준이 되어 다시 6개씩 비교해간다. 이처럼 2개의 조건을 제안하여 LCD 패널의 불량을 검출하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

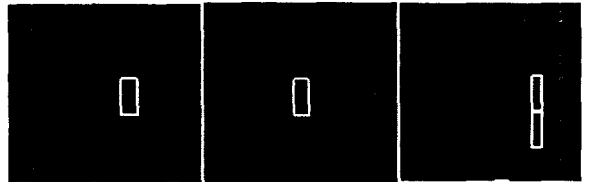
본 논문은 1000X1000 크기를 가지고 있는 실험영상들을 가지고 알고리즘에 적용하였다. 그림 6(a)는 제안된 알고리즘에 의한 불량을 추출한 결과이다. 그림 (b), (c), (d)는 각 불량검출에 대한 예를 보여주고 있다. (b)는 검출된 외관불량 중 굵침에 의한 불량의 예를 보여주고 있으며, (c)는 밝은 Dot결점을 찾은 예를 보여주고 있다. 마지막으로 (d)는 R, G, B 칼라 중 B 성분에 대한 어두운 Dot결점을 찾은 결과를 보여주고 있다. 결과영상에서처럼 B 성분에 대한 어두운 Dot결점이 많은 이유는 R, B, G 성분 중 B의 파장이 다른 두 칼라에 비해 짧기 때문이다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해서, 다른 LCD 패널을 약 100장에 대해 촬영하여 실험을 하였다. 가로선과 세로선을 추출의 경우 대략 97%의 정확도를 얻었다. 사각형의 추출은 약 94% 추출되었다. 사각형의 추출에 대한 불량 검출은 약 92% 검출되었다. 결과영상의 경우 눈으로 판별할 수 있는 불량에 대한 본 알고리즘의 정확도는 화질불량에 대해서는 90%정도의 정확도를 보였고 외관불량에 대해서는 85%정도의 정확도를 보였다. 불량에 대해 완벽한 검출은 불가능하였지만, 높은 불량 검출의 결과를 얻었다.

본 논문에서는 외관불량과 화질불량 두 개의 대표적인 불량에 대해 알고리즘을 제안하였지만, 이 밖의 다른 불량이 많이 존재할 것이라고 보며, 그에 대한 새로운 알고리즘이 필요하다. 또한 불량을 검출하는 속도를 더 높여야 할 것이다.



(a) 결과 영상



(b) 굵침(외관불량) (c) 밝은Dot결점 (d) 어두운Dot결점

그림 6. 불량검출 결과영상.

참고문헌

- [1] G.Crawford, "Liquid crystal displays", Potentials, IEEE, vol.17, pp.38-42, Oct. 1988
- [2] M.Shimizu, A.Ishii and T.Nishimura, "Detection of foreign material included in LCD panels", Industrial Electronics Society, Conference of the IEEE, vol.2, pp.836-841, Oct. 2000
- [3] E.Angle and D.Morrison, "Speeding up Bresenham's algorithm", IEEE Computer Graphics and Application, 11:16-17, November 1991
- [4] Y.Kuzmin, "Bresenham's line generation algorithm with built-in clipping", Computer Graphics Forum, 14(5):275-280,1995
- [5] J.Rokne, B.Wyvil, and X.Wu, "Fast line scan conversion", ACM Transactions on Graphics, 9(4): 376-388, October 1990
- [6] F.Satioh, "Boundary extraction of brightness unevenness on LCD display using genetic algorithm based on perceptive grouping factors", Image Processing, Vol.2, pp.308-312, Oct. 1999
- [7] R.Gonzalez and R.Woods, *Digital Image Processing*(Second Edition), PrenticeHall, 2002