

논문 2007-44SD-4-7

CMOS 이미지 센서에서의 효율적인 불량화소 검출을 위한 알고리즘 및 하드웨어 설계

(An Efficient Dead Pixel Detection Algorithm Implementation for
CMOS Image Sensor)

안 지 훈*, 신 성 기*, 이 원 재*, 김 재 석**

(Jeehoon An, Seunggi Shin, Wonjae Lee, and Jaeseok Kim)

요 약

본 논문에서는 이미지 센서에서 불량 화소를 자동으로 검출하기 위한 알고리즘을 제안하고, 그에 따른 하드웨어 구조를 제시하였다. 기존에 제안된 방법은 영상의 특징을 고려하지 않고 단순히 주위 화소들 값과의 차이가 일정 이상이면 불량 화소로 간주하였다. 그러나 이러한 방식은 영상에 따라서 불량 화소가 아닌 화소를 불량 화소로 간주하거나, 불량 화소를 정상 화소로 판단하는 일이 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 여러 프레임에 걸쳐 확인하는 방법도 제안되었으나, 불량 화소 검출시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이러한 기존 방식의 단점을 해결하기 위해, 제안된 불량 화소 검출 기법은 단일화면 내에서는 경계 영역을 고려하여 불량 화소를 검출하고, 여러 프레임에 걸친 확인 과정을 거치지, 화면 전환 여부를 확인하여 화면 전환이 일어날 때마다 검출된 화소의 불량 화소 여부를 판단하고 확인한다. 실험 결과, 단일 화면 내에서의 검출률은 기존 대비 6% 향상되었고, 100%의 불량화소 검출까지 걸리는 시간은 평균적으로 3배 이상 단축되었다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 하드웨어로 구현되었고, 하드웨어 구현 시 색 보간 블록에서 사용되는 경계 영역 표시자를 그대로 활용함으로써 0.25um 표준 셀 라이브러리를 이용하여 합성했을 때, 5.4K gate의 낮은 복잡도로 구현할 수 있었다.

Abstract

This paper proposes a defective pixel detection algorithm and its hardware structure for CCD/CMOS image sensor. In previous algorithms, the characteristics of image have not been considered. Also, some algorithms need quite a time to detect defective pixels. In order to make up for those disadvantages, the proposed defective pixel detection method detects defective pixels efficiently by considering the edges in the image and verifies them using several frames while checking scene-changes. Whenever scene-change is occurred, potentially defective pixels are checked and confirmed whether it is defective or not. Test results showed that the correct detection rate in a frame was increased 6% and the defective pixel verification time was decreased 60%. The proposed algorithm was implemented with verilog HDL. The edge indicator in color interpolation block was reused. Total logic gate count was 5.4k using 0.25um CMOS standard cell library.

Keywords : Defective pixel, Bad pixel, CMOS image sensor, Image enhancement, detection

I. 서 론

최근 정지영상과 동영상을 위한 디지털 카메라에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 디지털 카메라가 필름

을 사용하는 고전적인 카메라에 비해 여러 가지 장점이 많기 때문이다.^[1-3] 과거에는 VGA(640x480) 정도의 낮은 화소의 이미지 센서가 주류를 이루고 있었으나, 기술이 발전하고 디지털 카메라의 범용화에 따라 100만개 이상의 화소를 가지는 메가급의 이미지 센서가 보편화되고 있다.^[4-7]

이미지센서는 수만에서 수십만 개의 단위화소로 구성된 화소 어레이와, 화소에서 감지한 아날로그 (Analog) 전압을 디지털(Digital) 전압으로 바꿔주는 수

* 학생회원, ** 정회원, 연세대학교 전기전자공학과
(Dept. Electrical and Electronic Eng. Yonsei Univ.)
※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구 결과로 수행되었고, CAD Tool은 IDEC으로부터 지원 받았음.
접수일자: 2007년1월11일, 수정완료일: 2007년2월27일

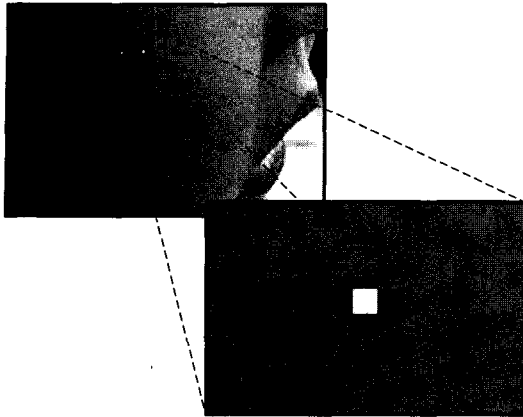


그림 1. 불량화소의 예

Fig. 1. An Example of dead Pixel.

천 개의 장치와, 디지털 전압으로 바뀐 데이터를 저장하는 수백에서 수천 개의 저장 장치 등으로 구성되는데, 이때 이러한 많은 수의 장치들로 인해 이미지 센서는 항상 공정상 오류 가능성을 가지게 된다. 따라서 이미지 센서의 화소 수가 늘어남에 따라 제조 공정상의 문제로 인해 발생하는 불량화소(Defect Pixel) 역시 증가하게 된다. 이미지 센서의 등급과 그에 따른 가격은 불량화소의 개수에 따라 결정되며, 불량화소는 곧 수율의 하락을 의미하고, 이는 생산된 이미지 센서의 단가 상승으로 직결된다.^[8]

그림 1은 불량화소가 발생한 예이다. 그림 1에서, 다수의 화소가 원래의 피부색이 아닌 푸른색을 띄고 있다. 이는 여러 화소에 불량이 났기 때문에 아니라, 색보간 과정에서 발생한 것이다. 일반적인 이미지 센서들은 컬러 영상을 만들기 위해 Color Filter Array(CFA)를 사용해서 각 화소당 한 가지의 색만을 인식한다. 그리고 나서 색보간 과정을 거쳐 화소당 3가지 색을 갖는 컬러 영상을 만들어 내는데, 이 때 주변 화소들의 값을 이용하게 된다. 따라서 한 개의 불량화소가 발생하더라도, 색보간 과정에서 여러 화소로 잘못된 색 정보가 전파되게 된다. 정확한 색 보간을 위해 주변의 화소들을 많이 사용하면 할수록 잘못된 색의 전파 문제는 심각해진다. 따라서 불량화소에 대한 검출 및 보상은 CFA를 사용하는 이미지 센서에서는 반드시 필요하다.

최근 불량화소를 검출하고 보상하기 위한 다양한 방법들이 연구되었다. 그러나 기존 방식들은 불량화소 검출의 정확도가 떨어지거나, 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.^[6-8] 본 논문에서는 한 화면 내에서 불량화소 검출률을 높이기 위해, 경계 영역을 고려한 불량화소 검출 알고리즘을 제안한다. 이와 함께, 여러 화면을 통해

불량화소 여부를 검증하되, 화면 전환 여부를 체크하여 화면 전환이 있을 때마다 불량화소 여부를 점검하는 방식을 통해, 보다 고속으로 불량화소를 검출할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 불량화소에 관하여 정의하고, 기존 제안된 불량화소 검출 알고리즘에 대해 설명한다. III장에서는 기존 방식의 단점을 보완한 새로운 불량화소 검출 알고리즘을 제시한다. IV장에서는 성능 평가를 하고, V장에서 H/W 구현 결과를 설명한 뒤 VI장에서 결론을 제시한다.

II. 불량화소의 정의 및 기존 알고리즘

1. 불량화소의 정의

불량화소의 개수는 CIS의 성능을 결정하는데 중요한 요소이다. 그런데 불량화소의 정의는 아직 확실히 정해진 것이 없다. 일반적으로 불량화소는 다음과 같은 3가지의 종류로 나타난다. (1) 항상 같은 신호를 나타내는 화소, (2) 정해진 임계치보다 큰 잡음을 갖는 화소, (3) 명멸(Blind) 또는 표류(Drift)하는 화소가 그것들이다.^[9] 그림 1은 불량화소의 예를 보여준다. 그러나 이러한 분류는 범용 적이지도 않고, 환경에 영향을 많이 받는 문제가 있다.^[10-11] 불량화소는 비정상적인 화소, 다시 말해 주변의 정상적인 화소와 다른 화소라고 정의하는 것이 보다 정확하다.^[9] 따라서 주위 화소들과 비교했을 때, 화소값의 차이가 비정상적으로 큰 화소를 불량화소라 정의할 수 있다.

2. 기존 불량화소 검출 알고리즘

[6] 및 [8]에서는 주변 화소들과의 값의 차이를 비교하였다. 값의 차이가 정해진 임계치보다 클 경우 불량화소로 판정하는 방법이다. 이 방법은 작은 이미지 버퍼만으로 구현될 수 있으므로 하드웨어가 매우 작다는 이점이 있다. 그리고 100%에 가까운 검출률을 보인다. 그러나 이러한 방법은 불량화소가 아닌 화소들도 불량화소로 간주할 확률이 높기 때문에, 검출된 대부분의 불량화소가 정상 화소라는 단점이 있다. 불량화소로 간주되면 이웃 화소값을 이용해서 보상을 해야 하기 때문에, 결과적으로 화질 저하를 피할 수 없다.

이러한 단점을 보완하기 위해 [12]에서는 여러 프레임에 걸쳐 불량화소 여부를 점검하였다. 우선 화면내에서는 기존 알고리즘과 마찬가지로 주위 화소값과의 차이를 구한다. 이를 위해, 주변 8개의 화소의 평균값을

구하고, 현재 화소와 평균값의 차이가 일정 이상이면 불량화소일 가능성이 높다고 보고, 불량화소 후보 리스트에 추가한다. 그리고 나서, 리스트에 저장되어 있는 화소 값들에 대해 일정 시간 간격으로 불량화소 여부를 확인한다. 불량화소로 의심되는 여러 화소들에 대해 일정 시간동안 점검을 하고, N번 비교 후에도 리스트에 남아 있는 화소들을 불량화소로 간주한다. 프레임간 간격이 클수록 서로 다른 영상에서 불량화소 여부를 판단하게 되므로 정확도가 높아지게 된다. 이 방법은 한 화면만을 가지고 불량화소 여부를 판단하는 방식에 비해 정확하게 불량화소를 검출 할 수 있다. 그러나 이 방법 역시 한 화면 내에서 경계 영역과 같은 영상의 특징을 고려하지 않고 불량화소를 검출하기 때문에 화면내 불량화소 검출의 정확도가 떨어지고, 이를 보상하기 위해 화면간 간격이 길어야 정확하게 검출 할 수 있기 때문에 불량화소 검출에 오랜 시간이 걸린다는 단점이 있다.

III. 제안된 불량화소 검출 알고리즘

기존 불량화소 검출 알고리즘의 단점을 보완하기 위해, 본 논문에서는 두 가지 방식을 제안한다. 첫째, 화면 내에서는 경계 영역을 고려하여 불량화소 여부를 판단함으로써, 화면 내 불량화소 검출의 정확도를 높인다. 둘째, 여러 화면에 걸쳐서 불량화소 여부를 확인하는 과정을 거치되, 일정 화면 간격이 아닌 화면 전환이 일어날 때마다 불량화소 여부를 확인한다. 제안된 2가지 방법을 통해 초기 검출 확률 및 검출된 불량화소의 정확도를 높일 수 있다.

1. 영상의 특징을 고려한 불량화소 검출

정상화소를 불량화소로 검출하는 잘못된 불량화소 검출을 막기 위해서는 영상의 특징을 고려한 검출 방법

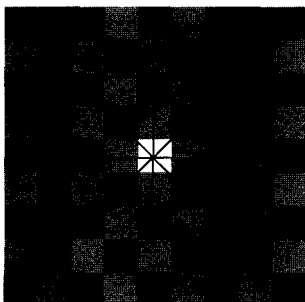


그림 2. 영상의 특징을 고려하기 위한 방향 벡터
Fig. 2. Edge Indicator for Dead Pixel detection.

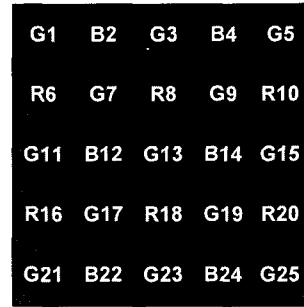


그림 3. 참조 Bayer 영상
Fig. 3. Reference Bayer image.

이 필요하다. 그림 2는 영상의 특징을 반영하기 위한 4 가지 방향 벡터이다. 제안된 방법에서는 5x5 크기의 윈도우를 사용한다. 이는 색 보간 알고리즘에서 많이 사용되는 크기이기 때문에, 색 보간 알고리즘을 위해 버퍼에 저장된 영상을 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. G 채널에서의 방향 벡터는 그림 3의 Bayer 영상을 기준으로 4가지 방향의 벡터는 다음 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} d1 &= |G3 - G23| + |X8 - X18| \\ d2 &= |G5 - G21| + |G9 - G17| \\ d3 &= |G11 - G15| + |Y12 - Y14| \\ d4 &= |G1 - G25| + |G7 - G19| \end{aligned} \tag{1}$$

식 (1)에서 X 및 Y는 R 또는 B 값으로, G 채널의 위치에 의해 결정된다. R/B 채널에서의 방향 벡터는 그림 3의 Bayer 영상을 기준으로 4가지 방향의 벡터는 다음 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} d1 &= |X3 - X23| + |G8 - G18| \\ d2 &= |X5 - X21| + |Y9 - Y17| \\ d3 &= |X11 - X15| + |G12 - G14| \\ d4 &= |X1 - X25| + |Y7 - Y19| \end{aligned} \tag{2}$$

4가지 방향의 벡터를 모두 구한 후에, 크기를 서로 비교하여 최소인 값을 찾는다. 만약 d1이 최소값을 갖는다면, 해당 화소가 속한 영상은 세로 방향으로 같은 영역에 속한다고 할 수 있다. 따라서 전체 인접 화소 중에 세로 방향의 화소들의 평균값과 비교하여, 불량화소인지 판별해야 한다. G 채널에서의 불량화소의 검출은 식 (3)~(7)과 같이 진행된다. Th는 경계를 검출하는 임계값으로 적절한 값을 선택해야 한다.

$$\textcircled{1} \min(d1, d2, d3, d4) = d1 \ \& \ d1 < Th \text{ 인 경우}$$

$$D_{13} = \left| G_{13} - \frac{G_3 + G_{23}}{2} \right| \quad (3)$$

② $\min(d1, d2, d3, d4) = d2$ & $d2 < Th$ 인 경우

$$D_{13} = \left| G_{13} - \frac{G_5 + G_9 + G_{17} + G_{21}}{4} \right| \quad (4)$$

③ $\min(d1, d2, d3, d4) = d3$ & $d3 < Th$ 인 경우

$$D_{13} = \left| G_{13} - \frac{G_{11} + G_{15}}{2} \right| \quad (5)$$

④ $\min(d1, d2, d3, d4) = d4$ & $d4 < Th$ 인 경우

$$D_{13} = \left| G_{13} - \frac{G_1 + G_7 + G_{19} + G_{25}}{4} \right| \quad (6)$$

⑤ $\min(d1, d2, d3, d4) > Th$ 인 경우

$$D_{13} = \left| G_{13} - \frac{\sum_i G}{12} \right| \quad (7)$$

이를 통해 얻은 D_{ij} 가 특정 임계값보다 큰 경우 불량화소일 것으로 판단한다. R/B 채널에서의 불량화소 검출도 같은 방법으로 진행한다.

2. 화면 전환을 기반한 불량화소 검출

[12]에서 제안된 여러 화면에 걸친 불량화소 확인 과정은 불량화소 검출의 정확도를 크게 향상시킨다는 장점이 있다. 이 때, 서로 다른 화면을 이용해야 정확도가 높아지기 때문에 화면 간격을 크게 해야 하고, 이로 인해 검출 시간이 길어지게 된다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 화면 전환 여부를 판단하고, 화면전환이

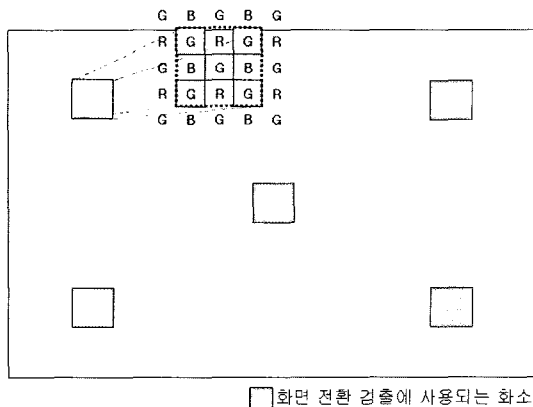


그림 4. 화면 전환 검출에 사용되는 화소
Fig. 4. Pixels used for scene change.

일어났을 때만 불량화소 여부를 확인함으로써, 정확도도 높이면서 검출에 필요한 시간을 단축시켰다.

화면 전환 검출을 위한 알고리즘에는 히스토그램을 이용하거나 움직임 여부를 이용한 기법 등 여러 방법이 있다. 그러나 제안된 방법에서는 화면 전환 검출이 목적이 아니기 때문에, 전체 화면을 비교하지 않고 단순히 임의의 위치의 화소에 대해서만 값의 변화를 관찰함으로써 판단한다.

그림 4는 화면 전환 검출을 위해 사용되는 화소들이다. 많은 화소들을 사용하면 정확도를 높일 수는 있으나, 별도의 저장 공간이 많이 필요하게 되므로, 그림 4와 같이 5개의 영역에서, 3x3 윈도우에 해당하는 화소들 중에, G 채널에 해당하는 데이터만을 비교한다. G 채널을 사용한 것은, 인간의 눈에 가장 민감한 밝기 정보의 대부분을 차지하는 채널이 G 채널이기 때문이다. 매 프레임 해당 영역의 화소들을 저장해 두었다가, 식 (8)과 같은 수식에 의해 현재 입력되는 화소와 비교하여 화면전환 여부를 판단한다.

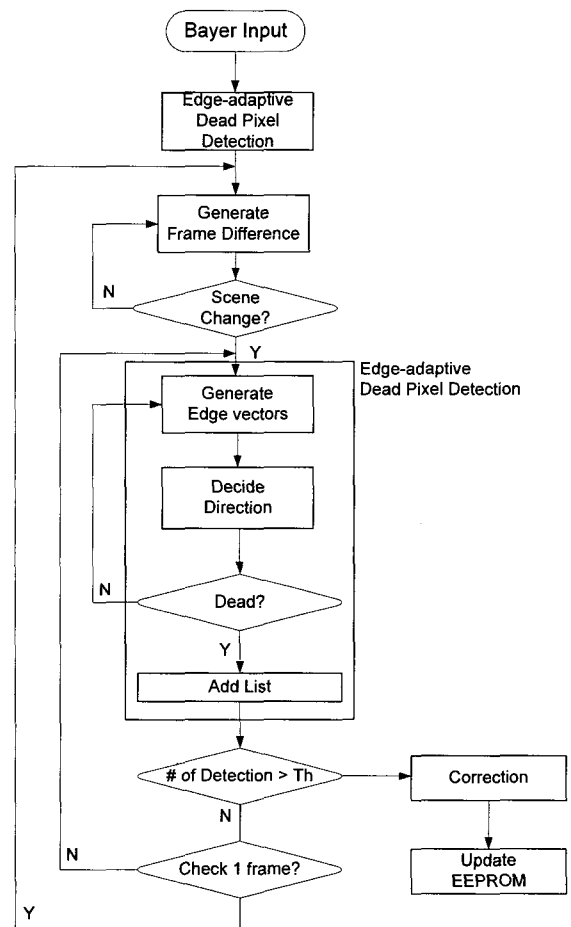


그림 5. 제안된 불량화소 검출 과정
Fig. 5. Dead pixel detection flow.

$$FD = \sum_i |p_i^n - p_i^{n-1}| \quad (8)$$

FD는 Frame Distance로, 이 값이 정해진 임계치보다 클 경우, 화면 전환이 일어난 것으로 판단한다.

3. 제안된 불량화소 검출 과정

그림 5는 제안된 불량화소 검출 알고리즘의 전체 순서도이다. Bayer 데이터를 받아서, 우선 경계 영역을 고려하여 불량화소 여부를 판단한다. 그리고 나서 식(8)의 Frame Distance(FD)를 계산한 뒤 화면 전환 여부를 판단한다. 화면 전환이 일어나지 않았을 경우 다음 프레임을 이용하여 다시 FD값을 계산하고, 화면 전환이 일어나면 경계 영역을 고려한 불량화소 검출을 수행한다. 불량화소로 판단될 경우 불량화소 후보 리스트에 해당 화소의 좌표를 기록한다. 그리고 검출된 횟수가 정해진 임계치 이상인지 여부를 보고, 일정 횟수 이상 불량화소로 판단이 되었을 경우 불량화소 보상을 수행한다. 이러한 동작은 영상 캡처 시스템이 동작하는 동안 계속 수행된다.

IV. 성능 분석

제안된 알고리즘은 C언어를 이용하여 기존 알고리즘과 성능 비교 분석을 하였다. 일반 동영상에서 추출한 Bayer영상을 이용하였고, 임의의 위치에 10개의 불량화소를 발생시킨 후, 이를 얼마나 잘 검출하는지에 대해 실험을 수행하였다. 성능 평가 지표는 검출률, 정확도, 시간 3가지이다. 검출률은 화면 내의 전체 화소 중에 불량화소로 검출되는 비율이고, 정확도는 불량화소로 간주된 화소가 실제로 불량화소인지에 대한 비율이며, 시간은 불량화소 검출에 소요되는 시간이다.

표 1은 화면 내 불량화소 검출률의 성능 비교 결과이다. [8]의 경우, 매우 높은 검출률을 보이고 있다. [12]과 제안된 방법은 리스트의 크기가 커질수록 검출률은 증가한다. 표 2는 불량화소 검출의 정확도 비교이다. [8]의 방법이 매우 높은 검출률을 보이지만 불량화소가 아닌 화소도 불량화소로 간주하기 때문에 정확도 측면에서는 성능이 매우 떨어진다. 따라서 [8]과의 성능 비교가 중요하게 된다. 제안된 방법은 표 1과 표 2에서 보듯이 검출률에서는 3~6%, 정확도 측면에서도 최대 6%의 성능이 향상되었다.

표 3은 불량화소를 검출에 필요한 시간을 비교한 것

표 1. 화면내 불량화소 검출률 성능 비교

Table 1. Performance comparison of the dead pixel detection in the scene.

| List Size | [8] | [12] | 제안된 방법 |
|-----------|-----|------|--------|
| 10 | 87% | 22% | 28% |
| 100 | | 46% | 47% |
| 1000 | | 70% | 73% |
| 10000 | | 94% | 97% |

표 2. 화면내 불량화소 검출 정확도 비교

Table 2. Accuracy comparison of the dead pixel detection in the scene.

| List Size | [8] | [12] | 제안된 방법 |
|-----------|------|------|--------|
| 10 | 0.3% | 22% | 28% |
| 100 | | 4.5% | 4.7% |
| 1000 | | 0.7% | 0.7% |
| 10000 | | 0.1% | 0.1% |

표 3. 불량화소 검출 시간 비교

Table 3. The required time comparison of the dead pixel detection.

| 비교회수 화면 간격 | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|---------------|----|------|------|-------|-------|------|-------|
| | | [8] | 5 | 3.33 | 5 | 6.67 | 8.33 |
| [8] | 10 | 3.33 | 5 | 6.67 | 8.33 | 10 | 11.67 |
| [8] | 15 | 5 | 7.5 | 10 | 12.5 | 15 | 17.5 |
| [8] | 20 | 6.67 | 10 | 13.33 | 16.67 | 20 | 23.33 |
| 제안된 방식 | | 1.61 | 2.49 | 3.17 | 3.66 | 4.38 | 4.67 |

이다. [8]과의 비교는 의미가 없으므로, [12]와 비교하였다. 제안된 방법의 화면 전환 임계치는 500으로 설정하였고, 리스트의 크기는 두 방법 모두 10으로 설정하였다. [12]의 화면 간격 설정을 다양하게 하면서, 비교 횟수를 10~35까지 변화 시켜가면서 실험하였다.

표 3에서 색이 칠해진 부분은 100% 정확하게 불량화소를 검출한 경우이다. 기존 [12]의 방법을 이용했을 경우에는 화면 간격을 15~20으로 하여 25~35회 정도 비교를 해야만 100%의 검출률을 달성할 수 있고, 최소 16.8초의 시간이 필요하다. 그러나 제안된 방법을 이용하면 100%의 정확한 불량화소 검출에 걸리는 시간은 4.38초 정도에 불과하다.

V. 하드웨어 구현

그림 6은 제안된 불량화소 검출 알고리즘을 바탕으로 한 불량화소 검출기의 하드웨어 구조이다. 센서로부터 Bayer 데이터를 입력 받아 Scene Change Detection 블록에서 화면 전환 여부를 판단한다. 그리고 Edge Indicator 블록에서는 색보간 블록으로부터 가로 및 세로 방향의 경계 표시자 정보를 받고, 추가적인 경계 표시자를 계산한다. Dead Pixel Decision 블록에서는 경계 표시자 및 입력 Bayer 데이터를 이용하여, 화면 전환이 있을 때마다 현재 입력되는 화소가 불량화소인지를 판단한 뒤, 그 결과값을 List에 추가한다. 최종 출력은 List 내에 저장된 불량화소의 좌표가 된다.

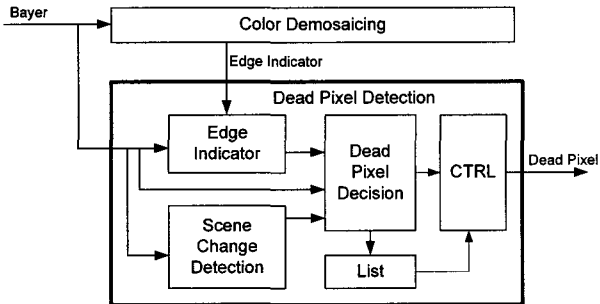


그림 6. 불량화소 검출기의 하드웨어 구조
Fig. 6. Block diagram of dead pixel detection.

1. Edge Indicator

가로 및 세로 방향의 경계 표시자 정보는 색보간 블록으로부터 얻을 수 있으나, 많은 색보간 알고리즘들이 대각선 방향의 경계 표시자는 계산하지 않기 때문에, 대각선 방향의 경계 표시자를 계산해야 한다. 그림 7은 대각선 방향의 경계 표시자를 구하기 위한 Edge Indicator 블록의 하드웨어 구조이다. III장의 d1~d4 중 대각선 방향인 d2와 d4를 구하기 위해, 입력 값의 차 및 절대값, 그리고 절대값의 합을 구하는 부분으로 구성되어 있다.

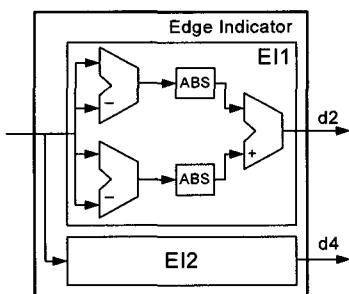


그림 7. Edge Indicator의 하드웨어 구조
Fig. 7. Block diagram of Edge indicator.

2. Scene Change Detection

그림 8은 화면 전환 여부를 결정하기 위한 Scene Change Detection 블록의 하드웨어 구조이다. 이전 프레임의 특정 좌표의 화소와 현재 프레임의 같은 위치의 좌표와의 화소값의 차이의 절대값의 합을 구한 후, 이전 프레임의 화소값이 저장된 Register에 현재 프레임의 해당 위치의 화소값을 저장한다. 총 25개의 화소값을 저장하고, 각 화소가 8비트이므로, 25바이트의 저장 공간이 필요하다.

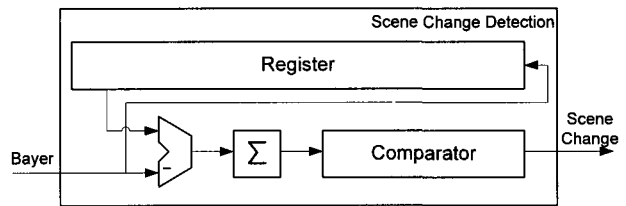


그림 8. Scene change detection의 하드웨어 구조
Fig. 8. Block diagram of Scene change detection.

3. Dead Pixel Decision

그림 9는 현재 화소가 불량화소 여부인지 판단하는 Dead Pixel Decision 블록의 하드웨어 구조이다. III장의 수식 (3)~(7)에 의해 불량화소 여부를 판단하는데, d1~d4 방향에 해당하는 5가지 값을(DH: 가로 방향, DV: 세로 방향, DN: 대각선 방향(d2), DP: 대각선 방향(d4), MEAN: 평균값)을 미리 계산해 놓고, MIN 블록에서 계산된 최소 방향 정보에 따라 미리 계산된 5가지 값 중 하나를 선택한다. 이 값과 현재 입력되는 화소와의 차를 구하고, 이 값을 정해진 임계치와 비교한다. 정해진 임계치보다 크게 되면 이 값을 불량화소로 선언하게 된다.

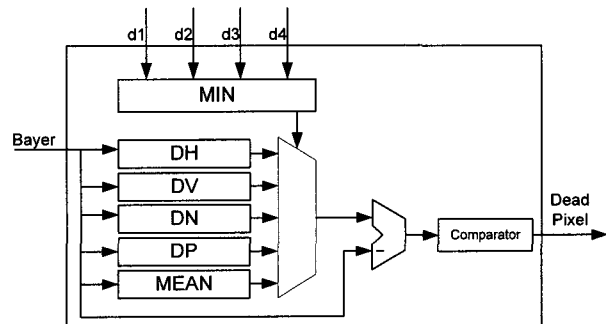


그림 9. Dead pixel decision의 하드웨어 구조
Fig. 9. Block diagram of Dead pixel decision.

4. 합성 결과

설계된 불량화소 검출기는 0.25um CMOS Standard

표 4. 합성 결과
Table 4. Synthesis Result.

| 블록 | Gate |
|------------------------|------|
| Edge Indicator | 1.1K |
| Scene Change Detection | 1.2K |
| Dead Pixel Decision | 3.1K |
| Total | 5.4K |

Cell Library를 이용하여 합성되었다. 표 4는 합성 결과를 보여준다. 제안된 불량화소 검출기는 총 5.4K 게이트로 구현되었다.

VI. 결 론

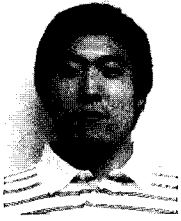
본 논문에서는 불량화소를 검출하는 알고리즘을 제시하였다. CIS에서 불량화소가 발생은 동시에 화질의 열화로 이어지기 때문에 불량화소를 정확히 검출 할 수 있다면 화질의 열화를 막을 수 있다. 제안된 알고리즘은 화면 내에서는 영상의 특징을 고려해서 불량화소를 검출함으로써 기존 대비 6% 정도의 정확도를 높였고, 화면 전환 기반 검증 과정을 통해 검증과에 필요한 시간을 평균적으로 3배 이상 단축시켰다. 제안된 알고리즘은 Verilog HDL을 이용하여 설계되었고, 0.25um CMOS Standard Cell Library를 이용하여 합성했을 때, 5.4K 게이트의 복잡도를 갖는다. 따라서 제안된 방식이 기존 제안된 알고리즘과 비교했을 때, 검출의 정확도, 검증 속도, 잘못된 검출로 인한 화질 열화 등의 측면에서 좋은 성능을 가짐을 확인 할 수 있다.

참 고 문 헌

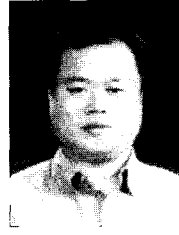
[1] J. Adams, K. Parulski and K. Spaulding, Eastman Kodak Company, "Color Processing in Digital Cameras", IEEE MICRO, pp.20-30, Nov. 1998.
 [2] E. R. Fossum, "Digital Camera System on a chip", IEEE MICRO MAY- JUNE 1998.
 [3] Weerasinghe C., Wanqing Li, Kharitonenko I., Nilsson M. and Twelves S., "Novel Color Processing Architecture For Digital Cameras With CMOS Image Sensors", IEEE Transactions on Consumer Electronics Volume 51, No. 4, Nov. 2005 P:1092-1098
 [4] 박선호, "컬러CCD의 구동회로부터 영상처리보드

설계까지 CCD 카메라와 영상처리 회로설계", 국제테크노 정보 연구소 (International Technology Information Institute), 2003.
 [5] A. Kumar Garg S. S. Negi, S. Sarkar R. P. Agarwal, "Design and Development of a High-Performance Third-Generation Hand-Held Thermal Camera", Optical Engineering 459, 096401 September 2006.
 [6] 민동욱, 서보홍 "불량화소 검출 및 복원이 가능한 카메라폰 및 그 방법(Camera-Phone For Detecting And Restoring Dead Pixel and Method Thereof)", 공개특허 10-2005-0098704, 2005.
 [7] R. Zhou, X. Chen, F. Liu, J. He, T. Liao, Y. Su, J. Ye, Y. Qin, X. Yi and Z. Hong, "System-on-chip for Mega-Pixel Digital Camera Processor with Auto Control Functions", ASIC, 2003. Proceedings. 5th International Conference on Volume 2, 21-24 Oct. 2003 Page(s):894 - 897 Vol.2
 [8] 전성천, "이미지 센서에서의 실시간 불량화소 검출 및 보정을 위한 장치(Apparatus For Real-Time Detecting And Correcting Defect Pixels In Image Sensor)", 등록특허 10-0362178
 [9] J. M. López-Alonso and J. Alda, "Bad Pixel Identification By Means Of Principal Components Analysis," Optical Engineering, Vol. 41, No. 9, pp. 2152-2157, September 2002.
 [10] C. N. Sabbey, R. G. McMahon, J. R. Levis, and M. J. Irwin, "Infrared Imaging Data Reduction Software and Techniques," in Astronomical Data Analysis Software and Systems X, ASP Conference Series, Vol. 238, pp.317-320 (2001).
 [11] R. S. Hill, W. B. Landsman, D. Lindler, and R. Shaw, "Cosmic Ray and Hot Pixel Removal from STIS CCD Images," in Proc. HST Calibration Workshop, S. Casertano et al., Eds, pp. 120-125, Space Telescope Science Institute (1997).
 [12] 안지훈, 이원재, 김재석, "효율적인 불량화소 검출 알고리즘 및 하드웨어 구현", 대한전자공학회 논문지 제43권 SD편 제9호, pp.38-43, 2006.

저 자 소 개



안 지 훈(학생회원)
2006년 연세대 전기전자공학과
학사 졸업.
2006년~현재 연세대 전기전자
공학과 석사 과정.
<주관심분야 : 영상처리, SoC 설
계>



신 성 기(학생회원)
1990년 금오공과대 전자공학과
학사 졸업.
2007년 연세대 전기전자공학과
석사 졸업.
<주관심분야 : 영상처리, SoC 설
계>



이 원 재(학생회원)
2001년 연세대 전기전자공학과
학사 졸업.
2003년 연세대 전기전자공학과
석사 졸업.
2003년~현재 연세대 전기전자
공학과 박사 과정.
<주관심분야 : 영상처리, SoC 설계>



김 재 석(정회원)
1977년 연세대 전자공학과 학사
졸업.
1979년 KAIST 전기전자공학과
석사 졸업.
1988년 Rensselaer Polytechnic
Institute, NY, 박사 졸업.
1993년~1995년 한국전자통신연구원 책임연구원
1996년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수
<주관심분야 : 통신 및 영상 시스템, VLSI 신호
처리, 임베디드 S/W 및 SoC 구현>