

모바일 카메라 화질 개선을 위한 실시간 불량 화소 검출 및 보정 시스템의 설계

Design of Real-Time Dead Pixel Detection and Compensation System for Image Quality Enhancement in Mobile Camera

송진근* , 하주영* , 박정환* , 최원태** , 강봉순*

Jin-Gun Song* , Joo-Young Ha* , Jung-Hwan Park* , Won-Tae Choi** , Bong-Soon Kang*

요 약

본 논문은 모바일 카메라 화질 개선을 위한 실시간 불량 화소(Dead pixel) 검출 및 보정 시스템에 대해 제안하고 있다. 영상 입력 장치인 CIS(CMOS Image Sensor)는 소형화, 저전력, 비용절감의 효과로 각광받고 있다. 하지만 이미지 센서와 결합된 불량 화소 보정 장치에 관한 기존 방법에 있어서, 연속된 불량 화소들을 검출하지 못 하거나, 정상화소임에도 불구하고 불량 화소로 분류하여 영상이 훼손되는 경우가 발생한다. 제안된 알고리즘은 불량 화소를 핫 픽셀(Hot pixel)과 콜드 픽셀(Cold pixel)로 분류하여, 라인 검출 방법과 5x5 창 검출 방법을 순차적으로 처리하여, 불량화소의 특성에 따라 검출 및 보정하는 방법을 제안 한다. 라인 검출 알고리즘은 수평 저주파 영역의 불량화소를 검출한다. 그리고 5x5창 검출 알고리즘은 수직, 대각 저주파 영역과 고주파 영역에 대한 불량 화소를 검출한다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션 결과, 99%의 높은 검출율을 보여주고 있다. 그리고 Verilog-HDL를 사용하여 구현하였고 Synopsys의 Design Analyzer와 TSMC 0.25um ASIC library로 합성하였으며, 총 Gate counts는 23K로 낮은 하드웨어 복잡도를 가진다.

Abstract

In this paper, we propose the Real-time Dead-Pixel Detection and Compensation System for mobile camera and its hardware architecture. The CMOS image sensors as image input devices are becoming popular due to the demand for miniaturized, low-power and cost-effective imaging systems. However a conventional Dead-Pixel Detection Algorithm is disable to detect neighboring dead pixels and it degrades image quality by wrong detection and compensation. To detect dead pixels the proposed system is classifying dead pixels into Hot pixel and Cold pixel. Also, the proposed algorithm is processing line-detector and 5x5 window-detector consecutively. The line-detector and window-detector can search dead pixels by using one-dimensional(only horizontal) method in low frequency area and two-dimensional(vertical and diagonal) method in high frequency area, respectively. The experimental result shows that it can detect 99% of dead pixels. It was designed in Verilog hardware description language and total gate count is 23K using TSMC 0.25um ASIC library

Keywords : CMOS Image Sensor, Dead Pixel, Hot Pixel, Cold Pixel

I. 서 론

CIS(CMOS Image Sensor)는 반도체가 빛에 반응하는 성질을 이용하여 빛의 밝기를 전기 신호로 변환시키는 장치를 의미하며, 2차원 구조의 RGB배열로 이루어진다. 이러한 전기 신호를 측정하면 각 픽셀에 유입되는 빛의 양을 통해서 화소 단위의 이미지로 구성 할 수 있다. 일반적으로 CIS는 복잡한 제조 과정 중 여러 가지 이유로 CIS의 화소 중 정상

적으로 동작하지 못하는 불량 화소가 발생한다[1][2]. 본 논문에서는 불량 화소(dead pixel)를 검출 및 보정하는 방법에 대해 새로운 접근 방법을 제시한다.

기존의 연구에서는 불량 화소가 존재하는 공간 주파수에 상관없이 동일한 조건(임계값 비교)만으로 불량 화소를 검출 및 보정하였다[3]. 하지만 이러한 방법의 문제점은 연속된 불량 화소에 대해 검출을 하지 못하거나 정상화소임에도 불구하고 불량 화소로 분류하여 영상의 훼손이 생긴다[4]. 그러나 본 논문에서 제안하는 방법은 불량 화소가 존재하는 공간 주파수 특성을 방향성을 고려하여 수직, 수평 대각, 고주파 방향으로 분류하였다[5]. 불량 화소가 존재하는 영역의

*동아대학교 전자공학과 **삼성전기

논문 번호 : 2007-3-11

접수 일자 : 2007. 7. 25

심사 완료 : 2007. 9. 20

특성에 따라 다양한 검출법을 적용하여, 주변 영상과의 유사성을 고려하여 보정한다[6][7][8].

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 불량 화소에 관하여 정의하고, III장에서는 기존의 불량 화소 검출 알고리즘을 설명하고, IV장에서는 새로운 불량 화소 검출 알고리즘을 제안한다. V장은 H/W 구현 결과를 설명하고, VI장에서는 결론을 언급한다.

II. 불량 화소의 정의

불량 화소의 정의는 아직 확실히 정해진 것은 없지만 일반적으로 불량 화소는 다음과 같은 3가지 종류로 나타난다. 항상 같은 신호를 나타내는 화소, 정해진 임계치보다 큰 값을 갖는 화소, 그리고 명멸(Blind) 또는 표류(Drift)하는 화소들을 뜻한다. 영상을 주파수 측면에서 분석하면 낮은 주파수 영역에 많은 에너지를 갖고 있는 것을 확인할 수 있다. 이것은 영상에서 대부분의 화소들이 이웃한 화소와 비슷한 수준의 화소 값을 갖는다는 것을 나타낸다. 그런데 우리가 영상을 봤을 때 불량 화소를 식별해 낼 수 있다는 것은, 주위의 화소와 비교해서 도저히 나타날 수 없는 화소가 나타났다는 것을 의미 한다. 따라서 높은 주파수 성분을 갖는 화소, 즉 주위의 화소들과 비교 했을 때 큰 차이를 갖는 화소는 불량 화소일 확률이 크다고 예측할 수 있다. 이 불량 화소의 밝기에 따라 상대적으로 큰 값을 핫 픽셀(Hot pixel)이라 하고, 상대적으로 작은 값을 콜드 픽셀(Cold pixel)로 분류한다. 그림 1은 핫 픽셀과 콜드 픽셀의 불량 화소의 예를 보여 준다[3].



(a) 핫 픽셀 (b) 콜드 픽셀

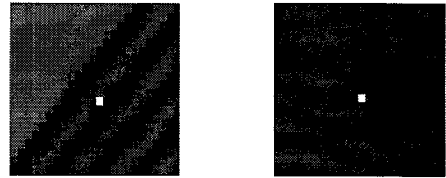
그림 1. 불량 화소의 예

Fig. 1. The Example of dead-pixel

본 논문에서는 단순히 불량 화소를 검출하는 것이 목적이 아니라, 불량화소가 존재하는 공간 주파수의 특성에 맞는 보정 값을 찾아 보정하는데 목적이 있다. 따라서 공간 주파수의 방향성에 따라 그림 2와 같이 불량 화소가 존재하는 영역을 4가지로 분류하였다. 그림 2(a)의 가로 방향 저주파 영역, (b) 세로 방향 저주파 영역, (c) 대각 방향 저주파 영역, (d) 고주파 영역으로 분류하여, 불량화소가 존재하는 영역의 저주파 방향을 찾는다.



(a) 수평 영역 (b) 수직 영역



(c) 대각 영역 (d) 고주파 영역

그림 2. Target pixel의 공간 주파수 특성

Fig. 2. Spatial Frequency characteristic of target pixel

III. 기존 알고리즘

기존 불량화소 검출 알고리즘의 전체적인 구조는 그림 3과 같다. 불량 화소 검출 과정은 9개의 연속된 픽셀을 사용하는 라인 검출법과 5x5창 검출법의 2가지 단계를 거친다[4].

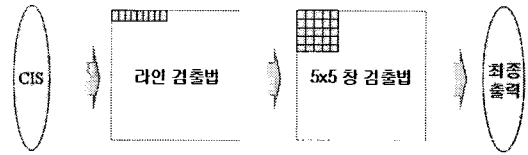


그림 3. 불량 화소 검출 알고리즘의 흐름도

Fig 3. Flow chart of dead-pixel detection algorithm

3.1 라인 검출법

기존 알고리즘 중 라인 검출법에 대해서 설명한다. 그림 4는 라인 검출법의 순서도이다.

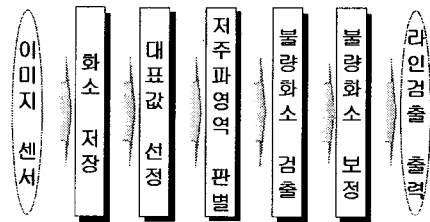


그림 4. 라인 검출법의 순서도

Fig. 4. Flow chart of line-detector

라인 검출법은 CIS를 통해 들어온 RGB신호로 홀수 열은 RGRGRG... 짝수 열은 GBGBGB... 의 순서로 입력 될 수 있다. 라인 검출 알고리즘의 진행과정은 그림 5에 나타난다. 그림 5(a)는 입력된 9개의 픽셀 값을 레지스터에 저장하여 5번째에 해당하는 픽셀을 target pixel(X)로 선정한다. 기준 픽셀과 다른 색상을 가지는 픽셀(x-3, x-1, x+1, x+3)을 이중 픽셀이라 부른다. 그림 5(b)는 기준 픽셀의 좌우에 있는 이중 픽셀 간의 차를 비교하여 저주파 영역인지 판단하는 과정을 보여준다. 기준 픽셀의 값이 임계값(threshold)이상 높게 나타나면, 핫 픽셀로 인식한다. 그림 5(c)는 검출된 불량 화소에 대해 핫 픽셀인 경우는 같은 색을 가지는 동중 픽셀(x-4, x-2, x+2, x+4) 중 최대값으로 보정한다. 그림 5(d)

는 target pixel이 불량화소로 인식 될 때, 보정 값을 선택하여 불량 화소를 보정하는 과정을 보여 준다.

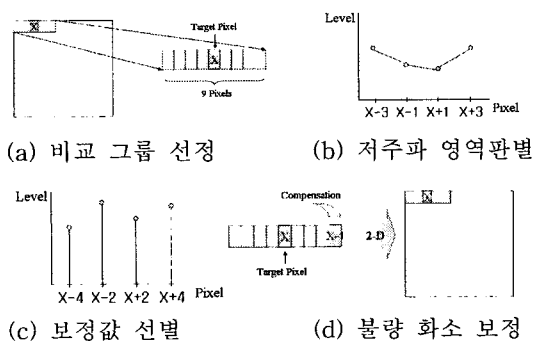


그림 5. 라인 검출 진행 과정
Fig. 5. Process of line-detector

3.2 5x5 창 검출법

기존 알고리즘 중 5x5창 검출 알고리즘을 통해 저주파 영역의 수직, 수평 영역 및 고주파 영역에 대한 불량 화소 검출 및 보정하는 과정에 대해 설명한다. 그림 6은 5x5 창 검출법에 대한 순서도를 보여준다.

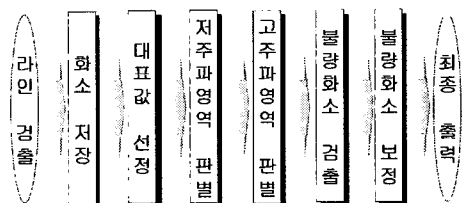


그림 6. 5x5 창 검출 알고리즘의 순서도
Fig. 6. Flow chart of 5x5 Window-detector algorithm

라인 검출 알고리즘을 통과한 이미지 값들을 라인 메모리에 저장한다. 라인 메모리에 저장된 값들 중 target pixel을 선정하여 그림 7과 같이 Green이 target pixel이 되는 경우와 그림 8과 같이 Green이 아닌 다른 색(Red 또는 Blue)이 target pixel이 되는 경우를 파악한다. 그 다음으로는 target pixel과 색상이 같은 픽셀과 서로 색상이 다른 픽셀을 통해 저주파와 고주파 영역의 불량화소를 판단하기 위한 임계값을 결정한다.

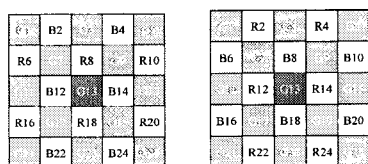


그림 7. Green이 target pixel일 때 보정 그룹
Fig. 7. Compensation Group

when target pixel is Green

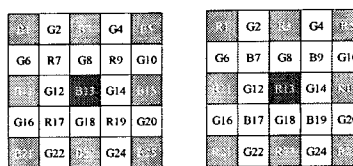


그림 8. Red나 Blue가 target pixel일 때 보정 그룹
Fig. 8. Compensation Group when target pixel is not Green

Target pixel에 따라 보정 그룹을 선택하여, 보정 픽셀을 선정하게 된다. 보정 픽셀을 통해 target pixel이 불량 화소 여부를 판별하는 하나의 기준을 마련한다. 그리고 target pixel이 존재하는 공간 주파수 영역을 찾아서 정확한 불량 화소의 종류를 구하는 과정이 진행된다.

다음은 5x5 창 영역에서의 2차원 공간의 평탄 영역을 판별함으로써 target pixel의 존재 영역의 특성을 찾고, 주변 픽셀과 가장 유사한 보정 픽셀을 찾는 과정을 수행하게 된다.

그림 9와 그림 10은 각각 수직 및 수평 평탄 영역을 찾기 위한 판별 그룹을 나타내고 있다.

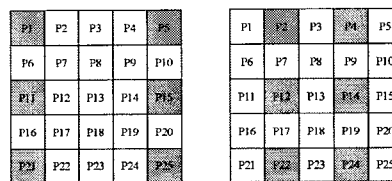


그림 9. 수직 평탄 영역의 판별 그룹
Fig. 9. Discriminative Group of Vertical Flat Areas

수직 평탄 영역의 판별 그룹을 그림 9에서 보여준다. 그림 9(a)는 동중 픽셀의 기울기를 통한 수직 평탄 영역의 판별 그룹을 의미하고, 그림 9(b)는 이중 픽셀의 기울기를 통한 수직 평탄 영역의 판별 그룹을 보여준다. 그림 9(a)와 그림 9(b)의 판별 그룹을 통해서, target pixel이 수직 평탄 영역으로 판별이 된다면, 수직 방향 동중 픽셀에 해당하는 픽셀(P3 혹은 P23)로 보정하게 된다.

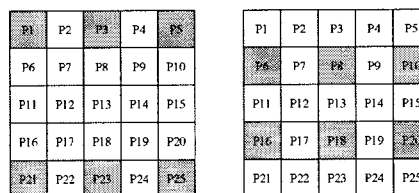


그림 10. 수평 평탄 영역의 판별 그룹
Fig. 10. Discriminative Group of Horizontal Flat Areas

수평 평탄 영역의 판별 그룹을 그림 10에서 보여준다. 그

림 10(a)는 동종 픽셀의 기울기를 통한 수평 평탄 영역의 판별 그룹을 의미하고, 그림 10(b)는 이종 픽셀의 기울기를 통한 수평 저주파 판별 그룹을 보여준다. 그림 10(a)와 그림 10(b)의 판별 그룹을 통해서, target pixel이 수평 평탄 영역으로 판별이 된다면, 수평 방향 동종 픽셀에 해당하는 픽셀(P11 혹은 P15)로 보정하게 된다.

target pixel이 수직 혹은 수평 평탄 영역에 존재하지 않는 경우, target pixel이 고주파 영역에 존재한다고 가정한다. 고주파 영역에서의 target pixel의 보정 값은 핫 픽셀과 콜드 픽셀에 따라 동종 픽셀의 최대값 혹은 최소값으로 보정하게 된다.

IV. 제안된 알고리즘

본 논문은 불량 화소 검출 알고리즘 개선을 위해 기존의 알고리즘에 새로운 2 가지 조건을 제안한다. 라인 검출법내의 콜드 픽셀 검출 및 보정 부를 추가하였으며, 또한 5x5 창 검출법에서 새로운 저주파 영역의 판별 그룹 및 보정 방법을 제안한다[6][7][8].

4.1 제안된 라인 검출법

기존의 라인 검출법은 1차원 저주파 영역에서 핫 픽셀만을 검출하고 있다. 이에 본 논문에서 추가적으로 콜드 픽셀에 대한 검출법을 제안하고 있다. 핫 픽셀 검출법과 검출 방법은 유사하다. 하지만, 콜드 픽셀 검출은 영상의 미세한 부분에 대한 원하지 않는 검출이 발생할 수 있다. 그래서 콜드 픽셀을 인식하는 임계값(threshold)을 높임으로써 검출율을 낮추고, 영상의 훼손을 막고자 한다.

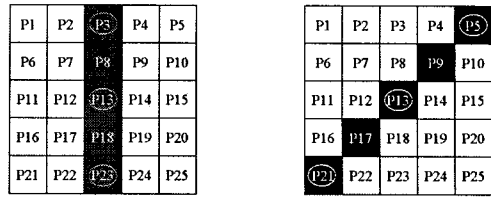
4.2 제안된 5x5 창 검출법

기존의 5x5 창 검출 알고리즘은 저주파 영역을 2차원의 수직, 수평 평탄 영역으로 분류하여 불량 화소를 검출하였다. 기존의 방법은 영상의 세밀한 부분에 대해 검출 능력이 떨어지는 단점이 나타났으며, 특히 연속된 불량 화소를 검출하지 못하는 문제점이 발생하였다.

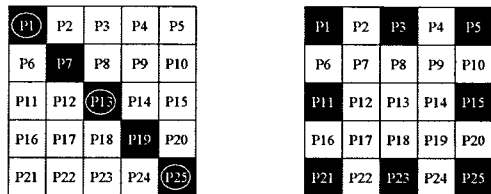
이에 본 논문에서는 2차원 평탄 영역의 판별 그룹에 추가적으로 1차원의 수직, 대각 저주파 판별 그룹을 적용한다[9][10][11].

다음 그림 11은 target pixel이 존재할 가능성이 있는 1차원 저주파 영역의 3가지 경우와 2차원 고주파 영역을 보여주고 있다.

그림 11(a)는 수직 방향 저주파 영역에서의 보정값 선정 그룹에 해당하고, 그림 11(b)는 우대각 방향 저주파 영역의 보정값 선정 그룹을 나타내며, 그림 11(c)는 좌대각 방향 저주파 영역의 보정값 선정 그룹을 나타낸다. 그림 11(d)는 고주파 영역의 보정값 선정 그룹을 보여준다.



(a)수직 방향 저주파 영역 (b)대각 방향 저주파 영역



(c) 좌대각 저주파 영역 (d) 고주파 영역

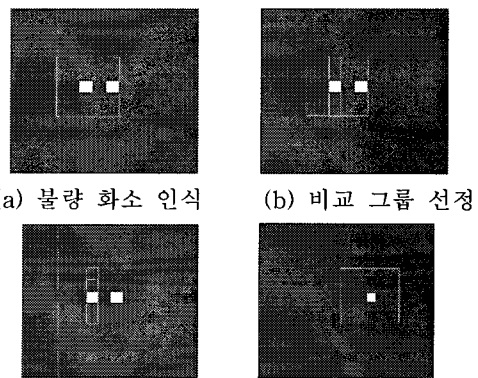
그림 11. 영역별 보정 값 판별 그룹

Fig 11. Discriminative group as Spatial Frequency area

여기서 선정 그룹에 따라 서로 다른 방법으로 불량 화소 보정 값을 구한다. target pixel이 저주파 영역 안에 존재할 경우, 선정 그룹의 동종 픽셀을 통해 최대값과 최소값 중 하나로 불량 화소의 보정 값을 선택하고, 그 외 고주파 영역 안에 존재할 경우, 선정 그룹의 평균값으로 불량 화소의 보정 값으로 결정한다. 불량 화소는 비교 그룹에서 구한 임계값과 선정 그룹에서 구한 보정 값을 target pixel과 비교하여 판단한다.

4.3 제안된 5x5 창 검출 법 적용

기존의 알고리즘을 통해 검출하지 못한 연속된 불량 화소를 5x5 창 검출 알고리즘으로 보정하는 과정을 설명한다. 그림 12는 수직 저주파 방향으로 불량 화소를 판별하여 보정하는 예를 보여 주고 있다.



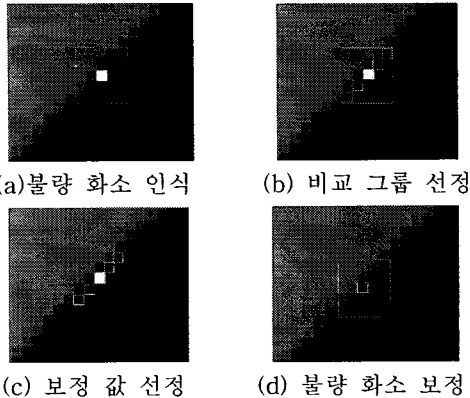
(a) 불량 화소 인식 (b) 비교 그룹 선정
(c) 보정 값 선정 (d) 불량 화소 보정

그림 12. 수직 방향 5x5 창 검출 예

Fig. 12. The example of Vertical direction in 5x5 window detector

위의 그림 12(a)는 비교 그룹을 통해 target pixel로 인식된 불량 화소를 나타낸다. 그림 12(b)는 저주파 영역에 해당하는 보정값 선정 그룹을 나타내고, 그림 12(c)는 해당 영역

에서 선정된 보정 값을 과정이며, 그림 12(d)는 보정 픽셀로 대체된 target pixel을 의미한다.



(a) 불량 화소 인식 (b) 비교 그룹 선정
(c) 보정 값 선정 (d) 불량 화소 보정

그림 13. 대각 방향 5x5 창 검출 예

Fig. 13. The example of Diagonal direction in 5x5 window detector

그림 13은 기존의 알고리즘에서 보정하지 못한 대각 방향 저주파 영역에 대해서 5x5창 검출 알고리즘을 적용해 불량 화소를 검출 및 보정하고 있음을 나타낸다.

따라서 5x5 창 검출 알고리즘은 기존의 알고리즘의 미 검출 영역인 수직, 대각 저주파 영역 및 고주파 영역에 대한 검출 및 보정을 수행한다.

4.4 실험 결과

제안된 알고리즘을 테스트하기 위해 입력 영상으로 임의의 불량화소가 추가된 그림 14를 사용하였다. 입력영상은 2,342개의 핫 픽셀과 2,345개의 콜드 픽셀을 가진다.

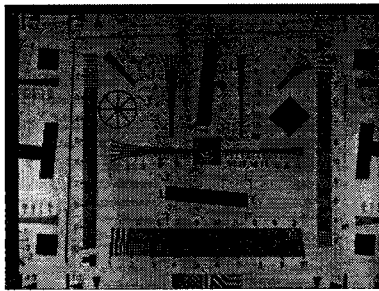


그림 14. 임의의 불량화소가 추가된 입력 영상
Fig. 14. Input Image added random dead pixels

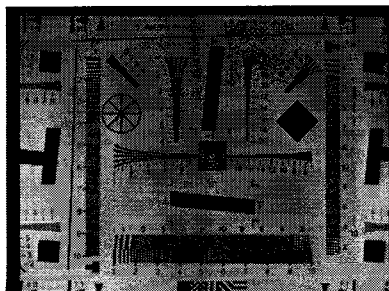


그림 15. 결과 영상
Fig. 15. Result Image

라인 검출 알고리즘과 5x5 창 검출 알고리즘을 통해 각 영역별 핫 픽셀과 콜드 픽셀에 해당하는 불량화소를 고려하여 검출 및 보정한 결과를 표 1에서 보여준다. 검출 율은 입력된 불량 화소 4692 개 중 4663개의 불량 화소가 검출되어, 약 99%의 검출 율을 보여 준다. 기존의 알고리즘과 비교하여 약 25%의 검출 율이 향상되었다. 아래의 그림 15는 제안된 알고리즘을 수행한 후의 결과 영상이다. 입력 영상에 있던 불량 화소들이 제거된 것을 결과 영상을 통해 확인 할 수 있다.

표 1. 알고리즘 수행 결과

Table 1. Results of Conventional algorithm and Proposed algorithm

항 목	기존의 검출법	제안된 검출법
원 영상의 불량 화소	5	
추가된 불량 화소	Hot	2,342
	Cold	2,345
	Total	4,692
I. Step (라인 검출법)	Hot	1,941
	Cold	0
	Total	1,941
II. Step (5x5창 검출법)	Hot	386
	Cold	1,158
	Total	1,544
검출된 불량 화소	Hot	2,327
	Cold	1,158
	Total	3,485
미 검출 불량 화소	1,207	29
검출 율	74.28%	99.38%

V. 하드웨어 아키텍처 설계

5.1 블록도

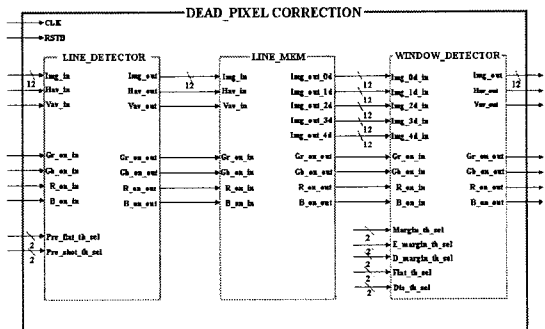


그림 16. 제안된 불량화소 보정 알고리즘 블록도
Fig. 16. The Block diagram of proposed dead-pixel correction algorithm

그림 16은 제안된 알고리즘의 블록 도를 보여 준다. 그것은 크게 3부분으로 되어 있는데, 라인 검출기(좌측), 라인 메모리(중앙), 창 검출기(우측)로 구성되어 있다. 입력과 출력의 비트 크기는 각각 12비트이다.

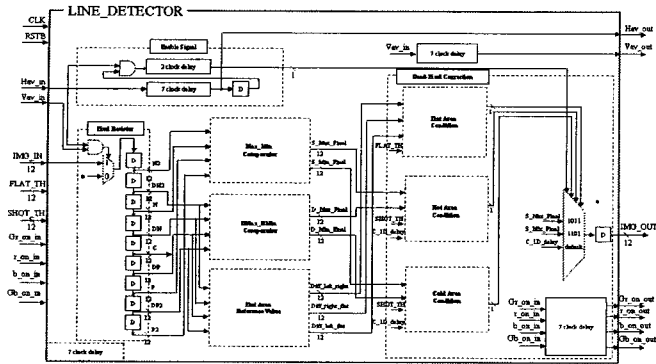


그림 17. 라인 검출기의 블록도
Fig. 17. The Block diagram of Line_detector

위의 그림 17은 라인 검출기의 블록 도를 보여준다. 라인 검출기는 픽셀 저장, 비교, 판단, 보정 과정을 거치면서 불량 화소를 보정하게 된다.

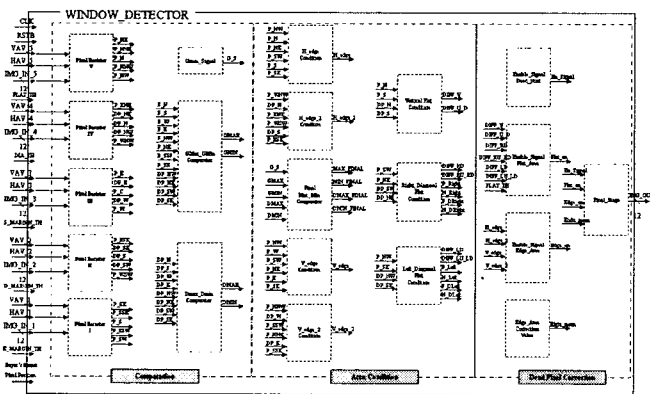


그림 18. 창 검출기의 블록도
Fig. 18. The Block diagram of Window_detector

그림 18은 창 검출기의 블록 도를 보여주고 있다. 창 검출기는 라인 메모리의 출력 신호를 입력 신호로 받는다. 불량 화소 검출 과정은 5x5창 비교 그룹을 선정, target pixel의 영역 판단, 보정 값 선정, 불량 화소 판단 및 보정 과정을 순차적으로 수행한다.

5.2 합성 결과

제안된 시스템은 Verilog-HDL을 이용하여 설계하였고, Synopsys Design Analyzer와 TMS320C64X ASIC library로 합성하였다. 표 2는 기존 시스템과 제안된 시스템을 동작 속도 60MHz 기준으로 합성 시 gate counts와 최대 동작 속도를 나타내고 있다. 제안된 시스템은 전체 시스템의 동작

주파수 60MHz를 만족하였다.

표 2. ASIC 합성 결과(동작 주파수 60MHz)
Table 2. ASIC Synthesis Result
(Operating Frequency 60MHz)

Module Name	Gate Counts [EA]		Max Timing [MHz]	
	기존	제안	기존	제안
Line	3,372	3,834	60.45	60.38
Window	18,412	19,925	60	60
Total	21,784	23,759	MET	

VI. 결론

본 논문은 불량 화소 검출 시, 불량 화소가 존재하는 영역의 주파수 특성에 따라서 특성화된 보정 방법과 보정 값을 사용함으로써 주변 픽셀간의 유사성을 고려하였다. 라인 검출 알고리즘으로 수평 방향의 저주파 영역에 해당하는 불량 화소를 보정하고, 그 결과는 5x5 창 검출 알고리즘을 통해 저주파 영역의 수직, 대각 방향 및 고주파 영역을 구분하여 검출하여 보다 세밀하고, 정확한 보정 값을 구할 수 있다. 테스트 영상을 통한 알고리즘 수행 결과로 99%의 높은 불량 화소 검출 율을 보였다. 또한 라인 메모리를 제외한 총 gate counts는 2-input NAND 게이트를 기준으로 23,759개로 설계되었다. 기존의 알고리즘에 비해 2000여개 정도 많은 gate counts를 갖지만, 25%이상 높은 검출 율을 보여주고 있다. 이것은 제안된 알고리즘의 우수성을 보여준다.

참고 문헌

- [1] J. M. Lopez-Alonso, J. Alda, "Bad pixel identification by means of principal components analysis", 2002 ICSC, Vol. 41. pp. 2152-2157, Sept. 2002.
- [2] Bryce E. Baye, "Color imaging array", U.S Patent 3,971,065, July 1976.
- [3] 안지훈, 이원재, 김재석, "효율적인 불량 화소 검출 알고리즘 및 하드웨어 구현," 대한 전자공학회 SoC 설계 연구회 2006년도 SoC 학술 대회 논문집, pp. 143-146, 2006.5.
- [4] 강봉순, CMOS Image Sensor용 Image Signal Processor의 개발, 중간 보고서, 삼성전기, 2006.6
- [5] Rafael C. Gonzalez, Digital Image Processing Using MATLAB, Pearson Prentice Hall, 2004.
- [6] 송진근, 장원우, 손경수, 민경중, 강봉순, "모바일 카메라 화질 개선을 위한 실시간 불량 화소 검출 및 보

정 알고리즘,” 추계 합동 학술 논문 발표회 논문집, pp. 37-40, 2006.12.

- [7] 박상현, 강봉순, 송진근, 최원태, 김태웅, 박부동, “실시간 불량 화소 검출 및 보정 장치 및 그 방법,” 대한민국 출원 특허, 출원 번호: 특허-2006-0117653, 2006.11.
- [8] 송진근, 임정욱, 박부동, 강봉순, “영상 주파수 특성을 고려한 불량 화소 검출 및 보정 시스템의 구현,” 2007년 SoC 학술 대회 논문집, Section. 16.5, 2007.5. 26
- [9] Mendis, Sunetra K, Shu, Tzi-Hsiung, “Pixel defect correction in a CMOS active pixel image sensor,” United States, Patent : 7034873 2006.4
- [10] EI-Sharkawy, Mohamed, *Signal Processing, Image Processing and Graphics Applications with Mo*, Prentice-Hall, 1994
- [11] Dougherty, Edward R, *Introduction to Morphological Image Processing, Society of Photo Optical*, 1992



최 원 태(Wontae Choi)

1986년 8월 경북대학교 전자공학과(공학사)
1994년 8월 포항공과대학교 전자공학(공학석사)

1986년 ~ 1991년 삼성전자 반도체 선임연구원
1998년 ~ 현재 삼성전기 중앙연구소 수석연구원
2007년 ~ 현재 한국신호처리시스템학회 이사
※관심 분야 : Camera module for mobile phone



강 봉 순(Bongsoon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년~현재 동아대학교 전자공학과 부교수
2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장
※관심분야: VLSI algorithm/architecture design, image/video processing 및 무선통신



송 진 근(JinGun Song)

2006년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터 공학부 전자공학과(공학사)
2006년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: VLSI algorithm/architecture design, image and video processing.



하 주 영(Jooyoung Ha)

2003년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터 공학부 전자공학과(공학사)
2005년 3월 동아대학교 전자공학과(공학석사)

2005년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 박사과정
※관심분야: VLSI algorithm/architecture design, image and video processing.



박 정 환(Junghwan Park)

2006년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터 공학부 전자공학과(공학사)
2006년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: VLSI algorithm/architecture design, image and video processing.