
자동백색보정 기능에 사용되는 단색 영상 검출 구조의 간소화 및 성능 향상

안호필* · 장원우** · 김주현*** · 양훈기**** · 강봉순*****

Simplification and Improvement of One Color Detector Structure for Automatic White Balancing

Ho-Pil Ahn* · Won-Woo Jang** · Joo-Hyun Kim*** · Hoon-Gee Yang**** · Bong-Soon Kang*****

이 논문은 동아대학교 학술 연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문은 피사체의 고유의 색을 나타내기 위한 자동 백색 보정 기능에서 단색 영상에 대한 색상 왜곡현상을 보정하는 단색 영상 검출기의 구조개선 및 성능 향상을 수행한 구조를 제안한다. 제안한 구조는 뛰어난 효율성으로 인해 모바일 폰 카메라에 널리 사용되는 Grayworld 알고리즘을 통한 백색 보정 기능에 적용되는 단색 영상 검출기로써, 입력 영상의 색 분포 특성을 파악하여 단색 영상의 입력 시 해당 색상을 제외한 나머지 영역으로 자동 백색 보정 기능을 수행하도록 하는 역할을 수행한다. 제안한 구조는 기존 구조에 비해 다양한 영상의 입력에 대응 가능하며, 영상의 크기 및 촬영 환경에 따라 임계값의 변경이 가능하도록 설계하였다. 또한 하드웨어 구조의 간소화를 통해 기존 대비 약 80%의 하드웨어 크기가 감소되었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the simplified and improved system of One Color Detector to protect color distortion of simple color images in the processed of Auto White Balance (AWB). The proposed One Color Detector is based on Grayworld algorithm which controls color compensation except one color in simple image and widely applies for mobile phone camera because of high efficiency. This system can be suitable for diverse image size, and let user control the threshold in diverse size and environments compared with conventional system. Also the hardware size of the proposed system is reduced by 80% over that of the conventional one.

키워드

자동 백색 보정, 단색 영상 검출, 하드웨어 설계

Key word

Auto White Balance, One Color Detector

* 동아대학교 전자공학과 석사과정
* 동아대학교 전자공학과 박사과정
*** 삼성전기 중앙연구소 책임연구원
**** 광운대학교 전자공학과 교수
***** 동아대학교 전자공학과 부교수(교신저자)

접수일자 : 2009. 08. 24
심사완료일자 : 2009. 09. 23

I. 서론

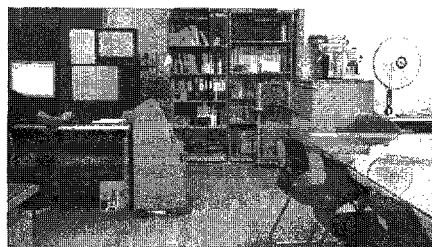
본 논문에서 제안하는 시스템은 영상/비디오의 색도 조정 기능으로 많이 사용되는 Grayworld 알고리즘을 이용한 자동 백색 보정 기능에서, 단색 영상의 입력 시 색상 왜곡(탈색)이 발생하지 않도록 하는 기능을 수행하는 것이다. 여기서 Grayworld 알고리즘은 영상에 있어 R, G, B채널의 각 평균값은 항상 grayscale에 있다는 것이며, 이러한 가정을 바탕으로 각 채널에 대한 평균값을 grayscale (8-bit 데이터 사이즈에 준하여 '128'에 해당)로 고정시키기 위한 이득을 해당 채널의 데이터에 적용한다 [1].

하지만 이 방법은 일반적인 영상의 경우 색분포 평균이 grayscale에 위치하거나 혹은 그것과 유사한 값을 가지므로 피사체 고유의 색 표현이 가능하지만, 단색 영역이 넓게 분포하는 영상의 경우에는 색분포가 단색의 피사체의 값을 기준 값으로 두고 그에 따른 이득을 적용하므로 색상의 왜곡현상이 발생한다 [2][3]. 따라서 이러한 색상 왜곡 현상을 해결하기 위해 입력 영상의 색분포 히스토그램을 추출하여 저장된 정보를 통해 임계값과의 비교를 수행하며, 그 결과를 자동 백색 보정 기능을 수행하는 블록으로 전송하여 해당 색상의 정보를 제외한 자동 백색 보정을 수행하는 방법을 사용한다 [4]. 여기서 기존 자동 백색 보정 기능 및 단색 영상 검출기는 주로 모바일폰 카메라와 같은 영상처리에 주로 사용되어 지며, 이러한 영상 처리와 같은 제한적인 크기에 적합한 환경에 대응하기 위해서는 구조의 간소화가 요구된다 [5]. 또한 촬영 기기의 발전에 따라 고화소에 대응 가능하기 위해 수행 가능한 해상도의 확장 및 고속 처리를 위한 하드웨어 간소화가 이루어져야 한다. 따라서 제안하는 구조는 다양한 해상도 및 환경에 대응할 수 있도록 임계값의 가변화, 대응할 수 있는 해상도의 확장 및 다양성 확보, 하드웨어 간소화를 통한 크기 감소 및 동작 속도의 개선을 수행한 구조를 제안한다.

II. 단색 영상 검출의 연산 과정

1. 기존의 단색 영상 검출기

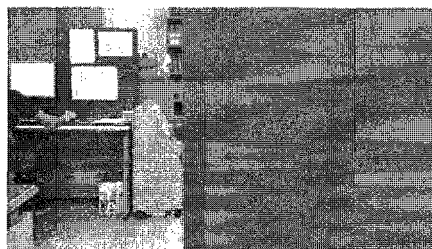
그림 1은 단색 영상 검출기의 수행을 나타내는 영상이다. 그림 1 (a)의 입력 영상에 대해 단색이 입력될 경우 (b)와 같이 색상의 왜곡이 생기게 되며, 단색으로 검출된 정보가 제외된 상태로 보정을 수행하는 (c)와 같은 결과를 얻을 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 단색 영상 검출기의 수행 여부에 따른 결과 (a) 일반영상 (b) 단색 영상에 의한 왜곡된 색상 출력 (c) 검출된 단색 정보가 제외된 AWB 출력

Fig. 1. Different result of one color detector processing or not processing

(a) Normal Image, (b) The distorted image by the components of simple color, (c) The processed image by detecting the components of simple color

이러한 결과를 얻기 위한 단색 영상 검출기는 Cb와 Cr의 색분포 특성을 분석하고, 색분포의 최대값과 임계값의 비교를 통해 단색의 가부를 판단하여 AWB의 gain 변경 유무를 제어한다. 또한 그림 1의 (b)와 (c)처럼 일부가 단색인 영상의 경우 해당 색 성분을 제외하기 위한 독립된 색 성분을 검출하여 제거되어야 할 픽셀 정보를 AWB에 전달하는 역할을 수행한다.

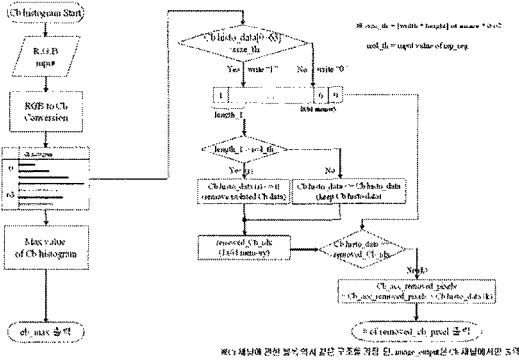


그림 2. 기존에 사용된 단색 영상 검출기의 흐름도
Fig. 2. Flow chart of conventional one color detector

이러한 동작을 수행하는 구조는 그림 2와 같은 형태의 흐름도를 가진다. 기존의 구조는 Cb와 Cr채널의 단색 영상 검출블록이 각각 존재하며, 그림 2는 두 개의 채널에 대한 수행과정이 동일하여 Cb에 해당하는 흐름만을 나타낸다. 먼저 RGB의 입력을 Cb와 Cr로 변환하여 64칸으로 구분된 히스토그램을 추출하여 레지스터에 저장한다 [6].

저장된 히스토그램은 64개의 성분 가운데 최대값을 출력하며, 2개의 1x64SPRAM을 사용하여 독립적인 단색 성분을 찾아 해당 픽셀을 세어서 출력한다. 이 과정에 의해 출력된 최대값과 제거될 픽셀 개수, 영상의 크기 정보 등은 그림 3의 과정을 통해 생성되는 AWB gain을 결정하기 위한 기준으로 사용되어진다 [4]. 그림 3은 단색 영상 검출기에 의해 추출된 색분포 특성에 의해 단색의 경우에는 이전 프레임의 gain을 유지하고 다양한 색상이 분포된 복합(일반) 영상의 경우 해당 프레임의 색 정보에 의해 새로운 gain을 생성하는 과정을 나타낸다 [4].

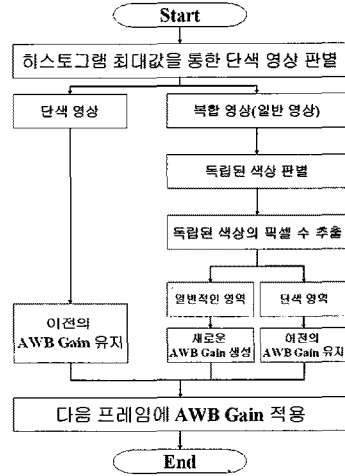


그림 3. 단색 영상이 고려된 AWB Gain의 결정방법[4]
Fig. 3. Determinating Method of AWB gain for considering one color region in Image[4]

위와 같은 과정을 통한 단색 영상 검출 및 그것의 색분포 특성을 이용한 AWB gain의 생성은 Grayworld 알고리즘을 이용한 자동 백색 보정의 단점을 잘 보완시킨 형태가 되겠다. 하지만 이러한 구조는 히스토그램을 저장하기 위한 저장소로 레지스터를 사용함으로써 비교적 큰 공간이 요구된다. 또한 이 공간이 현재 사용 중인 영상 처리기에는 그 필요성에 의해 충분하다고 판단될 지라도 고해상도의 대응을 위해 히스토그램의 확장이 요구된다면, 하드웨어 크기의 증가를 고려하지 않을 수 없다. 또한 플래그 레지스터를 메모리를 통해 저장함으로써 메모리에 사용되는 주소와 활성화 신호 등의 선연이 요구된다 [4].

2. 제안한 단색 영상 검출기

그림 4는 제안한 단색 영상 검출기의 흐름을 나타낸 흐름도이다. 제안한 시스템은 하드웨어 구조의 간소화를 위해 한 프레임에 Cb와 Cr가운데 한 개의 채널에 대한 연산만을 수행한다. 이것은 입력되는 영상의 경우 많은 영역을 차지하는 피사체가 1초당 20회 이상 변화하는 것이 거의 없으며, 만약 가변적인 큰 영역의 피사체가 있다고 하더라도, 1초당 24 프레임을 가지는 일반적인 영상 처리기에서 인간이 인식할 수 있는 범위 내에 다음 채널의 연산을 수행하므로 연산 하지 않는 채널의 결과는 이전 값을 유지하면 단색 영상 검출을 정상적으로 수행

되게 된다.

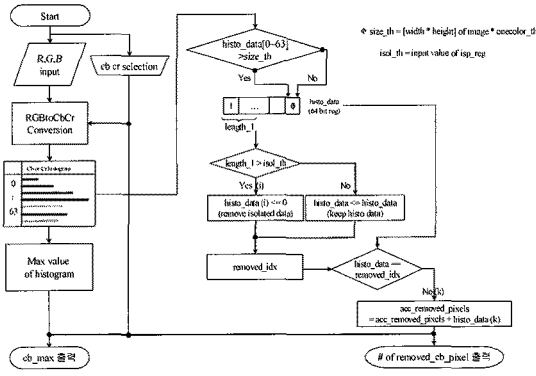


그림 4. 제안한 단색 영상 검출기의 흐름도
Fig. 4. Flow chart of proposed one color detector

따라서 제안한 구조는 그림 4에서와 같이 Cb와 Cr을 선택하는 MUX를 이용하여 한 프레임 당 한 개의 채널만을 선택하고 다른 채널은 이전 값을 유지시켜줌으로써 연산블록을 1/2로 줄일 수 있게 된다. 또한 히스토그램의 저장소로 SPRAM을 사용하고 기존의 메모리를 저장소로 사용했던 64bit의 플래그 신호를 레지스터로 사용함으로써 처리 속도의 효율성을 증가시키게 되었다. 단, 여기서 사용된 SPRAM의 경우 한 개의 주소에 입력 영상 전체의 픽셀개수 만큼 저장 가능한 공간이 요구되는 문제점이 생기게 된다. 이것은 단색 영상의 입력은 한 개의 성분에 해당 프레임의 픽셀이 모두 포함되므로 이 경우를 고려하여 메모리의 크기를 정하게 되는데 제안한 시스템에서는 저장되는 히스토그램의 3/4는 레지스터를 이용하고 1/4만을 메모리로 사용하는 구조로 이루어진다. 이것은 그림 5와 같은 형태로 설명이 가능한데, 그림 5의 좌측 상단과 같이 메모리의 크기가 영상의 크기와 같은 경우에서 메모리를 영상 크기의 1/2로 줄이면 영상의 정보는 메모리 하나의 주소에 최대 1/2만 입력되고, 1/2을 넘는 부분은 메모리와 저장용량이 같은 레지스터 하나로 처리가 가능하게 된다. 이것은 영상의 1/2이 저장되고 넘는 부분을 레지스터에 저장하게 되면 메모리의 다른 주소번지의 데이터양은 1/2을 넘을 수가 없으므로 레지스터블록이 필요하지 않게 된다. 이러한 방법을 이용하여 영상의 1/4만을 메모리 저장소로 사용하는 경우 또한 마찬가지로 1/4이 채워진 메모리 주소는 4개 이상 나올 수 없게 되므로 1/4에 해당하는 레지스터 3개만으

로 각 메모리 주소번지의 모자란 크기의 3/4만큼을 보충할 수 있다. 이것을 그림 5와 같이 1/8, 1/16 등 메모리 크기를 더욱 감소시킬 수 있으나, 제안한 구조의 합성 및 검증 과정을 통해 메모리의 1/4을 사용하는 경우가 단색 영상 검출기의 하드웨어 크기가 가장 효율적인 저장소의 크기임을 확인하였으며, 따라서 1/4의 크기만큼을 메모리 데이터 크기로 결정하였다.

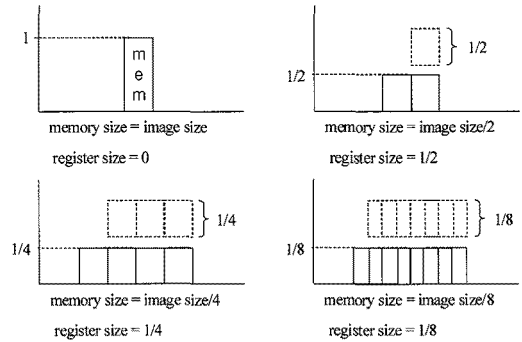


그림 5. 메모리 크기의 감소에 따라 요구되는 레지스터 개수
Fig. 5. The number of register due to reduce memory size

메모리의 크기는 히스토그램과 관련이 있으므로, 입력 영상의 크기에 따라 메모리의 크기도 바뀌게 된다. 그렇다면 고화소에 대응하기 위한 단색 영상 검출기를 위해서는 큰 사이즈의 메모리가 요구되는데, 제안한 시스템에서는 히스토그램에 저장되는 픽셀정보를 샘플링을 통해 저장하여 고해상도의 효율적인 대응이 가능하도록 하였다. 또한 해상도에 따른 샘플링은 표 1과 같은 형태로 나뉘어져 있으며, 정해진 해상도 이외의 크기는 가장 가까운 값을 가지는 해상도의 샘플 수치를 따르도록 하였다.

표 1. 해상도별 샘플링 비율
Table 1. Sampling ratios of on classified resolutions

Resolution	# of sample	
	Column	Row
256x128	1/4	1/1
1024x768	1/4	1/1
1280x720	1/4	1/1
1600x720	1/4	1/2
2592x794	1/4	1/4

샘플 된 데이터에 대한 색분포 특성을 분석하는 것 역시 전체 영상의 색분포 특성과 거의 유사한 것을 실험적으로 도출하였고, 흔히 사용되는 표준영상의 경우도 샘플링 비율이 가장 큰 경우에 해당하는 1/16의 간격을 사용하여도 가로와 세로의 4픽셀 간격으로 추출하는 것이므로 영상의 색분포 특성은 샘플링 하지 않은 값과 유사한 특성을 갖는다.

III. 단색 영상 검출기의 하드웨어 구조

그림 6은 제안된 단색 영상 검출기의 구조를 나타낸 블록도이다. 제안한 구조는 Finite State Machine(FSM)의 구조로 설계하여 단색 영상을 검출하기 위해 필요한 세부 동작을 수행하는 하위 블록들이 특정한 상태의 조건에서만 동작하도록 하였다. 이러한 구조의 장점은 순차적 흐름에 비해 동작속도가 빠른 장점이 있으며, 특정한 조건에서만 해당 블록이 동작하므로 사용자가 원하는 시점에 올바른 데이터를 얻기가 용이하다. 이러한 구조로 설계된 제안한 시스템은 앞서 2장에서 설명한 바와 같이 프레임 당 한 채널 선택 연산, 히스토그램 저장소 SPRAM의 사용, 입력 영상 크기에 따른 샘플링 등의 방법으로 기존 구조에 비해 하드웨어 사이즈가 대량으로 감소하였다.

표 2는 제안한 구조의 합성 결과를 통해 기존 구조와 비교한 표이다. 합성에 사용된 툴은 Synopsys Design Analyzer의 0.25 μ m ASIC Library를 통해 수행하였으며, 합성 조건으로는 Worst case(slow, slow)와 70MHz operational Frequency를 사용하였다.

표 2. Synopsys Design Analyzer를 이용한 합성 결과
Table 2. Synthesis Results using Synopsys Design Analyzer

Contents	기존 구조	제안한 구조
Gate Count [EA]	132,952	7,388
Memory [EA]	64x1SPRAM×4	64x17SPRAM×1
Slack [ns]	0.02	0.64
Gate Count(logic)	136,640	19,046

표 2의 합성결과에 따른 Gate count의 결과 값은 메모리의 크기가 고려되지 않은 상태의 크기를 나타낸다. 따라서 기존구조와의 동일한 비교 지표를 위해 사용된 SPRAM을 Logic 형태로 구현하여 합성한 결과가 표 2의 맨 아래에 있는 Gate count(logic)로 표시되어 있는 부분이다. 또한 제안한 구조는 logic으로 구현된 메모리를 사용하여 구성하였으며, 이러한 구조를 FPGA를 통해 검증을 수행하였다. 따라서 logic으로 구현된 메모리의 사용으로 효율적인 하드웨어 공간의 사용이 가능하도록 하였다.

IV. 단색 영상 검출기의 검증 및 실험

제안한 단색 영상 검출기의 기능을 검증하기 위해 모바일 폰 카메라용 CMOS Image Sensor(CIS)와 FPGA 검증용 보드를 사용하여 실험을 하였다. 검증 과정은 CIS를 통해 입력된 영상 정보를 단색 영상 검출기가 설치된 FPGA 보드를 이용하여 단색 영상 검출 및 그에 따른 AWB의 동작을 확인하였다. 정상 동작을 확인하는 지표는 단색 영상이나 일반 영상의 어떠한 환경에서도 색상 왜곡 없이 백색 보정이 정상적으로 이루어지는지와 기존에 사용된 단색 영상 검출기와 비교를 통해 정상적으로 동작하는지를 확인하였다. 동작의 확인은 FPGA와 PC를 USB를 통해 연결해주는 장치를 이용해 PC 모니터를 통해 제안한 구조의 동작을 확인하였다. 그림 7은 제안한 구조의 검증에 사용된 FPGA 보드와 기타 장치들의 모습을 나타낸 그림이다.

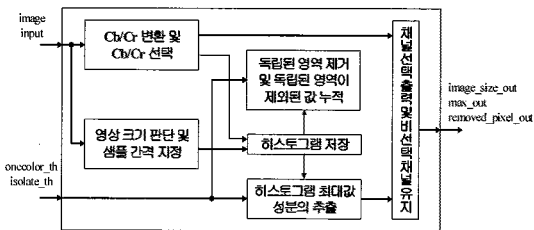


그림 6. 제안한 단색 영상 검출기의 전체 블록도
Fig. 6. Block diagram of proposed one color detector

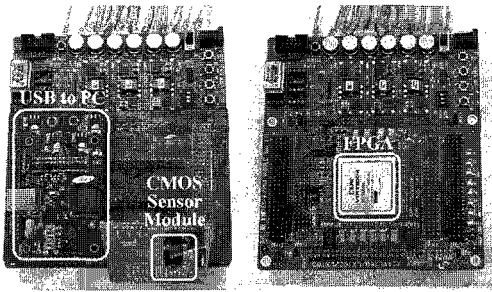
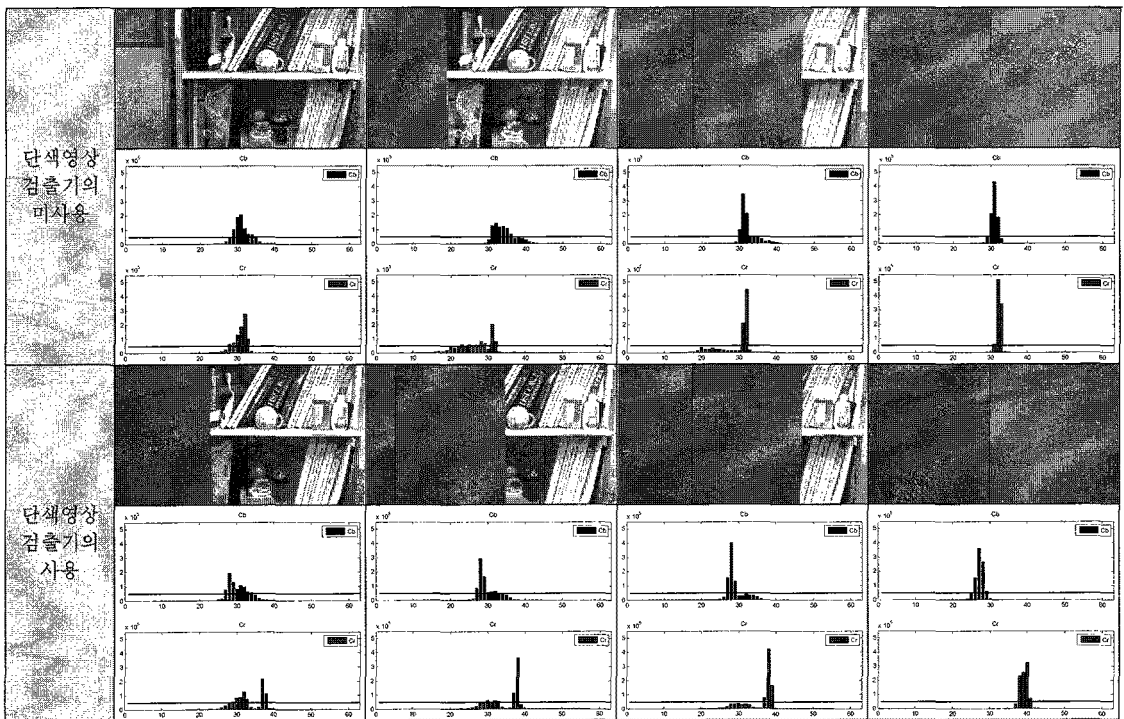


그림 7. FPGA 검증용 보드 및 기타 장치
Fig. 7. FPGA Demonstration Board and other devices

표 3은 제안한 구조의 단색 영상 검출기를 사용 여부에 따라 일반 영상에서 입력되는 단색 영역의 크기에 따른 결과와 그것의 히스토그램을 나타낸 것이다. 표에 나타난 그림은 FPGA 보드를 이용하여 단색의 입력 과정을 동영상으로 촬영하여 제안한 단색 영상 검출기의 사용과 미사용에 따른 출력 상태의 변화에 관한 일부를 캡처한 결과이다.

표 3의 좌측의 상단에 있는 일반영상은 단색의 영역을 포함하지 않으므로 제안한 구조의 유무에 관계없이 같은 형태의 출력을 나타내므로 표에서 제안한 구조의 사용 시 출력 화면에는 생략하였다. 표 3의 미사용 시의 히스토그램을 살펴보면 알 수 있듯이 AWB의 grayscale로 조정하고자하는 연산으로 인해 32주변으로 색분포를 이동시키는 것을 확인할 수 있으며, 그림과 같이 갈색의 색상이 grayscale로 맞춰지고, 영상 주변의 피사체가 왜곡되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 표 3의 아래와 같이 단색 영상 검출기를 사용함으로써, 피사체의 고유의 색을 유지하는 출력을 얻을 수 있다. 이러한 동작은 표 3의 히스토그램에서의 x축과 평행한 검은선 이상의 영역은 단색 성분으로 판단하고, 판단된 영역의 산개된 정도가 5 이하의 값 즉, 독립된 영역으로 판단된 부분이 제거되어 나머지 색으로 AWB를 수행하므로 색상의 왜곡 없이 피사체의 고유의 색을 출력하게 된다. 이러한 결과는 한 개의 프레임에 하나의 채널만의 연산을 수행하여도 그 결과가 차이가 없음을 알 수 있으며, 가로축에 대한

표 3. 단색 영상 검출기 사용 여부에 따른 결과
Table 3. Result of AWB out to use or not to use One color detector



1/4 샘플에 대한 결과 역시 정상적으로 색분포 특성을 추출할 수 있는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문은 영상/비디오의 색도 조정 기능으로 많이 사용되는 Grayworld 알고리즘을 이용한 자동 백색 보정 기능에서, 단색 영상의 입력 시 색상 왜곡(탈색)이 발생하지 않도록 하는 기능을 수행하는 구조의 간소화와 성능 향상에 대한 것이다. 단색 영상 검출에 사용되는 알고리즘은 히스토그램을 이용하여 입력 영상의 색 분포 특성을 파악하고 임계값과의 비교를 통해 단색 영상을 판단하여 그 결과를 AWB의 Gain을 구하는 블록으로 전송하게 되는데, 기존의 구조에서는 색분포 특성을 저장하기 위한 히스토그램의 생성을 위한 연산들이 개별 레지스터로 독립 구성되어서, 64개의 더하기를 필요로 할 뿐만 아니라, 매 프레임마다 Cb와 Cr 채널 연산이 요구되기 때문에, 하드웨어 크기가 2배가 되므로, 약 13만개로 비교적 큰 형태의 구조를 가졌다. 하지만 제안한 구조에서는 한 프레임 당 Cb와 Cr 채널 연산의 순차적인 연산 방법과 히스토그램 생성을 위한 FSM 구조와 SPRAM을 사용하여, 128개의 더하기들을 1개로 간략화 시켰다. 또한 히스토그램의 저장소인 SPRAM메모리를 logic으로 변경할 수 있기 때문에, 차후 MPW에서도 유리하다. 그리고 메모리의 사용에 있어 그 분포 특징을 고려하여 입력되는 전체 프레임의 1/4만을 메모리로 사용하고 나머지 3/4는 레지스터를 사용함으로써 하드웨어 크기를 감소시킬 수 있도록 하였다.

그래서 본 논문에서 제안한 단색 영상 검출기는 기존 구조에 비해서 성능은 동일하나, 80%이상의 하드웨어 감소와 동작 속도 개선을 함으로써 효율적인 AWB의 수행을 이룰 수 있도록 하였다.

참고문헌

- [1] E. Land, "The Retinex Theory of Color Vision," *Scientific Am.* Vol. 237, No. 3, pp. 2-17, 1997.
- [2] J. Huo, Y. Chang, J. Wang, and X. Wei, "Robust automatic white balance algorithm using gray color point in image," *IEEE Tran. on Consumer Electronics*, Vol. 52, No. 2, pp. 541-546, 2006.05.
- [3] L. Shen and S. Hwang, "A new single tone detection algorithm," *Communications, Control and Signal Processing, 2008, ISCCSP 2008. 3rd International Symposium*, pp. 600-603, 2008.03.
- [4] 김경린, 장원우, 김주현, 양훈기, 강봉순, "모바일 폰 카메라의 자동백색보정 성능향상을 위한 단색영상 검출 알고리즘," *한국해양정보통신학회*, 제 13권, 제 7호, pp. 1292-1302, 2009.07.
- [5] W. Jang, K. Son, J. Kim, B. Kang, "Auto white balance system using adaptive color samples for mobile devices," *Circuits and Systems, APCCAS 2008. IEEE Asia Pacific Conference*, pp. 1462-1465, 2008.11.
- [6] K. Jack, *Video Demystified A Handbook for the Digital Engineer Second Edition*, pp. 42-43.

저자소개



안호필 (Ho-Pil Ahn)

2008년 2월 동아대학교
전기전자컴퓨터공학부
전자공학과(공학사)
2010년 2월 동아대학교
전자공학과(공학석사)

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신



장원우 (Won-Woo Jang)

2005년 2월 동아대학교
전기전자컴퓨터공학부
전자공학과(공학사)
2007년 2월 동아대학교
전자공학과(공학석사)

2007년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 박사과정
※ 관심분야: VLSI algorithm/ architecture design, image/video processing, and wireless communication



김주현(Joo-Hyun Kim)

2002년 2월 동아대학교
전기전자컴퓨터공학부
전자공학과(공학사)

2004년 2월 동아대학교
전자공학과(공학석사)

2007년 2월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2007년 3월~현재 삼성전기 책임연구원

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



양훈기(Hoon-Gee Yang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)

1987년 미국 SUNY at Buffalo 전기
및 컴퓨터공학과(공학석사)

1992년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1993년~현재 광운대학교 전파공학과 교수

※ 관심분야: UWB and wireless communication



강봉순(Bong-Soon 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 멀티미디어 연구센터 소장

2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신