

ISP를 위한 효율적인 White Balance 알고리즘

정영식⁰ 최영철 장영조
한국기술교육대학교

sikiga@hanmail.netO

, vchoi@kut.ac.kr

, yjiang@kut.ac.kr

Efficient Algorithms on White Balance for ISP

Jeung Young Sic⁰, Choi Young Chul, Jang Young Jo
Korea University of Technology and Education

요 약

외부 조명의 밝기나 종류등에 영향으로 CMOS 영상센서에서 출력되는 색상과 원래의 색 차이가 있다. 이러한 왜곡된 색상을 Red, Green, Blue와 휘도를 이용하여 점차적으로 원래의 색으로 표현 하는 과정이 White Balance이다. 따라서 이러한 과정이 없을 시에는 우리의 눈으로 보는 것과 영상장치를 통해서 모니터에 표시되는 영상의 색상이 차이가 생긴다. 본 논문에서는 WB의 몇 가지 알고리즘을 보이고 비교/분석하여 알고리즘의 장·단점을 파악하여 각 상황에 따른 알고리즘의 선택을 제시하였다.

1. 서 론

우리는 종종 PC 카메라에서 보는 영상이 전체적으로 파랗게 표현될 것을 보게 된다. 하지만 조명을 바꾸거나 밝게 하면 이런 현상이 완화된다. 이렇듯 외부 조명의 밝기나 종류등에 영향으로 CMOS 영상센서에서 출력되는 색상과 원래의 색 차이가 있다. 이러한 왜곡된 색상을 Red, Green, Blue와 휘도를 이용하여 점차적으로 원래의 색으로 표현 하는 과정이 White Balance이다. 따라서 이러한 과정이 없을 시에는 우리의 눈으로 보는 것과 영상 장치를 통해서 모니터에 표시되는 영상의 색상이 차이가 생긴다. 본 논문에서는 WB의 몇 가지 알고리즘을 보이고 비교/분석하여 알고리즘의 장·단점을 파악하여 각 상황에 따른 알고리즘의 선택을 제시하였다.

II. 본 론

2.1 WB의 개념과 방법

WB는 외부의 영향-조명의 종류, 조도의 세기등-으로 이미지 센서에 의해 감지되는 세 가지의 색상이 본래의 색과 조금씩 차이를 보이게 된다. 즉, CIE평면에서 보면 세 가지 색을 꼭짓점으로 하는 삼각형의 무게중심 위치에 흰점(White Point)이 위치 D₆₅에 흰점이 있다. 하지만 주변의 여건에 의해서 세 가지 색의 위치가 조금씩 어긋나게 되고 이는 흰점에도 영향을 미치게 된다. 이러한 차이를 없애기 위하여 세 가지 색상과 휘도를 이용하여 각각의 색상에 대한 계수를 구하고 이를 세 가지 색상에 적용함으로써 각 색상과 본래의 색과의 차이를 없애거나 줄임으로써 흰점의 위치도 D₆₅에 가깝게 하는 과정이다.

CIE평면에서 D₆₅ 즉, 흰점의 위치는 각 색상을 꼭짓점으로 하는 삼각형의 무게 중심에 있다. 이를 다르게 말하면 각 색상이 균형을 이루는 곳에 흰점이 위치하게 된다. 이러한 세 가지 색상으로부터 휘도, Y는 다음과 같이 계산 된다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

의 식을 기본으로 하여 WB를 실행하는 과정을 수식으로 표현 하면

$$E(Y) = W_r E(R) + W_g E(G) + W_b E(B) \quad (2)$$

$$W_r = 0.299, W_g = 0.587, W_b = 0.114$$

$$A_r E(R) = A_g E(G) = A_b E(B) \quad (3)$$

$$E(Y(A)) = W_r A_r E(R) + W_g A_g E(G) + W_b A_b E(B) = E(Y) \quad (4)$$

이 되고 각 계수는

$$A_r = \frac{E(Y)}{E(R)}, A_g = \frac{E(Y)}{E(G)}, A_b = \frac{E(Y)}{E(B)} \quad (5)$$

이 된다.

이렇게 계산된 계수들은 새로이 입력되는 각각의 색상에 적용되어 이들을 보정하는 것이다. WB과정을 실행함에 있어서 상위 5% ~ 10% 정도의 픽셀 값을 취하여 실행한 결과와 전체 픽셀 값을 이용하여 WB를 실행한 결과는 비슷하고 전자의 경우 비용이 절감되는 효과를 얻게 된다. 이와 같은 이유로 본 논문에서 소개될 WB알고리즘들은 대체로 상위 5% 픽셀 값의 평균을 이용하였다.

2.2 라인단위의 WB

WB를 실행하는 과정이 그림 2와 같이 라인별로 이루어지는 것으로 L₀라인에서는 계수만을 계산하고, L₁라인부터 전 단계 라인에서 구한 계수를 적용하는 과정과 다음 라인에 적용할 계수를 구하는 과정이 순차적으로 이루어진다.

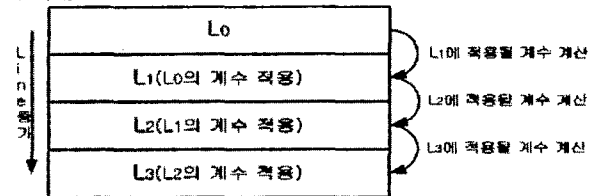


그림 2. 라인단위의 WB

2.3 평균값을 이용한 WB

그림 3과 같이 프레임 단위로 WB를 실행하는 방법으로 전체의 평균값을 이용하는 방법은 F₀프레임에서 각각의 색상에 대하여 전체의 평균값을 구하고 상위 5%에 해당되는 한계 값을 계산한다. F₁프레임에서 상위 5%에 속하는 값에 대한 평균값들을 이용하여 계수를 구하고, F₂프레임부터 계수를 적용하여 WB를 실행한다.

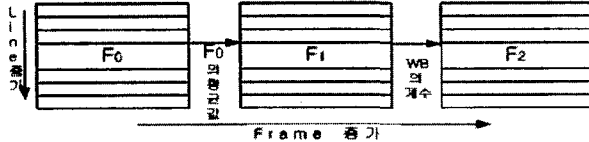


그림 3. 평균값을 이용한 WB

2.4 최대값을 이용한 WB

그림 4와 같이 프레임 단위로 WB를 실행하는 방법으로 전체의 최대값을 이용하는 방법은 F₀프레임에서 각각의 색상에 대하여 전체의 최대값을 구하고 상위 5%에 해당되는 한계 값을 계산한다. F₁프레임에서 상위 5%에 속하는 값에 대한 평균값들을 이용하여 계수를 구하고, F₂프레임부터 계수를 적용하여 WB를 실행한다.

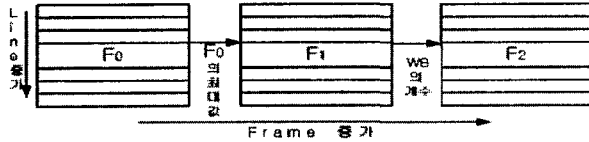


그림 4. 최대값을 이용한 WB

2.5 히스토그램을 이용한 WB

그림 5와 같이 프레임 단위로 WB를 실행하는 방법으로 상위 5%를 찾는 과정에서 히스토그램을 이용하는 것으로 F₀프레임에서 히스토그램을 작성한다. 그리고 이를 이용하여 상위 5%에 해당하는 한계값을 계산한다. F₁프레임에서 상위 5%에 속하는 값에 대한 평균값들을 이용하여 계수를 구하고, F₂프레임부터 계수를 적용하여 WB를 실행한다.

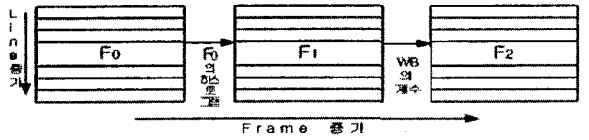


그림 5. 히스토그램을 이용한 WB

4. AWB 구현 및 분석

여러 WB의 알고리즘을 비교하고 분석함에 있어서 신빙성을 갖기 위해 각 상황을 설정하여 샘플영상을 표 1과 같이 7가지 즉, 히스토그램이 상과 하로 동시에 치우친 영상, 상으로 치우친 영상, 하로 치우친 영상, 한 색상이 강조된 영상, 한 색상이 결여된 영상 그리고 위의 조건에 맞지 않지만 자주 나타나는 일반적인 영상으로 분류하였다. WB의 4가지 방법을 적용시켜 본 결과, 표 2와 같이 라인단위의 WB는 실행하는 데 필요한 데이터의 부족으로 WB가 불완전하고, 한 화면에서 각 라인마다 WB의 계수 값의 차이가 많다. 그래서 같은 색상을 표현 함에도 각 라인간의 색상차이로 인해 영상에 선과 같은 부분을 볼 수 있다. 평균값을 이용한 WB방법은 계산된 상위 5%의 한계값이 실제 영상에 존재하는 값에 비해 클 경우 WB를 실행하지 못하는 경우가 발생하였다. 본 논문에서는 이를 방지하기 위하여 상위 20%를 이용하여 표 2를 작성하였다. 히스토그램을 이용한 WB는 평균값을 이용한 WB와 비슷한 결과를 얻었다. 최대값을 이용한 WB방법은 모든 샘플 영상에서 위의 두 방법보다 좋은 결과를 얻었으나, 한 색상이 강조된 영상의 경우는 원영상의 질이 떨어지며 임펄스 노이즈에 대한 영향을 많이 받는다.

표 1. 샘플 영상의 분류

구분	기준	히스토그램	샘플 영상
(1)	상과 하로 치우친 영상		t ₁₁ , t ₁₂
(2)	상으로 치우친 영상		t ₂₁ , t ₂₂
(3)	하로 치우친 영상		t ₄₁ , t ₄₂ , t ₄₃ , t ₄₄ , t ₄₅ , t ₄₆
(4)	한 색상이 강조된 영상	R,G,B중 하나의 색이 상으로 치우친 영상	t ₅₁ , t ₅₂ , t ₅₃ , t ₅₄ , t ₅₅
(5)	한 색상이 결여된 영상	R,G,B중 하나의 색이 하로 치우친 영상	t ₆₁ , t ₆₂ , t ₆₃ , t ₆₄ , t ₆₅
(6)	전체적으로 평탄한 영상		t ₃₁ , t ₃₂ , t ₃₃ , t ₃₄ , t ₃₅ , t ₃₆
(7)	일반적인 영상		t ₉₁ , t ₉₂ , t ₉₃ , t ₉₄ , t ₉₅ , t ₉₆ , t ₉₇ , t ₉₈ , t ₉₉

표 2. WB 알고리즘의 시뮬레이션 결과

WB방법	(1)		(2)		(3)						(4)					(5)					(6)						(7)									
	t ₁₁	t ₁₂	t ₂₁	t ₂₂	t ₄₁	t ₄₂	t ₄₃	t ₄₄	t ₄₅	t ₄₆	t ₅₁	t ₅₂	t ₅₃	t ₅₄	t ₅₅	t ₆₁	t ₆₂	t ₆₃	t ₆₄	t ₆₅	t ₃₁	t ₃₂	t ₃₃	t ₃₄	t ₃₅	t ₃₆	t ₉₁	t ₉₂	t ₉₃	t ₉₄	t ₉₅	t ₉₆	t ₉₇	t ₉₈		
라인	중	하	하	중	상	중	중	중	상	하	중	중	하	하	하	하	하	하	하	하	상	중	중	상	상	하	중	중	중	중	중	중	하	하	하	중
프레임	평균	상	상	상	중	상	하	중	하	중	하	하	하	하	하	상	상	상	상	상	하	상	상	하	하	상	중	상	상	상	상	중	중	하	중	
	최대	상	중	상	상	상	상	중	하	상	하	하	하	하	하	중	상	상	상	상	상	중	상	상	상	상	상	상	상	상	상	상	상	상	상	중
	히스토그램	상	상	상	중	상	하	중	하	중	하	하	하	하	하	중	상	상	상	상	상	하	상	상	하	하	상	중	상	상	상	상	중	하	중	

그림 6는 샘플영상 번호는 t_{64} 로 빨간 색상이 결여된 영상을 각 알고리즘에 적용한 결과이다. 라인단위의 WB는 결여된 색상이 원 색상과 차이가 많이 나서, 영상의 전체적인 색상이 파란 계열이 두드러지게 나타났다. 프레임단위로 실행된 WB는 입력된 영상에서 결여된 색상이 원 색상과 비슷해짐으로써 전체적으로 색상이 자연스럽게 표현되었다.

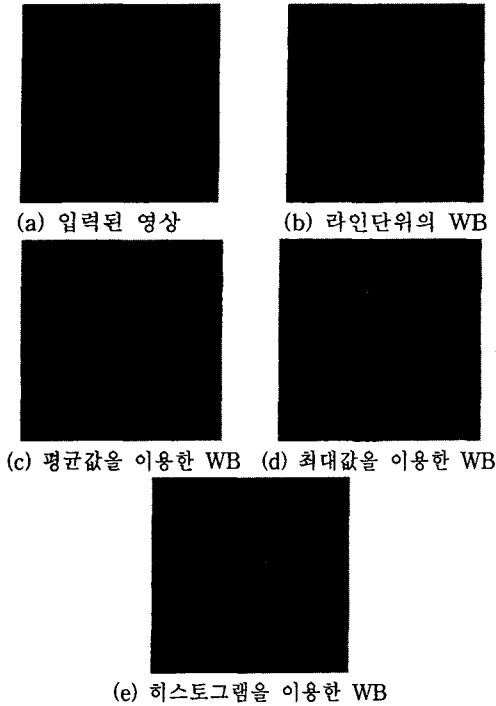


그림 6 White Balance의 테스트 결과

그림 7은 최대값을 이용한 WB를 VHDL로 설계한 것으로 사용된 IC는 EPF10K40RC208-3이고 로직수는 1880개이다. 두 프레임을 시뮬레이션 한 것으로 WB의 계수를 구하는 과정까지이다.

III. 결 론

본 논문에서는 CMOS 영상 센서의 전처리를 위한 ISP의 White Balance를 수행하는 몇 가지 알고리즘에 대해 다루었다.

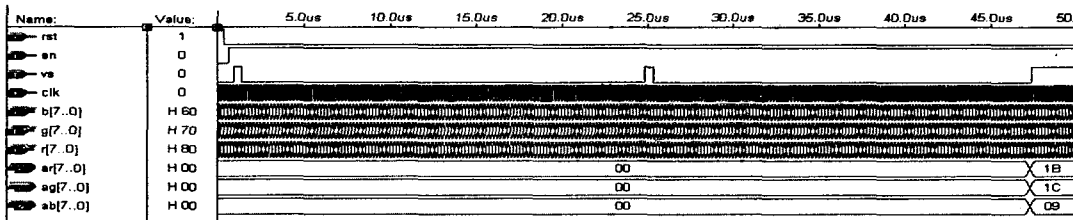


그림 7 최대값을 이용한 WB

이 과정은 ISP 과정 중 우리의 눈으로 보는 영상과 영상 장치를 통해서 보여지는 영상이 조명에 따라 색상의 차이를 나타내는데 이를 줄이는데 주 목적을 두고 있다. 따라서 계수를 구하는 과정에서 많은 데이터를 필요로 한다. 하지만, 하드웨어의 설계의 용이성을 위해 각 색상들에 대한 히스토그램의 상위 5%값을 취하여 계산하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 라인단위의 WB는 계수를 구하고 적용하는 주기가 짧아, 변화가 심한 영상에 적당하다. 하지만 라인단위의 WB는 라인 단위로 실행하기에 각 라인간의 WB계수가 변하기 때문에 한 영상에서 같은 색상을 표현함에도 차이를 보이게 된다. 이런 현상은 영상의 질을 떨어트리게 된다. 프레임단위로 실행되는 WB들은 3프레임 이상의 주기로 WB를 실행하기에 변화가 적은 영상이나 보다 뛰어난 영상을 필요로 하는 장치에 적당하다. 평균값을 이용한 WB는 위의 경우보다 영상이 크게 개선되었지만 계산된 상위 5%의 한계값이 영상의 최대값보다 커질 경우 WB자체를 실행하지 못하는 경우가 발생된다. 최대값을 이용한 WB의 경우는 영상의 질도 개선되었지만 임펄스 노이즈에 약하다는 단점을 지니고 있다. 히스토그램을 이용한 WB는 위와 같은 단점은 없고 평균값을 이용한 WB와 비슷한 결과를 보였다. 하지만 히스토그램을 분석하는 과정에서 많은 메모리를 사용하게 된다. 이와 같은 실험 결과를 토대로 종합해 보면 라인단위의 WB는 충분한 데이터를 얻을 수 있는 여러 라인단위로 실행하면 데이터의 부족현상을 크게 줄일 수 있다. 그리고 WB의 실행 주기가 짧은 점을 이용하여 변화가 심한 영상에 대해 적용하는 것이 유리하다. 평균값을 이용한 WB는 특정 영상에 대해 단점을 지니고, 최대값을 이용한 WB는 임펄스 노이즈에 약하다. 따라서 평균값과 최대값을 상위 한계 값의 계산에 사용하여 WB를 실행하면 각각의 단점은 약화되고 영상이 개선되는 효과를 거둘 수 있다.

IV. 참고문헌

- [1] A Technical Introduction to Digital Video - Charles A. Poynton, 1996, John Wiley & Sons, Inc
- [2] An Automatic Light Spectrum Compensation Method for CCD White Balance Measurement - D.Qian, J.Toker, S.bencuya
- [3] Signal Theory. - L.E Franks, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1969.