

# Monochrome-Camera와 Color-Filter를 이용한 Color Image 획득과 색상보정

권오석\*, 박운창+ (선문대학교 제어계측학과)

## Get Color Image That Using Monochrome CCD Camera and Color Filter, and Color Revision

O. S. Kwon\*, Y. C. Park+

Div. of Control and Measurement Engineering, Sunmoon University

### Abstract

Most people are using a Color-CCD-Camera in other to acquire a color image. But we are getting a color image with the Monochrome-CCD-Camera equipped for Rotation-Color-Filter in front of the camera lens. The Monochrome CCD Camera has some advantages such as the low price. In addition Rotation-Color-Filter's design is very simple. So we can make this structure easily and economically. In this paper, we described how to make a color image from Monochrome-Camera and correcting color well.

**Key Words :** Monochrome camera, Color Image, Color Filter, ND Filter, White Balance, Gray Card, Rotation Color Filter

## 1. 서론

### 1) 색파장

색이라는 것은 사물에 반사된 빛이 사람의 눈에 인식되는 것이다. 색채를 보게 되는 첫 번째 과정은 바로 빛인데 빛은 여러 가지의 색파장으로 이루어져 있다. 빛의 색파장이 어떻게 구성되어 있는지를 파악하기 위해 많은 물리학자들이 연구해 왔으며, 그중 최초의 연구는 영국의 물리학자 뉴턴 경의 것이다. 그는 1667년 프리즘을 이용한 분광실험을 통해 빛이 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 보라색의 7가지 스펙트럼의 색파장으로 구성되었음을 보고하였다.

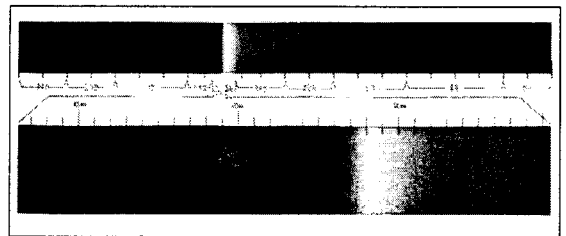


Fig 1.1.1 빛의 파장

태양빛은 색파장 이외에도 넓은 범위의 파장으로 구성되어 있는데, 이 중 우리의 눈에 감지되는 빛의 범위를 가시광선이라고 한다. 스펙트럼 상에서 빨간색 파장 바깥쪽에 위치한 장파는 적외선이고, 보라색 파장 바깥쪽에 위치한 단파는 자외선이다. 이 외에  $\alpha$ 선,  $\beta$ 선, 감마선, X선 등이 있으며, 우리

가 가시광선 이외의 파장들로부터 색을 지각할 수 있다면 우리의 색채 환경은 더욱 다양하고 풍부했을 것이다.

## 2) RGB 삼원색과 칼라필터

백광은 RGB의 삼원색으로 구성된다. 그리고 이들 각각의 칼라가 조합되어 여러 가지 칼라를 만들어 내므로 RGB를 가색법의 삼원색이라고 한다. 이 RGB삼원색은 빛에 대한 간섭이 없는 순수한 상태의 광원으로부터의 칼라이며 가색과정의 결과로서 나타난다. 이와는 반대로 가색법의 삼원색 중 두 가지 칼라가 같은 양으로 합하여 만들어지는 CMY(Cyan, Magenta, Yellow)의 감색법 삼원색이 있다.

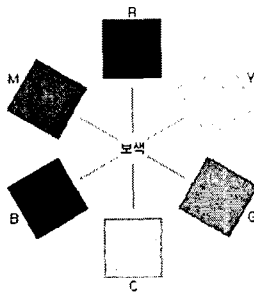


Fig 1.2.1 가색법 삼원색과 감색법 삼원색

가색법의 삼원색 칼라를 특정한 감색법의 칼라와 합하면 다시 백광을 만들 수 있다. 즉, R과 B를 합한 칼라인 M에 이의 보색이자 가색법 삼원색의 하나인 G를 다시 합하면 백광이 만들어진다. R의 보색은 C이며 B의 보색은 Y가 된다. 따라서 이러한 보색관계를 갖는 색을 합하면 백광이 만들어지는 것이다.

필터는 감색 과정에 따라 자신이 갖는 칼라는 통과시키면서 여타의 칼라는 차단한다. 가색법 삼원색에 이를 적용시키면 청색필터의 경우 청색은 통과시키고 적색과 녹색을 차단한다. 마찬가지로 적색필터와 녹색필터는 자신의 색만 통과시키고 나머지 색은 차단시킨다. 한편 감색법 삼원색의 각각은 가색법 삼원색의 두 가지 이상을 결합하여 이루어져 있다. 마젠타(M)는 적색과 청색을 통과시키고 녹색을 차단하고, 시안(C)은 청색과 녹색을 통과시키고 적색을 차단하며, 예로우(Y)는 적색과 녹색을 통과시키고 청색을 차단하는 기능을 한다.

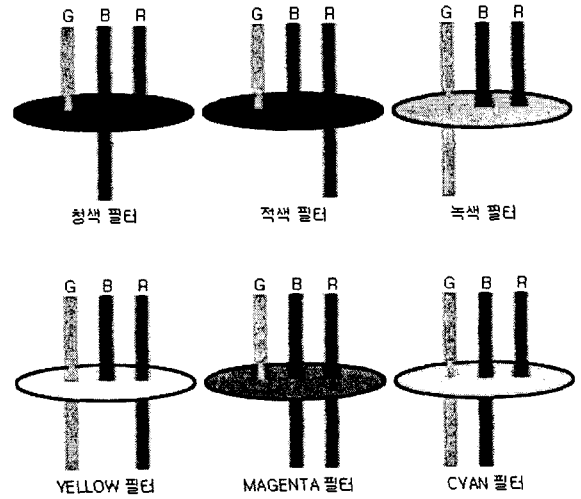


Fig 1.2.2 가색법 칼라필터와 감색법 칼라필터

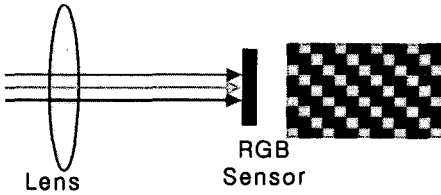
위에서 설명한 것처럼 칼라필터에는 가색법 칼라필터와 감색법 칼라필터가 있는데 이 실험에서는 가색법 칼라필터를 이용하여 영상의 RGB이미지를 얻어내고 이 영상으로부터 실제 칼라 이미지를 재현하게 된다.

## 3) Color CCD Camera

CCD Camera의 종류는 크게 Color Camera와 Monochrome Camera로 나눌 수 있으며, Color Camera는 또다시 One-CCD Color Camera와 Three-CCD Color Camera로 나눌 수 있다.

CCD(Charge Couple Device) 센서는 빛의 밝기만을 감지 할뿐 그 자체만으로는 색상을 얻을 수 없다. 그렇기 때문에 Color-CCD Camera는 RGB 칼라필터를 이용해 RGB영상을 얻고, 그 RGB밝기를 조합해서 실제의 색을 재현한다.

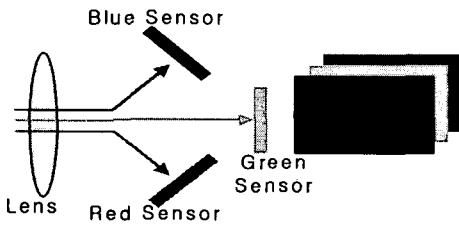
One-CCD Color Camera는 말 그대로 Camera 내부에 CCD 센서가 단 하나 장착되어 있다. 각각의 센서소자들 앞에는 칼라필터가 붙어 있어서 인접한 RGB의 세 가지 밝기값이 조합이 되어 한 픽셀의 실제색을 재현한다. One-CCD Color Camera는 구성이 간단하고 가격이 저렴한 장점이 있지만 각각의 센서소자들이 측정 가능한 색과 광범위가 정해져 있어서 단파장의 조명에 비추어진 물체를 찍을 경우 영상의 해상도가 1/3로 줄어들게 되는 단점이 있다.



1-CCD Color Camera

Fig 1.3.1 One-CCD Color Camera의 구조

Three-CCD Color Camera는 내부에 RGB센서가 따로 나누어져 있어 총 세 개의 CCD 센서가 내장되어 있다. 그렇기 때문에 One-CCD Color Camera 보다 해상도가 뛰어나고 색재현성이 탁월해 방송용 카메라로 많이 쓰인다. 하지만 가격이 고가인 단점을 안고 있다.



3-CCD Color Camera

Fig 1.3.2 Three-CCD Color Camera의 구조

- 2. 본론

1) 회전 칼라필터

Color CCD의 구조에서 알 수 있듯이 카메라에 들어오는 빛을 RGB로 분해하여 이미지를 획득하면 Monochrome CCD Camera로도 칼라 이미지를 만들 수 있다. 즉, 적색필터를 통과한 이미지와 녹색필터를 통과한 이미지 그리고, 청색필터를 통과한 이미지를 얻고 각 픽셀들의 RGB값을 조합하면 실제 색을 재현할 수 있는 것이다.

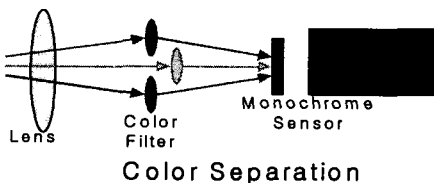


Fig 2.1.1 RGB 칼라필터를 이용한 색분해

Monochrome Camera로 RGB영상을 얻기 위해서는 Camera 앞의 칼라필터를 교체 해 주어야 하는데 이러한 작업을 쉽게 하기 위해 회전 칼라필터를 제작했다.

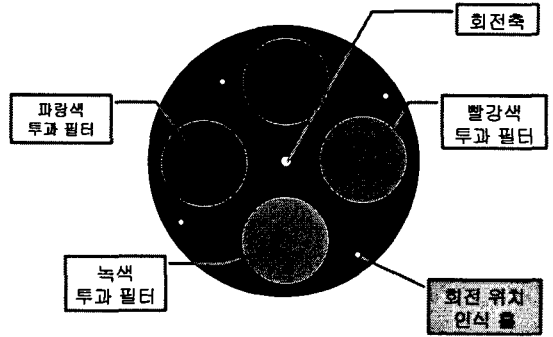
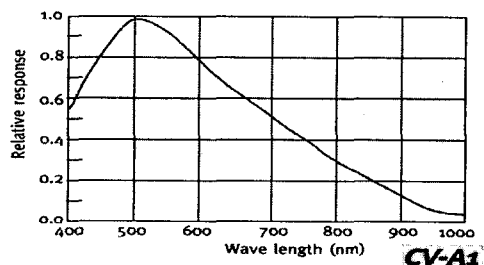


Fig 2.1.1 회전 칼라필터

가운데의 회전축을 소형 Geared Head Motor에 연결하고 회전하는 칼라필터들이 Monochrome CCD Camera 앞에서 돌아갈 수 있도록 카메라 옆 적당한 위치에 고정시켰다. 회전하는 칼라필터가 Camera 앞에 적당히 알 수 있도록 “회전 위치 인식 홈”을 만들었는데 적외선 발광 다이오드와 수광 포토 트랜지스터를 이용해 위치를 인식한다. 이러한 동작들을 제어하기 위해서 AT89c52 Microprocessor 와 LB1630 소형 모터 전용 드라이버 칩을 사용했다.

2) ND(Natural-Density) Filter를 이용한 CCD Camera 감도조절과 Color Image 획득

모든 CCD Camera는 제조회사, 모델에 따라서 RGB에 대한 감도가 다르다. 그렇기 때문에 만약 같은 밝기의 적색, 녹색, 청색의 빛이 들어오더라도 Camera가 감지하는 밝기는 모두 틀리다는 것이다. 이 실험에서 사용하는 카메라는 JAI 사의 CV-A1 Camera 이며 회전 칼라필터와 Camera의 색 파장대는 아래 그림과 같다.



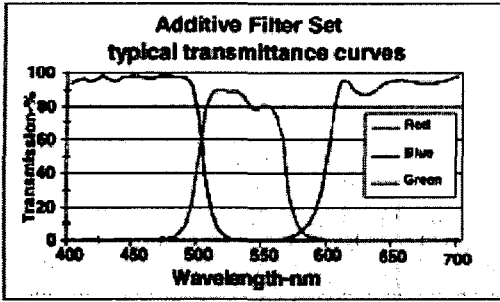


Fig 2.2.1 CCD Camera의 감광도와 칼라필터의 색파장 범위

그래프에서 볼 수 있듯이 녹색에서 감광도가 가장 높고 적색이 가장 낮다. 그러므로 칼라필터만을 이용해서 물체의 영상을 찍으면 물체는 실제색보다 청색과 녹색이 강조되어 나타난다.

이러한 RGB 감광도 차에 의한 색왜곡을 줄여주기 위하여 ND Filter를 사용할 수 있다. ND Filter는 모든 색파장대의 밝기를 표기된 수치만큼 줄여주는데 각각의 색필터에 다른 수치의 ND Filter를 붙임으로서 색왜곡을 줄일 수 있다. 물론 소프트웨어적으로 RGB 데이터에 Gain을 적용시켜 주는 등의 방법이 있긴 하지만 Saturation이 일어난 부분은 색상 데이터를 잃기 때문에 하드웨어적으로 먼저 잡아준 후 비교적 미세한 조정을 소프트웨어 적인 방법으로 해결한다.

RGB 각각의 칼라필터에 붙일 ND Filter를 선택하기 위해서 Gray Card를 사용한다. Gray Card란 Digital Camera의 화이트 밸런스(White Balance)를 맞추기 위해 사용하는 일종의 종이판이다. 화이트 밸런스를 맞추는 것은 간단히 말하면 RGB 실제 비율을 조정하는 것인데, 영상을 찍을 때 주변광이 무엇이냐에 따라서 색상이 왜곡되기 때문이다. 왜곡이 일어나는 이유는 바로 주변광 소스(Source)의 색온도 때문이다. 예를 들어 형광등, 백열등, 자연광, 할로겐램프 등은 서로 색온도가 달라서 같은 물체를 찍더라도 찍힌 영상의 색상은 서로 다르게 나온다. Gray Card는 빛의 반사율이 낮은 검은색부터 어두운 회색, 밝은 회색, 흰색으로 반사율 수치에 따라 구분되며 보통 흰색의 종이와 다른 점은 RGB에 대한 반사도가 모두 같다는 것이다. 우리가 일반적으로 흰색 종이라고 하는 것은 RGB 반사도가 서로 틀리기 때문에 실제 주변광의 색온도가 어떤지를 정확하게

알 수가 없다.

Gray Card를 이용하여 현재 주변광의 RGB 비율을 알아내고 이 비율이 맞도록 ND Filter 투과율을 결정해주면 CCD Camera의 색감도의 영향을 줄이고 실제와 가까운 색을 얻을 수가 있다.

아래의 그림은 RGB 칼라 필터에 모두 투과율 63%의 ND Filter를 적용시킨 영상이다. 보는 것과 같이 RGB 영상의 밝기가 각자 다르고 이것을 조합하여 칼라 이미지를 재현하면 녹색계열의 색이 나타난다.

또 한 가지 고려해야 할 것은 Gray Card의 반사율을 고려하여 반사율이 100%인 물체를 찍을 경우 Saturation이 일어나는 경계선과 일치하도록 ND Filter를 정해야 한다. 만약 ND Filter의 투과율을 너무 낮게 정하면 어두운 부분은 영상을 얻기가 힘들고, 너무 높게 정하면 밝은 물체를 찍을 경우 Saturation이 일어나 색정보를 잃기 때문이다.

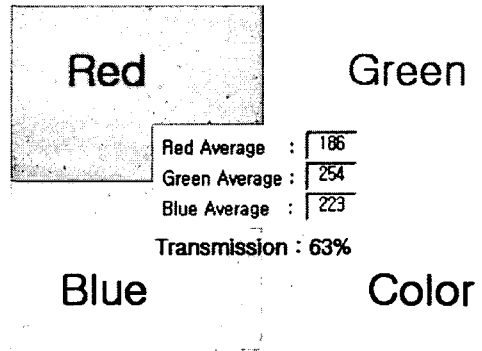


Fig 2.2.2 모든 RGB 칼라필터에 투과율 63%인 ND Filter를 붙이고 반사율 68%인 Gray Card를 찍은 영상

CCD Camera의 명암 데이터는 8Bit로 표현되어 0부터 255까지의 숫자로 표현된다. 이 실험에서 사용한 Gray Card는 반사율이 68%이기 때문에 적색, 청색, 녹색의 평균값이 173.4가 나와야 반사율이 100%인 사물을 찍었을 경우에 255의 명암값을 얻을 수가 있다.

$$100 : 255 = 68 : X$$

$$X = 173.4$$

ND Filter는 제조사에서 투과율별로 몇 가지가 나오는데 173.4 이하가 되면서 가장 근접하게 정하면 된다.

가시광선이 차단되고 주변광원이 형광등인 실내에서 ND Filter를 선정하면 적색 Color Filter 앞에는 투과율 50%, 녹색 Color Filter 앞에는 투과율 25%, 청색 Color Filter 앞에는 투과율 40%의 ND Filter를 사용함으로써 RGB 평균값을 비슷하게 맞출 수 있다.

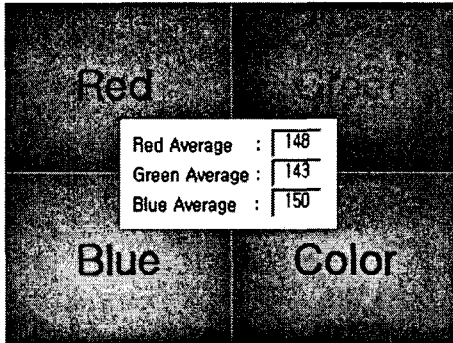


Fig 2.2.3 ND Filter 조정 후 Gracy Card 영상

이렇게 Monochrome CCD Camera와 Color Filter, 그리고 ND Filter를 이용하여 Color Image를 얻은 영상이 Fig 2.2.3의 돼지 인형 사진이다. Color Filter로 색을 분해하고 ND Filter로 감광도에 따른 밝기를 조정해 줌으로서 실제와 거의 유사한 색을 재현할 수 있다.



Fig 2.2.3 Monochrome Camera를 이용한 칼라 이미지

### 3) White Balance

어떠한 고정된 환경에서만 물체의 영상을 찍는다면 그 주변광에 대해서만 CCD Camera의 RGB 감광도를 조정해주면 된다. 하지만 영상을 찍는

환경의 색온도가 변한다면 색상은 또 다시 심하게 왜곡되어 나타나게 된다. 예를 들어 형광등에서 CCD Camera의 RGB 감광도를 조정해주었는데 형광등이 아닌 할로겐램프 조명이 있는 곳이나 백열전구가 있는 환경에서 영상을 찍으면 전체 색상이 붉은색이나 푸른색이 강조되어 나타난다는 것이다. Fig 2.3.1의 사진은 푸른빛 형광등에서 RGB 감광도를 조정하고 주황색 빛 형광등 아래에서 영상을 찍은 것이다.

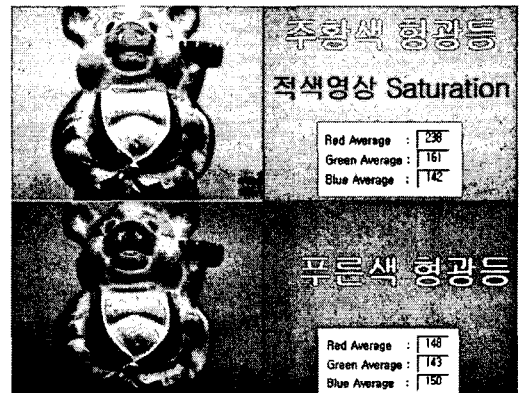


Fig 2.3.1 색온도 변화에 의한 색왜곡

이렇게 주변 색온도에 따라서 색이 변하는 것을 보정하기 위해서 White Balance를 맞추어 준다. 주변 색온도가 변하면 RGB 비율이 맞지 않아 이런 색 왜곡이 일어나는 것인데 Gray Card를 다시 찍어 RGB비율이 일치 하도록 모든 픽셀의 RGB에 Gain을 적용시키면 색 보정을 할 수 있다.

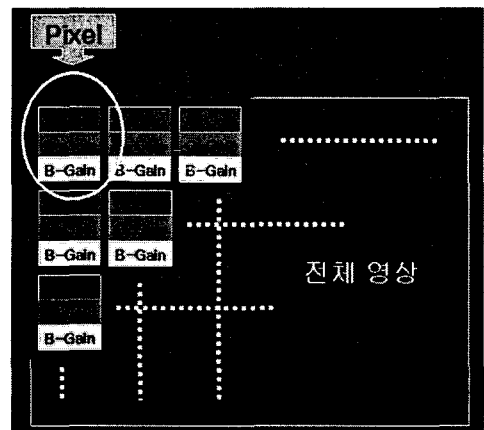


Fig 2.3.2 White Balance를 위한 Gain 적용

먼저 색온도가 변한 환경에서 Gray Card를 다시 찍고 그 영상으로부터 모든 픽셀의 RGB의 비율이 맞도록 각 픽셀의 RGB에 Gain값을 얻어 저장한다. 이렇게 하여 찍고자 하는 모든 영상의 픽셀에 각자의 RGB Gain을 적용시켜 주면 Fig 2.3.3과 같이 색왜곡이 많이 줄어든다.

### [참고 문헌]

1. Digital image processing
2. Practical business of image processing using C Language.



Fig 2.3.3 White Balance 전과 후

### -3. 결론

이 실험을 하게 된 계기는 Monochrome CCD Camera를 사용하는 3차원 형상측정에서 측정정밀도는 유지하고 적은 비용으로 칼라 데이터를 얻기 위해 시작하였다. 하지만 3차원 형상측정 분야뿐만 아니라 움직임이 없는 영상을 얻어내는 분야라면 비교적 저렴한 비용과 복잡하지 않은 기구부의 제작으로 칼라 이미지를 손쉽게 얻을 수 있음을 보였다.

이 실험에서는 색상보정을 RGB Gain을 적용시킨 White Balance만을 보였지만 Image Processing 분야에서 많이 쓰는 Brightness, Contrast, LUT(Look-Up Table)등의 방법을 적용시키면 더욱 선명한 색상의 영상을 얻을 수가 있을 것이다.