

## CMM(Compact Camera Module) 불량 검사

고국원(선문대학교 제어 계측학과), 이유진\*(선문대학교), 최병욱(선문대학교 제어 계측학과),  
고경철(선문대학교 기계공학과)

### CMM(Compact Camera Module) Defect Inspection

K. W. Ko(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), Y. J. Lee(Control & Measurement  
Eng. Sunmoon Univ.), B. W. Choi(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), K. C.  
Koh(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.)

#### ABSTRACT

This paper deals with the algorithm development that inspects defects such as Lens Focus, Black Defect, Dim Defect, Color Defect, White Balance, and Line Defect caused by the process of Compact Camera Module (CCM).

These days the demand of CCM goes on increasing in various types like PDA, a cellular phone and PC camera every year. However, owing to the defect inspection of CCM by the semiskilled work the average inspection time of CCM takes about 40 to 50 seconds. As time goes by the efficiency takes a sudden turn for the worse because workers must inspect with seeing a monitor directly.

In this paper, to solve these problems, we developed the imaging processing algorithm to inspect the defects in captured image of assembled CCM. The performances of the developed inspection system and its algorithm are tested on many samples. Experimental results reveal that the proposed system can focus the lens of CCM within 5s and we can recognize various types of defect of CCM modules with good accuracy and high speed.

**Key Words** : 영상처리, 카메라 모듈 검사

#### 1. 서론

최근 Compact Camera Module은 CMOS 이미지 센서와 반도체 집적기술의 발달로 인하여 많은 분야에서 적용/활용됨에 따라 Compact Camera Module의 조립 상태 검사 수요가 폭등하고 있다. 대부분의 Compact Camera Module 생산 라인이 자동화로 되어 있지만 아직까지 카메라의 불량 검사는 인간의 경험적 판단을 기초로 하여 숙련된 검사원들의 시각 검사에 의존하고 있다. 카메라의 평균 검사 시간은 40-50초 정도 소요가 되고, 작업자가 직접 모니터를 보면서 검사를 해야 하기 때문에 시간이 경과함에 따라 작업 능률이 급격히 저하되고 있다. 이러한 문제

를 해결하고 정확도를 향상시키기 위해 카메라 불량 검출 장비를 만들어서 불량을 검출하는 알고리즘을 개발/적용하였다.

영상 전 처리 과정으로 영상 캡처 과정에서 발생하는 노이즈를 제거하기 위해서 평균 필터를 사용하였고, Lens Focus, Black Defect, Dim Defect, Color Defect, White Balance, Line Defect등의 불량 요소의 특성을 고려하여 항목에 맞는 Chart선정을 하고, 검출 알고리즘을 구현하였다.

제안된 알고리즘을 이용한 카메라 불량 검출 장비는 모든 검사항목의 자동화로 수작업에 의한 검사 신뢰도 및 작업 능력의 향상을 기대할 수 있다.

## 2. 카메라 검사 항목 및 검사 Chart

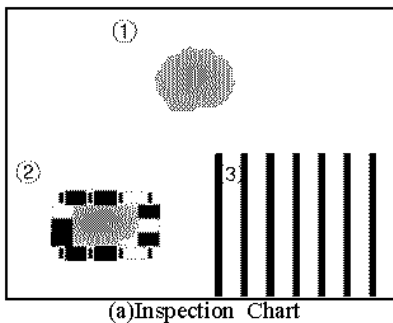
### 2.1 카메라 검사 항목

카메라 검사는 카메라 제조 과정에서 생기는 불량들을 검사한다. 대표적인 불량 검사 항목은 Lens Focus, Black Defect, Dim Defect, Line Defect, White Balance, Color Defect 등이 있다.

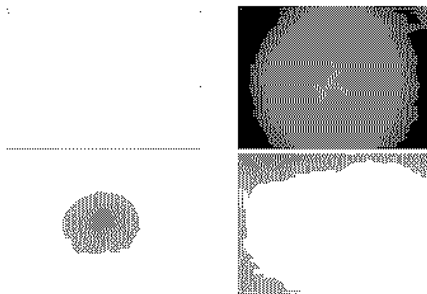
### 2.1 불량 종류에 따른 검사 Chart

Lens Focus 검사는 Strip Bar Chart를 사용하여 검사/검출하고, Black Defect, Dim Defect, White Balance, Line Defect 이상의 검사 항목은 White Chart를 띄워 영상을 얻어 검사를 한다. Original White Chart를 띄워 영상을 얻을 경우 카메라 렌즈의 특성 때문에 영상의 중앙에서 바깥으로 갈수록 밝기 값이 작아진다. 이를 보완하여 검사할 영상의 밝기 값이 전체적으로 평준화시키기 위해서 Normal White Chart로 얻은 영상을 반전시킨 Inspect White Chart를 만들어 검사 시 Chart로 사용하여 검사/검출한다. Color Defect 검사는 Red, Green, Blue 3가지 색상의 반전/색취임을 검사하기 위해서 RGB Chart를 사용하여 검사/검출한다.

Fig.1(a)은 검사 Chart를 보여준다. ①번은 Inspect White Chart ②번은 Color Inspect Chart ③번은 Strip Bar Chart이다. Fig.1(b)는 Chart에 따른 획득한 영상이다.



(a) Inspection Chart



(b) Capture image

Fig.1 Chart & Capture image

## 3. 제안된 항목별 카메라 검사 알고리즘

### 3.1 Lens Focus

Lens Focus는 카메라의 초점을 맞추는 항목이다.

Focus는 영상의 Black Line 과 White Line 사이에 ROI(Region Of Interest)를 지정하여 검사한다.

ROI영역을 Projection후 미분을 하면, Fig. 3과 같은 상퍼짐량에 대한 데이터를 얻을 수 있고, 포커스가 맞지 않았을 경우가 포커스가 맞은 경우보다 표준 편차(상퍼짐량)이 크다는 것을 알 수 있다.

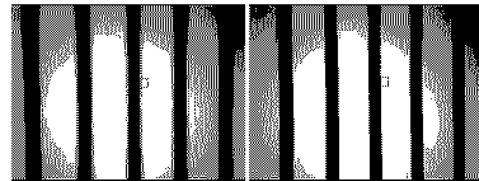


Fig. 2 Focus Fail & Focus OK

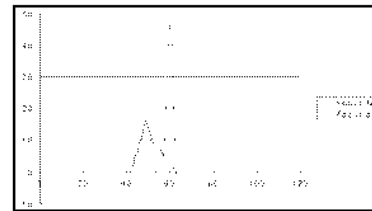


Fig. 3 Graph of (Fig. 2 ROI)

상퍼짐량을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - M)^2 + (x_2 - M)^2 + \dots + (x_n - M)^2}{N}} \quad (1)$$

여기서  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 은 변량,  $M$ 은 편차,  $N$ 은 변량의 총합이다.

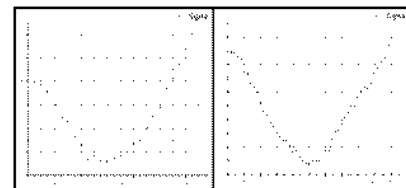


Fig. 4 camera의 표준편차 변화량

Fig. 4는 카메라의 렌즈를 조절 했을 때의 표준편차(상퍼짐량)의 변화량을 그린 그래프이다. 상퍼짐량 값이 가장 작을 때가 포커싱이 가장 잘 맞은 경우가 된다.

카메라의 초점은 카메라의 렌즈를 조절하면서 상퍼짐량을 측정하여 상퍼짐량이 가장 작을 때를 체크하며 포커스를 맞춘다.

### 3.2 Black Defect 검사

Black Defect란 CSP의 Glass와 센서 표면 안 또는 센서 픽셀 불량으로 생기는 defect로 Red, Green, Blue의 값 중 한 가지 이상의 값이 주위 인접 픽셀보다 20-30%정도 낮은 값을 가진다. Fig.5는 Black defect sample이다.

영상의 모든 위치에 격자무늬로 ROI를 지정하여 ROI영역의 평균값을 구하고 평균값의 20-30% 어두운 값을 기준으로 하여 모든 픽셀의 값을 비교/검출한다.

ROI를 M\*N으로 지정하고 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Error\_Range} = \left( \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N I(i, j) \right) / (M*N) * 0.8 \quad (2)$$

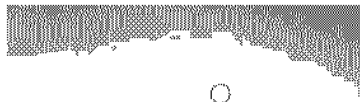


Fig.5 Black defect sample

### 3.3 Dim Defect 검사

Dim Defect란 Glass위에 이물질이 존재하면 영상을 볼 때 이물질이 크게 퍼져 주위보다 어둡게 보이는 불량을 말한다. 일반적으로 Dim Defect는 10Pixel 이상 정도의 사이즈를 어렵게 만들고, Gray 값이 주위 Pixel과 비교, 최소 '5' 정도의 낮은 값을 가지고 있다.

Fig. 3의 원으로 표시된 부분이 Dim Defect이다. Fig.3은 Dim Defect 영역의 Gray Level이 주위 Pixel과 비교했을 때 많은 차이를 보이지 않지만 낮고, Dim Defect 영역의 형태가 뒤집어진 루프에지 형태임을 보여준다.

Dim Defect의 검사의 중요 특징치는 에지를 사용하였으며, 사용된 에지 추출 기법은 Dim 영역의 명암 분포를 분석하여 적합한 에지 추출 mask를 만들고 convolution 한 결과를 이용하여 Dim의 영역을 검출하였다.

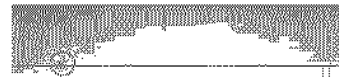


Fig.6 Dim defect sample

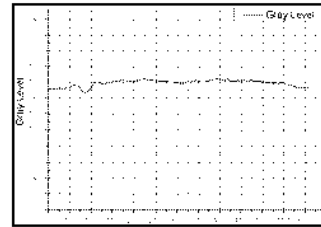
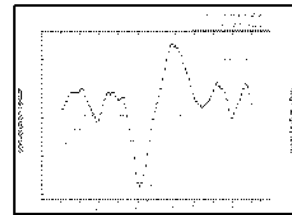
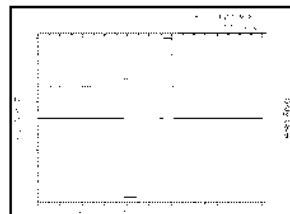


Fig.7 gray level of (Fig. 2) line

Fig.8(b)는 Dim영역 부근의 Gray 값 및 제안한 마스크의 convolution 결과로 Gray 값이 가장 낮은 부분이 Dim Defect 영역의 시작에 해당하는 부분이고, Gray 값이 가장 높은 부분이 Dim Defect 영역의 끝부분이다. Fig.8(c)는 임계 값을 적용하여 노이즈를 제거한 결과이며, Dim Defect의 영역과 거의 흡사한 것을 알 수 있다.



(b) gray level of dim area & Convolution result



(c) apply to boundary line

Fig.8 mask & Convolution result

### 3.4 Line Defect 검사

Line Defect란 검사영역 화면에 line이 생기는 경우를 말한다.

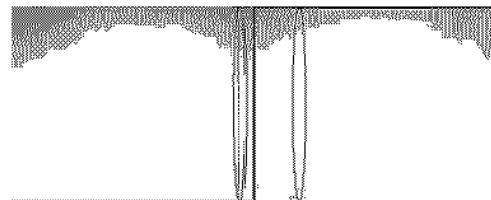


Fig.9 Line defect

Line Defect는 각 line을 가로/세로로 projection한 값의 평균값을 미분하여 검사를 한다. Fig.10과 같은 M\*N 이미지가 있다고 가정하고 projection한 값을 수식으로 표현하면 식(3)과 같이 표현된다.

I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>
I <sub>21</sub>	I <sub>22</sub>	I <sub>23</sub>	I <sub>24</sub>
I <sub>31</sub>	I <sub>32</sub>	I <sub>33</sub>	I <sub>34</sub>
I <sub>41</sub>	I <sub>42</sub>	I <sub>43</sub>	I <sub>44</sub>
I <sub>51</sub>	I <sub>52</sub>	I <sub>53</sub>	I <sub>54</sub>
I <sub>61</sub>	I <sub>62</sub>	I <sub>63</sub>	I <sub>64</sub>

Fig.10 Image Example

$$Q(i,j) = \left( \sum_{k=0}^N I(i+k,j) \right) / N \quad (3)$$

여기서 Q<sub>11</sub>, Q<sub>12</sub>, ..., Q<sub>14</sub>은 각 라인의 projection의 평균값이다.

식(3)에서 계산된 결과 값을 미분하면 다음과 같이 표현된다.

$$D(i,j) = Q(i+1,j) - Q(i,j) \quad (4)$$

여기서 D(i,j)는 projection값을 미분한 값이다. Fig.11은 (Fig.9(right))를 계산한 값의 그래프이다.

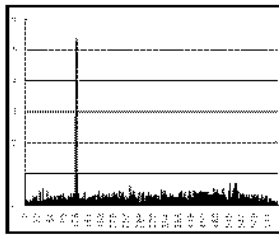


Fig.11 calculation of (Fig.9(right))

### 3.5 White Balance 검사

흰색 사물을 흰색으로 인식할 때 색의 균형을 조정하여 사물 주변의 색을 맞추는데 이런 조정을 White Balance(WB)라고 한다.

Fig.12는 White Balance가 맞는 경우의 Image와 Image의 RGB평균값 그래프이고, Fig.13은 White Balance가 맞지 않는 경우의 Image와 각 Image의 RGB 평균값 그래프이다.

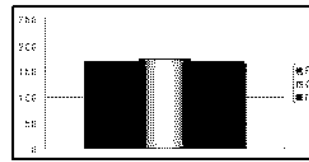
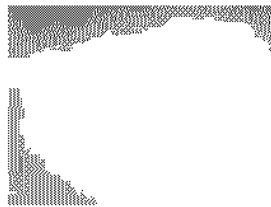


Fig. 12 White Balance OK

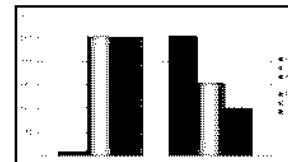
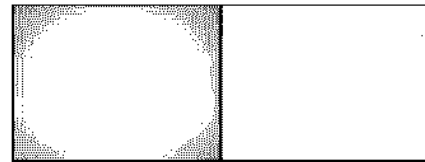


Fig. 13 White Balance Fail

White Balance가 되지 않을 경우 White Chart의 영상을 획득하면 RGB의 값이 균일하지가 않다.(Fig.12, Fig.13참조) 이 특징을 이용하여 ROI검사 영역을 설정하고 RGB의 값을 서로 비교하여 White Balance를 검사한다.

### 3.6 Color Defect 검사

Color Defect란 고유의 색상이 나오지 않고, 색상이 반전되거나 색 섞임이 나타날 경우를 Color Defect라 한다. Color Defect검사는 RGB Chart(Fig.1)를 띄워 Red, Green, Blue(이하 RGB) 각각의 색상 영역을 지정하여 검사를 한다.

Fig.14는 Color defect Sample 이고, Fig.15는 정상이미지 각 검사영역의 RGB 정보의 평균값들이다.

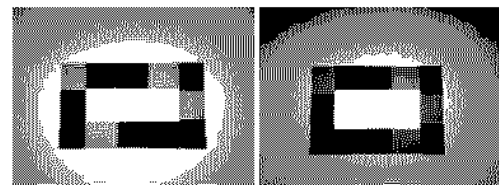


Fig.14 Color defect image & Normal image

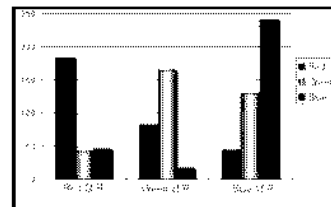


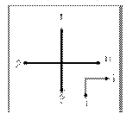
Fig. 15 RGB information of inspection area

#### 3.6.1 검사영역 지정 알고리즘

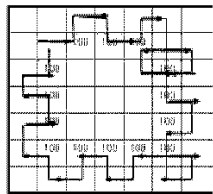
RGB 각각을 검사하기 위해서는 검사 할 색상

에 맞는 검사 영역을 지정해야 한다. 카메라로 영상을 획득할 때 항상 획득한 영상의 RGB의 영역이 같지 않기 때문에 검사할 카메라가 바뀔 때마다 검사 영역을 보정해 줘야한다. 검사영역을 보정하기 위해서 RGB Chart에 일종의 fiducial 마크인 검은색의 사각형 모양을 RGB 검사영역 사이에 배치시켜 놓고 fiducial 마크를 검출하기 위해서 Chain Code를 사용하여 검출하였다.

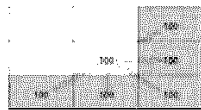
Fig.7과 같은 이미지가 있으면 이미지를 스캐닝을 하며 Blob의 경계점을 추적하여 찾는다. Blob의 경계점을 찾은 후엔 흰색 픽셀일 경우는 1씩 감소를 하고, 흑색 픽셀일 경우는 라벨링 후 1씩 증가를 하고 Fig.16(a)와 같은 방향으로 다음 검사할 픽셀 위치를 찾아 이동한다. 이동 중에 처음 라벨링 한 픽셀이 검출 되었을 때는 라벨링을 멈춘다. 결과 적으로 Fig.16(b)와 같이 fiducial 마크의 경계가 검출이 된다.



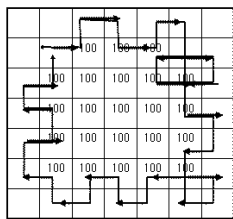
(a) inspection movement direction



(b) chain code course of execution



(c) labelling



(d) labelling result

Fig.16 Chain code course

경계 부분을 모두 라벨링 한 다음에는 다시 처음 라벨링한 픽셀부터 fig.16(c)와 같이 인접 픽셀을 검사하여 검정색일 경우 라벨링을 한다. 같은 방법으로 라벨링 된 인접 픽셀로 이동하여 검사/라벨링 한다. 결과적으로 fig.16(d)와 같이 fiducial 마크의 모든 부분이 라벨링이 되고, fiducial 마크의 중심 값의 정보를 추출

/RGB 검사영역을 지정할 수 있다.

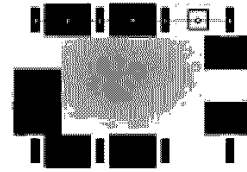


Fig.17 result of inspection area

Chain Code로 지정한 검사 영역의 RGB 평균값을 검출하여 정상적이 이미지의 픽셀 정보와 비교 하여 검출한다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 CCM의 생산 공정에서 생길 수 있는 렌즈 조립 상태 및 이미지 센서의 불량 여부를 고속으로 검사하기 위한 알고리즘을 개발하였다.

CCM의 제조공정에서 발생할 수 있는 불량들을 정리하고 각 불량들의 특성을 고려하여 이에 맞는 검사티켓을 선정하고 알고리즘을 제안하였고 알고리즘은 빠른 시간 안에 처리할 수 있도록 단순화 시켰다.

각 불량에 대한 제안된 알고리즘을 이용하여 CCM의 불량을 검사한 결과 Black defect, Color defect, Line defect, Focus, Dim defect 등의 불량에 대해서 높은 신뢰성을 보였다.

제안된 알고리즘으로 많은 검사로 신뢰성을 검증/보안하고 최적화를 시켜 실제 검사라인에 적용하면, CCM 검사 방법의 자동화로 현 수작업에 의한 검사 신뢰성을 높일 것으로 기대된다.

#### 5. 후기

본 연구는 선문대학교RRC 연구비지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 유전자 알고리즘을 이용한 칼라 영상에서의 에지검출 (Edge Detection using Genetic Algorithm in Color Image) / 李素行 論文集 順天書巖大學 Vol.20 No.2, [1996]
2. 색상과 Chain Code를 이용한 내용기반 영상검색 (Content-based Image Retrieval Using Color and Chain Code) / 정성호 이상렬 황병곤 (추계 공동학술대회 논문집, Vol.- No.01, [1999])
3. 영상복원을 이용한 다중 열화된 영상의 디지털 자동초점 장치 개발 (Digital Auto-Focusing of Multiple Objects Based on Image Reatoration) / 조충남 백준기 (정보통신연구소논문집, Vol.2 No.1, [2000])