

2M급 CCM(Compact Camera Module) 불량 검사

조수용*(선문대학교 제어계측학과), 고국원(선문대학교 제어 계측학과), 이우진(선문대학교 제어 계측학과), 이종현(선문대학교 제어계측학과), 강충구(선문대학교 제어계측학과)

2M Class CCM(Compact Camera Module) Defect Inspection

H .J .Lee(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), S. Y. Cho(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), K .W .Ko(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), Y .J Lee(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.), .C .G .Kang(Control & Measurement Eng. Sunmoon Univ.)

ABSTRACT

This paper deals with the algorithm development that inspects defects such as Lens Focus, Focus check, Black Defect, Dark Defect, Dim Defect, Color Defect, and Line Defect ,Angle Defect, IrisAge Defect caused by the process of 2M Class Compact Camera Module (CCM).

Domestic market was majorly comprised of VGA(0.3 million pixel) market. But in the middle of year 2004, camera phone with Mega Pixel has appeared, and it is estimated that the camera phone with Mega Pixel will take up to 28% of total phone sales if it is released in the end of year 2004. Since the inspection of finished products is done manually, it is major obstacle in production increment

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 we can recognize various types of defect of CCM modules with good accuracy and high speed

Key Words : CCM(컴팩트 카메라 모듈)

1. 서 론

최근 CMOS/CCD 카메라 모듈을 장착한 mobile phone, PDA와 같은 전자 기기의 사용이 늘고 있다. 이중 Mobile Phone시장의 규모는 2003년 말 기준으로 약 530만 이상이며, 이중에서 카메라모듈이 내장된 "카메라 폰" 시장의 규모는 2003년 기준으로 약 10% 수준 이였으며, 이중 국내시장은 VGA(30만 화소급)" 시장이 대부분이었다. 2004년 중반기에 Mega Pixel급 카메라 폰이 하반기부터 본격적으로 출시되어 카메라 휴대폰 전체 판매수량의 약 28% 수준으로 성장할 것으로 예측된다.

카메라 폰의 수요가 급격하게 증가함에 따라서

기존의 카메라 모듈 업체의 생산이 가속화 되지만, 현 카메라 폰 공정에서 카메라 모듈의 영상 검사 부분은 수작업으로 작업자에 의한 검사가 이루어지고 있으므로, 생산량 증가에 큰 걸림돌이 될 뿐 아니라, 올 중반기부터 생산될 mega pixel급의 카메라 모듈에서는 화소수가 기존의 VGA급의 3배 이상이 되므로 목시 검사로는 생산 수율을 맞추기 어려울 것으로 예상된다. 또한 카메라 모듈에 자체 적으로 내장되어 있는 카메라 DSP의 기능 검사도 추가가 됨에 따라서 자동화 검사에 대한 필요는 점점 증가되고 있다. 이에 따라 제안된 알고리즘을 이용한 카메라 불량 검출 장비는 모든 검사 항목의 자동화로 작

업능률의 향상을 기대할수 있다.

2. 카메라 검사 항목 및 검사 Chart

2.1 카메라 불량 검사 항목

카메라 검사는 카메라 제조 과정에서 생기는 불량을 검사한다. 여기서는 Lens Focus, Focus Check, Black Defect, Dark Defect, Dim Defect, Line Defect, White Balance, Color Defect, Angle Defect, DSP 기능 검사 등을 다룬다

2.1.1 불량 종류에 따른 검사 Chart 선정

Lens Focus 검사는 Strip Bar Chart를 사용하여 검사/검출하고, 포커싱 체크 검사는 MTF라는 개념을 응용하여 적용하였다 Black Defect, Dim Defect, White Balance, Line Defect 이상의 검사 항목은 Original White Chart를 보완하여 검사할 영상의 밝기 값이 전체적으로 평준화시키기 위해서, Normal White Chart로 얻은 영상을 반전시킨 Inspect White Chart를 만들어 검사 Chart로 사용하여 검사/검출한다. Color Defect 검사는 Red, Green, Blue 3가지 색상의 반전/색쉬임을 검사하기 위해서 RGB Chart를 사용하여 검사/검출한다. Angle Defect는 카메라 렌즈의 왜곡에 의해 생기는 불량이고 이는 그림 ④과 같은 차트를 이용하였다

Fig.1은 검사 Chart를 보여준다. ①번은 Strip Bar Chart ②번은 MTF 검사 Chart ③번은 RGB Chart ④번은 Angle Defect Chart이다

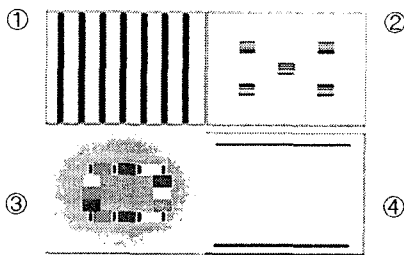


fig.1 Inspection Chart

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 상피검량에 대한 데이터를 얻을 수 있고, 포커스가 맞지

않았을 경우가 포커스가 맞은 경우보다 표준 편차(상피검량)가 크다



Fig. 2 Focus OK & Focus Fail

상피검량을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{(x1 - M)^2 + (x2 - M)^2 + \dots + (xn - M)^2}{N}} \quad (1)$$

여기서 $x1, x2, \dots, xn$ 은 변량, M 은 편차, N 은 변량의 총합이다.

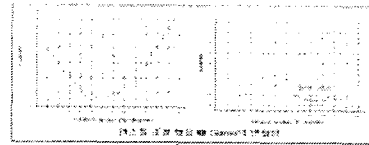


Fig. 4 camera의 표준편차 변화량

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

3.1.1 Focus 체크 알고리즘

포커싱 체크 검사는 MTF검사에서 사용하는 해상력 차트를 응용하여 포커싱 체크를 위한 차트를 개발하였다. 검사 방법은 아래 그림과 같이 화면의 5곳에 ROI영역을 지정하고, black bar의 개수를 체크하여 카메라가 어느정도의 재생력이 있는지 확인하여 포커싱의 양품/불량을 확인한다. Black bar의 크기 및 개수는 회사의 스펙/요구에 따라 몇 lp/min으로 설정할지를 결정한다.

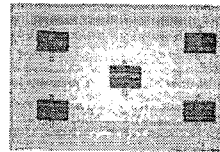


Fig. 5 MTF검사 chart

3.2 Black Defect Inspection

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.

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

검출한다.

ROI를 $M*N$ 으로 지정하고 식으로 표현하면 다음과 같다. $Error_Range = (\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N I(i,j)) / (M*N) * 0.8$ (1)

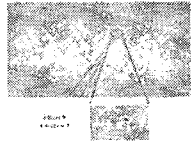


Fig.6 Black defect sample

3.3 Dark Defect Inspection

Dark Defect란 어두운 화면을 캡처하였을 때 1개 이상의 pixel이 흰점/색깔점이 보이는 경우를 말한다.

영상의 모든 위치에 격자무늬로 ROI를 지정하여 ROI영역의 평균값을 구하고 평균값의 30~50% (variable) 밝은 값을 기준으로 하여 모든 픽셀의 값을 비교/검출한다

ROI를 $M*N(Dark.grid_size_v*Dark.grid_size_h)$ 으로 지정하고 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Error_Range = (\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N I(i,j)) / (M*N) * (Dark.Error_range/100.)$$

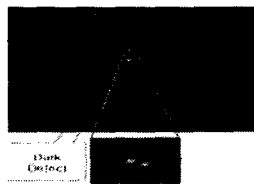


Fig.7 Dark defect sample

3.4 Dim Defect Inspection

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

Fig.8은 Dim Defect 영역의 Gray Level이 주위 Pixel과 비교했을 때 많은 차이를 보이지 않지만 낮고, Dim Defect 영역의 형태가 뒤집어진 루프에지 형태임을 보여준다.

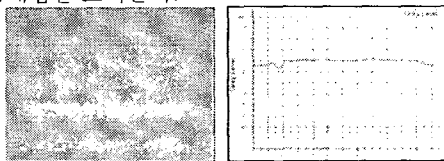
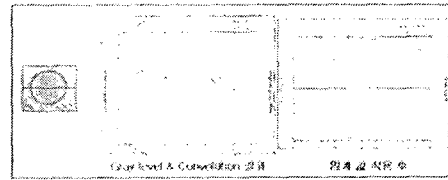


Fig.8 Dim defect sample & gray level

Fig.9(a)는 Dim영역 부근의 Gray 값 및 제한한

마스크의 convolution 결과로 Gray 값이 가장 낮은 부분이 Dim Defect 영역의 시작에 해당하는 부분이고, Gray 값이 가장 높은 부분이 Dim Defect 영역의 끝부분이다. Fig.9(b)는 임계 값을 적용하여 노이즈를 제거한 결과이며, Dim Defect의 영역과 거의 흡사한 것을 알 수 있다.



(b)

(c)

Fig.9 (a) gray level of dim area & Convolution result
Fig.9 (b) apply to boundary line

3.5 Line Defect Inspection

Line Defect란 검사영역 화면에 라인이 생기는 경우를 말한다. 각 line을 가로/세로로 projection한 값의 평균값을 미분하여 검사를 한다. Table 1과 같은 $M*N$ 이미지가 있다고 가정하고 projection한 값을 수식으로 표현하면 식(3)과 같이 표현된다.

I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}
I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}
I_{31}	I_{32}	I_{33}	I_{34}
I_{41}	I_{42}	I_{43}	I_{44}

Table 1 Image Example

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

여기서 $Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{14}$ 은 각 라인의 projection의 평균값이다. 식(3)에서 계산된 결과 값을 미분하면 다음과 같이 표현된다.

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

여기서 $D(ij)$ 는 projection값을 미분한 값이다. Fig.10은 원image와 이를 계산한 값의 그래프이다.

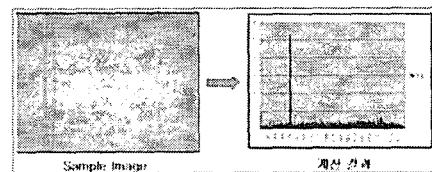


Fig.10 calculation of image

3.7 Color Defect Inspection

Color Defect란 고유의 색상이 나오지 않고, 색상이 반전되거나 색 섞임이 나타날 경우를 Color Defect라 한다. Color Defect검사는 RGB Chart를 띄

위 Red, Green, Blue(이하 RGB) 각각의 색상 영역을 지정하여 검사를 한다.

Fig.12는 Color defect Sample 이미지와, 정상이미지 각 검사영역의 RGB 정보의 평균값들이다.

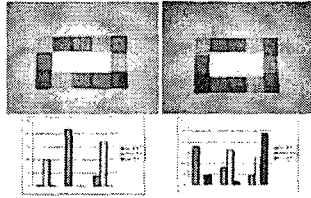


Fig.12 Color defect image& Normal image

3.8 Angle Defect Inspection

Angle Defect는 카메라 렌즈의 왜곡에 의해 생기는 불량이고 Angle Defect가 생길 경우 렌즈 왜곡에 의해서 영상이 중심에서 바깥쪽으로 휘어져 보이게 된다

Angle Defect는 Fig. 13(a)와 같은 Chart를 띄워 캡처/검사를 한다. 검사 방법은 Fig. 13(b)처럼 3개의 red line의 위아래에 있는 Black bar 3곳의 위치좌표를 추적하여 좌표의 정보로 렌즈의 왜곡정도를 계산하고 정의한 error value와 비교하여 Angle Defect를 검사한다.



Fig. 13 (a)Angle Chart & (b)Angle Inspection

3.8 Iris,Agc Defect

AGC는 Automatic Gain Control, 즉 자동이득조정을 말하며 규정을 오버한 강한 레벨의 신호가 입력 됐을시에는 Gain(필름의 감도와 같은 의미)을 제어하여 신호포화를 방지하고, 약한 신호의 경우에는 규정의 레벨까지 올려서 일정한 레벨을 유지하는 역할을 수행한다.

Iris는 빛의 양을 조절하는 것을 말한다.

검사할 CCD 카메라에 AGC, Auto Iris 기능이 있을 경우 그 기능을 활성화 시키고 카메라 앞에 ND Filter를 부착하고 영상을 캡처한다. 캡처한 영상의 4군데의 그레이 밝기값의 평균값을 정의한 error value와 비교하여 검사한다. AGC, Iris기능이 제대로 동작되지 않을 경우의 이미지는 Graylevel이 saturation되어서 출력된다

Fig. 14의 (a) Iris,AGC 기능이 정상일 경우이며 (b)는 비정상일 경우의 image이다

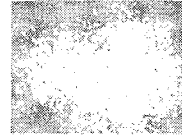


Fig. 14 (a)

Fig. 14 (b)

AGC/IRIS 검사항목

1. Bank 0 의 0004h 번지 값을 0x00 로 선정 (automatic adjustment)
2. ND Filter를 사용하여 영상 캡처.
3. 이미지의 그레이 밝기 평균값 구함.
4. 그레이 밝기값 평균 비교

4. 결론

본 논문에서는 Mega급의 CCM의 생산 공정에서 생길 수 있는 렌즈 조립 상태 및 이미지 센서의 불량 여부를 검사하기 위한 알고리즘을 개발하였으며, 제조공정에서 발생할 수 있는 불량들을 정리하고 각 불량들의 특성을 고려하여 이에 맞는 검사차트를 선정하고 알고리즘을 제안하였고 알고리즘은 고속으로 처리할 수 있도록 단순화 시켰다. 각 불량에 대한 제안된 알고리즘을 이용하여 CCM의 불량을 검사한 결과 Black defect, Dark defect, Color defect, Line defect, Focus, Dim defect, Angle defect등의 불량에 대해서 높은 신뢰성을 보였다.

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

5. 후기

본 연구는 선문대학교RRC 연구비지원으로 이루어졌으며, 이에 감사합니다

참고문헌

1. 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])
2. 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])