

이미지 센서 및 모듈의 표준 영상 취득 테스트

Standard Image Acquisition Characteristics Tests for Image Sensors and Modules

이 성 수**

Seongsoo Lee**

Abstract

In general, image acquisition characteristics tests of image sensors and modules vary widely according to the characteristics of image sensors and modules under test, the application purpose of target devices where image sensors and modules are mounted, and the functions of test equipments. However, some de facto standard tests are frequently used in industry fields. They differ only in several parameters e.g. thresholds for fault detection, and they can be applied to most image sensors and modules. In this paper, 11 typical tests are explained in detail, and they are described in a simple and clear form under single framework, which significantly reduces errors and saves efforts.

요 약

일반적으로 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성 테스트는 테스트할 이미지 센서 및 모듈의 특성, 해당 센서 및 모듈이 장착될 기기의 사용 목적, 테스트 장비의 기능 등에 따라 세부적인 내용은 많이 다르지만, 산업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 몇몇 테스트는 불량률 판별하기 위한 기준치 등 몇몇 파라미터만 다르게 하여 대부분의 이미지 센서 및 모듈에 적용된다. 본 논문에서는 이들 중에서 대표적인 11개 테스트를 자세히 설명하고, 이를 단일 프레임워크 내에서 간단하고 명확한 형태로 표기하여 테스트 프로그램을 작성할 때의 오류와 노력을 크게 줄이도록 한다.

Key words : standard test, test specification, image sensor, image acquisition characteristics, test equipment

1. 서론

영상을 취득하여 전기 신호로 변환하는 이미지 센서 [1][2] 및 이를 렌즈 등과 결합시킨 이미지 센서 모듈은 그 제조상의 특성으로 인해 변환된 영상 신호

가 원래의 영상과 달라지는 경우가 많은데, 이를 결함 (defect)이라 한다.

이렇게 결함을 가지는 이미지 센서 및 모듈은 정상적인 이미지 센서 및 모듈에 비해 성능이 떨어지지만, 이들이 장착될 기기에 따라서는 웬만한 결함이 있어도 그대로 사용하거나 영상 신호를 보정하여 사용하는 경우가 있다. 예를 들어 이미지 센서 및 모듈이 취득한 영상 신호가 최대한 원래 영상과 동일해야 하는 천체 망원경의 경우, 이미지 센서 및 모듈의 결함이 작더라도 사용하기 어렵지만, 방문자를 확인하기 위한 도어폰의 경우에는 방문자를 알아볼 수 있을 정도만 되면 대부분의 결함을 수용할 수 있다. 어느 경우에도 장착될 기기의 요구 조건에 못미치는 이미지 센서 및 모듈은 기기에 장착될 수 없는데 이를 불량 (fault)이라 한다. 불량인 이미지 센서 및 모듈은 절대로 기기에 장착되면 안되기 때문에 이미지 센서

* School of Electronic Engineering, Soongsil University, sslee@ssu.ac.kr, 010-9182-3835

★ Corresponding author

※ Acknowledgment

“This research was supported by Industrial Strategic Technology Development Program funded by the Ministry of Trade, Industry, and Energy, Korea(10039239).”

Manuscript received Feb. 20, 2014; revised Feb. 28, 2014; accepted Feb. 28, 2013

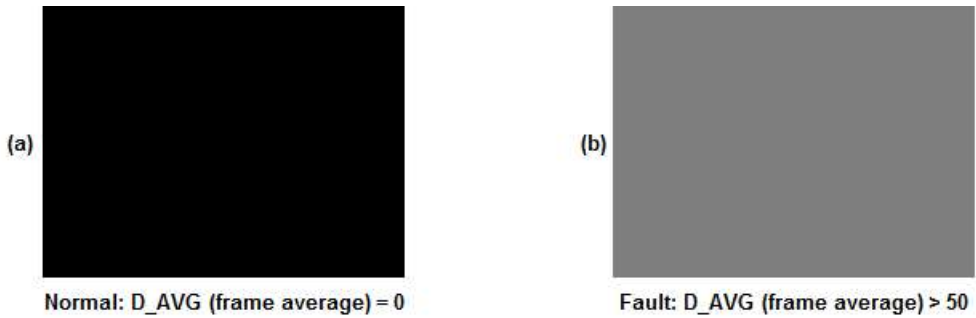


Fig. 1. Dark-average test. (a) Normal. (b) Fault.
그림 1. 저조도 평균 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

및 모듈의 제조 과정 및 기기 장착 과정에서 테스트 장비로 전수 검사를 수행하여 불량을 판별하여야 한다.

그러나 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하는 장비의 경우, 해당 테스트가 조금씩 다른 데다가 이를 표준화된 형식으로 나타내는 방법이 없기 때문에, 테스트 장비를 위한 셋업 프로그램을 작성할 때에는 해당 테스트의 내용을 임의 형식으로 작성된 기술 문서로 설명하게 된다. 이 경우, 테스트가 바뀔 때마다 테스트 프로그램을 새로 작성해야 하기 때문에 많은 노력이 필요하고, 임의 형식으로 작성되어 명확하지 않은 기술 문서를 잘못 이해하는 경우 많은 오류가 발생하게 된다.

또한 영상 취득 특성 테스트는 테스트할 이미지 센서 및 모듈의 특성, 해당 센서 및 모듈이 장착될 기기의 사용 목적, 테스트 장비의 기능 등에 따라 세부적인 내용은 많이 다르지만, 산업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 몇몇 테스트는 불량을 판별하기 위한 기준치 등 몇몇 파라미터만 다르게 하여 대부분의 이미지 센서 및 모듈에 적용된다.

본 논문에서는 이들 중에서 대표적인 11개 테스트를 자세히 설명하고, 이를 단일 프레임워크 내에서 간단하고 명확한 형태로 표기하여 테스트 프로그램을 작성할 때의 오류와 노력을 크게 줄이도록 한다.

II. 시험 사양

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성 테스트를 단일 프레임워크 내에서 간단하고 명확한 형태로 표기하기 위해서는 먼저 테스트를 설명하기 위해 필요한 공통 항목을 정의해야 한다. 본 논문에서는 다음과 같은 7개 항목을 사용한다.

- 시험명 (test name): 테스트의 이름
- 센서 정보 (sensor information): 이미지 센서에 대한 정보
- 시험 대상 (test object): 결함 및 불량을 판별하는 단위가 되는 영역
- 시험 영역 (rest region): 결함 및 불량을 수치화하기 위해 화소값 비교가 이루어지는 영역
- 판별 변수 (decision parameter): 화소값을 비교하여 결함을 수치화한 변수
- 판별 규칙 (decision rules): 수치화된 결함으로부터 불량을 판별하는 규칙
- 광원 정보 (light source): 사용 광원에 대한 정보

본 논문에서는 이들 7개 항목을 표 1과 같이 간단하고 명확한 형태로 표기한 기록물인 시험 사양 (test specification)을 사용한다. 그림 1은 대표적으로 많이 사용되는 테스트인 저조도 평균 테스트를 나타낸 것인데 표 1은 이 테스트의 시험 사양을 나타낸 것이다. 이 기술 방법은 한국반도체산업협회의 표준[3][4]를 부분적으로 참고하였다.

표 1에서 시험 사양의 각 항목은 각각의 값을 함께 규정할 수 있는데 이들 값의 종류는 지정값, 권장값, 사용자값, 사용불가의 4가지 중 하나로 정해지며 그 의미는 다음과 같다.

- 지정값: 해당 항목의 값은 지정되고 사용자가 변경할 수 없다.
- 권장값: 해당 항목의 값은 권장되지만 사용자가 필요에 따라서 변경할 수 있다.
- 사용자값: 해당 항목의 값은 사용자가 필요에 따라 정한다.
- 사용불가: 해당 항목의 값은 사용되어서는 안된다.

Table 1. Test specification of dark-average test
표 1. 저조도 평균 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	저조도 평균 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	프레임 영역
	시험 영역 서식		지정값	RGB3
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	1
		tr_X	지정값	fr_X와 동일
		tr_Y	지정값	fr_Y와 동일
		tr_P	사용불가	-
판별 변수	판별 변수명		지정값	D_AVG
	판별 변수 계산 방법		지정값	D_AVG=AVG(C,TR) 이때 C는 R, G, B중 하나임
판별 규칙	판별 형태		지정값	초과
	판별 기준치	하한값	사용불가	-
		상한값	권장값	50
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	D
	조사 종류		권장값	투과형

예를 들어 표 1에서 판별 변수명의 종류는 지정값인 D_AVG로 되어 있는데, 이는 해당 항목이 반드시 D_AVG로 지정되어야 함을 의미한다. 조도 종류는 권장값인 D로 되어 있는데, 이는 해당 항목은 사용자가 자유롭게 수정할 수 있지만 가급적 D를 사용하는 것을 권장함을 의미한다. 색 취득 종류는 사용자값으로 되어 있는데, 이는 해당 항목에 아무런 지정값이나 권장값 없이 사용자가 적절히 사용할 수 있음을

의미한다. tr_P는 사용불가로 되어 있는데, 이는 해당 항목은 해당 테스트에 사용되지 않음을 의미한다.

III. 주요 영상 취득 특성 테스트

다음은 업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 11개 주요 테스트이다. 이들 테스트의 상세한 내용 및 시험 사양은 IV장에서 자세히 설명한다.

Table 2. Test specification summary of major image acquisition characteristics tests
 표 2. 주요 영상 취득 특성 테스트의 시험 사양 요약

시험명	시험 대상 종류	시험 영역 종류	시험 영역 서식	판별 형태	조도 종류
저조도 평균 테스트	프레임 대상	프레임 영역	RGB3	초과	D
저조도 결함 화소 테스트	화소 대상	화소 영역	RGB3	초과	D
일반 조도 평균 테스트	프레임 대상	프레임 영역	RGB3	범위외	W1 또는 W2
일반 조도 결함 화소 테스트	화소 대상	블록 영역	Y	범위외	W1 또는 W2
일반 조도 그늘 테스트	프레임 대상	구역 영역	Y	미달	W1 또는 W2
일반 조도 얼룩 결함 테스트	블록 대상	블록 영역	Y	범위외	W1 또는 W2
일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트	라인 대상	라인 영역	Y	범위외	W1 또는 W2
일반 조도 수직/수평 잡음 테스트	라인 대상	라인 영역	Y	범위외	W1 또는 W2
자동 백색 보정 테스트	프레임 대상	블록 영역	RGB1	초과	W1 또는 W2
색차 테스트	프레임 대상	블록 영역	RGB1	초과	W1 또는 W2
계조 테스트	프레임 대상	블록 영역	Y	불일치	W1 또는 W2

- 저조도 평균 테스트 (dark-average test)
- 저조도 결함 화소 테스트 (dark-bad pixel test)
- 일반 조도 평균 테스트 (white-average test)
- 일반 조도 결함 화소 테스트 (white-bad pixel test)
- 일반 조도 그늘 테스트 (white-shading test)
- 일반 조도 얼룩 결함 테스트 (white-stain defect test)
- 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트 (white-V/H line defect test)
- 일반 조도 수직/수평 잡음 테스트 (white V/H noise test)
- 자동 백색 보정 테스트 (auto white balance test)
- 색차 테스트 (color difference test)
- 계조 테스트 (gamma test)

이들 테스트의 시험 사양을 요약하면 표 2와 같으며 다음과 같이 4가지로 나눌 수 있다.

- 저조도 테스트 (dark test): 이미지 센서 및 모듈이 빛이 거의 없는 저조도 광원에서 영상을 정상적으로 0에 가까운 밝기 값으로 인식하는지를 확인하는 테스트이며 저조도 평균 테스트와 저조도 결함 화소 테스트가 속한다.
- 일반 조도 테스트 (white test): 이미지 센서 및 모듈이 일반적인 백색 광원에서 영상을 정상적인 밝기 값으로 인식하는지를 확인하는 테스트이며 일반 조

도 평균 테스트가 속한다.

- 잡음 테스트 (noise test): 이미지 센서 및 모듈이 화소, 라인, 영역 사이에 잡음으로 인한 화소값 차이가 없는지를 확인하는 테스트이며 일반 조도 결함 화소 테스트, 일반 조도 그늘 테스트, 일반 조도 얼룩 결함 테스트, 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트, 일반 조도 수직/수평 잡음 테스트가 속한다.
- 품질 테스트 (quality test): 이미지 센서 및 모듈의 성능 품질을 확인하는 테스트이며 자동 백색 보정 테스트, 색차 테스트, 계조 테스트가 속한다.
 본 논문에서는 [5]의 표기법을 사용하여 이들 테스트의 내용과 시험 사양을 표 형식으로 기술하였다.

IV. 테스트의 내용 및 시험 사양

1. 저조도 평균 테스트

저조도 평균 테스트는 그림 1과 같이 저조도에서 이미지 센서 및 모듈이 빛이 없는 영상을 정상적으로 0에 가까운 밝기 값으로 인식하는지를 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 1과 같다.

그림 1에서 정상적인 경우에는 프레임의 평균 밝기인 D_AVG가 0이지만 이 값이 50을 넘으면 불량으로 판별된다.

2. 저조도 결함 화소 테스트

저조도 결함 화소 테스트는 그림 2와 같이 저조도에서 이미지 센서 및 모듈이 빛이 없는 영상을 정상적으로 0에 가까운 밝기 값으로 인식하는지를 그림 2

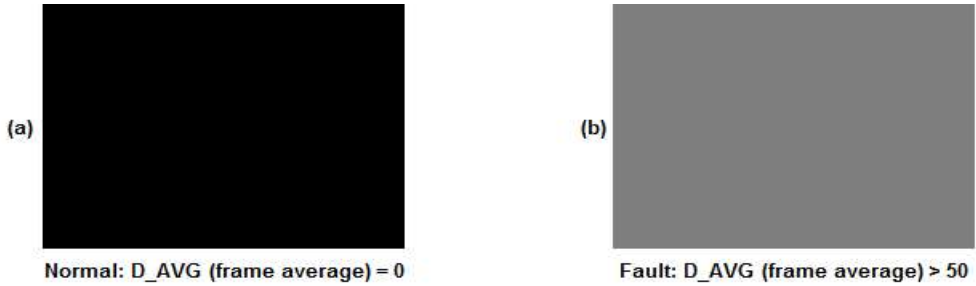


Fig. 2. Dark-bad pixel test. (a) Normal. (b) Fault..

그림 2. 저조도 결함 화소 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 3. Test specification of dark-bad pixel test

표 3. 저조도 결함 화소 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	저조도 결함 화소 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	화소 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	지정값	1
		to_Y	지정값	1
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	화소 영역
	시험 영역 서식		지정값	RGB3
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	1
		tr_X	지정값	1
		tr_Y	지정값	1
tr_P		사용불가	-	
판별 변수	판별 변수명		지정값	D
	판별 변수 계산 방법		지정값	D=VAL(C,TO) 이때 C는 R, G, B중 하나임
판별 규칙	판별 형태		지정값	초과
	판별 기준치	하한값	사용불가	-
		상한값	권장값	50
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	D
	조사 종류		권장값	투과형

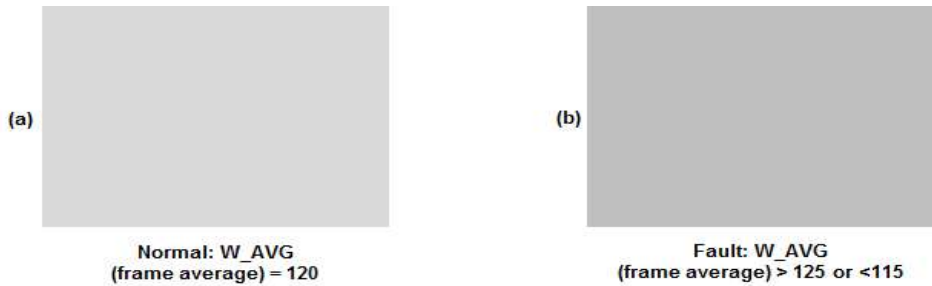


Fig. 3. White-average test. (a) Normal. (b) Fault.

그림 3. 일반 조도 평균 화소 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 4. Test specification of white-average test

표 4. 일반 조도 평균 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 평균 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	프레임 영역
	시험 영역 서식		지정값	RGB3
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	1
		tr_X	지정값	fr_X와 동일
		tr_Y	지정값	fr_Y와 동일
tr_P		사용불가	-	
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_AVG
	판별 변수 계산 방법		지정값	W_AVG=AVG(C,TR) 이때 C는 R, G, B중 하나임
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위의
	판별 기준치	하한값	사용자값	-
		상한값	사용자값	-
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

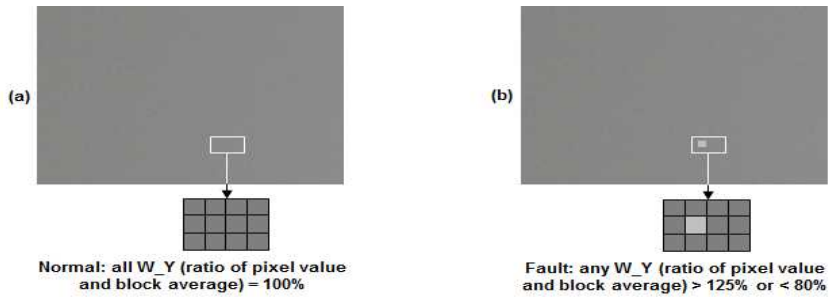


Fig. 4. White-bad pixel test. (a) Normal. (b) Fault.
그림 4. 일반 조도 결함 화소 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 5. Test specification of white-bad pixel test
표 5. 일반 조도 결함 화소 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 결함 화소 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	화소 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	지정값	1
		to_Y	지정값	1
to_P		사용불가	-	
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	블록 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	0
		tr_X	권장값	8
		tr_Y	권장값	6
tr_P		사용불가	-	
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_Y
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_Y = \text{VAL}(Y, TO) / \text{AVG}(Y, TR) \times 100(\%)$
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위의
	판별 기준치	하한값	권장값	80
		상한값	권장값	125
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

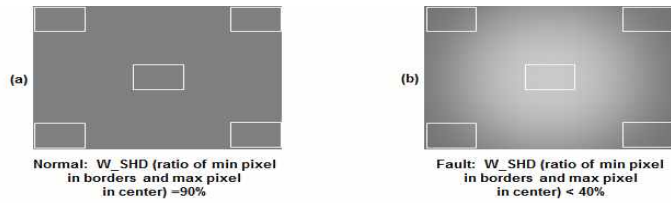


Fig. 5. White-shading test. (a) Normal. (b) Fault.

그림 5. 일반 조도 그늘 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 6. Test specification of white-shading test

표 6. 일반 조도 그늘 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 그늘 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
to_P		사용불가	-	
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	구역 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	5
		tr0_X	권장값	100
		tr0_Y	권장값	100
		tr0_P	지정값	(C,C)
		tr1_X	권장값	100
		tr1_Y	권장값	100
		tr1_P	지정값	(L,T)
		tr2_X	권장값	100
		tr2_Y	권장값	100
		tr2_P	지정값	(L,B)
		tr3_X	권장값	100
		tr3_Y	권장값	100
		tr3_P	지정값	(R,T)
		tr4_X	권장값	100
		tr4_Y	권장값	100
tr4_P	지정값	(R,B)		

판별 변수	판별 변수명		지정값	W_SHD
	판별 변수 계산 방법		지정값	W_SHD_YMIN=MIN(Y,TR1,TR2,TR3,TR4) W_SHD_YMAX=MAX(Y,TR0) W_SHD=W_SHD_YMIN/W_SHD_YMAX×100(%)
판별 규칙	판별 형태		지정값	미달
	판별 기준치	하한값	권장값	40
		상한값	사용불가	-
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

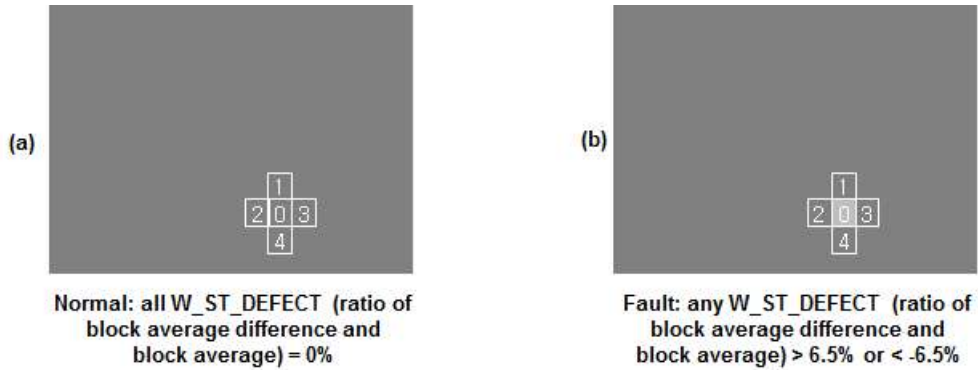


Fig. 6. White-stain defect test. (a) Normal. (b) Fault.
그림 6. 일반 조도 얼룩 결함 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 7. Test specification of white-stain defect test
표 7. 일반 조도 얼룩 결함 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 얼룩 결함 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	블록 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	권장값	시험 대상이 대, 중, 소에 따라 각각 64, 32, 16
		to_Y	권장값	시험 대상이 대, 중, 소에 따라 각각 64, 32, 16
		to_P	사용불가	-

시험 영역	시험 영역 종류		지정값	블록 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	4
		tr0_X	지정값	to_X와 동일
		tr0_Y	지정값	to_Y와 동일
		tr0_P	지정값	(-to_X,0)
		tr1_X	지정값	to_X와 동일
		tr1_Y	지정값	to_Y와 동일
		tr1_P	지정값	(to_X,0)
		tr2_X	지정값	to_X와 동일
		tr2_Y	지정값	to_Y와 동일
		tr2_P	지정값	(0,-to_Y)
		tr3_X	지정값	to_X와 동일
tr3_Y	지정값	to_Y와 동일		
tr3_P	지정값	(0,to_Y)		
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_ST_DEFECT0, W_ST_DEFECT1, W_ST_DEFECT2, W_ST_DEFECT3
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_ST_DEFECT0 = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR0)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$ $W_ST_DEFECT1 = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR1)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$ $W_ST_DEFECT2 = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR2)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$ $W_ST_DEFECT3 = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR3)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위외
	판별 기준치	하한값	권장값	-6.5
		상한값	권장값	6.5
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

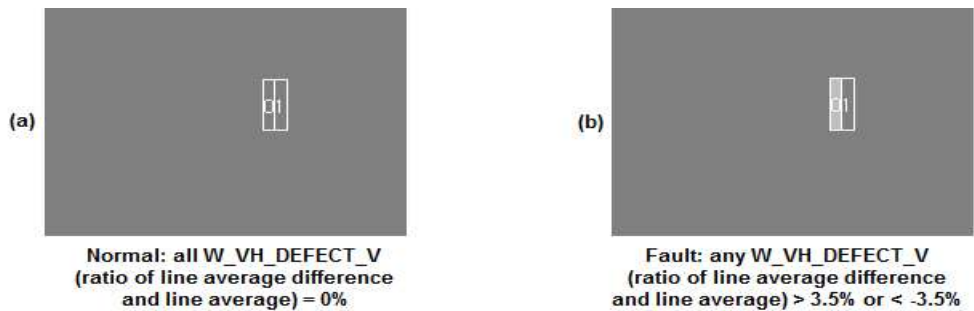


Fig. 7. White-V/H line defect test. (a) Normal. (b) Fault.
 그림 7. 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 8. Test specification of white-V line defect test
표 8. 일반 조도 수직 라인 결함 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 수직 라인 결함 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	라인 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	지정값	1
		to_Y	권장값	48
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	라인 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	0
		tr_X	지정값	1
		tr_Y	지정값	to_Y와 동일
		tr_P	지정값	(1,0)
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_VH_DEFECT_V
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_VH_DEFECT_V = \frac{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR)}{AVG(Y,TO)} \times 100(\%)$
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위외
	판별 기준치	하한값	권장값	-3.5
		상한값	권장값	3.5
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

Table 9. Test specification of white-H line defect test
표 9. 일반 조도 수평 라인 결함 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 수평 라인 결함 테스트

센서 정보	센서 종류		사용자값	-	
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득	
	색 취득 형태		사용자값	-	
	밝기 변환 방법		사용자값	-	
	색 보간 방법		사용자값	-	
	프레임 크기		fr_X	사용자값	-
fr_Y			사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	라인 대상	
	시험 대상 크기 및 위치		to_N	지정값	0
			to_X	권장값	64
			to_Y	지정값	1
to_P			사용불가	-	
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	라인 영역	
	시험 영역 서식		지정값	Y	
	시험 영역 크기 및 위치		tr_N	지정값	0
			tr_X	지정값	to_X와 동일
			tr_Y	지정값	1
tr_P			지정값	(0,1)	
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_VH_DEFECT_H	
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_VH_DEFECT_H = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$	
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위외	
	판별 기준치		하한값	권장값	-3.5
			상한값	권장값	3.5
특정값			사용불가	-	
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)	
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2	
	조사 종류		권장값	투과형	

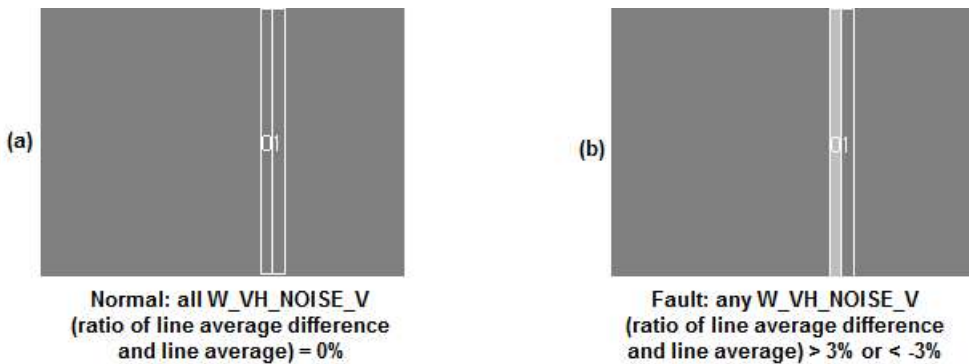


Fig. 8. White-V/H noise test. (a) Normal. (b) Fault.

그림 8. 일반 조도 수직/수평 잡음 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

Table 10. Test specification of white-V noise test
표 10. 일반 조도 수직 잡음 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 수직 잡음 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
		fr_Y	사용자값	-
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	라인 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	지정값	1
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	라인 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	0
		tr_X	지정값	1
		tr_Y	지정값	fr_Y와 동일
		tr_P	지정값	(1,0)
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_VH_NOISE_V
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_VH_NOISE_V = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위외
	판별 기준치	하한값	권장값	-3
		상한값	권장값	3
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

Table 11. Test specification of white-H noise test
표 11. 일반 조도 수평 잡음 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	일반 조도 수평 잡음 테스트

센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	라인 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	0
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	1
to_P	사용불가	-		
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	라인 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	0
		tr_X	지정값	fr_X와 동일
		tr_Y	지정값	1
tr_P		지정값	(0,1)	
판별 변수	판별 변수명		지정값	W_VH_NOISE_H
	판별 변수 계산 방법		지정값	$W_VH_NOISE_H = \{AVG(Y,TO) - AVG(Y,TR)\} / AVG(Y,TO) \times 100(\%)$
판별 규칙	판별 형태		지정값	범위 외
	판별 기준치	하한값	권장값	-3
		상한값	권장값	3
특정값		사용불가	-	
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		권장값	투과형

Table 12. Test specification of auto white balance test
 표 12. 자동 백색 보정 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	자동 백색 보정 테스트
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
fr_Y		사용자값	-	

시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
	to_P	사용불가	-	
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	블록 영역
	시험 영역 서식		지정값	RGB1
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	1
		tr_X	권장값	시험에 사용하는 차트에서 회색 영역 가로 크기의 50% 이상
		tr_Y	권장값	시험에 사용하는 차트에서 회색 영역 세로 크기의 50% 이상
tr_P		권장값	시험에 사용하는 차트에서 회색 영역 중심 위치	
판별 변수	판별 변수명		지정값	D_AWB
	판별 변수 계산 방법		지정값	$D_AWB = \max(\text{AVG}(R,TR), \text{AVG}(G,TR), \text{AVG}(B,TR)) - \min(\text{AVG}(R,TR), \text{AVG}(G,TR), \text{AVG}(B,TR))$
판별 규칙	판별 형태		지정값	초과
	판별 기준치	하한값	사용불가	-
		상한값	권장값	30
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		지정값	반사형

Table 13. Test specification of color difference test
표 13. 색차 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	색차
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
		fr_Y	사용자값	-
시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
		to_P	사용불가	-

시험 영역	시험 영역 종류		지정값	블록 영역
	시험 영역 서식		지정값	RGB1
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	NR=시험에 사용하는 차트에서 색상 영역의 개수
		tr_X	권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 색상 영역 가로 크기의 50% 이상 ($n=0\sim NR-1$)
		tr_Y	권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 색상 영역 세로 크기의 50% 이상 ($n=0\sim NR-1$)
tr_P		권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 색상 영역 중심 위치 ($n=0\sim NR-1$)	
판별 변수	판별 변수명		지정값	D_E_AVR, D_H_AVR
	판별 변수 계산 방법		지정값	$D_E_AVR=AVR(TR0,TR1\cdots TR_{NR}-I,\Delta E)$ $D_H_AVR=AVR(TR0,TR1\cdots TR_{NR}-I,\Delta H)$ R,G,B 색 신호에 대해 $\Delta E=(\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2)^{1/2}$ $\Delta H=(\Delta E^2-\Delta L^2-\Delta C^2)^{1/2}$ $\Delta C= (a^2+b^2)^{1/2}-(a^2+b^2)^{1/2} $ $\Delta L=L^*-L$ $\Delta a=a^*-a$ $\Delta b=b^*-b$ L*,a*,b*와 L,a,b는 각각 시험에 사용하는 차트와 이미지센서 모듈이 읽어들이 색신호의 CIE1976 L*a*b* 색좌표임
판별 규칙	판별 형태		지정값	초과
	판별 기준치	하한값	사용불가	-
		상한값	권장값	D_E_AVR: 30 D_H_AVR: 15
		특정값	사용불가	-
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		지정값	반사형

Table 14. Test specification of gamme test
 표 14. 계조 테스트의 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명			지정값	계조
센서 정보	센서 종류		사용자값	-
	색 취득 종류		권장값	베이어 취득
	색 취득 형태		사용자값	-
	밝기 변환 방법		사용자값	-
	색 보간 방법		사용자값	-
	프레임 크기	fr_X	사용자값	-
		fr_Y	사용자값	-

시험 대상	시험 대상 종류		지정값	프레임 대상
	시험 대상 크기 및 위치	to_N	지정값	1
		to_X	지정값	fr_X와 동일
		to_Y	지정값	fr_Y와 동일
		to_P	사용불가	-
시험 영역	시험 영역 종류		지정값	블록 영역
	시험 영역 서식		지정값	Y
	시험 영역 크기 및 위치	tr_N	지정값	NR=시험에 사용하는 차트에서 회색 영역의 개수
		tr_X	권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 회색 영역 가로 크기의 50% 이상 ($n=0\sim NR-1$)
		tr_Y	권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 회색 영역 세로 크기의 50% 이상 ($n=0\sim NR-1$)
tr_P		권장값	시험에 사용하는 차트에서 n번째 회색 영역 중심 위치 ($n=0\sim NR-1$)	
판별 변수	판별 변수명		지정값	D_Y_GAM
	판별 변수 계산 방법		지정값	$D_Y_GAM = \text{sum}(Y0_GAM, Y1_GAM, \dots, Y_{NR-2_GAM})$ $Yn = \text{AVR}(Y, TRn)$ ($n=0\sim NR-2$) Yn_GAM 은 $Yn \leq Yn+I$ 일 때 0, 이외에는 1 ($n=0\sim NR-2$)
판별 규칙	판별 형태		지정값	불일치
	판별 기준치	하한값	사용불가	-
		상한값	사용불가	-
		특정값	지정값	0
광원 정보	색온도 종류		권장값	D65 또는 F11(TL84)
	조도 종류		권장값	W1 또는 W2
	조사 종류		지정값	반사형

와 같이 화소 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 3과 같다.

그림 2에서 정상적인 경우에는 프레임 내의 화소값 D가 모드 0이지만 이 값이 하나라도 50을 넘으면 불량으로 판별된다.

3. 일반 조도 평균 테스트

일반 조도 평균 테스트는 그림 3과 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 영상을 정상적인 밝기 값으로 인식하는지를 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 4와 같다.

이 테스트에서 하한값과 상한값은 응용 용도에 따라 다르게 줄 수 있는데, 일정 조명에서 너무 어둡거나 밝은 영상은 불량으로 처리한다는 의미이다.

그림 3에서 정상적인 경우에는 프레임의 평균 밝기인 W_AVG가 120이지만 이 값이 115~125 범위를 벗

어나면 불량으로 판별된다.

4. 일반 조도 결함 화소 테스트

일반 조도 결함 화소 테스트는 그림 4와 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 화소마다 주위 화소와 얼마나 밝기 값에 차이를 보이는지를 화소 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 5와 같다.

이 테스트에서는 영상을 작은 블록으로 나누어 해당 블록의 화소값 평균과 개별 화소의 화소값을 비교한다. 즉, 블록 평균 밝기보다 일정 수준 이하로 어둡거나 일정 수준 이상으로 밝은 화소는 불량으로 처리한다는 의미이다. 블록 크기는 일반적으로 8x6 화소를 사용하나 사용자가 임의로 설정할 수 있다.

그림 4에서 정상적인 경우에는 블록 내의 화소값과 블록 평균 화소값의 비인 W_Y가 100%이지만 이 값이 하나라도 80~125% 범위를 벗어나면 불량으로 판

별된다.

5. 일반 조도 그늘 테스트

일반 조도 그늘 테스트는 그림 5와 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 프레임의 가운데와 가장자리에서 얼마나 밝기 값에 차이를 보이는지를 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 6과 같다.

이 테스트에서는 중심 부분과 가장자리 부분의 그늘 정도를 구한다. 가장 외곽의 네 모서리 부분 중 최소값인 W_SHD_YMIN 과 중심 부분의 최대값인 W_SHD_YMAX 와의 비로 그늘진 정도를 판별한다.

그림 5에서 정상적인 경우에는 네 모서리 부분의 최소 화소값과 중심 부분의 최대 화소값의 비인 W_SHD 가 90%이지만 이 값이 40%에 못 미치면 불량으로 판별된다.

6. 일반 조도 얼룩 결함 테스트

일반 조도 얼룩 결함 테스트는 그림 6과 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 멍처럼 조금 크고 흐릿하게 보이는 영역이 있는지를 블록 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 7과 같다.

이 테스트에서는 시험 대상을 블록으로 하며, 인접된 네 블록과의 평균 화소값 차이가 일정 비율을 넘는 지로 얼룩을 판단한다. 시험 대상 크기는 대, 중, 소로 나누어 사용하며 일반적으로 각각 64×64 , 32×32 , 16×16 을 사용하나 사용자가 임의로 설정할 수 있다.

그림 6에서 정상적인 경우에는 인접된 네 블록과의 평균 화소값 차이와 시험 대상 블록의 평균 화소값의 비인 $W_ST_DEFECT0 \sim W_ST_DEFECT3$ 이 모두 0%이지만 이 값이 하나라도 $-6.5 \sim 6.5\%$ 사이를 벗어나면 불량으로 판별된다.

7. 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트

일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트는 그림 7과 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 라인마다 주위 라인과 얼마나 밝기 값에 차이를 보이는지를 라인 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 수직 방향이 표 8, 수평 방향이 표 9와 같다.

이 테스트에서는 영상을 수평 (또는 수직) 방향의 라인으로 나누어 해당 라인의 화소값 평균과 우측 (또는 아래) 라인의 화소값 평균과 비교한다. 즉, 인접 라인보다 일정 수준 이하로 어둡거나 일정 수준 이상으로 밝은 라인은 불량으로 처리한다는 의미이다. 라인 폭은 1화소이며, 라인 길이는 일반적으로 수

평 라인은 64화소, 수직 라인은 48화소를 사용하나 사용자가 임의로 설정할 수 있다.

그림 7에서 정상적인 경우에는 라인 내의 평균 화소값 차이와 시험 대상 라인의 평균 화소값의 비인 $W_VH_DEFECT_V$ 가 모두 0%이지만 이 값이 하나라도 $-3.5 \sim 3.5\%$ 범위를 벗어나면 불량으로 판별된다.

8. 일반 조도 수직/수평 잡음 테스트

일반 조도 수직/수평 잡음 테스트는 그림 8과 같이 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 라인마다 주위 화소와 얼마나 밝기 값에 차이를 보이는지를 라인 단위로 판별한다. 이 테스트는 기본적으로 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트와 동일하지만 라인 길이가 프레임의 수직 (또는 수평) 크기와 같아서 일반 조도 수직/수평 라인 결함 테스트보다 라인 길이가 훨씬 길다는 차이가 있다. 이 테스트의 시험 사양은 수직 방향이 표 10, 수평 방향이 표 11과 같다.

이 테스트에서는 영상을 수평 (또는 수직) 방향의 라인으로 나누어 해당 라인의 화소값 평균과 우측 (또는 아래) 라인의 화소값 평균과 비교한다. 즉, 인접 라인보다 일정 수준 이하로 어둡거나 일정 수준 이상으로 밝은 라인은 불량으로 처리한다는 의미이다. 라인 폭은 1화소이며, 라인 길이는 수평 라인은 프레임의 가로 길이, 수직 라인은 프레임의 세로 길이와 동일하다.

그림 8에서 정상적인 경우에는 라인 내의 평균 화소값 차이와 시험 대상 라인의 평균 화소값의 비인 $W_VH_NOISE_V$ 가 모두 0%이지만 이 값이 하나라도 $-3 \sim 3\%$ 범위를 벗어나면 불량으로 판별된다.

9. 자동 백색 보정 테스트

자동 백색 보정 테스트는 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 입력 영상에 가까운 백색을 정상적으로 보정하는지를 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 12와 같다. 이 테스트는 자동 백색 보정을 테스트하기 위한 표준 차트를 사용하며, 이미지 센서 및 모듈로 해당 차트를 촬영하여 테스트를 수행한다.

10. 색차 테스트

색차 테스트는 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 입력 영상에 가까운 색으로 인식하는지를 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 13과 같다. 이 테스트는 색차를 테스트하기 위한 표준 차

트를 사용하며, 이미지 센서 및 모듈로 해당 차트를 촬영하여 테스트를 수행한다.

11. 계조 테스트

계조 테스트는 일반 조도에서 이미지 센서 및 모듈이 입력 영상에 가까운 감마 단계를 가지는지 프레임 단위로 판별한다. 이 테스트의 시험 사양은 표 14와 같다. 이 테스트는 감마 단계를 테스트하기 위한 표준 차트를 사용하며, 이미지 센서 및 모듈로 해당 차트를 촬영하여 테스트를 수행한다.

V. 결론

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성 테스트는 테스트할 이미지 센서 및 모듈, 이들이 장착될 기기, 이들을 테스트할 장비에 따라 세부적인 내용은 많이 다르지만, 산업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 몇몇 테스트는 파라미터만 다르게 하여 대부분의 이미지 센서 및 모듈에 적용된다.

본 논문에서는 이들 중에서 대표적인 11개 테스트를 자세히 설명하고, 이를 단일 프레임워크 내에서 간단하고 명확한 형태로 표기하여 테스트 프로그램을 작성할 때의 오류와 노력을 크게 줄이도록 하였다.

본 논문의 표기 방법으로 11개 주요 테스트의 시험 사양을 기술해본 결과, 이들 테스트를 표 형태의 시험 사양으로 명확히 기술할 수 있었으며, 거의 모든 테스트를 효과적으로 기술할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 논문에서 설명한 기술 방법과 주요 테스트는 향후 이미지 센서 및 모듈 분야에서 널리 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

References

- [1] K. Kim, K. Kim, D. Seong, and K. Lee, "A Smart Care Surveillance System supporting Various CCTV Cameras", Journal of IKEEE, vol. 17, no. 2, pp. 104-110, Jun. 2013.
- [2] C. Lee, "An Embedded FPGA Implementation for a Cameralink Interface", Journal of IKEEE, vol. 15, no. 2, pp. 122-129, Jun. 2011.
- [3] Korea Semiconductor Industry Association, KSIA-2010.0007, "Test of Image Acquisition Characteristics for Image Sensors", 2010.
- [4] Korea Semiconductor Industry Association, KSIA-2010.0008, "Standard Image Test for CMOS

Image Sensors", 2010.

- [5] S. Lee, "Standardized Description Method of Image Acquisition Characteristics Tests for Image Sensors and Modules", Journal of IKEEE, vol. 18, no. 1, pp. 64-76, Mar. 2014.

BIOGRAPHY

Seongsoo Lee (Life Member)



1991 : BS degree in Electronic Engineering, Seoul National University.

1993 : MS degree in Electronic Engineering, Seoul National University.

1998 : PhD degree in Electrical Engineering, Seoul National University.

1998~2000 : Research Associate, University of Tokyo

2000~2002 : Research Professor, Ewha Womans University

2002~Now : Associate Professor in School of Electronic Engineering, Soongsil University

<Main Interest> HEVC, Low-Power SoC Design, Multimedia SoC Design, Battery Management