

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 테스트를 위한 표준화된 기술 방법

Standardized Description Method of Image Acquisition Characteristics Tests for Image Sensors and Modules

이 성 수**

Seongsoo Lee**

Abstract

In the image acquisition tests of image sensors and modules, how to compare pixel values, how to digitize "defect", and how to determine "fault" are extremely varied from test equipments. Therefore, setup of test equipments for image acquisition characteristics should be customized for target devices under test. In general, test procedures are delivered as technical documents in not standardized but arbitrary formats. So test equipment should be manually programmed fitting individual setup condition. This costs huge time and effort and has high risk of human error. In this paper, the standardized description method is proposed to apply to almost all existing tests where various tests are described in a single framework.

요 약

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트할 때에는 테스트 기기마다 화소값을 비교하는 방법, 결함을 수치화하는 방법, 불량을 판별하는 방법이 천차만별로 다르기 때문에 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하는 장비는 테스트 대상 기기의 종류에 따라 따로따로 셋업되어야 한다. 일반적으로 테스트 내용은 표준화된 형식이 아니라 임의 형식의 기술문서로 전달되기 때문에 테스트 대상 기기에 맞추어 수작업으로 테스트 프로그램을 개발하기 위해 매우 많은 시간과 노력이 필요하며 오류의 위험성도 높다. 본 논문에서는 하나의 프로그램으로 현재 사용되는 테스트를 거의 모두 수용할 수 있도록 다양한 영상 취득 테스트를 단일 프레임워크로 표현하는 표준화된 기술 방법을 제안한다.

Key words : standardization, description method, test, image sensor, image acquisition characteristics

1. 서론

CIS (CMOS image sensor)나 CCD (charge-coupled device)와 같은 이미지 센서 [1][2]의 경우,

* 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, 2014

반도체 제조 공정상의 문제 등으로 인하여 하나 또는 그 이상의 화소가 영상을 정상적으로 취득하지 못하고 실제와는 다른 화소값을 출력하는 결함 (defect)을 가지는 경우가 많다. 또한 이미지 센서를 렌즈 및 부가 회로와 결합시킨 이미지 센서 모듈의 경우에도 렌즈에 문제가 있거나 모듈 조립시의 손상 등으로 결함을 가지는 경우가 많다.

이 경우 이러한 문제가 곧바로 이미지 센서 및 모듈이 폐기되어야 하는 상태, 즉 불량 (fault)으로 이어지는 않으며, 현재의 기술로는 결함이 발생하는 확률이 제법 되기 때문에 생산 단가, 기기의 요구 성능 등을 고려하여 어느 정도의 결함은 수용하거나 보정하여 사용하는 경우가 많다. 이를테면 고가의 스마트

폰은 요구 사항이 높기 때문에 조금만 결함이 있어도 해당 이미지 센서를 사용하지 못하지만 이러한 경우 제조된 이미지 센서 중에서 실제 사용될 수 있는 비율이 매우 적기 때문에 기기의 가격이 크게 올라간다. 이에 반하여 스마트폰에 사용 못하는 이미지 센서라도 저가의 웹캠의 경우 어느 정도의 결함을 그대로 수용해서 사용하면 기기의 가격을 크게 내릴 수 있다.

따라서 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트할 때에는 실제 화소값과 취득된 화소값을 비교하여 결함을 수치화하고, 수치화된 결함을 불량으로 판별할지를 결정하는 조건이 필요하다.

결함으로 인해 기기의 요구 조건을 벗어난 경우, 즉 불량은 절대 허용되어서는 안되기 때문에 이미지 센서 및 모듈은 생산이나 조립 후에 전용 테스트 장비를 사용해서 전수 검사를 수행한다. 그러나 이들이 장착될 기기마다 화소값을 비교하는 방법, 결함을 수치화하는 방법, 불량을 판별하는 방법이 천차만별로 다르기 때문에 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하는 장비는 장착될 기기의 종류에 따라 따로따로 셋업되어야 한다.

테스트 장비는 매우 고가이고 제한된 시간 내에 최대한 많은 이미지 센서 및 모듈을 테스트해야 하기 때문에 대부분 전용 프로그램을 사용하여 다양한 테스트를 동시에 수행한다. 일반적으로 전용 프로그램을 작성하기 위해 필요한 테스트 내용은 표준화된 형식이 아니라 임의의 형식의 기술 문서로 전달되기 때문에 기술 문서를 이해하기 어려워 프로그래밍을 오작정할 위험이 높다. 또한 장착될 기기의 종류에 맞추어 수작업으로 테스트 프로그램을 개발하기 위해 매우 많은 시간과 노력이 필요하다. 본 논문에서는 하나의 프로그램으로 현재 사용되는 테스트를 거의 모두 수용할 수 있도록 다양한 영상 취득 테스트를 단일 프레임워크로 표현하는 표준화된 기술(description) 방법을 제안한다.

II. 영상 취득 특성 테스트를 위한 표준화된 기술 방법

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하기 위해서는 먼저 결함과 불량을 명확하게 정의해야 한다. 본 논문에서는 결함과 불량을 다음과 같이 정의한다.

- 결함 (defect): 이미지 센서 및 모듈에서 하나의 화소 또는 일부 화소 영역이 취득한 화소값이 정

상 값에서 일정 수준 이상 벗어나서 해당 화소 또는 화소 영역에 문제가 있다고 판단되는 경우를 말한다.

- 불량 (fault): 결함의 개수 또는 크기가 일정 수준을 넘어서 이미지 센서 및 모듈이 해당 기기에 장착될 수 없다고 판단되는 경우를 말한다.

이미지 센서 및 모듈을 테스트하기 위해 가장 먼저 필요한 정보는 테스트의 이름이다. 테스트의 이름은 사용자가 편한 대로 붙일 수 있지만, 일반적으로 자주 사용되는 몇몇 특정 테스트는 미리 이름을 정해두고, 이들을 피해서 사용자가 테스트 이름을 붙이는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 테스트에 붙이는 이름을 시험명 (test name)이라고 부르고, III장에서 자세히 정의한다.

또한 이미지 센서의 회로 종류, 색상 취득 및 변환 정보, 프레임 정보 등 이미지 센서에 대한 정보도 필요하다. 본 논문에서는 이를 센서 정보 (sensor information)라고 부르고, IV장에서 자세히 정의한다.

이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하는 방법은 장착될 기기의 종류에 따라 세부적으로는 크게 다르지만, 대체적으로 일정 영역, 이를테면 화소별, 프레임별, 이런 식으로 결함을 수치화하고, 수식화된 규칙을 사용하여 결함으로부터 불량을 판별한다. 결함을 수치화하기 위해 사용하는 일정 영역에서는 영역 내의 모든 화소를 사용하는 경우도 있고 일부 화소를 사용하는 경우도 있다. 따라서 결함을 수치화하는 단위가 되는 영역과 실제로 결함을 수치화하기 위해 화소값 비교가 이루어지는 영역은 같을 수도 있고 다를 수도 있다. 본 논문에서는 전자를 시험 대상 (test object), 후자를 시험 영역 (test region)이라 부르고, 각각 V장, VI장에서 자세히 정의한다.

결함을 수치화하기 위해서는 화소값을 비교하여 이를 수치화한 값을 사용하는 것이 편리하며, 불량을 판별하기 위해서는 수치화된 결함을 비교하는 수식화된 규칙을 사용하는 것이 편리하다. 본 논문에서는 전자를 판별 변수 (decision parameter), 후자를 판별 규칙 (decision rule)이라 부르고, 각각 VII장, VIII장에서 자세히 정의한다.

이미지 센서 및 모듈을 테스트하기 위해서는 테스트 장비에서 사용하는 광원을 정의하는 것도 필요하다. 본 논문에서는 이를 광원 정보 (light source information)이라 부르고, IX장에서 자세히 정의한다.

위에서 살펴본 바와 같이 이미지 센서 및 모듈의 영상 취득 특성을 테스트하는 방법을 표현하기 위해서는 시험명, 센서 정보, 시험 대상, 시험 영역, 판별 변수, 판별 규칙, 광원 정보의 7개 항목이 필요하다.

Table 1. Test specification

표 1. 시험 사양

시험 사양			종류	값
상위	중위	하위		
시험명				
센서 정보	센서 종류			
	색 취득 종류			
	색 취득 형태			
	밝기 변환 방법			
	색 보간 방법			
	프레임 크기	fr_X		
	fr_Y			
시험 대상	시험 대상 종류			
	시험 대상 크기 및 위치 (to_N의 값에 따라 다수의 to_X, to_Y, to_P를 가질 수 있음)	to_N		
		to_X		
		to_Y		
to_P				
시험 영역	시험 영역 종류			
	시험 영역 서식			
	시험 영역 크기 및 위치 (tr_N의 값에 따라 다수의 tr_X, tr_Y, tr_P를 가질 수 있음)	tr_N		
		tr_X		
		tr_Y		
tr_P				
판별 변수	판별 변수명			
	판별 변수 계산 방법			
판별 규칙	판별 형태			
	판별 기준치	하한값		
		상한값		
특정값				
광원 정보	색온도 종류			
	조도 종류			
	조사 종류			

기준에는 이러한 항목을 표준화된 형태로 기술하는 방법이 없어서 각 테스트마다 이를 그림과 문장으로 표현했기 때문에 이에 맞추어 각각의 프로그램을 개별적으로 개발해야 했지만, 본 논문에서는 이들 7개 항목을 표 1과 같이 시험 사양 (test specification)이라는 단일 프레임워크로 묶고 간단한 표로 표준화하여 기술하기 때문에 테스트마다 각각 프로그램을 개발할 필요 없이 시험 사양 내의 세부 항목만 수정해주면 된다. 표 1의 시험 사양은 이미지 센서 및 모듈

을 테스트하는데 필요한 모든 항목을 포함하고, 단일 형식으로 이들 항목을 기술할 수 있다. 실제 테스트를 표 1의 시험 사양으로 옮기는 방법은 X장에서 자세히 설명한다. 이 기술 방법은 부분적으로 한국반도체산업협회의 표준[3][4]를 참고하였다.

표 1에서 시험 사양의 상위 항목은 시험명, 센서 정보, 시험 대상, 시험 영역, 판별 변수, 판별 규칙, 광원 정보의 7개 항목이며, 이들 상위 항목은 각각 다수의 중위 항목 및 하위 항목으로 나눌 수 있다. 각

각의 항목을 규정할 때에는 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 지정된 값이며 사용자가 변경할 수 없다. 따라서 실제 테스트 장비에 전달되는 값은 지정값으로 기입된다.
- 권장값: 해당 항목의 값은 권장된 값이나 사용자가 필요에 따라서 변경할 수 있다. 따라서 실제 테스트 장비에 전달되는 값은 사용자의 선택에 따라 권장값이나 사용자가 지정한 값이 기입된다.
- 사용자값: 해당 항목의 값은 지정값이나 권장값으로 규정되지 않으며, 사용자가 필요에 따라서 적절한 값을 사용한다. 따라서 실제 테스트 장비에 전달되는 값은 사용자가 지정한 값이 기입된다.
- 사용불가: 해당 항목의 값은 사용되지 않으며, 정의되어서는 안 된다. 따라서 실제 테스트 장비에 전달되는 값은 기입되지 않는다.

III. 시험명

사용자는 산업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 다음의 11개 표준 테스트를 제외하고는 임의의 시험명을 사용할 수 있다. 이들 11개 표준 테스트의 내용 및 시험 사양은 [5]에 지정되어 있다.

- 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)

IV. 센서 정보

1. 센서 종류

테스트하고자 하는 센서 및 모듈의 종류를 나타내며 CIS 센서, CCD 센서, 모듈, 사용자 정의 센서의 3가지가 있다.

- CIS 센서: CMOS 공정을 사용한 이미지 센서
- CCD 센서: CCD 공정을 사용한 이미지 센서
- 사용자 정의 센서: 사용자가 정의한 이미지 센서

2. 색 취득 정보

센서 및 모듈이 취득하는 영상 정보의 RGB 형태 및 비트 수, 색 보간의 수행 여부 등을 나타내며, 베이어 취득, 실제 색상 취득의 2가지가 있다.

- 베이어 취득: 취득한 영상이 베이어 RGB임을 의미한다. 이 경우, 하나의 화소가 R, G, 또는 B 중 하나의 값만을 가지며 테스트 장비에서 색 보간이 필요하다. 별도로 표기되지 않은 경우 각 화소의 영상 신호는 8비트로 표현되며, 각 화소의 영상 신호가 n 비트인 경우에는 베이어 취득 (n)과 같이 영상 신호의 비트 수를 ()안에 표기한다.
- 실제 색상 취득: 취득한 영상이 실제 색상 RGB임을 의미한다. 이 경우, 하나의 화소가 R, G, B 값 모두를 가지며 테스트 장비에서 색 보간이 필요하지 않다. 별도로 표기되지 않은 경우 각 화소의 영상 신호는 24비트로 표현되며, 각 화소의 영상 신호가 n비트인 경우에는 실제 색상 취득 (n)과 같이 영상 신호의 비트 수를 ()안에 표기한다.

3. 색 취득 형태

색 취득 종류가 베이어 RGB일 때 각 화소가 출력하는 영상 정보의 색 취득 형태를 나타낸다. 색 취득 형태는 2×2 화소 단위로 R, G, B의 구성을 왼쪽 위, 오른쪽 위, 왼쪽 아래, 오른쪽 아래 화소의 순서대로 4글자로 표기한다. 즉, RGGB는 2×2 화소의 왼쪽 위, 오른쪽 위, 왼쪽 아래, 오른쪽 아래 화소가 각각 R, G, G, B 색 신호만을 취득하는 것을 의미한다. 색 취득 종류가 베이어 취득일 때에는 색 취득 형태를 표기하지 않는다.

4. 밝기 변환 방법

테스트 장비가 R, G, B 값으로부터 Y 값을 생성하기 위한 변환 수식을 나타낸다.

5. 색 보간 방법

테스트 장비가 베이어 RGB로부터 실제 색상 RGB를 생성하기 위한 변환 수식을 나타낸다. 색 취득 종류가 베이어 취득일 때에는 색 보간 방법을 표기하지 않는다.

6. 프레임 크기

취득한 영상의 가로 세로 방향 크기를 규정한 변수이며 fr_X , fr_Y 의 2개 항목으로 구성된다. fr_X , fr_Y 는 각각 취득한 영상의 가로 및 세로 크기를 화소 단위로 나타낸 값이다.

V. 시험 대상

시험 대상은 수치화된 결함을 계산하기 위한 단위가 되는 화소 영역을 말한다.

1. 시험 대상 종류

시험 대상의 모양을 나타내며 프레임 대상, 화소 대상, 라인 대상, 블록 대상의 4가지가 있다.

- 프레임 대상: 프레임 별로 각각 결함을 수치화한다.
- 화소 대상: 프레임 내의 모든 화소 별로 각각 결함을 수치화한다.
- 라인 대상: 프레임 내의 모든 가로 또는 세로 라인 별로 각각 결함을 수치화한다.
- 블록 대상: 프레임을 가로 세로 일정한 크기의 블록으로 나누고, 프레임 내의 모든 블록 별로 각각 결함을 수치화한다.

2. 시험 대상 크기 및 위치

시험 대상의 개수, 크기, 위치를 나타내며, to_N , ton_X , ton_Y , ton_P 의 항목으로 구성된다. 여기에서 n ($0 \leq n \leq to_N - 1$)은 시험대상의 일련번호이며, to_N 이 0 또는 1일 때에는 n 을 표기하지 않는다.

- to_N : 테스트에 사용되는 시험 대상의 개수를 나타낸 값이다. to_N 이 0일 때에는 프레임 전체를 가로 to_X , 세로 to_Y 크기로 나누고, 나누어진 각각이 시험 대상이 된다. 이때, to_P 는 표기하지 않는다. to_N 이 1일 때에는 가로 to_X , 세로 to_Y 크기를 가진 1개의 시험 대상만이 사용되며, 시험 대상이 프레

임과 일치하지 않는 경우에만 to_P 를 표기한다.

- ton_X , ton_Y : 각각 n 번째 시험 대상의 가로 및 세로 크기를 화소 단위로 나타낸 값이다.
- to_nP : n 번째 시험 대상의 위치를 프레임에서의 상대적 위치 또는 화소 단위의 절대 위치로 나타낸 값이다. ton_P 는 x 위치, y 위치의 조합으로 표시되며, 각각은 프레임 상에서의 상대적 위치를 나타내는 문자인 L (left), R (right), T (top), B (bottom), C (center) 중 하나이거나 시험 대상의 왼쪽 위 화소의 절대 위치 값을 가진다. 즉 $to0_P = (L,T)$ 이면 0번째 시험 대상이 프레임의 왼쪽 위 모서리에 위치하는 것을 의미하며, $to2_P = (200,100)$ 이면 2번째 시험 대상의 왼쪽 위 화소의 절대 위치가 (200,100)임을 의미한다.

VI. 시험 영역

시험 영역은 수치화된 결함을 계산하기 위해 실제로 화소값 비교가 이루어지는 화소 영역을 말한다.

1. 시험 영역 종류

시험 영역의 모양을 나타내며 프레임 영역, 화소 영역, 라인 영역, 블록 영역, 구역 영역의 5가지가 있다.

- 프레임 영역: 프레임 내의 모든 화소로부터 결함을 수치화한다.
- 화소 영역: 화소 하나로부터 결함을 수치화한다.
- 라인 영역: 가로 또는 세로 라인 내의 모든 화소로부터 결함을 수치화한다.
- 블록 영역: 프레임을 가로 세로 일정한 크기의 블록으로 나누고, 블록 내의 모든 화소로부터 결함을 수치화한다.
- 구역 영역: 프레임 내 정해진 위치와 크기의 구역 내에 있는 모든 화소로부터 결함을 수치화한다.

2. 시험 영역 서식

시험 영역에서 사용하는 영상 신호의 종류를 나타내며 RGB3, RGB1, Y의 3가지가 있다.

- RGB3: R, G, B 신호를 따로따로 사용하여 각각 판별 변수를 계산하며, R, G, B 각각에 대해 결함을 수치화한다.
- RGB1: R, G, B 신호를 따로따로 사용하여 각각 판별 변수를 계산하지만 이를 종합하여 결함을 수치화한다.

- Y: Y 신호만을 사용하며 판별 변수를 계산한다.

3. 시험 영역 크기 및 위치

시험 영역의 개수, 크기, 위치를 나타내며, tr_N, trn_X, trn_Y, trn_P의 항목으로 구성된다. 여기에서 n (0 ≤ n ≤ to_N-1)은 시험 영역의 일련번호이며, tr_N이 0 또는 1일 때에는 n을 표기하지 않는다.

- tr_N: 하나의 시험 대상에 대해 사용되는 시험 영역의 개수를 나타낸 값이다. tr_N이 0일 때에는 프레임 전체를 가로 tr_X, 세로 tr_Y 크기로 나누고, 시험 대상에 대응하는 모든 화소 영역이 시험 영역이 된다. 이때, tr_P는 표기하지 않는다. tr_N이 1일 때에는 가로 tr_X, 세로 tr_Y 크기를 가진 1개의 시험 영역만이 사용되며, 시험 영역이 시험 대상과 일치하지 않는 경우에만 tr_P를 표기한다.
- trn_X, trn_Y: 각각 n번째 시험 영역의 가로 및 세로 크기를 화소 단위로 나타낸 값이다.
- trn_P: n번째 시험 영역의 위치를 프레임에서의 상대적 위치 또는 화소 단위의 절대 위치로 나타낸 값이다. trn_P는 x 위치, y 위치의 조합으로 표시되며, 각각은 프레임 상에서의 상대적 위치를 나타내는 문자인 L (left), R (right), T (top), B (bottom), C (center) 중 하나이거나 시험 대상의 왼쪽 위 화소의 절대 위치 값을 기준으로 한 시험 영역의 왼쪽 위 화소의 상대 위치 값을 가진다. 즉 tr0_P = (L,T)이면 0번째 시험 영역이 프레임의 왼쪽 위 모서리에 위치하는 것을 의미하며, tr2_P = (1,1)이면 2번째 시험 영역은 왼쪽 위 화소거리의 상대 위치가 시험 대상에 대해 (1,1)임을 의미한다.

VII. 판별 변수

판별 변수는 시험 대상에서 계산된 수치화된 결함을 말한다. 각각의 시험 대상에 대해 시험 영역의 화소값으로부터 하나 또는 다수의 판별 변수를 계산한 후, 판별 규칙에 의해 불량률 판별한다.

1. 판별 변수명

규정하고자 하는 판별 변수의 이름을 나타낸다. 사용자는 임의의 판별 변수명을 사용할 수 있다.

2. 판별 변수 계산 방법

시험 영역의 영상 신호로부터 판별변수를 계산하는 방법을 나타내며, 문장 또는 수학적식으로 표현할 수도

있고, 다음과 같이 이 기술 방법에서만 사용하는 전용 기호로 표현할 수도 있다.

(1) VAL(색형식, 위치형식)

색형식 인자로 지정된 색 신호에 대해 위치형식 인자로 지정된 영역의 화소값을 사용한다. 색형식 인자는 R, G, B, Y 중 하나이며, 위치형식 인자는 다음 중 하나이다.

- TO: 시험 대상이 하나의 화소만으로 구성될 때 해당 화소를 대상으로 한다.
- TR: 시험 영역이 하나의 화소만으로 구성될 때 해당 화소를 대상으로 한다.
- x,y: 시험 영역의 왼쪽 위 화소를 기준으로 (x,y) 위치의 화소를 대상으로 한다.

(2) AVG((색형식), 위치형식 {, 위치형식2, 위치형식3...} {,표현수식})

색형식 인자로 지정된 색 신호에 대해 위치형식 인자로 지정된 영역 내의 모든 화소를 대상으로 평균값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다. 색형식 인자는 R, G, B, Y 중 하나이며, 생략된 경우에는 표현수식으로 지정된 수식이 사용하는 색 신호를 따른다.

표현수식 인자는 평균값을 계산할 때 화소값이 아니라 표현수식으로 지정된 수식의 계산값에 대해 평균값을 계산하며, 생략된 경우에는 화소값의 평균값을 계산한다.

위치형식 인자는 다음 중 하나이며, 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 위치형식2, 위치형식3...과 같이 여러 개의 인자를 사용할 수 있다.

- TR: 시험 영역의 모든 화소를 대상으로 평균값을 계산한다. 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 TRn으로 표현할 수 있다.
- x1,y1,x2,y2: 시험 영역의 왼쪽 위 화소를 기준으로 (x1,y1) 위치로부터 (x2,y2) 위치까지의 모든 화소를 대상으로 평균값을 계산한다.

(3) SUM((색형식), 위치형식 {, 위치형식2, 위치형식3...} {,표현수식})

색형식 인자로 지정된 색 신호에 대해 위치형식 인자로 지정된 영역 내의 모든 화소를 대상으로 합을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다. 색형식 인자는 R, G, B, Y 중 하나이며, 생략된 경우에는 표현수식으로 지정된 수식이 사용하는 색 신호를 따른다.

표현수식 인자는 합을 계산할 때 화소값이 아니라 표현수식으로 지정된 수식의 계산값에 대해 합을 계산하며, 생략된 경우에는 화소값의 합을 계산한다.

위치형식 인자는 다음 중 하나이며, 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 위치형식2, 위치형식3...과 같이 여러 개의 인자를 사용할 수 있다.

- TR: 시험 영역의 모든 화소를 대상으로 합을 계산한다. 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 TR_n 으로 표현할 수 있다.
- $x1,y1,x2,y2$: 시험 영역의 왼쪽 위 화소를 기준으로 $(x1,y1)$ 위치로부터 $(x2,y2)$ 위치까지의 모든 화소를 대상으로 합을 계산한다.

(4) MAX({색형식}, 위치형식 {, 위치형식2, 위치형식3...}) {,표현수식}

색형식 인자로 지정된 색 신호에 대해 위치형식 인자로 지정된 영역 내의 모든 화소를 대상으로 최대값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다. 색형식 인자는 R, G, B, Y 중 하나이며, 생략된 경우에는 표현수식으로 지정된 수식이 사용하는 색 신호를 따른다.

표현수식 인자는 최대값을 계산할 때 화소값이 아니라 표현수식으로 지정된 수식의 계산값에 대해 최대값을 계산하며, 생략된 경우에는 화소값의 최대값을 계산한다.

위치형식 인자는 다음 중 하나이며, 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 위치형식2, 위치형식3...과 같이 여러 개의 인자를 사용할 수 있다.

- TR: 시험 영역의 모든 화소를 대상으로 최대값을 계산한다. 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 TR_n 으로 표현할 수 있다.
- $x1,y1,x2,y2$: 시험 영역의 왼쪽 위 화소를 기준으로 $(x1,y1)$ 위치로부터 $(x2,y2)$ 위치까지의 모든 화소를 대상으로 최대값을 계산한다.

(5) MIN({색형식}, 위치형식 {, 위치형식2, 위치형식3...}) {,표현수식}

색형식 인자로 지정된 색 신호에 대해 위치형식 인자로 지정된 영역 내의 모든 화소를 대상으로 최소값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다. 색형식 인자는 R, G, B, Y 중 하나이며, 생략된 경우에는 표현수식으로 지정된 수식이 사용하는 색 신호를 따른다.

표현수식 인자는 최소값을 계산할 때 화소값이 아니라 표현수식으로 지정된 수식의 계산값에 대해 최소값을 계산하며, 생략된 경우에는 화소값의 최소값을 계산한다.

위치형식 인자는 다음 중 하나이며, 시험 영역이

여러 개 정의된 경우에는 위치형식2, 위치형식3...과 같이 여러 개의 인자를 사용할 수 있다.

- TR: 시험 영역의 모든 화소를 대상으로 최소값을 계산한다. 시험 영역이 여러 개 정의된 경우에는 TR_n 으로 표현할 수 있다.
- $x1,y1,x2,y2$: 시험 영역의 왼쪽 위 화소를 기준으로 $(x1,y1)$ 위치로부터 $(x2,y2)$ 위치까지의 모든 화소를 대상으로 최소값을 계산한다.

(6) avg(변수1, 변수2 {, 변수3, 변수4...})

변수1, 변수2... 인자의 평균값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다.

(7) sum(변수1, 변수2 {, 변수3, 변수4...})

변수1, 변수2... 인자의 합을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다.

(8) max(변수1, 변수2 {, 변수3, 변수4...})

변수1, 변수2... 인자의 최대값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다.

(9) min(변수1, 변수2 {, 변수3, 변수4...})

변수1, 변수2... 인자의 최소값을 구한다. { }안의 내용은 생략이 가능하다.

VIII. 판별 규칙

판별 규칙은 하나 또는 다수의 판별 변수로부터 이미지 센서 및 모듈의 불량을 판정하는 수식화된 규칙을 말한다.

1. 판별 형태

시험 대상의 결함을 판단하는 방식을 나타내며, 초과, 미달, 범위외, 범위내, 일치, 불일치의 6가지가 있다. 이들 각각은 결함 판별을 위한 기준치를 가지고 있다.

- 초과: 판별변수가 상한값을 초과하면 결함으로 판별한다.
- 미달: 판별변수가 하한값에 미달하면 결함으로 판별한다.
- 범위외: 판별변수가 상한값을 초과하거나 하한값에 미달하면 결함으로 판별한다.
- 범위내: 판별변수가 하한값과 상한값 사이에 있으면 결함으로 판별한다.
- 일치: 판별변수가 특정값과 일치하면 결함으로 판

별한다.

- 불일치: 판별변수가 특정값과 일치하지 않으면 결합으로 판별한다.

2. 판별 기준치

시험 대상의 결함을 판단하는 기준치를 말하며, 하한값, 상한값, 특정값의 3가지 항목으로 구성된다. 일반적으로 동일한 목적으로 사용되는 동일한 테스트의 경우에도 이미징 센서 및 모듈의 사용 목적이나 장착될 기기가 다르면 시험이 엄격해지기도 하고 느슨해지기도 한다. 따라서 판별 기준치의 구체적인 수치는 규정하지 않거나 권장값만을 규정하고 시험 수행자가 시험 목적에 맞도록 적당한 판별 기준치의 값을 골라서 사용할 수도 있다.

- 하한값: 낮은 쪽의 기준치이며, 결합 판별 형태가 미달, 범위의, 또는 범위내일 때 사용한다.
- 상한값: 높은 쪽의 기준치이며, 결합 판별 형태가 초과, 범위의, 또는 범위내일 때 사용한다.
- 특정값: 특정 값과의 일치 여부를 판단하는데 사용되는 기준치이며, 결합 판별 형태가 일치 또는 불일치일 때 사용한다

IX. 판별 규칙

1. 색온도 종류

사용 광원의 색온도를 나타내며, A, B, C, D50, D55, D65, D75, F11(TL84), T_n 의 9가지가 있다. T_n 은 임의 색온도 광원이며, 나머지는 국제 조명 위원회 (CIE)에서 정의한 표준 광원[6]이다. 사용 광원의 색온도는 중심 값만 규정하며 편차는 별도로 규정하지 않는다.

- A: 색온도가 2856 K에 가까운 백열전구, 할로겐 램프 광원에 해당한다.
- B: 색온도가 4874 K에 가까운 주광색 광원에 해당한다.
- C: 색온도가 6774 K에 가까운 주광색 광원에 해당한다.
- D50: 색온도가 5000 K에 가까운 주광색 광원에 해당한다.
- D55: 색온도가 5500 K에 가까운 주광색 광원에 해당한다.
- D65: 색온도가 6500 K에 가까운 주광색 광원. 일반적인 자연광에 해당한다.

- D75: 색온도가 7500 K에 가까운 주광색 광원에 해당한다.
- F11 (TL84): 색온도가 4100 K에 가까운 삼파장 램프 광원. 사무실, 상점 등의 조명에 해당한다.
- T_n 색온도가 n K에 가까운 임의의 색온도를 가지는 광원이다.

2. 조도 종류

사용 광원의 조도를 나타내며, D, W1, W2, L_n 의 4가지가 있다. D는 저조도 광원, W1과 W2는 일반 조도 광원에 해당하며, L_n 은 임의 조도 광원이다. 광원의 조도는 중심 값만 규정하며, 편차는 별도로 규정하지 않는다.

- D: 빛의 완전 차단 또는 조도가 거의 0 럭스에 가까운 저조도 광원에 해당한다.
- W1: 조도가 500 럭스에 가까운 일반 조도 광원에 해당한다.
- W2: 조도가 1000 럭스에 가까운 일반 조도 광원에 해당한다.
- L_n : 조도가 n 럭스에 가까운 임의 조도 광원에 해당한다. n 은 0~2000 사이의 값을 가져야 한다.

3. 조사 종류

사용 광원에서 조사된 빛이 이미징 센서 및 모듈에 도달하는 형태를 나타내며, 투과형과 반사형의 2가지가 있다.

- 투과형: 사용광원을 이미징 센서 및 모듈에 직접 조사한다.
- 반사형: 사용광원을 표준 차트에 조사한 후, 반사된 영상을 이미징 센서 및 모듈로 취득한다.

X. 실제 테스트에서 시험 사양의 기술 방법

그림 1은 산업체에서 자주 사용되어 사실상 표준으로 굳어진 11개 표준 테스트의 하나인 일반 조도 그늘 테스트 (white-shading test)를 나타낸 것이다. 일반적으로 이미징 센서를 렌즈와 결합한 모듈의 경우, 렌즈의 광학적 특성 때문에 프레임의 가장자리 부분에 비해 가운데 부분이 더 밝게 나오는 결함이 발생할 수 있다.

이러한 결함을 판별하기 위해서는 프레임의 가장자리 부분과 가운데 부분을 골라서, 가장자리 부분의

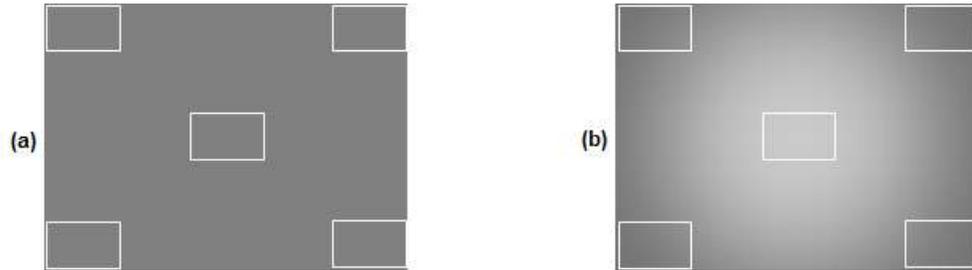


Fig. 1. White-shading test. (a) Normal. (b) Fault.

그림 1. 일반 조도 그늘 테스트. (a) 정상. (b) 불량.

화소값이 가운데 부분의 화소값보다 현저하게 낮으면 불량으로 판별하면 된다. 실제 테스트에서는 프레임의 네 가장자리 부분과 가운데 부분을 선택한 다음, 가장자리 부분의 화소 중 최소값과 가운데 부분의 화소 중 최대값의 비가 일정 수준에 못미칠 때 불량으로 판별하게 된다.

본 논문에서 제안한 기술 방법으로 실제 테스트의 시험 사양을 기술하는 과정은 다음과 같이 설명할 수 있으며, 기술된 시험 사양은 표 2와 같다.

1. 각 항목 값의 종류 지정 방법

시험 사양은 표 2에서 정의된 대로 시험명, 센서 정보, 시험 대상, 시험 영역, 판별 변수, 판별 규칙, 광원 정보의 7개 상위 항목으로 구성되며 이들은 각각 다수의 중위 항목 및 하위 항목으로 구성된다.

표 2에서 각각의 상위, 중위, 하위 항목은 자체적인 값을 가지게 되는데, 이들 값의 종류는 지정값, 권장값, 사용자값, 사용불가의 4가지 중 하나로 지정된다.

예를 들어 일반 조도 그늘 테스트에서 시험 영역의 위치는 반드시 가장자리 또는 가운데 부분이어야 하기 때문에 위치가 지정된 지정값이 된다. 시험 영역의 크기는 일반적으로 100×100 화소가 사용되지만 프레임이 훨씬 크거나 작은 경우 시험 영역의 크기를 조절할 필요가 있다. 따라서 시험 영역의 크기는 테스트에서 권장하는 값을 가지지만 사용자가 조절할 수 있는 권장값이 된다. 이 테스트는 프레임별로 한번 씩만 판별 변수를 계산하기 때문에 시험 대상은 프레임이 되며, 프레임의 크기가 이미지 센서 및 모듈에 따라 다르기 때문에 fr_X, fr_Y는 테스트에서 권장하는 값이 없는 사용자값이 된다. 또한 시험 대상이 프레임이기 때문에 to_P는 사용불가가 된다.

2. 시험명

(1) 시험명

- 종류: 테스트의 이름을 지정하여 사용하기 때문에 지정값이 된다.
- 값: “일반 조도 그늘 테스트”가 기입된다.

3. 센서 정보

(1) 센서 종류

- 종류: 이미지 센서마다 센서 종류가 다르므로 사용자값이 된다.
- 값: 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(2) 색 취득 종류

- 종류: 이미지 센서는 대부분 베이어 취득을 사용하나 다른 취득 방법을 사용할 수 있으므로 권장값이 된다.
- 값: 권장값인 “베이어 취득”이나 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(3) 색 취득 형태

- 종류: 이미지 센서마다 색 취득 형태가 다르므로 사용자값이 된다.
- 값: 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(4) 밝기 변환 방법

- 종류: 이미지 센서마다 밝기 변환 방법이 다르므로 사용자값이 된다.
- 값: 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(5) 색 보간 방법

Table 2. Test specification of white-shading test
 표 2. 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	$W_SHD_YMIN = \min(Y, TR1, TR2, TR3, TR4)$ $W_SHD_YMAX = \max(Y, TR0)$ $W_SHD = W_SHD_YMIN / W_SHD_YMAX \times 100(\%)$

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

- 종류: 이미지 센서마다 색 보간 방법이 다르므로 사용자값이 된다.

- 값: 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(6) 프레임 크기

- 종류: 이미지 센서마다 프레임 크기가 다르므로 fr_X, fr_Y 모두 사용자값이 된다.

- 값: 사용자가 선택한 값이 기입된다.

4. 시험 대상

(1) 시험 대상 종류

- 종류: 프레임 별로만 시험을 수행하므로 지정값이 된다.

- 값: “프레임 대상”으로 기입된다.

(2) 시험 대상 크기 및 위치

- 종류: 프레임 별로만 시험을 수행하므로 to_N, to_X, to_Y는 지정값이 되고, 시험 대상이 하나이므로 to_P는 사용하지 않아 사용불가가 된다.

- 값: 시험 대상을 프레임으로 지정하기 위해 to_N, to_X, to_Y는 각각 “1”, fr_X과 동일한 값, fr_Y와 동일한 값으로 기입되고, to_P는 기입되지 않는다.

5. 시험 영역

(1) 시험 영역 종류

- 종류: 프레임에서 일부 영역의 화소값만 비교하여 시험을 수행하므로 지정값이 된다.

- 값: 프레임을 영역으로 나누어 영역마다 비교하는 것이 아니라 몇 개의 영역만 비교하므로 “영역 대상”이 아닌 “구역 대상”으로 기입된다.

(2) 시험 영역 서식

- 종류: 화소값의 휘도만 비교하여 시험을 수행하므로 지정값이 된다.

- 값: “Y”로 기입된다.

(3) 시험 영역 크기 및 위치

- 종류: 5개 시험 영역의 위치는 4개의 가장자리 영역과 가운데 영역만 시험을 수행하므로 시험 영역의 개수와 위치인 tr_N, tr0_P, tr1_P, tr2_P, tr3_P는 지정값이 되고, 시험 영역의 크기는 대부분 100×100 화소를 사용하지만 다른 크기를 사용할 수 있으므로 tr0_X, tr0_Y, tr1_X, tr1_Y, tr2_X, tr2_Y, tr3_X, tr3_Y, tr4_X, tr4_Y는 권장값이 된다.

- 값: 시험 영역의 위치를 4개의 가장자리 영역과 가운데 영역으로 지정하기 위해 tr_N, tr0_P, tr1_P, tr2_P, tr3_P는 각각 “1”, “(C,C)”, “(L,T)”, “(L,B)”, “(R,T)”, “(R,B)”로 기입되고, tr0_X, tr0_Y, tr1_X, tr1_Y, tr2_X, tr2_Y, tr3_X, tr3_Y, tr4_X, tr4_Y는 권장값인 “100”이나 사용자가 선택한 값이 기입된다.

6. 판별 변수

(1) 판별 변수명

- 종류: 결함을 수치화하는 변수를 지정하여 사용하므로 지정값이 된다..

- 값: “W_SHD”로 기입된다.

(2) 판별 변수 계산 방법

- 종류: 결함을 수치화하는 변수를 계산하는 방법을 지정하여 사용하므로 지정값이 된다..

- 값: W_SHD는 가장자리 부분인 TR1, TR2, TR3, TR4의 화소 중 최소값, 즉 W_SHD_YMIN=MIN(Y, TR1, TR2, TR3, TR4)과 가운데 부분인 TR0의 화

소 중 최대값, 즉 $W_SHD_YMAX=MAX(Y,TR0)$ 의 비를 % 단위로 계산되므로
 $W_SHD_YMIN=MIN(Y, TR1, TR2, TR3, TR4)$
 $W_SHD_YMAX=MAX(Y,TR0)$
 $W_SHD=W_SHD_YMIN/W_SHD_YMAX\times 100(\%)$ 로 기입된다.

7. 판별 규칙

(1) 판별 형태

- 종류: W_SHD를 비교하는 규칙을 지정하여 사용하므로 지정값이 된다.
- 값: W_SHD가 일정 수준에 못미치는 지를 비교하여 시험을 수행하므로 “미달”로 기입된다.

(2) 판별 기준치

- 종류: W_SHD가 미달하는지만 판단하며 불량으로 판단하는 기준치는 대부분 40을 사용하지만 다른 기준치를 사용할 수 있으므로 하한값은 권장값이 되고 상한값과 특정값은 사용하지 않아 사용불가가 된다.
- 값: 하한값은 권장값인 “40”이나 사용자가 선택한 값이 기입되고, 상한값과 특정값은 기입되지 않는다.

8. 광원 정보

(1) 색온도 종류

- 종류: 일반 조도 테스트는 대체적으로 D65 또는 F11(TL84)를 사용하지만 다른 색온도를 사용할 수 있으므로 권장값이 된다.
- 값: “D65 또는 F11(TL84)”이나 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(2) 조도 종류

- 종류: 일반 조도 테스트는 대체적으로 W1 또는 W2의 밝기를 사용하지만 다른 조도를 사용할 수 있으므로 권장값이 된다.
- 값: “W1 또는 W2”이나 사용자가 선택한 값이 기입된다.

(3) 조사 종류

- 종류: 그늘 테스트는 대체적으로 투과형을 사용하지만 반사형을 사용할 수 있으므로 권장값이 된다.

- 값: “투과형”이나 사용자가 선택한 값이 기입된다.

XI. 결론

지금까지는 이미지 센서 및 모듈의 테스트 내용을 표준화된 형식이 아니라 임의 형식의 기술 문서로 전달해왔기 때문에 프로그래머가 매 테스트마다 기술 문서를 이해한 후 수작업으로 프로그램을 작성해야 했다. 따라서 기술 문서를 잘못 이해하여 프로그램이 잘못 작성될 위험이 높고 시간과 노력도 매우 많이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 프로그램 하나로 현재 사용되는 테스트를 거의 수용할 수 있도록 다양한 영상 취득 테스트를 단일 프레임워크로 표현하는 표준화된 기술 방법을 제안하였다.

제안하는 기술 방법은 모든 테스트를 테스트 사양이라는 단일 프레임워크로 묶고 이를 표 형태로 기술한다. 시험 사양에서는 테스트에 필요한 모든 내용을 항목 및 수식으로 표현하여 테스트 내용이 명확히 전달되도록 하였다. 시험 사양에서는 시험명, 센서 정보, 시험 대상, 시험 영역, 판별 변수, 판별 규칙, 광원 정보의 7개 상위 항목을 정의하였고, 각각의 상위 항목은 다수의 중위 항목 및 하위 항목으로 나누어 정의하였다. 또한 각 항목을 규정할 때의 표기법을 명확히 정의하였다.

제안하는 기술 방법으로 영상 취득 특성 테스트를 기술하면 읽는 사람이 주관적으로 잘못 해석할 위험이 없고, 통일된 형식을 사용하기 때문에 테스트 장비를 운영하기에 매우 용이하다. 이 기술 방법은 향후 이미지 센서 및 모듈의 설계자, 테스트 프로그램 개발자, 테스트 장비 운용자 모두에게 효율적인 설계 및 테스트를 수행할 수 있도록 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

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, "Standard Image Acquisition Characteristics Tests for Image Sensors and Modules", Journal of IKEEE, vol. 18, no. 1, pp. 77-95, Mar. 2014.
- [6] International Commission on Illumination, CIE 1976, "Uniform Color Spaces", 1976.

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