

Computer Vision용 조명 설계코드 개발

°안인모·이기상°
마산대학·단국대학교°

Development of Lighting Design Code for Computer Vision

In-Mo Ahn, Kee-Sang Lee
Masan College, Dankook University

Abstract- In industrial computer vision systems, the image quality is dependent on the parameters such as light source, illumination method, optics, and surface properties. Most of them are related with the lighting system, which is designed in heuristic, based on the designer's experimental knowledge. In this paper, a design code by which the optimal lighting method and light source for computer vision systems can be found are suggested based on experimental results. To prove the usefulness of the design code, it is applied to the lighting system design of the transistor marking inspection system and the results are presented.

1. 서 론

컴퓨터비전(Computer Vision)이라 함은 컴퓨터를 이용한 시각인식을 의미하며, CCD 카메라와 같은 영상취득 장치로 얻은 영상(Image)정보를 컴퓨터를 이용하여 해석하고 결과를 처리하는 기술이다. 컴퓨터비전시스템은 모든 산업분야에서 공장자동화 및 사무자동화를 위하여 활용되고 있다. 특히 자동화된 생산라인에서는 부품의 자동검출, 자동조립, 자동검사를 위하여 컴퓨터비전시스템에 대한 요구가 급속히 증대되고 있다. 이러한 공학분야의 응용을 특히 머신비전(Machine Vision)이라고 한다. 전형적인 공장자동화용 머신비전시스템의 구성은 그림 1과 같다.

여러 산업분야에서 컴퓨터비전의 적용이 시도되고 있지만, 실제 생산현장에서는 만족할만한 성과를 거두지 못하는 경우가 많다. 여기에는 컴퓨터비전에 관한 응용기술의 부족, 공정 및 제품에 대한 연구 또는 이해 부족 등에 그 원인이 있지만, 활용면에 있어서 가장 근본적인 문제점은 조명에서 찾을 수 있다.[1,2]

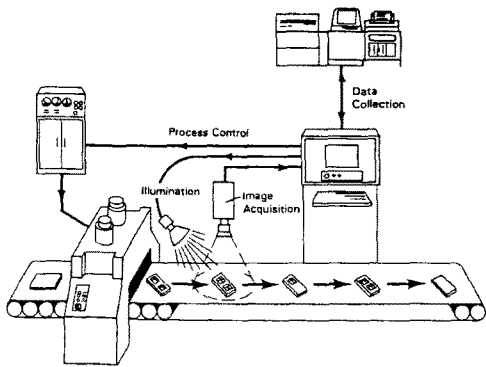


그림 1. 전형적인 머신비전시스템 구성
Fig. 1. Typical configuration of machine vision system

비전시스템에서 입력된 이미지가 적합하지 않은 경우에는 필

터링 등 전처리 및 결과 해석의 과정에서 여러 가지 복잡한 알고리즘을 필요로 하게 되며 이로 인해 시스템의 신뢰성저하, 처리시간 증가 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 보다 고속·고성능의 하드웨어시스템을 사용해야 하므로 기술적인 어려움이 뒤따르고 장비가격이 고가로 되어 경제성이 없어지게 된다. 그러므로 조명을 적절히 하여 좋은 이미지를 얻는 것이 가장 우선적인 일이다.

연구사례를 살펴보면, 국내에서는 일반적인 비전용 조명 설계 코드를 만드는 기본연구가 시도된 적이 있으며[2], PCB검사 비전시스템용 조명설계에 대한 내용을 다룬 적이 있다.[3] 국외에서는 비전시스템용 조명의 중요성을 인식한 다수의 전문가들에 의해 조명시스템에 관한 연구가 많이 이루어졌고 Dollan Jenner, NER등 전문회사도 많다. Uber는 비전 조명방법을 체계적으로 분류하고 분석하기 위해 조명시스템의 모델화를 시도하였으며[1], Wittels와 Zisk는 조명설계를 위한 기본적인 원칙을 제시하고 PCB검사를 위한 조명법을 설계하였고[4]. Novini는 컴퓨터비전에서 이용되는 조명법을 분류하고 사례별로 문제점을 제시하였으며[5], 조명설계 및 광학해석을 위한 전문가시스템을 연구하였다[6]. 또한 Hall은 검사알고리즘을 중심으로 구조조명법(Structured lighting method)을 검토하였다[7]. 그러나 대상물에 따라 그것에 맞는 조명시스템을 알 수 있는 설계 코드를 개발한 사례는 없다.

본 연구에서는 이들 자료에서 제시한 각 항목들과 현재 비전 시스템 설치 시 실제로 사용되고 있는 여러 가지 조명방법, 샘플테스트를 통하여 직접 확인한 조명방법들을 정리하여 일반화된 설계코드 항목으로 선정하였다. 그리고 각 유형별 대상물이 되는 시료를 선정하여 설계코드 항목 각각에 대하여 화상입력 실험을 통하여 이미지의 질이 가장 양호한 것을 최적의 조명으로 정하여 나가는 방법으로 코드를 체계화하여 조명방법 설계코드(표1)와 조명광원 설계코드(표2)를 만들었다. 또한 이러한 조명시스템 설계코드를 활용하여 TR(Transistor)의 마킹검사(Marking Inspection)를 위한 조명방법과 광원을 결정하고 실제 검사를 실행함으로써 본 연구에서 제시한 조명시스템 설계 코드의 신뢰성을 검증하였다.

2. 조명시스템 설계를 위한 기본 고찰

컴퓨터비전시스템의 조명장치를 설계하기 위해서는 비전시스템의 이미지처리 알고리즘에 적합한 이미지특성을 먼저 정의해야 한다. 이미지특성은 비전시스템에서 조명의 목적과 역할이 무엇인가 하는 문제에 대한 해답을 제시하며, 이는 비전시스템의 운용 목적과 밀접한 관계가 있다.

예를 들어, 비전시스템이 대상물의 형상검사를 목적으로 하는 경우에는 조명을 통해 그 형상이 명확히 나타나도록 해야 하며, 대상물의 표면에 있는 결함검사를 목적으로 한다면 그러한 결함이 강조되도록 하여야 한다. 또한 물체의 길이나 폭과 같은 치수를 측정하는 경우에는 조명을 이용하여 물체의 선단(edge)이 강조되도록 해야 한다.

이와 같이 설계자는 비전시스템이 최종적으로 얻고자 하는 정보의 종류와 그러한 정보를 생성하기 위한 이미지정보의 변

환과정을 함께 고려하여 적절한 이미지특성을 정의한다. 설계의 다음 단계는 그러한 이미지특성을 얻기 위한 조명위치와 방향의 설정, 조명 광원의 선택, 조도의 조정 등 일련의 과정을 거쳐 조명시스템을 설계하는 것이다. 조명시스템 설계 요소는 그림 2와 같이 대상물의 특성, 광원특성 및 조명 방법의 3가지로 분류되며[2], 설계 시 고려사항은 다음과 같다.

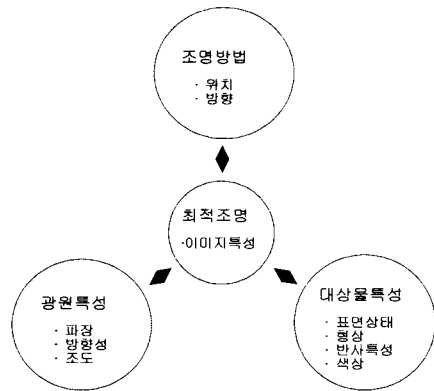


그림 2 조명시스템 구성요소
Fig. 2. Configuration of lighting system

(1) 검사대상물체의 특성: 대상물의 표면에 입사된 빛은 물체의 표면상태, 형상, 반사특성, 색상 등과 같은 물체가 갖는 고유 물리적 특성에 따라 그 조명효과가 달라지므로 설계자는 물체표면의 광학적인 특징을 고려해야 한다. 표면상태는 물체 표면의 반사 특성을 나타내는 것으로 표면반사는 전반사(specular reflection), 확산반사(diffuse reflection), 방향성반사(directional reflection), 복합반사(composite reflection)의 4가지 형태로 분류된다. 기하학적 형상은 평면, 곡면, 각주형으로 분류하고 색상은 스펙트럼 분포를 고려한다.

(2) 광원의 특성: 광원은 자기 고유의 파장과 확산성을 가지므로 검사대상에 따라 적합한 광학적 특성을 만족해야 하며 이와 함께 경제적인 측면도 고려되어야 한다. 컴퓨터비전에 사용되는 광원은 할로겐(halogen), 형광(fluorescent), 적외선(infrared), LED(Light Emitting Diode), 헬륨네온(He-Ne)레이저, 다이오드레이저, 적외선레이저, 자외선(ultraviolet)레이저, 펄스레이저, Xenon flash tube등이 주로 사용된다.

(3) 조명방법: 조명방법은 대상 물체와 광원의 특성에 따른 상호 상관관계를 정의한다. 광원과 물체의 상호작용에 대한 분석을 통하여 설계자는 조명의 위치와 방향을 결정하게 되고 광원의 적합성 여부도 검토할 수 있다. 전면조명, 방향조명, 확산조명의 3종류로 분류한다.

3. 조명시스템 평가지표

흑백 비전시스템에서 조명의 결과를 판정할 수 있는 기준은 그레이 레벨(Grey Level)이다. 그림 3과 같이 판정 영역(20 x 20)에 있는 기준 화소(pixel)의 그레이 레벨 값(R)과 실제 입력된 화소 값(I)에 대한 오차(e)를 기준으로 조명의 질을 평가하기 위하여 Correlation 등을 도입할 수 있으나 여기서는 식(1)의 제곱편차(Square Error, SE)함수 F 를 평가지표(Performance Index)로 정의한다.

$$F = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n e_{kl}^2 \quad (1)$$

여기서

$$e = R - I, e_{kl} = R_{kl} - I_{kl}$$

R : 기준치

I : 입력치

이 평가지표 F 를 최소화하는 조명을 최적 조명상태로 판정한다. 그림(3-a)는 원하는 기준 화소값(R)이고 그림 3. b)는 화상입력시스템을 통해서 실제 입력된 화소값(I)의 예이다. 각 사각형내에 적힌 값은 화소의 gray level을 가리킨다. 이 값이 일치하는 값에 가까우면 가장 이상적인 상태로 볼 수 있기 때문에 조명방법과 광원을 바꾸어 가면서 F 를 측정하여 최소가 되는 조명시스템을 최적 조명으로 결정해 나간다.

15	16	19	20	20	20	140	140	153	154	50	50	52	52	20	20	20	20	120	150	150	150	50	50	50	50	
16	17	17	16	30	157	157	156	156	154	130	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	50	50	50	
17	21	20	21	30	157	158	159	159	140	140	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
16	19	20	22	156	157	158	158	152	151	50	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
17	20	21	25	156	156	156	156	150	151	50	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
18	20	23	30	150	152	150	150	150	150	50	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
19	18	22	154	152	152	152	152	152	151	50	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
22	20	22	150	150	150	150	150	150	150	50	50	50	50	20	20	20	20	150	150	150	150	150	150	50	50	
24	19	24	150	154	152	150	151	156	155	153	150	146	135	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
25	20	20	150	150	150	150	150	152	152	152	150	150	135	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
24	20	150	150	150	150	150	150	154	150	150	150	150	135	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
19	20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	147	50	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
20	20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	136	50	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
20	20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	138	50	50	50	50	50	20	20	20	150	150	150	150	50	50
130	130	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	133	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150	150	130	130	130
120	120	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	140	140	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150	130	130	130

a) 기준 화소값 (R) b) 입력 화소값 (I)

그림 3. 기준 윈도우의 화소값과 입력된 화소값의 비교
Fig. 3. Comparison between pixels in reference window and input window

4. 조명시스템 설계과정

조명시스템을 설계하는데 있어서 관련정보를 체계적으로 정리하여 일반화된 규칙을 얻는 것은 매우 어려운 일이다. 조명시스템의 구성요소를 명확히 모델링하여 분석하는 것이 곤란하고 광학적인 특성을 완벽히 파악하는 것도 쉽지 않기 때문이다. 본 연구에서는 기존의 연구에서 제시한 조명방법과[1-5], 현장에서 사용되고 있는 실제 적용 사례들을 조사하여 분류항목을 만들고 하나의 대상물에 대해 조명방법과 광원 각각에 대해서 화상을 입력한 후, 위의 평가지표를 이용하여 최적의 조명방법을 결정하고, 대상물을 바꾸어 같은 과정을 반복하여 적용대상과 대상물의 형상, 표면반사특성, 투과성 그리고 이동여부와 대상면에 대한 조건을 바꾸어 가면서 최적의 조명방법 하나씩을 결정하는 방식으로 전체적인 실험을 한 후 이들을 체계화하여 표1 조명방법 설계코드와, 표2 조명광원 설계코드의 결과를 얻어내었다. 그림 4는 조명시스템 설계과정에서의 정보흐름을 보여준다.

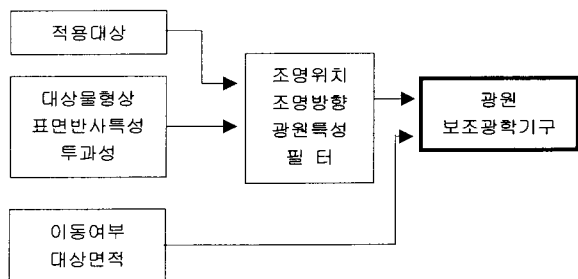


그림 4. 조명시스템 설계과정
Fig. 4. Design process of lighting system

그림에서 보는 바와 같이 적용대상, 대상물 형상, 투과성, 표면반사특성 등으로부터 조명위치, 방향, 광원특성, 필터 등의 조명방법을 결정한 후 물체의 이동여부와 대상면적을 함께 고려하여 적합한 광원을 선정한다.

4.1 조명방법 설계코드

조명방법을 결정하는 것은 조명의 위치와 방향, 광원의 특성을 결정하는 것과 같다.(그림 5) 광원과 물체 및 카메라의 상대적 위치를 나타내는 조명위치는 전면과 후면으로, 광원의 입사각을 나타내는 조명방향은 정방향, 경사방향, 측방향, 전방향으

로 분류하였으며, 광원으로부터 요구되는 빛의 특성은 일반적인 방향성 광원을 나타내는 직진광과 방향성을 최소화한 확산광, 평행광, 슬릿광으로 구분하였다. 그림 6은 조명방법을 결정하는데 필요한 항목들과 그 코드를 보여주며 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

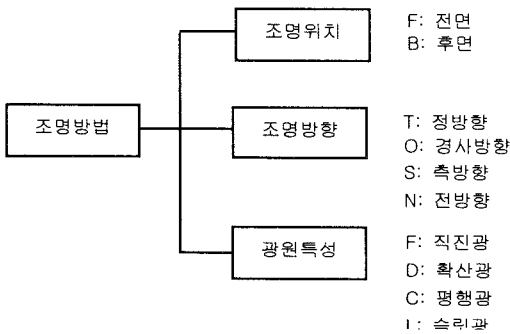


그림 5. 조명방법을 결정하는 요소
Fig. 5. Decision parameters of lighting method

4.1.1 적용대상

컴퓨터비전시스템의 운용 목적과 구체적인 대상을 나타낸다. 비전시스템의 운용 목적과 대상은 얻고자 하는 이미지특성과 이를 얻기 위해 요구되는 조명 특성과 밀접한 관계가 있다. 여기서는 컴퓨터비전의 응용분야를 측정(M), 검출(D), 형상검사(F)로 분류하고 이를 다시 보다 구체적으로 길이(L), 높이(H), 면적(A)과, 결합(D), 이물질(F), 오염(S) 그리고 마킹(M), 형상(G)으로 구분하였다.

4.1.2 대상물 형상

대상물의 형상은 조명되는 물체의 기하학적인 형상을 의미한다. 여기서는 기하학적 형상을 그림 7과 같이 비전응용에서 많이 나타나는 6가지로 분류하였다.

체의 치수 측정이나 형상검사가 행해진다.

C. 평면상의 동일면 : 평면상에 있는 입체형상을 검사대상으로 한다. 평면상에 인쇄된 마킹, 패턴검사, 금한 자국 검출 등이 여기에 속한다.

D. 평면상의 입체형상 : 평면상에 있는 입체형상을 검사대상으로 한다. 대상형상이 평면상에 돌출된 3차원적인 형상이므로 조명의 방향에 따라 그림자가 생기기 쉽다. 경우에 따라서는 돌출된 부분의 선단 모양을 선명히 하기 위해 인위적으로 그림자를 만들기도 한다.

E. 곡면상의 동일면 : 배경이 되는 곡면과 동일면상에 나타난 형상을 가리킨다. 배경이 곡면이고 대상형상도 곡면이므로 부분적인 전반사로 인한 반짝임과 조명의 불균일성에 대한 세심한 고려가 필요하다.

F. 곡면상의 입체형상 : 곡면상에 돌출한 입체형상을 나타낸다. 배경이 곡면이면서 대상이 입체형상이므로 조명의 불균일성과 그림자 효과에 따른 방향성을 고려해야 한다.

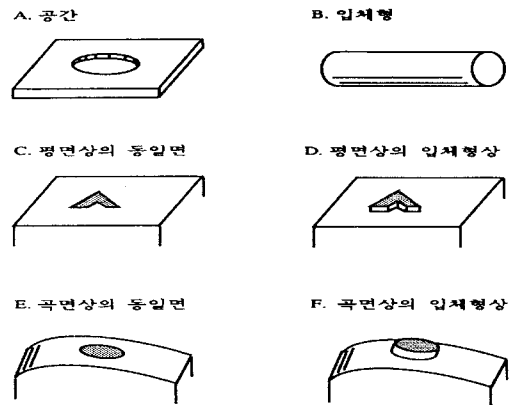


그림 7. 대상물 형상의 분류
Fig. 7. Grouping of object shape

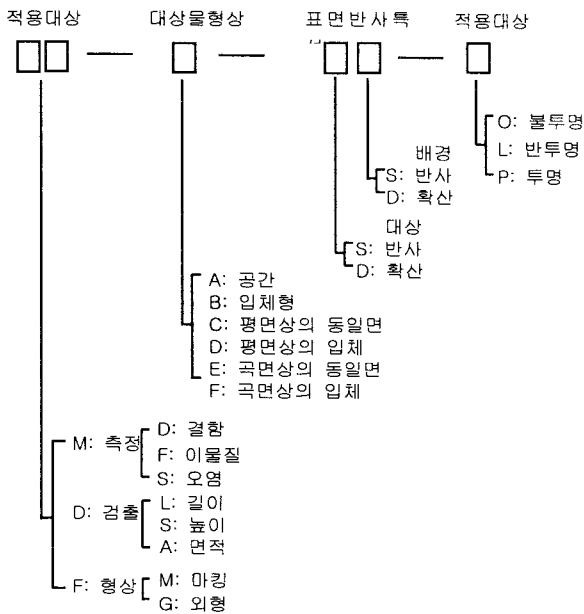


그림 6. 조명방법 설계코드
Fig. 6. Design code of lighting method

A. 공간 : 검사대상이 물체를 관통하고 있는 홀(hole)이나 물체사이의 간극인 경우를 나타낸다.

B. 입체형 : 입체 형상으로 된 물체의 전체적인 형상이 검사 대상인 경우를 나타내며, 주로 원통형, 각주형, 구형으로 된 물

표 1. 조명방법 설계코드와 조명방법 결정요소
Table 1. Design code and decision parameter of lighting method

조명방법 설계코드	조명방법 결정요소
DD-C-**-O	F-O-S
DS-C-**-P	B-T-S
DS-C-**-O	F-T-D
DF-C-**-P	F-O-D
DD-B-**-P	B-O-S
DD-C-**-P	B-O-S
DF-B-**-P	B-T-D
ML-B-**-O	B-T-D/C
ML-A-**-O	B-T-D
ML-D-**-O	F-O-S
ML-C-DD-O	F-O-D
ML-C-DS-O	F-O-S
ML-E-**-O	F-T-D
MH-**-O	F-O-L
FM-C-DD-O	F-T-D
FM-C-SD-O	F-O-D
FM-C-DS-O	F-O-D
FM-D-**-O	F-S-S
FM-E-DS-O	F-N-D
FM-E-DD-O	F-T-D
FM-C-**-P	B-T-D
FM-D-**-P	F-S-D
-D-**-O	F-O-S
-C-DD-O	F-T-D
FG-C-DS-O	F-O-S
FG-C-SS-O	F-O-S
FG-B-**-O	F-O-S

주) 1. *는 그 항목의 모든 경우가 해당됨을 나타냄
2. 조명방법 결정요소는 그림 5 참조

4.1.3 표면반사특성

표면의 반사특성은 반사(S)와 확산(D)으로 분류하여 대상형상의 표면 반사특성과 주위배경의 반사특성을 함께 정의한다. 앞에서 언급한 전반사 표면과 방향성 반사표면은 반사로, 확산반사 표면은 확산으로 분류하였다.

4.1.4 투과성

대상물의 광학적 특성으로 빛에 대한 투과성을 나타내며 불투명(O), 투명(P), 반투명(L)으로 분류하였다. 표 1은 위에서 설명한 항목 코드를 조합하고 일반적인 컴퓨터 비전 검사대상물을 중심으로 평가지표에 의한 실험 결과를 정리하여 작성한 조명방법 설계 코드와 이에 해당하는 구체적인 조명방법을 제시한 것이다.

4.2 조명광원 설계코드

조명광원을 결정하는 것은 광원의 종류와 보조 광학기구를 결정하는 것과 같다.(그림 8)

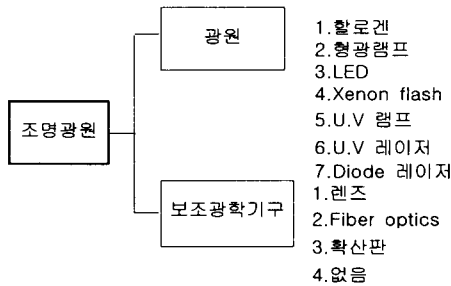


그림 8. 조명광원을 결정하는 요소
Fig. 8. Decision parameters of light source

조명광원을 결정하기 위해서는 실제로 적용대상광원특성, 대상면적, 대상물체의 이동여부 등에 대한 정보를 필요로 하지만 여기서는 보다 단순화하여 적용대상은 고려하지 않았다. 그림9에 조명광원 설계코드를 도시하였다.

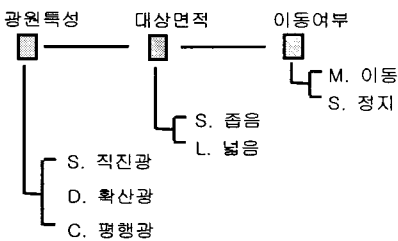


그림 9. 조명광원 설계코드
Fig. 9. Design code of light source

4.2.1 광원특성

광원특성은 조명방법을 결정하는 과정에서 정해진다. 여기서는 광원의 특징을 직진광(S), 확산광(D), 평행광(C), 슬릿광(L)으로 분류하였다.

4.2.2 대상면적

대상면적은 조명의 조도를 결정한다. 광원의 출력특성상 조명 가능한 대상면적이 제한될 수 있다. 10cm x 10cm의 면적을 기준으로 좁음(S)과 넓음(L)의 두 가지 경우로 분류하였다.

4.2.3 이동여부

물체의 이동여부를 이동(M)과 정지(S)로 나타내었다. 이동하는 물체의 경우 스트로보 조명을 필요로 하므로 이에 적합한 광원을 선택해야 한다.

표 2는 위에서 설명한 항목코드를 조합하여 일반적인 비전시스템 사례별로 분류한 조명광원 설계코드와 이에 해당하는 조명광원을 제시한 것이다. 이 표 역시 전술한 평가지표를 최소화(minimize)하는 경우를 최적으로 가정하여 설계코드를 결정한 결과이다.

표 2. 조명광원 설계코드와 조명광원 결정요소
Table 2. Design code and decision parameter of light source

조명광원 설계코드	조명광원 결정요소
D*-S	2-4
D-S*	3-3
D-L-M	4-3
S*-*	1-2
S-L-M	7-4
S-S*	3-4
C-S*	1-1
L-S*	7-1

주) 1. *는 그 항목의 모든 경우가 해당됨을 나타냄
2. 조명광원 결정요소는 그림 8 참조

5. TR 표면의 마킹검사를 위한 조명시스템

제시된 설계코드의 신뢰성을 검증하기 위하여 트랜지스터 표면의 마킹검사를 위한 비전시스템의 설계에 본 연구에서 제시한 조명시스템 설계코드를 도입하고 결과적인 조명시스템에 대한 실제 검사를 수행하였다. 트랜지스터의 표면은 평면이고 마킹은 동일 평면상에 인쇄되어 있으며, 레이저 마킹인 경우 표면은 빛이 반사되지 않는 회색빛을 띠며 마킹의 배경 즉 TR 팩키지는 검은색으로 매끈하면서 빛이 투과하지 않고 강하게 반사된다.(그림 10)

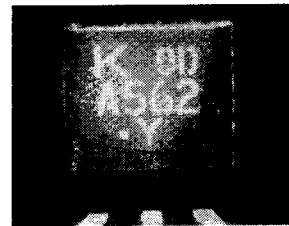


그림 10. 검사대상인 TR 마킹
Fig. 10. TR marking of inspection object

대상물에 대해 각 항목을 정리하면 다음과 같다.

- 적용대상 : 형상마킹검사
- 대상물 형상 : 평면상의 동일 면
- 표면반사특성 : 확산(대상), 반사(배경)
- 투과성 : 불투명

조명방법 설계코드에 의하면 이것은 FM-C-DS-O이고, 이에 적합한 조명방법 결정요소는 표 1에 의하면 F-O-D(확산광을 이용한 전면 경사방향 조명)이다. 한편 조명광원은 광원 특성, 대상면적, 이동여부를 나타내는 조명광원 설계코드를 이용하여 결정된다. 광원특성으로는 앞의 조명방법으로부터 확산광이 요구되고, 조명대상면적은 1cm² 이하의 좁은 평면이며 정지상태에서 검사가 수행되었다. 검사를 통해 얻은 각 특징은 다음과 같다.

- 광원특성 : 확산광
- 대상면적 : 좁음
- 이동여부 : 정지

그림 9로부터 조명광원 설계코드는 D-S-S이고 이에 대한

조명광원 결정요소는 표 2로부터 2-4(형광등을 광원으로 함) 혹은 3-3(LED를 광원으로 하고 확산판을 설치함)임을 알 수 있다. 따라서 조명방법 설계코드와 조명광원 설계코드로부터 결정된 조명방법과 광원을 정리하면 다음과 같다.

- 조명방법 : 전면, 경사방향, 확산조명
- 조명광원 : 1) 형광등 광원
2) 확산판을 이용한 LED 광원

제시된 조명방법을 검증하기 위해 전면 정방향과 경사방향 조명 각각에 대해 동일한 형광등 광원으로 검사의 신뢰도를 측정하였다.

표 3. 조명방법에 따른 판정 신뢰도 비교
Table 3. Comparison of reliability according to lighting method

조명 방법	양품(450개)		불량품(50개)		판정신뢰도 (%)
	양	불량	양	불량	
전면정방향	385	65	0	50	87
전면경사조명	445	5	5	45	98

표 3에서 보는 바와 같이 전면 정방향 조명의 판정 신뢰도는 87%에 불과하나, 전면 경사조명의 판정 신뢰도는 98%로 조명방법 설계코드에 의해 제시된 방법이 우수함을 알 수 있다.

한편 광원의 적합성을 검증하기 위해 일반적으로 많이 사용되는 할로겐 램프와 본 방법에서 제시된 확산광원인 형광등을 비교한 결과 할로겐은 99%, 형광등은 98%의 판정 신뢰도를 나타내었다.

표 4. 조명광원에 따른 판정 신뢰도 비교
Table 4. Comparison of reliability according to light source

조명 방법	양품(450개)		불량품(50개)		판정신뢰도 (%)
	양	불량	양	불량	
할로겐램프	450	0	1	9	99
형광램프	445	5	5	45	98

이러한 결과만으로 볼 때, 이 경우 광원의 영향은 매우 적은 것으로 볼 수 있으나 실제에 있어서는 그림 11과 같이 형광등의 경우 TR의 위치 및 자세 등의 변동에 따른 입사각 변화에 영향을 받지 않으나 할로겐의 경우에는 매우 민감한 반응을 나타내므로 전반적인 신뢰도 측면에서 확산조명이 적합함을 알 수 있다.

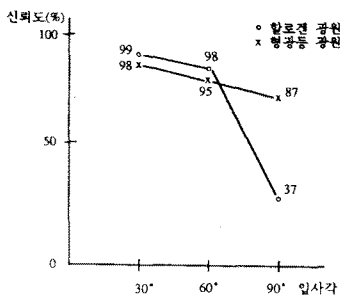


그림 11. 입사각에 따른 비전시스템의 신뢰도 변화
Fig. 11. Reliability of the vision system according to the variation of incidence angle

실제 현장에서 운용되고 있는 IC나 TR의 마킹검사시스템의 조명광원은 앞에서 제시된 또 다른 광원인 LED 광원이 많이 쓰이고 있다. 이것은 LED 광원의 경우 확산판을 이용하면 형광등과 동일한 확산광 효과를 낼 수 있으며, 소형경량으로 제작이 용이하고 수명 및 기계적인 특성이 우수하기 때문이다.

6. 결 론

본 연구에서는 컴퓨터비전시스템의 구축에 필요한 최적의 조명시스템을 설계하는 코드를 개발하였다. 이를 위해 조명시스템에 결정적으로 영향을 미치는 세 가지 요소, 즉 검사대상 물체의 물리적 특성, 광원 및 조명방법의 종류와 특성을 분석하고 이를 토대로 각 조건별 실험을 반복하고 그 결과에 근거하여 조명방법 설계코드와 광원 선정을 위한 조명광원 설계코드를 제시하였다. 제시된 조명시스템 설계코드를 이용하여 트랜지스터 마킹검사를 위한 조명시스템을 설계하고 이를 포함한 비전시스템의 성능을 고찰함으로써 제안된 조명 설계코드의 유용성을 입증하였다.

특정한 컴퓨터비전 시스템에 적합한 조명 시스템은 일반적으로 적용대상, 운용환경 및 요구되는 성능 등을 고려하여 몇 가지 안 중에서 설계자가 선택하는 것이 현실적이며, 이 과정에는 많은 경험칙과 Heuristic이 작용한다. 따라서 이론적, 경험적 설계지식을 기반으로한 컴퓨터비전용 조명시스템 설계 전문가시스템의 개발은 매우 중요한 의미가 있으며, 본 논문에서 제안된 조명설계코드는 이를 위한 기초자료로서 중요하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gordon T. Uber, "Illumination Methods for Machine Vision", Proc. SPIE, Vol 728 Optics, Illumination, and Image Sensing for Machine Vision, pp 93-102, 1986.
- [2] 이규봉, 안인모, 권창완, "Feasibility Study on the Development of the Most Appropriate Lighting System for Machine Vision", 한국생산기술연구원 연구보고서, pp 17-19, pp51-72, 1993
- [3] H.C. Na, Y.K. Ryu and H.S. Cho, "Design of a lighting system for PCB visual pattern inspection", J. KSME, Vol. 21, No. 1, pp. 1-11, 1997.
- [4] Norman Wittels and Stanley H. Zisk, "Lighting Design for Industrial Machine Vision", Proc. SPIE, Vol.728 Optics, Illumination, and Image Sensing for Machine Vision, pp 47-56, 1986.
- [5] Amir R. Novini, "Fundamentals of Machine Vision Lighting", Proc. SPIE, Vol.728 Optics, Illumination, and Image Sensing for Machine Vision, pp 84-92, 1986
- [6] Amir R. Novini, "Lighting and Optics Expert System for Machine Vision", SME Lighting and Optics Technology for Machine Vision Applications, pp 1-8, 1989.
- [7] Ernest L. Hall, "Structured Lighting for Automated Inspection", SME Lighting and Optics Technology for Machine Vision Applications, pp 1-6, 1989.