

## Development of the Lighting System Design Code for Computer Vision

安仁模\* · 李起常\*\*  
(In-Mo Ahn · Kee-Sang Lee)

**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. The design code is applied to the design of the lighting system for the transistor marking inspection system, and the overall performance of the machine vision system with the lighting system shows the effectiveness of the proposed design code.

**Key Words** : Computer Vision, 검사자동화, 조명설계

### 1. 서 론

컴퓨터 비전(computer vision)이라 함은 컴퓨터를 이용한 시각인식을 의미하며, CCD 카메라와 같은 영상취득장치로 얻은 영상정보를 컴퓨터를 이용하여 해석하고 결과를 처리하는 기술이다. 컴퓨터 비전 시스템은 모든 산업분야에서 공장 자동화 및 사무자동화를 위하여 활용되고 있다. 특히 자동화된 생산라인에서는 부품의 자동검출, 자동조립, 자동검사를 위하여 컴퓨터 비전 시스템에 대한 요구가 급속히 증대되고 있다. 이러한 공학분야의 응용을 특히 머신 비전 (machine vision)이라고 한다. 전형적인 공장자동화용 머신 비전 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

여러 산업분야에서 컴퓨터 비전의 적용이 시도되고 있지만, 실제 생산 현장에서는 만족할 만한 성과를 거두지 못하는 경우가 많다. 여기에는 컴퓨터 비전에 관한 응용 기술의 부족, 공정 및 제품에 대한 연구 또는 이해 부족 등에 그 원인이 있지만, 활용 면에 있어서 가장 근본적인 문제점은 조명에서 찾을 수 있다.[1,2]

비전 시스템에서 입력된 이미지가 적합하지 않은 경우에는 필터링 등 전처리 및 결과 해석의 과정에서 여러 가지 복잡한 알고리즘을 필요로 하게 되며 이로 인해 시스템의 신뢰성 저하, 처리시간 증가 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 보다 고속·고성능의 하드웨어 시스템을 사용해야 하므로 기술적인 어려움이 뒤따르고 장비가격이 고

가로 되어 경제성이 없어지게 된다. 그러므로 조명을 적절히 하여 좋은 이미지를 얻는 것이 가장 우선적인 일이다.

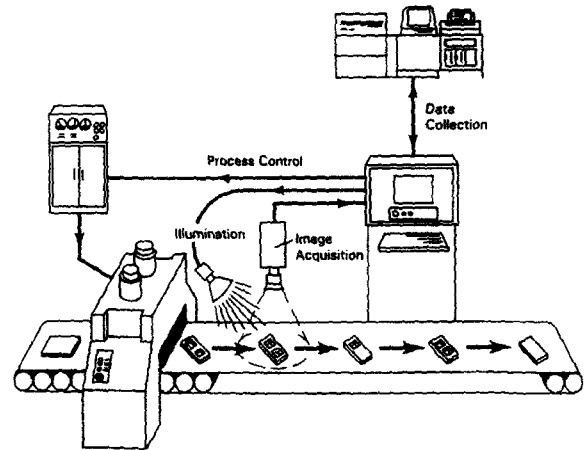


그림 1 전형적인 머신 비전 시스템 구성  
Fig. 1 Typical configuration of machine vision system

연구 사례를 살펴보면, 국내에서는 일반적인 비전용 조명 설계 코드를 만드는 기본연구가 시도된 적이 있으며[2], PCB 검사 비전 시스템용 조명 설계에 대한 내용을 다룬 적이 있다[3]. 국외에서는 비전 시스템용 조명의 중요성을 인식한 다수의 전문가들에 의해 조명 시스템에 관한 연구가 많이 이루어졌고 Dollan Jenner, NER 등 전문회사도 많다. Uber는 비전 조명 방법을 체계적으로 분류하고 분석하기 위해 조명 시스템의 모델화를 시도하였으며[1], Wittels와 Zisk는 조명 설계를 위한 기본적인 원칙을 제시하고 PCB검사를 위한 조명법

\* 正 會 員 : 馬山大學 컴퓨터電氣工學部 副敎授  
\*\* 正 會 員 : 檀國大學校 電氣電子컴퓨터工學部 敎授 · 工博  
接受日字 : 2002年 4月 19日  
最終完了 : 2002年 9月 26日

을 설계하였고[4]. Novini는 컴퓨터 비전에서 이용되는 조명 방법을 분류하고 사례별로 문제점을 제시하였으며[5], 조명 설계 및 광학해석을 위한 전문가 시스템을 연구하였다[6]. 또한 Hall은 검사알고리즘을 중심으로 구조조명법(structured lighting method)을 검토하였다[7]. 그러나 대상물에 따라 그것에 맞는 조명 시스템을 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 조명 방법, 샘플 테스트를 통하여 직접 확인한 조명 방법들을 정리하여 일반화된 설계 코드 항목으로 선정하였다. 그리고 각 유형별 대상물이 되는 시료를 선정하여 설계 코드 항목 각각에 대하여 화상입력 실험을 통하여 이미지의 질이 가장 양호한 것을 최적의 조명으로 정하여 나가는 방법으로 조명방법 결정 요소를 결정하여 조명 방법 설계 코드(표1)와 조명광원 설계 코드(표2)를 만들었다. 또한 이러한 조명 시스템 설계 코드를 트랜지스터의 마킹 검사(marking inspection)를 위한 조명 방법과 광원을 결정하는 과정에 적용하여 조명방법을 구하는 방법을 제시하였고 그 결과에 따라 얻어진 조명방법으로 실제 조명장치를 제작하고 검사를 실행하여 조명 시스템 설계 코드의 유용성을 확인하였다.

## 2. 조명 시스템 설계를 위한 기본 고찰

컴퓨터 비전 시스템의 조명장치를 설계하기 위해서는 비전 시스템의 이미지처리 알고리즘에 적합한 이미지특성을 먼저 정의해야 한다. 이미지특성은 비전 시스템에서 조명의 목적과 역할이 무엇인가 하는 문제에 대한 해답을 제시하며, 이는 비전 시스템의 운용 목적과 밀접한 관계가 있다.

예를 들어, 비전 시스템이 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 비전 시스템이 최종적으로 얻고자 하는 정보의 종류와 그러한 정보를 생성하기 위한 이미지정보의 변환과정을 함께 고려하여 적절한 이미지특성을 정의한다. 서케이 다오 다케는 이러한 이미지특성을 여기의 조명위치와 방향의 설정, 조명 광원의 선택, 조도의 조정 등 일련의 과정을 거쳐 조명 시스템을 설계하는 것이다. 조명 시스템 설계 요소는 그림 2와 같이 대상물의 특성, 광원특성 및 조명 방법의 3가지로 분류되며[2], 설계 시 고려사항은 다음과 같다.

(1) 검사 대상 물체의 특성: 대상물의 표면에 입사된 빛은 물체의 표면상태, 형상, 반사특성, 색상 등과 같은 물체가 갖는 고유의 물리적 특성에 따라 그 조명 효과가 달라지므로 설계자는 물체 표면의 광학적인 특징을 고려해야 한다. 표면상태는 물체 표면의 반사 특성을 나타내는 것으로 표면 반사는 전반사(specular reflection), 확산 반사(diffuse reflection), 방향성 반사(directional reflection), 복합 반사(composite reflection)의 4가지 형태로 분류된다. 기하학적 형상은 평면, 곡면, 각주형으로 분류하고 색상은 스펙트럼 분포를 고려한다.

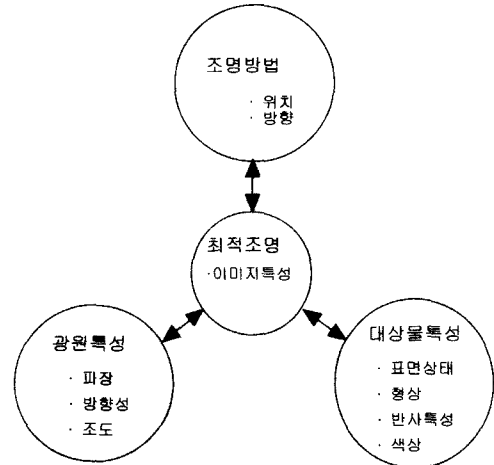


그림 2 조명 시스템 구성요소  
Fig. 2 Configuration of the lighting system

(2) 광원의 특성: 광원은 자기 고유의 파장과 확산성을 가지므로 검사 대상에 따라 적합한 광학적 특성을 만족해야 하며 이와 함께 경제적인 측면도 고려되어야 한다. 컴퓨터 비전에 사용되는 광원은 할로겐, 형광, 적외선, LED, 헬륨네온 레이저, 다이오드 레이저, 적외선 레이저, 자외선 레이저, 펄스 레이저, Xenon flash tube 등이 주로 사용된다.

(3) 조명 방법: 조명 방법은 대상 물체와 광원의 특성에 따른 상호 상관 관계를 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. 조명 시스템 평가지표

흑백 비전 시스템에서 조명의 결과를 판정할 수 있는 기준은 그레이 레벨이다. 그림 3과 같이 판정 영역(20 x 20)에 있는 기준 화소의 그레이 레벨 값( $R$ )과 실제 입력된 화소의 그레이 레벨 값( $I$ )에 대한 오차( $e$ )를 기준으로 조명의 질을 평가하기 위하여, 상관계수(correlation) 등을 도입할 수 있으나 여기서는 식(1)의 제곱편차 함수  $F$ 를 평가지표로 정의한다.

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

여기서

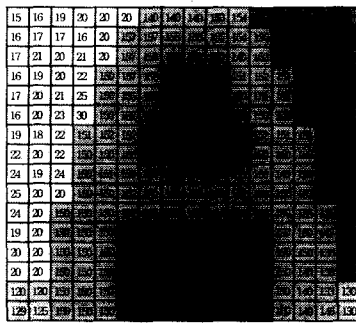
$$e = R - I, \quad e_{kl} = R_{kl} - I_{kl}$$

$R$  : 기준치

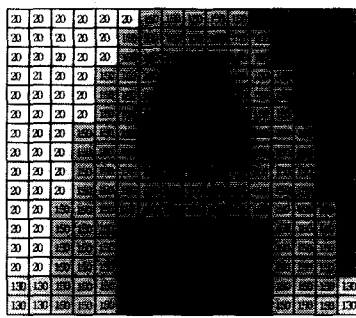
$I$  : 입력치

이 평가지표  $F$ 가 최소로 되는 조명을 최적 조명상태로 판정한다. 그림 3(a)는 원하는 기준 화소값( $R$ )이고 그림 3(b)는 화상 입력 시스템을 통해서 실제 입력된 화소값( $I$ )의 예이다. 각 사각형 내에 적힌 값은 화소의 그레이 레벨을 가

리킨다. 이 값이 일치하는 값에 가까우면 가장 이상적인 상태로 볼 수 있기 때문에 조명 방법과 광원을 바꾸어 가면서  $F$ 를 계산하여 이것이 최소가 되는 조명 시스템을 최적 조명으로 결정해 나간다. 조명 방법 설계코드에 열거된 모든 방법에 대해 가로 세로 각각 20 화소인 윈도우로부터 영상을 입력하여 (1)식의 평가지표 값을 구한 후 이들을 비교하여 가장 작은 값을 가지는 방법을 최적 조명으로 결정하여 조명 방법 결정 요소를 구한다.



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. 조명 시스템 설계 과정

조명 시스템을 설계하는데 있어서 관련 정보를 체계적으로 정리하여 일반화된 규칙을 얻는 것은 매우 어려운 일이다. 조명 시스템의 구성 요소를 명확히 모델링하여 분석하는 것이 곤란하고 광학적인 특성을 완벽히 파악하는 것도 쉽지 않기 때문이다. 본 연구에서는 기존의 연구에서 제시한 조명 방법과 광원 각각에 대해서 화상을 입력한 후, 위의 평가지표를 이용하여 최적의 조명 방법을 결정하고, 대상물을 바꾸어 같은 과정을 반복하여 적용대상과 대상물의 형상, 표면반사 특성, 투과성 그리고 이동 여부와 대상 면적에 대한 조건을 바꾸어 가면서 최적의 조명 방법 하나씩을 결정하는 방식으로 전체적인 실험을 한 후 이들을 체계화하여 표1 조명 방법 설계 코드와, 표2 조명 광원 설계 코드의 결과를 얻어낸다. 그림 4는 조명 시스템 설계 과정에서의 정보 흐름을 보여준다.

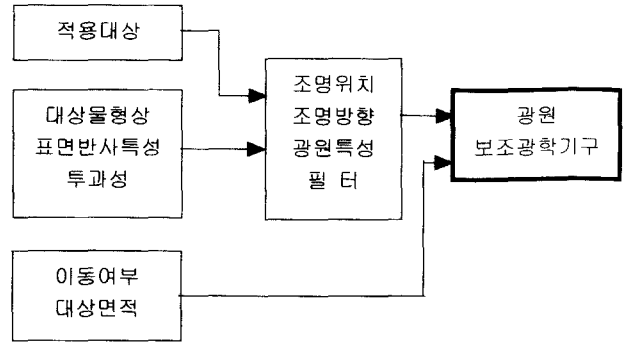


그림 4 조명 시스템 설계과정  
Fig. 4 Design process of the lighting system

그림에서 보는 바와 같이 적용 대상, 대상물 형상, 투과성, 표면 반사 특성 등으로부터 조명 위치, 방향, 광원 특성, 필터 등의 조명 방법을 결정한 후 물체의 이동 여부와 대상 면적을 함께 고려하여 적합한 광원을 선정한다.

#### 4.1 조명 방법 설계 코드

조명 방법을 결정하는 것은 조명의 위치와 방향, 광원의 특성을 결정하는 것과 같다.(그림 5) 광원과 물체 및 카메라의 상대적 위치를 나타내는 조명 위치는 전면과 후면으로, 광원의 입사각을 나타내는 조명 방향은 정방향, 경사방향, 측방향, 전방향으로 분류하였으며, 광원으로부터 요구되는 빛의 특성은 일반적인 방향성 광원을 나타내는 직진광과 방향성을 최소화한 확산광, 평행광, 슬릿광으로 구분하였다.

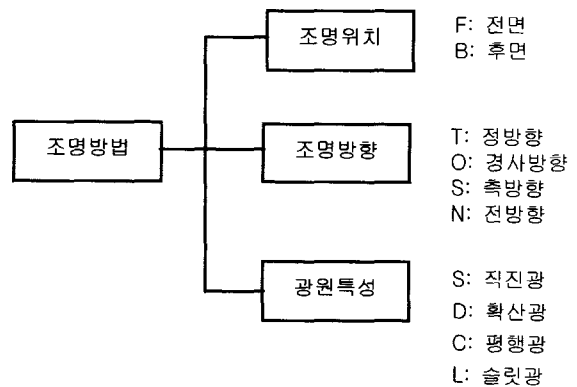


그림 5 조명방법을 결정하는 요소  
Fig. 5 Decision parameters of the lighting method

그림 6은 조명 방법을 결정하는데 필요한 항목들과 그 코드를 보여주며 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

#### 4.1.1 적용 대상

컴퓨터 비전 시스템의 운용 목적과 구체적인 대상을 나타낸다. 비전 시스템의 운용 목적과 대상은 얻고자 하는 이미지 특성과 이를 얻기 위해 요구되는 조명 특성과 밀접한 관

계가 있다. 여기서는 컴퓨터 비전의 응용 분야를 측정(M), 검출(D), 형상검사(F)로 분류하고 이를 다시 보다 구체적으로 길이(L), 높이(H), 면적(A)과, 결함(D), 이물질(F), 오염(S) 그리고 마킹(M), 형상(G)으로 구분하였다.

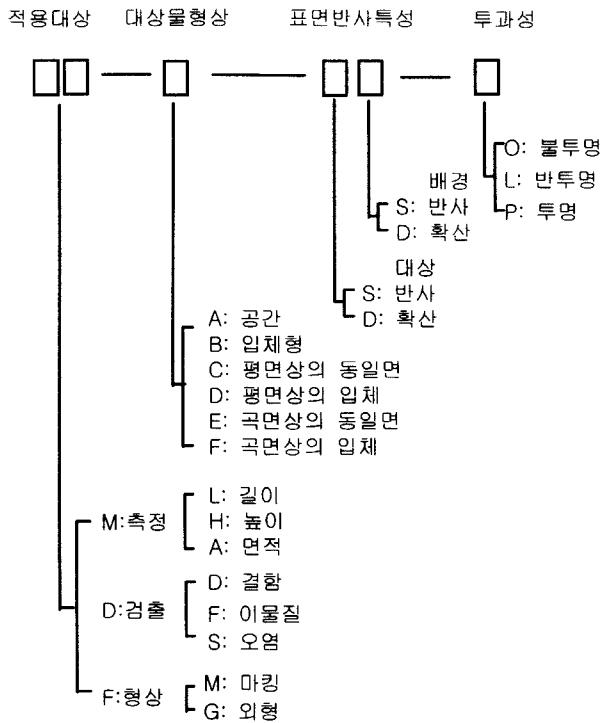


그림 6 조명방법 설계 코드  
Fig. 6 Design code of the lighting method

#### 4.1.2 대상물 형상

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

- A. 공간** : 검사 대상이 물체를 관통하고 있는 홀이나 물체 사이의 간극인 경우를 나타낸다.
- B. 입체형** : 입체 형상으로 된 물체의 전체적인 형상이 검사대상인 경우를 나타내며, 주로 원통형, 각주형, 구형으로 된 물체의 치수 측정이나 형상검사가 행해진다.
- C. 평면상의 동일면** : 평면상에 있는 입체형상을 검사대상으로 한다. 평면상에 인쇄된 마킹, 패턴검사, 굽힌 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 대상 형상도 곡면이므로 부분적인 전반사로 인한 반짝임과 조명의 불균일성에 대한 세심한 고려가 필요하다.

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

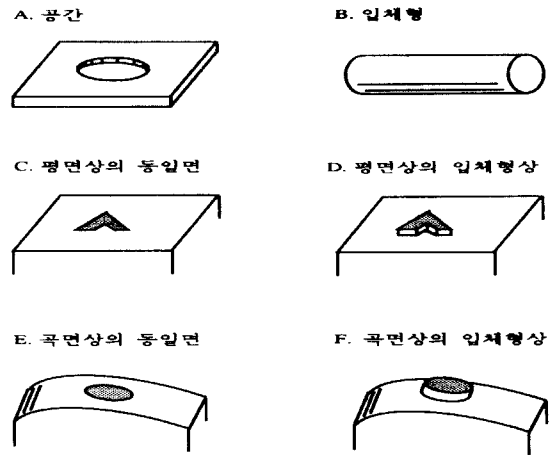


그림 7 대상물 형상의 분류  
Fig. 7 Grouping of object shape

표 1 조명방법 설계 코드와 조명방법 결정요소

Table 1 Design code and decision parameter of the lighting method

조명방법 설계 코드	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 표면 반사 특성

표면의 반사 특성은 반사(S)와 확산(D)으로 분류하여 대상 형상의 표면 반사 특성과 주위 배경의 반사 특성을 함께 정의한다. 앞장에서 언급한 전반사 표면과 방향성 반사표면은 반사도, 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 검사 대상물을 중심으로 평가지표에 의한 실험 결과를 정리하여 작성한 조명 방법 설계 코드와 이에 해당하는 구체적인 조명 방법을 제시한 것이다.

4.2 조명광원 설계 코드

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

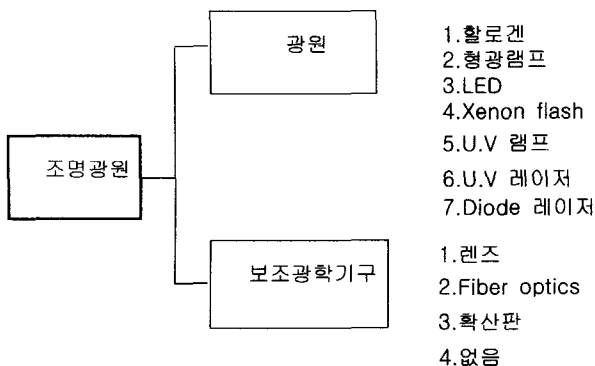


그림 8 조명광원을 결정하는 요소  
Fig. 8 Decision parameters of the light source

조명광원을 결정하기 위해서는 실제로 적용 대상 광원 특성, 대상 면적, 대상 물체의 이동 여부 등에 대한 정보를 필요로 하지만 여기서는 보다 단순화하여 적용대상은 고려하지 않았다. 그림9에 조명광원 설계 코드를 도시하였다.

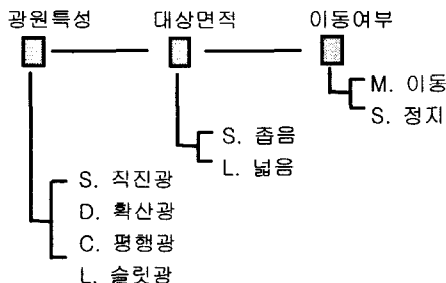


그림 9 조명광원 설계 코드  
Fig. 9 Design code of the light source

4.2.1 광원 특성

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

4.2.2 대상 면적

대상면적은 조명의 조도를 결정한다. 광원의 출력특성상 조명 가능한 대상면적이 제한될 수 있다. 10cm x 10cm 의 면적을 기준으로 좁음(S)과 넓은(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 항목 코드를 조합하여 일반적인 비전 시스템 사례별로 분류한 조명광원 설계 코드와 이에 해당하는 조명광원을 제시한 것이다. 이 표 역시 전술한 평가지표를 최소화하는 경우를 최적으로 가정하여 설계 코드를 결정한 결과이다.

표 2 조명광원 설계 코드와 조명광원 결정요소  
Table 2 Design code and decision parameter of the 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. 트랜지스터 표면의 마킹 검사를 위한 조명 시스템

제시된 설계 코드의 신뢰성을 검증하기 위하여 트랜지스터 표면의 마킹 검사를 위한 비전 시스템의 설계에 본 연구에서 제시한 조명 시스템 설계 코드를 도입하고 결과적인 조명 시스템에 대한 실제 검사를 수행하였다. 트랜지스터의 표면은 평면이고 마킹은 동일 평면상에 인쇄되어 있으며, 레이저 마킹인 경우 표면은 빛이 반사되지 않는 회색 빛을 띠며 마킹의 배경, 즉 트랜지스터 패키지는 검은색으로 매끈하면서 빛이 투과하지 않고 강하게 반사된다.(그림 10)

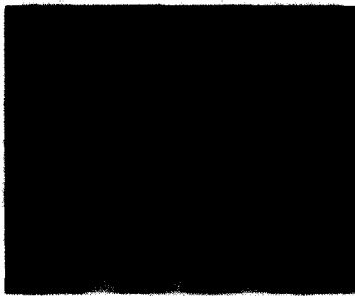


그림 10 검사대상인 TR 마킹  
Fig. 10 TR marking of inspection object

대상물에 대해 각 항목을 정리하면 다음과 같다.  
적용 대상은 형상 마킹 검사, 대상물 형상은 평면상의 동일 면, 표면 반사 특성은 확산(대상), 반사(배경) 그리고 투과성은 불투명에 해당된다.

조명 방법 설계 코드에 의하면 이것은 FM-C-DS-O이고, 이에 적합한 조명 방법 결정요소는 표 1에 의하면 F-O-D(확산광을 이용한 전면 경사방향 조명)이다. 한편 조명광원은 광원 특성, 대상면적, 이동여부를 나타내는 조명광원 설계 코드를 이용하여 결정된다. 광원특성으로는 앞의 조명 방법으로부터 확산광이 요구되고, 조명대상면적은 1 cm<sup>2</sup> 이하의 좁은 평면이며 정지상태에서 검사가 수행되었다. 검사를 통해 얻은 각 특징은 다음과 같다.

즉 광원 특성은 확산광, 대상 면적은 좁음, 이동 여부는 정지에 해당된다.

그림 9로부터 조명 광원 설계 코드는 D-S-S이고 이에 대한 조명 광원 결정요소는 표 2로부터 2-4(형광등을 광원으로 함) 혹은 3-3(LED)를 광원으로 하고 확산판을 설치함임을 알 수 있다. 따라서 조명 방법 설계 코드와 조명광원 설계 코드로부터 결정된 조명 방법과 광원을 정리하면 조명 방법은 전면, 경사 방향, 확산 조명, 조명 광원은 형광등 광원 또는 확산판을 이용한 LED 광원의 결과가 나온다.

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

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

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

조명 방법	샘플(500개)		양품(450개)		불량품(50개)		판정신뢰도 (%)
	양	불량	양	불량	양	불량	
전면정방향	385	65	0	50			87
전면경사조명	445	5	5	45			98

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 the light source

조명 방법	샘플(500개)		양품(450개)		불량품(50개)		판정신뢰도 (%)
	양	불량	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 트랜지스터의 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.

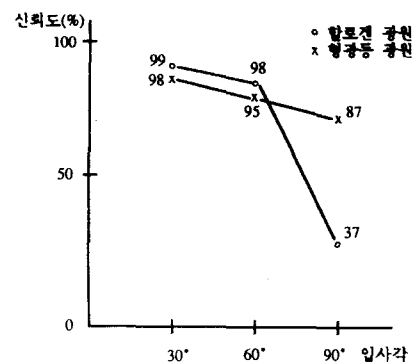


그림 11 입사각에 따른 비전 시스템의 신뢰도 변화  
Fig. 11 Reliability of the vision system according to the variation of incidence angle

실제 현장에서 운용되고 있는 IC나 트랜지스터의 마킹 검사 시스템의 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 컴퓨터 비전 시스템의 구축에 필요한 최적의 조명 시스템을 설계하는 코드를 개발하였다. 이를 위해 조명 시스템에 결정적으로 영향을 미치는 세 가지 요소, 즉 검사대상 물체의 물리적 특성, 광원 및 조명 방법의 종류와 특성을 분석하고 이를 토대로 각 조건별 실험을 반복하고 그

결과에 근거하여 조명 방법 설계 코드와 광원 선정을 위한 조명광원 설계 코드를 제시하였다. 제시된 조명 시스템 설계 코드를 이용하여 트랜지스터 마킹 검사를 위한 조명 시스템을 설계하고 이를 포함한 비전 시스템의 성능을 고찰함으로써 제안된 조명 설계 코드의 유용성을 확인해 보았다.

특정한 컴퓨터 비전 시스템에 적합한 조명 시스템은 일반적으로 적용 대상, 운용환경 및 요구되는 성능 등을 고려하여 몇 가지 안 중에서 설계자가 선택하는 것이 현실적이며, 이 과정에는 많은 경험치와 발견적 학습방법(heuristic)이 적용된다. 따라서 이론적, 경험적 설계 지식을 기반으로 한 컴퓨터 비전용 조명 시스템 설계 전문가시스템의 개발은 매우 중요한 의미가 있으며, 본 논문에서 제안된 조명 설계 코드는 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 연구 보고서, pp. 17-19, pp. 51-72, 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.

## 저 자 소 개



### 안 인 모 (安 仁 模)

1957년 12월 24일생. 1981년 동아대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996 KAIST 자동화및설계공학과 박사수료. 2000 단국대 대학원 전기공학과 박사수료 1994년~현재 마산대학 컴퓨터전기공학부 부교수

Tel : 055) 230-1328, Fax : 055) 230-1325

E-mail : imahn@masan-c.ac.kr



### 이 기 상 (李 起 常)

1952년 10월 24일생. 1978년 고려대 전기공학과 졸업(학사). 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1983년~현재 단국대 전기전자컴퓨터공학부 교수. 1995년~1996년 미국 University of Washington

방문교수.

Tel : 02) 709-2575, Fax : 02) 795-8771

E-mail : keesang@dku.edu