

조명 방법에 따른 영상 신호의 영향

김경민*, 박중조**, 송명현***

여수대학교 전기공학과, 경상대학교 제어계측공학과, 순천대학교 전기제어공학과

A Effect of Image Signal on Method of Illumination

Kyoung-min Kim, Yi-gon Kim, Joong-jo Park, Myung-hyun Song

Yosu University, Gyungsang University, Sunchun University

Abstract

Lighting is the most critical aspect of any machine vision application. Choosing the proper lighting scheme can result in increased accuracy, system reliability, and response time. Many good applications have failed for the lack of appropriate lighting. It is a serious and costly mistake to assume that inadequate lighting can be compensated for in an algorithm. Therefore, this paper will cover the most commonly used forms of lighting methods.

I. 서론

보다 명확하고 고 신뢰도의 영상 처리의 필요성 및 활용 분야가 다양 해짐에 따라 영상의 효율적인 생성·저장에 대한 필요성이 고조되고 있고 이에 대한 연구 및 응용 또한 활발히 이루어지고 있다. 이러한 영상 처리에 기초한 자동화 시스템은 물리적 세계와 상호작용하기 위하여 인식 능력이 필요하다.

영상은 강력한 인식 수단을 제공한다. 영상 시스템은 영상을 분석하고 영상내의 물체에 대한 정보를 얻어낼 수 있어야 한다. 얻어 내야 할 정보는 영상 시스템이 수행하는 일에 따라 다르다. 예로서 자동 검사를 목적으로 하는 경우에는 검사 대상 물체를 인식하고 물체의 형상·패턴·크기 등을 측정하여 제품의 양·불량을 결정할 수 있어야 한다. 영상 시스템을 이용하면 기존의 센서 시스템으로는 자동화하기 어려웠던 분야들을 자동화시킬 수 있다. 특히 사람에 의한 목시검사 분야는 비전 시스템에 의하여 자동화되고 있으며, 응용범위도 점차 확대되어 가고 있다.

최근의 생산관련 기술 중 생산공정의 초 정밀화 추세에 따라 검사 대상이 매우 복잡하다. 이러한 검사 대상으로부터 정보를 얻어내어 검사를 수행하는 일은 어렵다.

다른 센서 시스템들과 같이 영상 시스템은 많은 노이즈(noise)요소를 가지고 있다. 센서에 의해 받아들여지는 영상은 대상 물체의 광학 특성, 표면의 상태와 거칠기, 광원의 종류와 모양, 조명방법, 광학

계의 구조, 센서의 특성 등의 복잡한 상호작용으로부터 발생하는 광휘(irradiance)에 의해 만들어진다. 또한 영상 시스템은 다른 시스템과 달리 처리해야 하는 정보가 많아 정보 처리 시간을 무시할 수 없다. 그러므로, 영상 시스템은 제작비용을 줄이고 빠른 영상처리를 위해서는 근본적으로 좋은 영상(얻고자 하는 정보가 쉽게 분리될 수 있는 영상)을 얻는 것이 매우 중요하다. 이러한 조명제어를 담당하는 장치부에서는 양질의 영상을 얻기 위해서는 우선 대상 물체의 광학 특성을 알아내고, 이 특성으로부터 얻고자 하는 정보가 쉽게 분리되는 영상을 얻을 수 있는

조명 장치부의 설계조건을 찾아야 한다. 즉, 영상 시스템의 조명 장치부 설계에 관한 연구는 매우 중요하다.

II. 영상 시스템의 구성과 패턴 인식

2.1 영상 시스템의 신호 변환과 구성

일반적으로 영상 시스템은 크게 영상획득부, 영상처리부, 결과출력부로 나누는데 전체적인 구성도는 아래와 같다.



Fig. 1 Configuration of the image system
첫째, 외부로부터 영상 정보를 받아들이는 부분인

영상 취득부는 머신 비전을 통한 자동화의 성공여부를 결정짓는 중요한 부분이며 컴퓨터 비전은 입력된 영상을 처리 해석하는 것이므로, 기본적으로 좋은 입력영상을 얻는 것은 매우 중요하다. 또한, 영상입력부가 불량하면, 처리부의 작업이 어려워지며, 처리속도의 지연과 처리 불능 및 비용증가를 초래한다. 입력부의 구성으로는 형광등, 백열등, 할로겐등, LED, 레이저등을 광원으로 하는 조명부에서 광도를 전기신호로 변환하는 센서부로 이루어져 있다.

둘째, 영상 처리부의 시스템의 구성은 인간의 두뇌에 해당하는 영상 시스템의 본체 부분으로서 카메라로 얻은 영상을 처리·해석·판정한다. 이의 구성에는 영상 취득부와 처리부로 나뉘어지고 영상 처리부는 카메라가 출력하는 영상 신호(Analog video signal)를 컴퓨터가 해석 가능한 디지털 영상신호로 바꾸어 메모리에 저장한다. 처리부에서는 전처리(잡음제거, 영상향상)와 영역분할, 특징 추출, 영상 인식/해석, 최종 판단의 작업을 해낸다. 마지막으로 결과 출력부에서는 영상을 처리/해석한 결과를 표시 및 출력한다. 표시장치와 외부입출력 인터페이스로 구성되어 있다.

2.2 영상처리와 패턴인식

영상을 원하는 형태로 변환 처리하는 영상 처리와 외계의 관측에 의해 얻어진 패턴을 자기 내부에 형성되어 있는 모델 패턴들을 기준으로 하여 분류함으로써 주어진 패턴에 대응하는 특징 모델 패턴(Category)의 영상을 출력하는 과정을 나타내는 패턴 인식의 절차의 방법을 구성도로서 나타낼 수 있다.

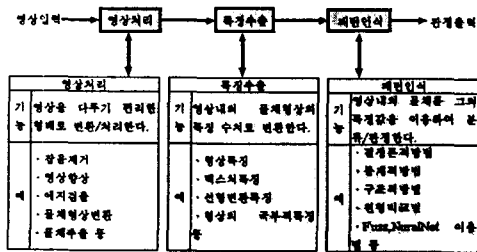


Fig. 2 Procedure of the image processing and pattern recognition

III. 영상 시스템과 조명의 제어

3.1 조명의 반사에 대한 배경

영상 시스템에서 최적 영상을 얻어내는 것은 중요하다. 최적영상을 얻어내기 위해서는 대상 물체의 광학 특성과 얻고자 하는 정보를 고려하여 조명 장치부의 시스템을 설계하여야 한다.

이에 관련해서 이번 연구는 첫째, 한 가지 재질의 물체를 조명의 각도와 모양, 세기 그리고 대상과의 거리 변환에 따른 최적의 영상 취득을 위해 실험하였다. 둘째, 광학 성질이 서로 다른 물질을 각기 구별하기 위한 조명에 관한 연구를 시행하였다.

조명하에서 물체 위의 점들은 입사광을 여러 방향으로 반사시킨다. 센서의 방향으로 반사된 광선들

은 영상을 만들어 낸다. 영상의 주어진 점에서의 밝기(intensity)는 해당하는 물체상의 점의 반사 특성과 밀접한 관계가 있다. 그러므로 영상의 밝기를 예측하거나 적용하기 위해서는 반사 현상에서 일어나는 다양한 메커니즘을 이해하여야 한다.

반사에 관한 연구는 기하광학(Geometrical Optics)과 물리광학(Physical Optics) 측면 두 분야의 접근 방식으로 연구되고 있다. 물리광학을 기초로 한 반사 모델은 거울면 뿐 만 아니라 거친 면에서의 반사 현상을 표현할 수 있는 반면에 복잡한 함수 형태로 기술되어 실제에 응용하기가 대단히 힘들다. 그러나 기하광학 반사 모델은 간단한 형태로 표현할 수 있어 사용이 쉬운 반면에 입사광의 파장이 반사면의 거칠기에 비하여 작은 경우에만 적용이 가능하다. 따라서 기하광학을 근거로한 반사 모델은 거울면에 의한 반사 현상에서는 오차를 수반하는 해석 결과를 보인다.

영상 처리 및 그래픽 분야에서는 수학적 표현이 비교적 간단한 Torrance-sparrow의 기하광학 모델이 Beckmann-Spizzichino의 물리광학 모델보다 더 많이 사용된다. 또한 빛의 반사는 미시적 관점에서 볼 때 표면의 거칠기와 깊은 관계를 갖는다. 예를 들어 거친 표면에서의 반사는 여러 방향으로 산란된 반사 현상을 보이고, 거울면과 같은 고운면에서는 빛이 산란되지 않고 표면 법선을 중심으로 입사각과 반사각이 같은 방향으로 반사된다. 반사 현상을 해석하기 위해서는 반사면의 미시적 형상을 수학적으로 표현해야 한다.

3.2 조명의 광원 및 장치의 형상

물체의 광반사 특성은 광원에 따라서도 다르다. 즉, 입사광의 파장이 달라지면 반사율(reflectance)도 달라진다. 그러므로 영상 시스템에 사용될 광원을 선정할 때에는 빛의 파장 변화에 따른 대상 물체의 반사 특성을 알아야 한다. 빛의 파장 변화에 따른 물체의 반사 특성은 실험치로 알려져 있는 경우도 있다.

조명장치의 형상은 점광원 조명(point source illuminator), 라인 조명(line type illuminator), 링 조명(ring type illuminator) 등 다양하다. 조명 장치의 형상은 대상 물체의 형상과 센서의 종류에 맞게 선정되어야 한다. 또한 센서의 측정 영역 내를 균일하게 조명할 수 있어야 한다.

센서가 line-scan카메라이면 조명의 균일성을 좋게 하고 경계의 방향에 의한 영향을 줄이기 위해서는 카메라의 scan 방향과 평행한 선상에 여러 개의 점광원을 균일하게 설치하거나 라인 조명을 설치하여야 한다. 센서가 area-scan 카메라이면 조명 장치가 점광원 조명일 때 조명의 균일성을 좋게 하고 경계의 방향에 의한 영향을 줄이기 위해서는 여러 개의 점광원을 공간상에 균일하게 설치하거나 렌즈를 사용하여 평행광원을 만들어야 한다. 라인 조명인 경우에는 여러 개의 라인 조명을 센서 주위의 여러 방향에 설치하여야 한다. 즉 링 조명에 가깝게 설치하여야 한다. 그러므로 센서가 line-scan 카메라인 경우에는 라인 조명이 좋고, area-scan 카메라인 경우에는 링 조명이 좋다. 본 연구에서 area-scan카메라를 센서로 사용하기 때문에 조명

장치는 링 조명으로 사용한다.

IV. 조명 조건에 따른 실험 결과

본 장에서는 비전 시스템의 구성과 조명 제어의 설치를 통해 기존의 갖가지 환경과 조건에서의 양질의 영상을 실질적으로 얻어낼 수 있는 방법에 의해서 보다 나은 최적화 된 화상을 얻어내고자 한다.

본 연구의 실험 영상의 대상은 화학공정에서 생산되는 팔레트(PE)를 선정하였으며, 또 그림자가 확연히 생기는 물체를 대해 다른 최적의 현상도를 찾아보고자 실험 영상으로 우리가 쉽게 볼 수 있는 circuit 보드를 사용하였다.

지금부터의 실험은 앞에서 했던 모든 실험들과 같은 조건하에서 조명 방법만 달리하여 실험하였으며, 그 결과 영상을 도시하였다.

4.1 Directional front lighting

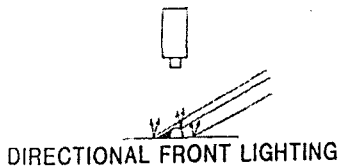


Fig. 3 directional front lighting

그림 4은 directional front lighting방법에 따라 취득된 영상이며, 조리개의 조건에 따라 변하지만, 이 영상은 조건 W: 714880, B: 53855, A/D Level 조리개 16과 8사이에서 최적의 영상을 취득하였다. 그림 5은 위와 같은 조명 조건, 조리개가 같은 조건이라 할지라도 사물에 따라서 최적의 현상도는 달리 나온다는 것을 이 실험을 통해서 알 수 있다.



Fig. 4 PE image

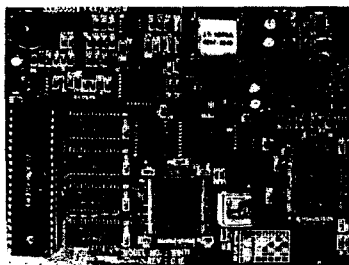


Fig. 5 Circuit board image

4.2 Front illumination

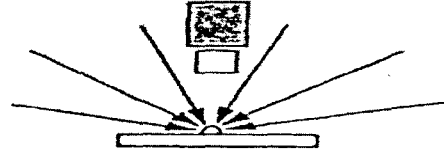


Fig. 6 FRONT ILLUMINATION

본 실험 조건은 거리에 따른 화면의 최적화를 찾기 위한 실험을 하였으며, 이 실험의 조건은 조리개와 조명의 각과 빛의 세기를 일정하게 하면서 거리만을 변화시킨 결과이다. 그림 7, 8을 보면 다른 영상과 비교하여 가장 선명하게 화상이 나왔으며, 이때의 카메라와의 거리는 30cm로 놓고 취득한 영상이다. 동일한 조건하에서 거리만을 줄일 경우에는 중앙에 모이는 빛의 반사도가 너무 높아서 현상도가 확연히 떨어짐을 알 수 있다.

그림 9는 동일한 조명과 동일한 조건하에서 실험을 하였으며, 다만 거리를 일정하게 두고 각도만을 실험조건을 하여 각도에 따른 최적의 현상도를 찾기 위한 실험을 행하였다. 그 결과 그림 9이 최적의 현상도를 갖고 있다는 것을 알 수 있었다. 이 영상을 취득하기 위한 각도의 조건은 35도이다.

그림 10은 조명의 각도를 70도로 선정하여 취득한 영상이며, 그림자가 생기는 물체에서는 각도를 높여 줌으로써 좀더 좋은 현상도를 얻어낼 수 있다는 결과를 이 실험을 통하여 알 수 있다.

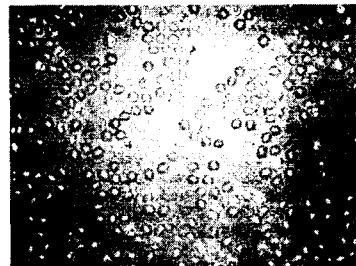


Fig. 7 PE image

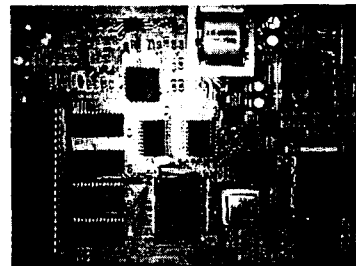


Fig. 8 Circuit board image

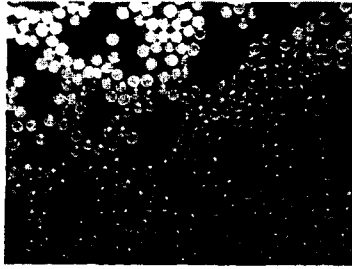


Fig. 9 PE image

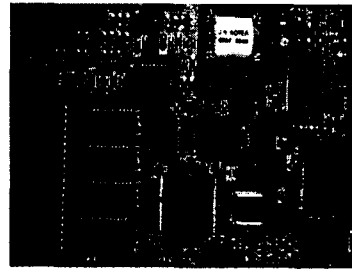


Fig. 13 Circuit board image

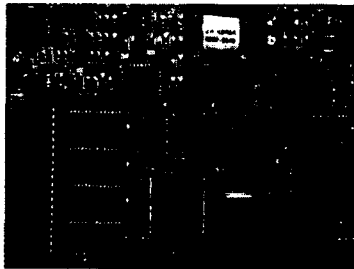


Fig. 10 Circuit board image

4.3 Diffuse front lighting

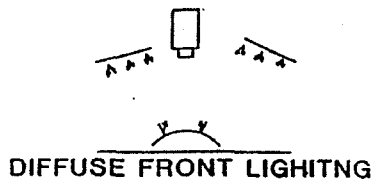


Fig. 11 Diffuse front lighting

본 실험에서는 각도에 따른 최적의 영상을 찾기 위한 실험을 했지만 조명의 구조를 달리 하여 실험하였다. 그림 12은 각도 60도로 찍은 사진으로 다른 영상들과 비교하여 그림 12의 영상이 빛의 반사도나 화질의 선명도가 다른 조건에서 찍은 사진들보다 뛰어 났기 때문이다. 이 조명 방식은 확산 직접 조명을 사용하여 실험하였다. 그림 13에서 변압기 부분에 써져있는 글씨를 보면 선명도에 대하여 잘 알 수 있을 것이다. 그 점을 비교하면 각도 65도로 주었을 때 가장 글씨가 선명하게 나왔다.

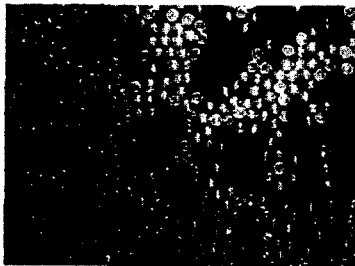


Fig. 12 PE image

4.4 Oblique illumination

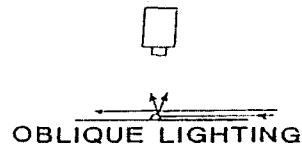


Fig. 14 Oblique lighting

위의 그림 15, 16은 거리가 20cm로 두고 조명은 라인 조명을 사용하여 실험한 영상이다. 이 실험에서 측면에서 비추어진 라인 조명과 대상 물체와의 거리 관계에서 굴곡과 dent의 반사 정도에 비해서 현저한 차이를 영상처리 결과를 알 수 있다. 이 영상 취득결과를 통해서 우리의 실생활에 포인트 조명이라고 불리는 판공서와 영업소 등지의 밀폐된 공간에서의 효율적인 대상 강조에 유효적절하게 적용될 수 있으리라 본다.

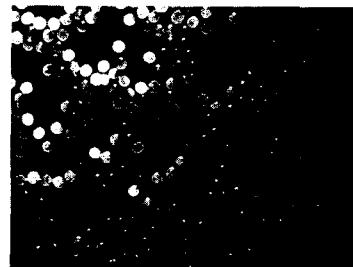


Fig. 15 PE image

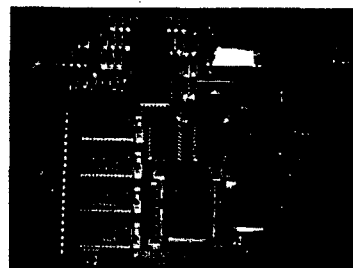


Fig. 16 Circuit board image

이상의 4가지 조명 방법과 그밖에 최적화 된 영상을 얻기 위해 여러 조건으로 설치된 영상 처리

방법에 각각의 최적의 영상들의 조건들을 통해 직접적인 실생활에 적용할 수 있다.

V. 결 론

영상 시스템은 방대한 양의 데이터를 처리해야 하기 때문에 입력 영상의 질을 높이기 되면 영상 처리 알고리즘이 간단해지고, 시스템의 제작비도 낮출 수 있다. 그러므로 입력 영상의 질을 좌우하는 시각 인식부의 설계는 대단히 중요하다. 시각 인식부는 대상 물체, 시스템의 작업 내용, 시스템에 의한 조명의 제한 조건에 알맞게 설계되어야 한다. 본 연구에서는 팔레트와 회로기판의 조명에 따른 시각 인식부 설계에 목적을 두고 대상 물체의 광학 특성과 조명 장치의 특성을 이용하는 방법을 제시하였다.

우선 대상 물체의 조명처리에 따른 양질의 화상 구현을 측정하고 이를 통합 모델로 모델링 할 수 있었다. 대상 물체의 반사 모델은 실제와 거의 흡사했다. 또한 조명 장치의 특성을 실험을 통하여 알아 낼 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, "GONZALEZ & WOODS"
- [2] Gerhard X. Ritter, Joseph N. Wilson "Computer Vision Algorithms in Image Algebra"
- [3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle "Image Processing, Analysis and Machine Vision "
- [4] 吳永煥 "패턴 인식론 - 문자·음성·화상-" 정익사
- [5] Gonzalez and Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992

※ 본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 여주대학교 설비 자동화 및 정보시스템 연구개발 센터 연구비 지원에 의한 것임.