

---

# 해태 생산라인에서의 실시간 시각검사 시스템

김기원\* · 김봉기\*\*

A Real-time Vision Inspection System at a Laver Production Line

Gi-weon Kim\* · Bong-gi Kim\*\*

## 요 약

본 논문의 내용은 실시간 영상 처리에 의한 해태 생산라인에서의 불량 제품을 자동으로 추출하는 무인 품질검사 시스템을 개발하는 것이다. 즉, 생산라인에서 해태 김의 결함을 분석하여 형태 결함을 자동 검출하는 무인 품질 검사 시스템을 개발하였다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 CCD 카메라를 통해 영상을 실시간으로 입력받아 고속영상 처리 보드를 통해 이진 영상으로 전처리를 수행한다. 그 후 이진 영상에서 특징이 추출되고 추출된 특징을 이용하여 품질에 결함이 있는지를 판별하였다.

## ABSTRACT

In this paper dose a laver surface check using a real time image process. This system does false retrieval of a laver at a laver production line. At first, a laver image was read in real time using a CCD camera. In this paper, we use an area scan CCD camera. Image is converted into a binary code image using a high-speed imaging process board afterwards. A laver feature is extracted by a binary code image. Surface false retrieval is finally executed using a laver feature. In this paper, we use an area feature of a laver image.

## 키워드

시각 검사, 머신 비전, 실시간 영상처리, 해태 형상 결함, 무인 품질 검사

## 1. 서 론

오늘날 산업체 각 분야에서 머신 비전이 자동검사 등과 같은 무인 품질 검사 분야에 널리 사용되고 있다. 전자산업에서 인쇄회로 기판이나 회로의 검사는 오래전부터 응용되어 오던 분야이고 나아가 제품의 상표검사, 포장지 상태검사 등에 사용되어 왔다. 현재는 단순하거나 위험한 노동의 기피현상과 소비자들의 품질에 대한 요구조건이 향상으로 이러한 자동화된 표면검사의 이용분야가 점차 기계 산업 분야에서 농수산 분야로 확대

되고 있다. 본 논문에서는 영상 처리에 의한 발장 김 생산라인에서의 불량 제품을 자동으로 추출하는 무인 품질검사 시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다. 즉, 생산라인에서 김의 형상을 분석하여 형태 결함을 자동 검출하는 시스템을 개발하고자 한다. 육안 검사에 의한 불량 제품의 감지 방법은 작업자에게 작업능률의 저하와 스트레스로 인한 산업재해의 원인인 될 수 있다. 따라서 현장에서 작업자의 안전과 작업의 효율을 증대시켜주는 유용한 방법으로 영상처리에 의한 생산라인의 자동화를 구축하는 것이 필수적이라 하겠다.

---

\* 초당대학교 컴퓨터과학과 부교수  
\*\* 진주산업대학교 컴퓨터공학부 부교수

본 논문에서 연구된 세부적인 내용은 다음과 같다. 먼저 2개의 CCD 카메라를 통해 대상물의 영상을 실시간으로 입력받아, 고속영상처리 보드를 통해 시분할 방식으로 이진 영상으로 전처리를 수행한다. 그 후 이진 영상에서 특징이 추출되고 추출된 특징을 이용하여 대상물에 오류가 있는지를 판별한다. 판별에 사용된 특징은 면적으로 발장 김의 대상 픽셀수가 특정 임계값 보다 적으면 해당 제품은 형태 결함 김으로 판별하게 된다.

## II. 일반 인식 시스템의 구조

선별 시스템에는 크게 중량식 선별기, 형상식 선별기, 영상처리식 선별기 등이 있는데, 영상 처리식은 크기 및 색깔 등 복합적인 선별이 가능하다. CCD 카메라 등 화상 처리소자를 이용하여 직경, 면적, 색깔, 당도, 속도, 손상 등을 종합처리 할 수 있는 시스템이다. 즉, 이 시스템은 컴퓨터 영상처리기법을 응용하여 크기는 물론 색깔까지를 자동 정밀 선별해 내는 기계로 농수산물의 부가가치 및 상품성 향상에 필수적인 기계이다.

영상 처리식 선별기에 주로 사용되는 영상 인식 시스템은 모집단의 데이터로부터 패턴이 가지는 특징을 추출하여 인식하는 일반 인식 시스템을 말하는데, 일반 인식 시스템은 다음의 그림 1과 같은 단계로 처리된다 [1,4].

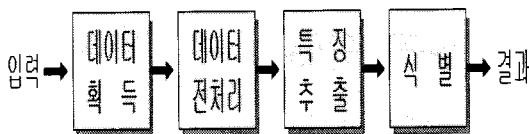


그림 1. 인식 시스템의 구조  
Fig. 1. Structure of Recognition System

### 2.1 데이터 획득

인식 문제에 있어서 A/D 변환 등의 방법으로 획득해야 하는 물리적 신호는 데이터 입력 장치에 따라 종류가 다르게 된다. 예를 들면 영상처리 분야에서는 영상 입력 장치를, 음성처리 분야에서는 마이크 등을 통해 입력된 신호를 그 대상으로 한다. 최근에 널리 사용되는 영상 획득 장치에는 Line scan CCD 카메라, Area scan CCD 카메라와 레이저광을 주사하여 처리하는 장치 등이 있다.

### 2.2 데이터 전처리

전처리 과정에서는 신호대 잡음비의 향상이나 인식의 단순화 등을 위해 획득된 측정신호를 변형하는데, 전처리 과정에서는 먼저 데이터 획득 과정에서 입력되는 잡음을 제거한다. 잡음이 제거되면 그 다음 단계로 왜곡을 제거하게 된다. 왜곡은 일반적으로 관측위치에 의한 왜곡과 장소에 따른 밝기의 변화 등에서 발생된다.

### 2.3 특징추출

전처리 된 데이터를 식별단계에서 효율적으로 사용할 수 있는 형태로 단순화시키는 단계로서 추출된 특징에 따라 복잡도가 결정된다. 패턴공간의 축소와 결정단계를 위한 특징 수의 관계에 대한 적절한 조정을 통해 시스템의 효율성을 높일 수 있다. 특징 추출의 목적은 정보의 손실을 적게 하면서 패턴의 차원을 줄여 중복성을 없애고 인식에 필요한 시간 및 기억공간을 줄이는데 있다.

### 2.4 식별

식별은 미지의 입력패턴이 주어졌을 때 그 패턴이 어느 패턴의 군집에 속하는가를 결정하는 것이다. 식별을 위해서는 일반적으로 참조패턴이 만들어져 있어야 하며, 입력되는 패턴과 각각의 참조패턴들의 유사도를 비교하여 이중 가장 유사한 참조패턴을 식별 결과로 정하게 된다. 이와 같은 식별방법에는 크게 통계적 방법, 구조적 방법, 인공지능형 방법 등이 있다.

## III. 시스템의 설계 및 구축

### 3.1 해태 표면검사 시스템의 구성

머신 비전을 이용하여 발장 김 생산 라인에서의 형태 결함을 감지하는 시스템은 CCD (Charge Coupled Devide) 카메라, 이미지센서 등의 영상처리 장치를 이용 직경, 면적, 형상계수, 굴곡정도 등과 대상물의 색깔, 손상여부 등을 인식할 수 있는 시스템으로 부가가치 및 상품성 향상에 필수적인 장비로서 앞으로 보다 광범위하게 사용될 가능성이 많다.

영상 처리식 표면검사 시스템의 핵심 기술인 영상 인식 시스템은 대상물을 비추기 위한 광원, 영상을 입력받는 센서 그리고 센서와 컴퓨터 사이의 인터페이스로 구성된다. 인터페이스는 아날로그 정보를 컴퓨터가 이해

할 수 있는 디지털 데이터로 변환하는데, 일반적으로 프레임 그래버(frame grabber)에 의해 처리된다. 다음의 그림 2는 실시간으로 발장 김의 형태 결합 선별을 위해 본 논문에서 제안한 제품 검사 시스템의 구성도이다. 그림에서 보면 좌측의 두 번째 발장에서 노즐 막힘에 의한 형태 결합이 발생되고 있음을 볼 수 있다.

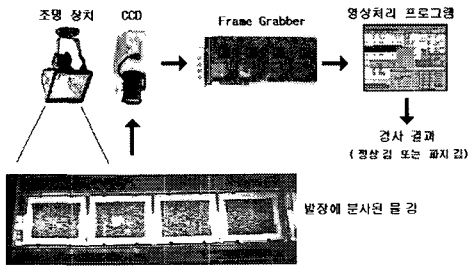


그림 2. 발장 김 제품검사 시스템의 구성도  
Fig. 2. Configuration of a laver product check system

적절한 광원이 제공되는 발장 김 생산라인에 있는 해태 영상이 CCD 카메라와 프레임 그래버를 통해 포착되면 일차적으로 그레이 스케일 레벨로 이미지 전처리가 이루어진다. 그후 전처리된 이미지에서 특징이 추출되고 추출된 특징을 이용하여 대상물에 결합이 있는지를 판별하게 된다.

### 3.2 조명장치와 조명방법

실시간 영상처리를 위해 제공되어야 하는 첫 번째 조건은 시스템 환경에 적합한 조명장치와 조명방법의 선택이다. 조명의 목표는 이미지의 콘트라스트를 최적화 하는 것이다. 이것은 대상물이 배경과 가장 좋은 대비를 가져야 한다는 것을 의미한다.

광원을 생성하는 조명장치에는 크게 다음과 같은 종류가 있다. 첫 번째로 사용되는 광원에는 백열등이 있는데, 센싱의 속도가 느린 경우에 사용하며 비교적 저가이다. 형광등을 사용하게 되면 균일한 조명이 가능하나 깜박임이 발생하게 된다. 고속 센싱이나 밝은 조명이 요구될 때에는 특수 형광등을 사용할 수 있으며 고도로 균일한 조명이 요구될 때에는 레이저 광을 사용할 수 있다.

조명방법에는 카메라와 광원의 위치에 따라서 빛을 비추는 네 가지의 기본적인 방법들이 존재하는데, 이것들은 그림 3에서 보는 것처럼 후면 조명인 Back lighting 과 정면 조명인 Diffuse, Light field 및 Dark field, Bright field 조명으로 구분된다[2,3].

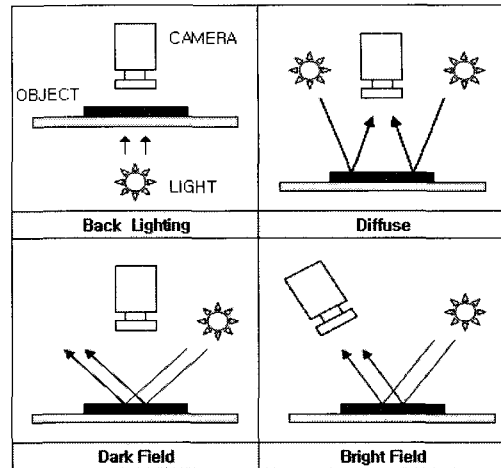


그림 3. 기본 조명 방법들  
Fig. 3. Basic illumination methods

**Back lighting**은 카메라와 광원이 객체를 사이에 두고 반대편에 위치하는 방법이다. 이 방법은 강한 명암의 대조를 이루기 때문에 비교적 얇은 대상물의 구멍이나 찢어짐을 검사하는데 유용하게 사용되는 방법이다. **Diffuse** 방법은 정면에서 빛이 분산되도록 조명하는 방법으로 표면의 명암에 대한 영상을 형성할 때 사용된다. **Dark field**는 **Diffuse** 방법처럼 카메라와 광원이 객체와 동일한 쪽에 존재하지만, 오직 산란된 빛만이 카메라에 의해 포착된다. 이 방법은 객체의 구조적인 상태를 파악하고자 할 때 사용된다. **Bright field**는 빛이 반사되는 각도에 맞추어 카메라를 위치시키는 방법으로 객체 표면의 구조적인 결합을 검사할 때 사용된다.

본 논문에서는 조명방법을 분석한 결과를 기초로 형광 조명을 사용하였다. 이는 영상처리 획득 시 조명상태의 균일성과 깜박임이 크게 문제가 되지 않기 때문이다. 또한 조명 방법으로는 **Back light** 방법을 사용하였다. 이 방법이 본 논문의 대상물처럼 얇은 물체의 구멍이나 찢어짐을 검사하는데 일반적으로 사용되는 방법이기 때문이다.

### 3.3 영상 획득

일반적인 영상 획득 장치는 CCD 카메라와 프레임 그래버이다. CCD 카메라는 CCD 소자에 들어오는 광원에 의해 생성된 전류로서 영상을 형성하는 방법으로, 종류로는 소자의 배열에 따라 **Area scan** 카메라와 **Line scan** 카메라로 구분 된다.

**Area scan** 카메라는 CCD 소자가 2차원으로 배열되어

있어 한 프레임에서 한 장의 영상을 감지한다. 이 장치의 장점은 영상을 취득하는 대로 관측할 수 있기 때문에 초점을 조정하기 쉽고 사람이 생각하는 영상을 그대로 형성해 준다는 것이다. 단점은 영상의 표면 형태를 획득하기가 어렵다는 것이다.

Line scan 카메라는 CCD 소자를 선형으로 배열하여 만든 것으로 한 순간에 대상 물체의 한 선분에 해당하는 부분의 정보만을 획득할 수 있다. 따라서 전체적인 영상을 획득하려면 대상물체 또는 카메라를 이동시켜야 한다. Line scan 카메라의 소자는 1024개로부터 100,000개까지의 제품이 있다. 이 카메라의 장점은 영상 표면의 구조적인 형태를 고해상도로 형성할 수 있다는 것이며, 단점은 초점등의 보정을 하기가 어렵다는 것이다.

본 논문에서는 영상획득 장치들을 분석한 결과로 Area scan CCD 카메라를 선정하였다. 본 연구에서 입력으로 사용되는 해태 영상은 정밀한 표면 정보보다는 전체적인 김의 형태 정보가 중요하기 때문에 비교적 저렴한 Area scan 장치를 사용하였다.

영상 획득에 사용된 영상처리 보드는 실시간 영상처리 보드로서 기존의 DSP보다 10배 이상의 처리속도를 가지고 있으며 초당 30프레임 영상 입력이 가능하다. 본 연구에서 사용한 실시간 고속 영상처리보드의 블록 다이어그램은 다음의 그림 4와 같다.

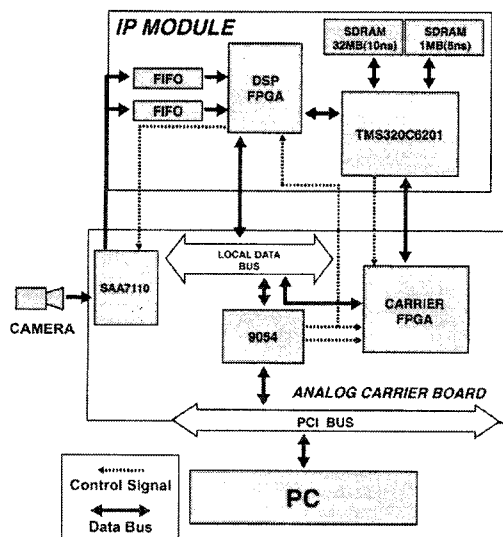


그림 4. 영상처리보드 블록 다이어그램  
Fig. 4. Image processing board block diagram

카메라를 통해 들어온 아날로그 영상은 Carrier Board의 디코더(SAA7110)를 거쳐 디지털화되고 IP 모듈로 전달된다. 또한 들어온 데이터는 FIFO, IP 모듈의 FPGA와 Carrier Board의 PCI9054를 통해 입력된다. IP 모듈의 RAM에 저장되어 있는 데이터는 PCI 인터페이스를 이용한 Host Port 인터페이스를 통해 컴퓨터로 저장된다.

### 3.4 전처리 및 특징 추출

일반적으로 사용되는 영상의 결함을 표현하는 특징에는 결함이 발생한 위치정보, 결함의 최대 또는 최소 밝기, 결함의 면적 또는 둘레 등이 사용된다. 이상적인 특징은 결함의 모양을 정확하고 고유하게 나타낼 수 있어야 한다. 본 연구에서는 각각의 특징에 대해 비교분석을 하여 본 연구에 적합한 특징 파라미터로 대상물의 결함 면적을 선정하였다. 그 이유는 김의 형태 결함이 김의 면적에 관계되기 때문이었다. 또한 처리 속도의 향상을 위해 입력된 영상을 그레이 스케일 256단계의 이미지로 전처리하여 보다 빠르게 면적값을 계산할 수 있게 하였다. 면적값을 구하는 과정은 다음과 같다. 우선 전처리된 이미지에 대해 임계값을 적용하여 그레이 스케일 이미지를 이진영상으로 변환한다. 그 후 이진영상에서 픽셀의 개수를 구하여 이를 면적으로 사용하였다.

여기서 사용된 이진영상처리 기법은 경계값 처리이다. 경계값 처리라는 것은 입력 영상의 각 화소에 대해서 명도가 있는 일정 값 이상의 경우에 대응하는 출력 영상의 화소값을 1로서, 그외의 경우는 0으로 하는 것이다.

### 3.5 결함 검사 프로그램

이진영상으로 변환된 해태 영상에서 형태 결함이 존재하는지를 판별하는 과정이 표면검사 과정이다. 계산된 면적값이 정상 이미지가 갖는 면적값 보다 작은 경우 현재의 대상물은 형태 결함이 존재하는 것으로 판별하게 된다. 임계값을 이용하여 형태 결함을 식별하는 프로그램의 실행 화면은 다음 그림 5와 같다.

프로그램은 입력으로 들어온 발장 김의 명도값을 분석하여 발장 김의 명도값 보다 작은 명도를 갖는 픽셀이 어느 임계값 이상으로 존재하면 해당 발장 김은 결함이 있는 김으로 판정하게 된다.

화면에서 좌측의 큰 영상은 실시간으로 각각의 카메라를 통해 입력되는 영상이고 우측의 화면은 각 2대의 카메라로 들어온 영상을 시분할 방식을 사용하여 영상 처리를 마친 후의 발장 김 형태이다.

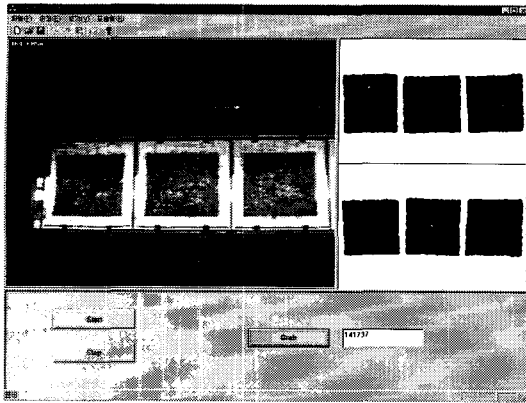


그림 5. 표면 검사 프로그램  
Fig. 5. Surface analysis program

즉, 화면의 우측 상단은 첫 번째 카메라 영상을 처리한 결과이고 우측 하단의 영상은 두 번째 카메라 영상을 처리한 결과이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 형태 결함을 자동으로 감지하는 영상 처리 선별방법에 대해 연구하였으며 최종적으로는 시제품을 개발하였다.

영상처리 시스템에서는 먼저 2개의 Area Scan CCD 카메라를 통해 김의 영상을 실시간으로 입력받아 1대의 고속영상처리 보드를 통해 시분할 방식으로 그레이 스케일 레벨로 이미지 전처리가 이루어진다. 그 후 전처리된 이미지에서 특징 추출이 추출되고 추출된 특징을 이용하여 품질에 결함이 있는지를 판별한다. 판별에 사용된 특징은 결함 면적으로 명도 임계값 보다 작은 명도를 갖는 픽셀이 어느 임계값 이상으로 존재하면 해당 김은 형태 결함 김으로 판정하게 된다.

본 과제의 수행 결과로 형태 결함이 있는 김의 선별작업에 대한 노력절감 및 정밀선별로 김의 상품성을 향상시킬 수 있는 방안이 제시되었다. 또한 영상처리에 의한 품질검사 기술의 원천 기술을 확보할 수 있었으며 다른 종류의 영상 분류기 개발에 기초 기술을 제공할 수 있게 되었다.

#### 참고문헌

- [1] Gose, E., Johnsonbaugh, R. and Jost, S. : Pattern recognition and Image Amnalysis. Pretrice hall PTR, 1996
- [2] Sensors, vol. 3, no. 6, June, 1986.
- [3] 한준희 : “산업체 응용을 위한 자동 시각검사 기술 표면검사”, 『한국정보과학회지』 제11권 제5호, 1993. pp.96-97.
- [4] 안호일 : “도면 인식 기술”, 『한국정보처리학회지』 제6권 제4호, 1999. pp.60-66.

#### 저자소개

##### 김기원(Gi-Weon Kim)



1987년 한남대학교 전자계산학과  
공학사

1989년 숭실대학교 전자계산학과  
공학석사

2001년 한남대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
1996년 9월 ~ 현재 초당대학교 컴퓨터학과 부교수  
※관심분야: 비디오 브라우징, 실시간 영상처리, 음성 인식

##### 김봉기(Bong-Gi Kim)



1987년 숭실대학교 전자계산학과  
공학사

1989년 숭실대학교 전자계산학과  
공학석사

1999년 숭실대학교 전자계산학과 공학박사  
1994년 3월 ~ 1999년 2월 한림성심대학 컴퓨터응용과  
조교수

1999년 3월 ~ 현재 진주산업대학교 컴퓨터공학부 부교수  
※관심분야: 지능형 홈, 지능형 제어, 멀티미디어 시스템