

# 비전을 이용한 카메라 렌즈 이물질 검사 시스템 개발 (Spot Inspection System for Camera Target Lens using the Computer Aided Vision System)

•이일환, 안우정(서울대 대학원), 박희재(서울대 기계설계학과),  
황두현, 김왕도(삼성항공 제 1공장)  
I.H.LEE,W.J.AHN,H.J.PAHK(SEOUL NATIONAL UNIVERSITY),  
D.H.HWANG, W.D.KIM(SAMSUNG AEROSPACE)

## Abstract

In this paper, an automatic spot inspection system has been developed for camera target lens using the computer aided vision system. The developed system comprises ; light source, magnifying optics, vision camera, XY robot, and a PC. An efficient algorithm for the spot detection has been implemented, thus upto few micrometer size spots can be effectively identified in real time. The developed system has been fully interfaced with XY robot system, PLCs, thus the practical spot inspection system has been implemented. The system has been applied to a practical camera manufacturing process, and showed its efficiency.

## 1.서론

사출성형으로 만들고 있는 카메라의 target lens는 공정과정중 이물질이나 흠집, 기포등으로 인해 많은 불량률을 나타내고 있다. 사출되어 나온 렌즈를 조립라인에 투입하기에 앞서 이에 대한 검사 과정이 필요한데, 대체로 크기가 0.05-0.1mm인 이물질을 육안에만 의존하는 검사과정은 생산성 및 정확도가 떨어지고 있으며, 공장자동화에 있어서 가장 시급한 문제로 인식되어지고 있다. 이에 본 연구에서는 렌즈 검사의 전 과정을 자동화하는데 그 목표를 두었다. 이번에 개발한 검사 시스템은 CCD(charge coupled device)에 부착된 줌렌즈로 30배가량 확대한 화상을 비전보드에 내장된 프레임 메모리에 저장한 뒤, 렌즈에 들어있는 이물질의 크기, 위치를 이미지 처리로 검사하여 수동검사를 대신하였으며, 2축 직교로봇을 이용하여 렌즈를 자동이송시킴으로써 검사과정을 자동화 하였다. 이물질의 크기를 계산하기 위해서는 임의로 퍼져있는 이물질의 위치를 파악하고 그 위치로부터 경계를 따라가며 면적계산을 수행해야 한다. 그리고 그 결과는 선형리스트로 저장하여 렌즈의 구역별, 기종별 검사가 가능하게 하였다. 또한 검사결과 불량으로 인식된 렌즈들은 검사종료 후 로

봇에 부착된 흡입기가 자동 취출하게 하였다.

## 2.비전 검사 시스템

### 2-1. 시스템 구성도

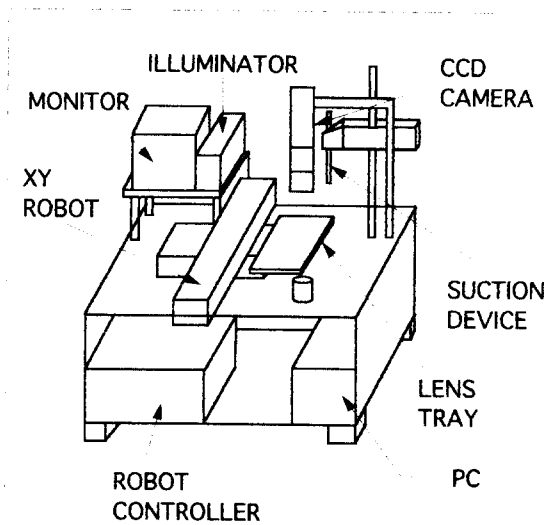


FIG.1 시스템 구성도

## 2.2 광학계 및 비전시스템

광학계 및 비전시스템은 CCD카메라, 조명장치, 비전보드, PC로 구성되어 있다.

CCD카메라는 화상을 256grey level로 받아들이며, 해상도는 640x480을 지원하고 있다. 이 카메라에는 줌기능이 부착되어 있어 최대 50배까지 확대가 가능하다. 렌즈 측정의 경우 렌즈의 크기가 10x6mm이고, 이물질의 크기가 대체로 0.05-0.1mm이므로 30배 확대한 화상을 얻어 처리하였다. 비전보드에는 고속으로 이미지 처리를 할 수 있는 DSP와, CCD카메라로부터 얻은 화상을 최대 4개까지 저장할 수 있는 프레임 메모리가 내장되어 있다. 광원은 할로겐램프를 썼으며, 여기서 나오는 빛을 광섬유를 통해 측정하고자 하는 렌즈의 밑을 비추게 하였다. 비전보드에 저장된 화상을 처리하기위한 프로그램은 PC부와 DSP부로 나뉘어지는데, 주 프로그램 및 사용자 인터페이스는 PC에서 처리하고, 화상처리는 DSP에서 이루어진다.

## 2.3 이송 제어부

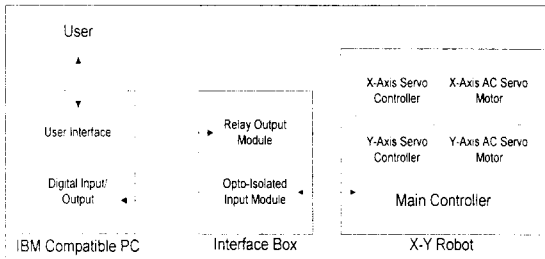


Fig.2 이송 제어부의 BLOCK DIAGRAM

Fig.2는 이송 제어부와 사용자 인터페이스를 나타내고 있다. 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 제어용 PC에 필요한 명령을 내리게 되고, PC는 그 명령을 받아들여 자체에서 수행하거나 로봇 컨트롤러를 통해 로봇을 움직여 수행하게 된다. 로봇 컨트롤러는 PC를 통해 사용자의 명령을 전달받게 되며, 그것을 실제로 구동할 수 있도록 서보 컨트롤러를 조작하며, 현재 상태를 PC로 전달하기도 한다. 자동 측정시에는 PC에서 로봇을 움직이거나 검사 알고리즘을 수행하는 등의 검사를 위한 일련의 과정들을 순차적으로 실행한다.

이송부는 크게 XY-로봇과 로봇컨트롤러로 이루어

져 있다. XY-로봇은 실제로 이송을 담당하는 부분이며, 교류 서보 모터와 볼 스크류로 되어 있다. 로봇 컨트롤러는 다시 서보 컨트롤러와 메인 컨트롤러로 나누어 지게 되는데, 메인 컨트롤러는 사용자 입력이나 외부제어 입력을 처리하며, 또한 자체의 프로그램을 수행하는 역할을 한다. 메인 컨트롤러에 내장된 자체의 프로그램은 메인 컨트롤러와 PC간의 통신을 통하여 다양한 움직임을 제어할 수 있도록 해준다. 서보 컨트롤러는 메인 컨트롤러로부터 지령을 받아 서보 모터를 구동하는 역할을 하게 된다.

제어부는 PC와 인터페이스 박스로 이루어져 있다. PC는 검사에 필요한 일련의 과정을 순차적으로 실행하도록 해 주며, 사용자 인터페이스를 통해 실제 검사에 필요한 여러 가지 변수 및 명령을 사용자가 직접 입력하거나 확인할 수 있도록 해 주며, 검사에 필요한 명령을 로봇에 보내고, 현재 로봇의 상태를 점검하는 역할을 하게 된다. 인터페이스 박스는 PC와 로봇간의 통신이 가능하도록 해주는 역할을 한다.

## 3. 이물질 검사 알고리즘

### 3.1 검사알고리즘의 개요

렌즈의 양, 불량을 결정하는 인자로는 이물질의 크기, 이물질이 놓여있는 위치, 이물질 간의 거리이다. 이 결정인자들은 렌즈의 기종에 따라 다르며, 각 기종의 렌즈는 3구역으로 분할되어 구역별로도 다르다. 따라서 검사하고자 하는 렌즈 기종에 대한 정보를 먼저 읽어들이고 후 검사가 진행된다.

CCD카메라로부터 얻은 원 화상은 SOBEL 알고리즘을 이용하여 경계추출을 한 뒤, 2진화된 화상으로부터 임의로 흩어져 있는 이물질의 위치를 구하여 선형리스트를 작성한다. 그 다음 선형리스트에 저장된 순서에 따라 각 이물질이 놓여있는 위치로 이동한 뒤, 그 경계를 따라가며 이물질의 크기를 계산한다.

### 3.2 검사알고리즘의 구성

#### (1) 경계추출

화상의 경계는 화상 강도(image intensity)의 국부적 변화량으로 정의되어진다. 따라서 국부적 화상 미분으로 경계를 추출하게 된다. Image gradient  $\nabla f(x, y)$

는 아래의 식과 같다.

$$\nabla f(x, y) = [\partial f / \partial x \quad \partial f / \partial y]^T \equiv [f_x \quad f_y]^T$$

여기서 편미분  $f_x, f_y$  의 절대값의 합  $e(x, y)$ 를 경계 추출에 사용하였다.

$$e(x, y) = |f_x(x, y)| + |f_y(x, y)|$$

Gradient계산은 아래의 형태를 갖는다.

$$f_x = w_1^T x$$

$$f_y = w_2^T x$$

여기서  $x$ 는 주변 이미지 화소들을 포함하는 벡터이며 가중 벡터  $w_1, w_2$ 는 gradient mask이다.

|    |   |   |    |    |    |
|----|---|---|----|----|----|
| -1 | 0 | 1 | 1  | 2  | 1  |
| -2 | 0 | 2 | 0  | 0  | 0  |
| -1 | 0 | 1 | -1 | -2 | -1 |

Fig.3 sobel edge detector masks

Fig.4는 렌즈의 원 화상과 임계값(Threshold)을 5로 주었을 때 경계추출한 그림이다.

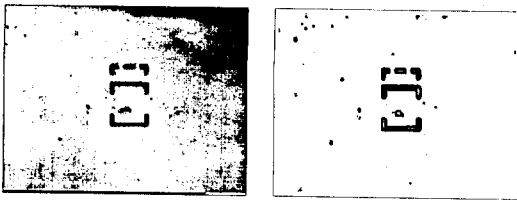


Fig.4 원 화상과 경계추출 후 화상.

### (2) 경계추적 알고리즘

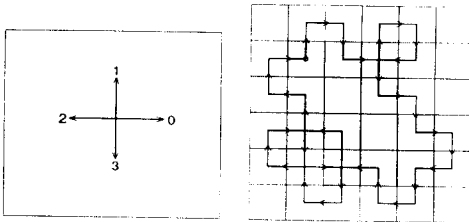


Fig.5 이진화된 물체의 경계추적방향과 그 과정

위의 그림에서와 같이 이물질의 경계 상의 한 화소로부터 경계를 따라가는 알고리즘은 주위 네 개 화소들의 방향으로 진행되어 간다. 만약 현재 위치에서의 화소값이 0 이면 왼쪽으로 회전하며 한 화소만큼 진행되고 그 값이 255이면 오른쪽으로 회전하며

한 화소만큼 진행한다. 이러한 과정은 처음 시작 위치에 되돌아 올 때까지 계속 진행되며 이 과정동안 그 방향에 대한 기록이 선형리스트에 저장된다. 그 다음 다른 이물질로 이동해 이와 같은 과정을 반복한다.

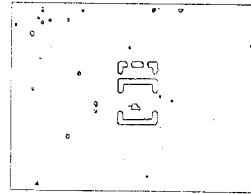


Fig.6 경계추적과정 후의 화상

위의 그림은 경계추적과정 후의 화상으로, 시작점은 다르지만 같은 이물질일 경우 추적과정이 중복되지 않기위해 임시 프레임 메모리를 만들고 하나의 이물질의 추적과정이 끝난 직후 그 결과를 임시 프레임 메모리에 저장시킨 결과이다. 그리고 다음 추적과정 때는 임시 프레임 메모리와 비교하여 진행중인 과정이 이미 수행된 과정인지를 판별하게 하여 중복과정을 피하였다. 이렇게 하여 얻어진 선형리스트로부터 그 값을 하나 하나 읽어들이며 크기를 계산한다.

### (3) 검사인식평가 알고리즘

| NO. | POSITION | SIZE | MIN.DISTANCE |
|-----|----------|------|--------------|
| 1   | 159,106  | 76   | 50.0         |
| 2   | 25,30    | 30   | 17.8         |
| 3   | 73,139   | 24   | 40.8         |
| 4   | 109,104  | 24   | 38.8         |
| 5   | 217,5    | 24   | 34.0         |
| 6   | 87,72    | 20   | 38.8         |
| 7   | 183,5    | 19   | 34.0         |
| 8   | 39,19    | 15   | 10.2         |
| 9   | 36,190   | 14   | 38.1         |
| 10  | 313,41   | 12   | 40.8         |
| 11  | 73,16    | 11   | 20.1         |
| 12  | 91,7     | 11   | 20.1         |
| 13  | 49,17    | 10   | 10.2         |
| 14  | 39,7     | 10   | 12.0         |

표1. 렌즈 검사 결과

위의 과정으로부터 계산한 이물질들의 크기(화소단

위)는 그 위치와 함께 다시 선형리스트로 저장되며 렌즈의 양,불량을 판단하는 데 사용된다. 위의 표1은 렌즈 검사 결과 선형리스트에 저장된 것 중 크기가 10(화소단위) 이상인 것들의 정보를 기록한 것이다. 이물질의 경우 렌즈의 존마크(zone mark)보다 크기가 매우 작으므로 크기순으로 저장된 선형리스트로부터 존마크는 제외되고 표에서 보듯이 이물질에 대한 정보만을 기억하게 된다.

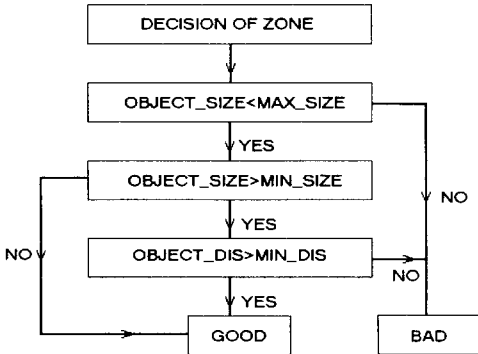


Fig.7 렌즈 양불판정 FLOW DIAGRAM.

렌즈는 중심을 기준으로 3구역으로 나뉘는데 먼저 이물질의 위치로부터 구역결정을 하고 그 구역별 조건에 따라 그림7의 과정으로 판정을 하게된다.

| ZONE | MAX SIZE | MSG_1 | MSG_2 | MSG_3 | MSG_4 | GOOD | BAD |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| 1    | 76       | 1     | 0     | 0     | 0     | 0    | 1   |
| 2    | 24       | 3     | 0     | 0     | 0     | 0    | 3   |
| 3    | 30       | 2     | 1     | 1     | 6     | 7    | 3   |

표2 구역별 판별 결과

위의 표는 구역별 판별 결과를 나타내주고 있다. 여기서 사용한 조건은 임의로 최대 이물질 판별 조건을 20(화소 단위)으로 두고, 최소 이물질 판별 조건은 15, 최소 이물질간 거리는 20로 잡았을 때의 결과이다.

### 3.3 이송제어 프로그램 및 사용자 인터페이스

검사알고리즘을 제외한 나머지 프로그램들은 크게 이

송제어 프로그램과 사용자 인터페이스로 나눌 수 있다. 렌즈검사의 검사과정을 보면, 카메라가 있는 위치로 렌즈가 이동하여 렌즈를 검사하고, 불량일 경우에는 불량취출기로 다시 이동하여 취출한 후에 취출여부를 확인하는 광센서가 있는 위치로 렌즈를 다시 이동시키게 된다. 이런 과정을 거치면 하나의 렌즈의 검사가 끝나게 되는 것이다.

이송제어프로그램은 XY로봇의 이송을 제어하기 위한 것으로 카메라의 위치로 측정해야할 렌즈를 이동시키는 역할을 하며, 불량으로 확인된 렌즈를 불량취출기로 이동시키는 역할도 담당한다. 또한 센서가 있는 위치로 렌즈를 이동시키는 역할도 담당하게 된다. 그밖에 불량취출기의 작동과 작동여부 확인을 위한 센서신호의 입력, 검사의 끝을 알리는 신호음의 제어 등 여러 가지 검사과정에 필요한 신호를 내보내거나 받아들여 제어하는 역할을 한다.

사용자 인터페이스 프로그램은 이송제어프로그램과 사용자를 연결시켜주는 역할을 한다.

사용자 인터페이스 프로그램을 통해 사용자는 검사에 필요한 여러 가지 변수들을 다시 입력하거나 검사진행 상황을 살펴볼 수 있으며, 검사중에 검사를 멈출 수도 있게 된다.

Fig.8에 이송 제어부와 사용자 인터페이스 프로그램을 나타내었다.

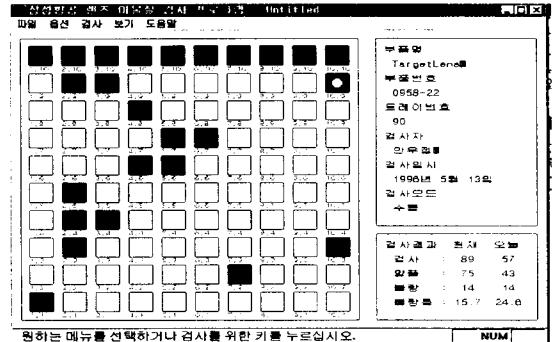


Fig.8 이송 제어부 및 사용자 인터페이스 프로그램

### 4.결론.

이번에 개발한 검사 시스템으로 렌즈 하나를 검사하는데는 대략 7~8초가 소요됐다. 이는 수동검사와 비교해서 4~5배의 시간감축을 할 수 있었다. 또한 한 화소의 실제 치수가 0.01mm 단위이므로 미세한 이

물질의 크기를 0.01mm 단위까지 측정함으로써 육안 검사의 부정확성을 개선하였다. 그러나, 이물질의 크기가 조명 밝기에 민감하게 변하므로 밝기를 일정하게 유지하는 점이 무엇보다도 중요하고, 또한 CCD 카메라로 잡은 화상에서 노이즈를 제거해야 하는 문제도 발생했다. 이는 노이즈를 이물질로 잘못 인식할 수 있기 때문이다. 그래서 원화상을 경계추출하기 전에 이미지처리 알고리즘으로 구현한 저주파 필터링으로 노이즈를 제거하는 전처리가 필요하게 되었다. 프로그램은 검사 렌즈의 기종이 변해도 렌즈의 규격과 검사 조건을 사용자가 프로그램에 입력하기만 하면 다른 부수적 노력없이도 검사가 가능하도록 구현되어 유연성과 효율성을 갖추었다.

< 참고문헌 >

1. "Digital Image Processing Algorithm", Ioannis Pitas, Prentice Hall, 1993.
2. "Signal Processing Image Processing and Pattern Recognition", Stephen Banks, Prentice Hall, 1990.
3. "Computer Vision for Robotic Systems", M.G.Fairhurst, Prentice Hall, 1988.
4. "Programs and Data Structures in C", L.Ammeraal, Wiley, 1987.
5. "Practical Image Processing in C", Wiely, 1991.

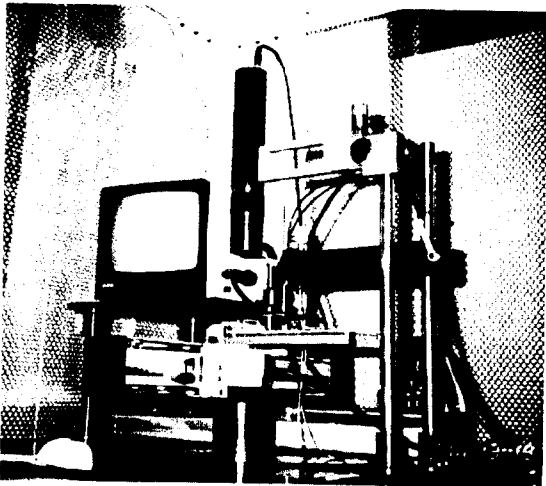


Fig.9 시스템 사진