

영상처리기법에 의한 실시간 엔진 품질검사시스템

Real Time Engine Quality Inspection System by Image Processing

정 원* · 신현명**

Won Jung* · Hyun-Myung Shin**

Abstract

The purpose of this research is to develop an integrated quality inspection system using machine vision technology in the automotive engine assembly process. The system makes it possible for the inspected data to be entered directly from the machine vision system into the developed system without the need for intermediate operations. Such direct entry enables prompt corrective actions against process problems. An IVP-150 machine vision board is installed on the PC for image processing, and a template matching technology is implemented to precisely verify quality factors. The developed system is successfully installed in a manufacturing process, and it showed robustness to the problems of noise, distortion, and orientation.

1. 서론

제조공정에 있어서 검사는 중요한 과정 중 하나이다. 이는 제품의 신뢰성이 대량생산 설비에 있어서 매우 중요한 요소이기 때문에 모든 부품, 반제품, 그리고 완제품에 대한 전수검사가 시도되는 경우가 많다. 최근 가공 및 조립설비의 자동화가 급속히 이루어짐에 따라 검사기능도 자동화가 이루어지지 않고는 공장자동화의 구축이 어렵게 되었다. 검사 장비 중 머신비전은 사람이 육안으로 하는 외관검사 작업을 대신할 수 있는 자동화 시스템이다. 품질보증의 측면에서 보면 생산부품의 외관검사는 중요한 비중을 차지하고 있다. 만약 자동생산시스템에서 외관검사를 작업자의 목시검사에 의존할 경우 작업자의 상

태에 따라 검사의 오류가 많고 검사의 속도 또한 느리다. 머신비전을 이용할 경우 품질변화 동향에 대한 실시간 관찰이 가능하며 복잡한 실시간(Real time) 관련 계산을 빠르게 수행할 수 있다. 또한, 측정, 판독, 판정등의 시스템화에 의하여 생산성을 향상시킬 수 있으며, 정확한 최신타이터로 신속한 경향판리가 가능하게 함으로써 품질의 예방관리를 실현할 수 있다.

본 연구의 목적은 머신비전을 이용하여 자동차 엔진 조립공정의 품질관리를 위해 자동검사시스템을 개발하는데 있다. 이 시스템은 CCD카메라를 여러위치에 설치하여 입력된 영상 데이터를 분석하고 검사 부위를 측정하여 기준이 되는 허용오차와 비교함으로써 양품과 불량품을 구별하는 시스템이다. 생산현장에서 머신비전을 활용하는데

* 대구대학교 산업공학과

** 계명대학교 기계공학과

있어서는 영상처리 과정에 조명, 진동, 먼지등에서 오는 잡음(noise)과 찌그러짐(distortion), 그리고 영상이 놓이는 방향(orientation) 등의 문제가 발생한다.[2, 5, 7] 이는 기준영상과 비교대상영상을 입력할 때의 환경이 이상적으로 같은 조건이 될 수 없기 때문이다. 본 시스템의 개발에 있어서는 검사부품이 나타내는 여러가지 모양의 패턴들을 신뢰성 있게 인식할 수 있는 템플리트 매칭(Template Matching)기법을 사용하였다. 사실 많은 산업용용이 패턴 인식에 크게 의존하고 있지만 본 시스템에서는 Jain et al. [7]에 의한 템플리트 인식방법을 현장에서 적용할 수 있도록 실용화시켰다.

본 연구는 공정상에서 실시간으로 행할 수 있도록 설계되었으며 공장자동화의 목표인 CIM(컴퓨터통합생산시스템)의 구축이 용이하도록 통합적인 자동검사시스템으로 개발되었다. 자동차 생산라인의 검사의 자동화는 그 공정을 자동화하는 것 뿐만이 아니라 거기에서 얻은 데이터나 판정결과 등의 정보를 직접 가공기에 피드백하거나 라인관리용의 호스트 컴퓨터에 전송하는 기능이 필요하다. 즉, 모든 업체의 생산관리 부서가 관심을 가지고 있고, 일부에서는 가동이 되고 있는 CIM에 대응이다. CIM구축을 위해서는 각 생산라인에서 생성되는 검사/계측의 정보가 가능한 한 실시간에 출력되어야 하기 때문에 검사/계측 기능의 인라인화, 자동화, 시스템화가 필요하게 된다.

머신비전의 일반적인 영상처리 흐름에 대한 기본구조를 단계별로 간략하게 설명하면 1단계에서는 카메라에서 입력된 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환하여 컴퓨터 메모리에 입력시키는 영상취득을 한다. 2단계는 컴퓨터에서 받아들인 데이터에서 잡음을 제거하고 에지(Edge) 등을 보정해주는 전처리(Preprocessing) 과정이며 특징추출을 정확하게 하기 위해서 화질을 개선하는 단계이다. 이 과정에서 정밀측정을 위해서는 여러가지 기법이 응용되는데 예를 들면, Roberts Operator, Sobel Operator 와 같이 gradient를 이용하는 방법, 2차 미분을 이용하는 Laplacian Operator 등 몇가지 기법들이 사용되고 있으며 [2, 4, 5, 6, 9], Tabatabai [11]의 기법을 기초로 하여 정밀측정값을 구하는 방법을 실용화한 것도 있다.[1] 3단계의 특징추출은 영상 데이터를 갖고 있으며 중요한 부분만 찾아내는 단계이다. 4단계는 영상분할 단계이며 3단

계에서 얻어진 특징들을 그룹화하여 영상을 작은 영역들로 나누는 단계이다. 마지막으로 5단계는 영상분할에서 얻은 작은 영역들을 조합하여 하나의 영상으로 조합한다.

2. 검사내용 및 시스템 구성

검사대상은 그림 1에 있는 SOHC 엔진의 조립상태를 검사하는 것으로서 검사 내용 및 개발범위는 다음과 같다.

가) 인라인에 의한 Hole 내부검사

- 그림 2에 나타난 엔진헤드 부분의 CAM Follower, Thrust Piece, Plate의 조립상태 이상 및 누락검사를 행하며, 이 부품들은 엔진표면으로부터 지름 5cm 깊이 5cm의 Hole속에 위치해 있다.
- 엔진1대 당 8개의 Hole이 있으며 실시간 동시검사가 이루어져야 한다.



그림 1. SOHC 엔진

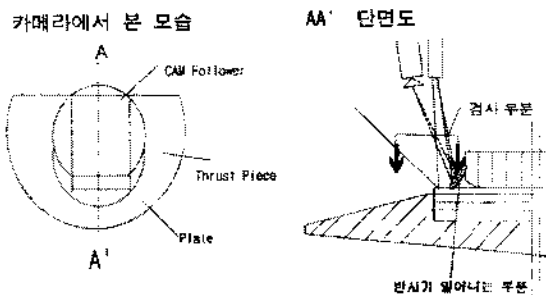


그림 2. 카메라에서 본 엔진헤드 부품 및 검사부분

나) 소프트웨어 알고리즘

- 형상검사에 의한 조립서 각 부품의 유무 검사 알고리즘
- 형상의 크기에 의한 각 부품의 안착 상태 검사 알고리즘
- 공정분석, 데이터베이스 구축 및 검색 알고리즘
- 검사속도: 20초 이내

2.1 하드웨어 구성

검사시스템의 하드웨어는 다음과 같이 구성되어 있다.

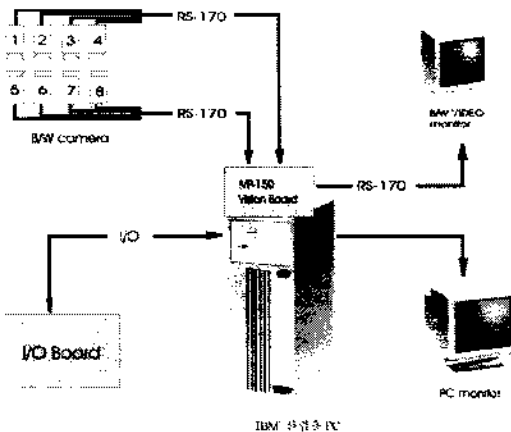


그림 3. 하드웨어 구성

PC는 IBM 펜티엄급 산업용 컴퓨터이며 75MHz, 16MB RAM, SCSI HDD를 갖추고 있으며, I/O 보드와 RS-232를 통해 검사시스템 및 PLC와 통신한다. 비전보드는 IVP-150을 사용하였으며, PC 안에 내장되어 있고, 40MIPS 디지털 신호처리기, 9개의 영상 입력 채널이 있다. RGB (Red, Green, Blue) 또는 3개의 흑백 CCD카메라를 화면에 동시에 잡을 수 있는 독립적인 프레임그래버 장치가 있으며, 8개의 디지털 또는 아날로그 입력점과 8개의 디지털 또는 아날로그 출력점이 있다. I/O 보드는 각 16개의 입출력, 4개의 단자대와 전원으로 구성되어 있다. 이 밖에 센서, 스톱퍼와의 중간 접속을 위한 단자대는 컨베이어 하단에 위치해 있다.

CCD카메라는 CS8310C 모델로서 756H×581V (38만 화소)의 고화소와 수평 해상도 570 TV를 기본으로 실현하고 있으며, 전자식 셔터로 움직이는 동영상을 선명한

화상으로 얻을 수 있다. 또한, AGC 회로 내장으로 입사 광량을 조절해서 최적의 화상을 얻을 수 있다. 조명장치는 1.4번의 카메라에 조명을 지원하는 1개의 박스와 5-8번의 카메라에 조명을 지원하는 2개의 박스가 있으며 내부 전구는 DC 12V 100W 할로젠 램프를 사용한다. 센서의 위치와 기능은 그림 4와 같다.

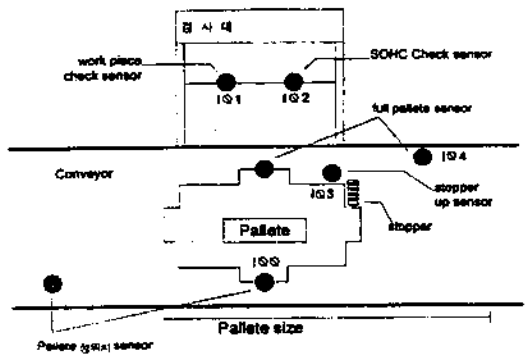


그림 4. 센서의 위치와 기능

2.2 소프트웨어 구성

그림 5는 본 검사시스템의 소프트웨어 블록 다이어그램이다. 각 하드웨어 유닛을 보면 검사자체는 IVP-150내의 모듈들에 의해 진행됨을 알 수 있다. PLC는 하드웨어 장비들의 실제 제어를 위해서만 쓰이고 사용자 입력은 PC를 통해 입력된다. 초기 단계에서 PC는 하드디스크에 저장하고 있던 데이터베이스에서 조립상태 검사를 위한 설정값들과 각 검사라인의 양품과 불량품들에 대한 품질 데이터, 그리고 시간 관련 데이터들을 가져온다.

각 소프트웨어 모듈들은 전부 여섯 개이다. GUI (Graphic User Interface) 모듈은 사용자에게 결과를 출력하거나 사용자의 입력을 받아들이는 부분이다. HELP 모듈은 사용자에게 도움말을 출력하는 부분이다. I/O 모듈은 PLC와의 입출력을 담당하는 부분이다. MAIN 모듈은 소프트웨어의 중심부분으로 검사시스템 소프트웨어의 전반적인 실행제어와 메뉴시스템에 대한 응답을 담당하고 있다. INSPECTION 모듈은 실제 검사 알고리즘이 구현된 부분으로 MAIN 모듈의 호출에 따라 검사를 수행한다. SETUP 모듈은 검사에 사용되는 설정값과 양품, 불량품들의 개수, 그리고 검사 시간에 관련된 데이터베이스를 변경, 유지, 저장하는 부분이다.

INSPECTION 모듈을 보면 PC가 아닌 IVP-150내에 있다. IVP-150은 머신비전 보드 초기화시에 적재되는 DSP 프로그램들과 함수들이 들어있는 \VVP5_150\DEMON\VP5_150.OUT의 안에 사용자 프로그램과 함수들을 추가하여 PC에서 호출하여 IVP-150내에서 추가된 사용자 프로그램이 실행될 수 있게 하는 기능이 있다. 이 기능을 통해 IVP-150에 INSPECTION 모듈이 들어가 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한 SHARED MEMORY 는 PC와 IVP가 공유 가능한 메모리이다. 이 메모리는 PC에서 접근 가능한 IVP-150내의 메모리이다.[3]

PC와 IVP-150 간의 통신을 생각해 보면, IVP-150 내의 사용자 프로그램은 함수의 형태로 호출 가능하므로 소프트웨어 공학적인 측면에서 볼 때, 호출하는 함수의 인자로 설정 데이터를 전달하는 방법이 가장 바람직하다. 그러나 머신비전에서는 속도가 가장 중요한 요소 중 하나이다. 만일 함수의 인자와 반환값으로만 통신 방식을 제한 한다면 느린 PC의 메모리로 인해 속도의 많은 저하가 올 것이다. 또한 설정 데이터는 검사 모듈 호출시마다 변하는 것이 아니므로 CPU 자원의 낭비로 생각할 수도 있다. 따라서 설정 데이터의 전달을 위해 공유 메모리의 크기가 그다지 크지 않다는 점이다. 이 때문에 만일 많은 양의 메모리를 필요로 하는 경우에는 역시 다른 방법을 사용할 수 있는데, 그것은 이미지 데이터를 저장하는 메모리를 사용하는 것이다. 데이터베이스의 내용은 검사를

위한 설정값들과 각 검사 라인의 양품과 불량품들의 갯수, 그리고 시간 관련 데이터들로 구성되어 있다.

3. 시스템 작동

3.1 PC화면의 구성

시스템이 작동하면 PC 모니터에 검사 화면이 나타나며 윗 부분에 현재의 날짜와 시간이 표시된다. 검사갯수와 불량갯수는 하루 중 오전8시30분과 오후 8시30분이 되면 "0"으로 다시 셋팅된다. 시스템 상태는 현재 검사 중인 시스템의 진행 상태를 표시해 주는 부분이며 다음과 같은 메시지가 나온다.

- 시스템 시작시: 검사대기 중입니다
- 엔진이 들어올 때 : 혼류생산라인이므로 검사하고자 하는 대상물인 SOHC와 DOHC, 빈 프레임틀을 구분하는 메시지와 '7번 200 LS 1-4 200 LS 5-8 154'로 표시되는 각Hole 해 당번호의 밝기와 조명장치 1-4와 조명장치 5-8의 평균 밝기값을 보여준다. 또한, 8 Hole 전체의 평균 밝기값도 표시된다. 전체 검사시간은 10 초정도 걸리며 이 중 대기시간을 제외하면 1 Hole을 검사하는 시간은 1초 미만이므로 밝기값의 변화는 빠르게 진행된다.
- 검사가 끝난 후: '검사 끝', '스토퍼 내림', '검사결과 데이터 저장' 등을 보여주며, 이후 다시 '검사 대기

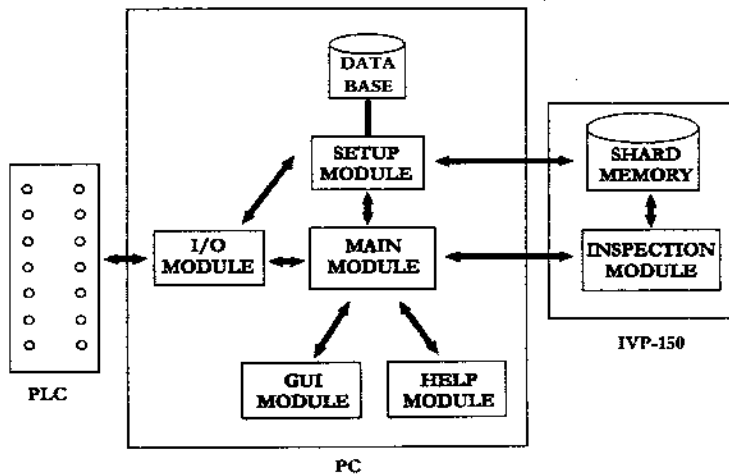


그림 5. SOHC 검사시스템의 소프트웨어 블록 다이어그램

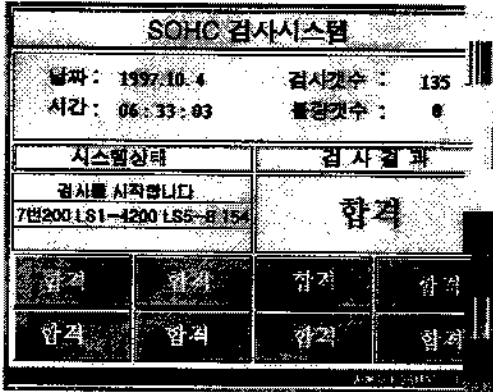


그림 6. PC 화면 구성

중'으로 돌아간다.

- 검사 결과: 엔진의 8개 Hole에 대한 검사결과는 '합격', '불합격', '시스템조정'의 3가지 메시지 중 하나로 나타난다. 이 중 '시스템조정' 메시지는 조명장치의 이상 등으로 검사부위의 밝기값이 일정한 범위내에 들어있지 않거나 고의적인 오동작 등으로 인한 부적당한 검사환경일 때 나타난다.
- 실시간 공정분석 메뉴로의 전환을 위해서는 'By pass'를 누른 후 'Esc' 키를 눌러 주면된다.

3.2 비전화면의 구성

비전 모니터에는 SOHC의 8개 Hole에 대한 영상이 화면에 나타나며 작업자의 위치에서 엔진을 들여다 보는 순서로 나열되는데 그림 7과 같다. 각 영상의 위 또는 아

래에 있는 숫자는 로직상의 검사화면 중심에 대한 x좌표, y좌표와 검사값을 나타낸다. 불량 발생시 해당 영상에 2줄 사각형의 테두리가 생긴다. 화면에 나타난 전체 영상은 다음 파트가 들어오면 없어진다. 화면에 나타난 영상은 카메라에 들어온 이미지 중 검사와 관련된 부분만 축소해서 보여주는 것이며 불량이 발생하면 날짜, 시간 및 품질데이터와 함께 그림 파일로 저장된다.

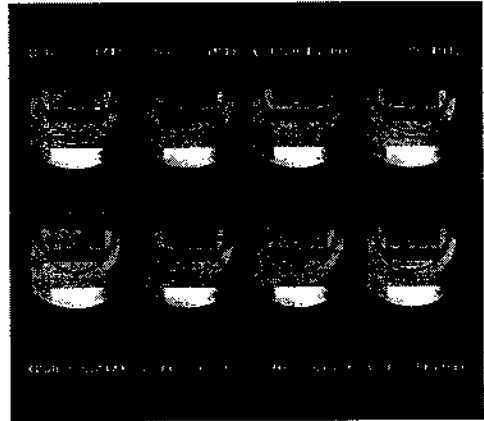


그림 7. 비전화면 구성

그림 8에 나타난 데이터 값은 1개의 엔진에 대한 검사 결과로써 8개 Hole 단위로 데이터가 저장됨을 보여준다. 데이터 중 <8>번은 SOHC의 8번째 Hole를 의미하고 그 뒤에는 날짜와 시간 그리고 검사후 판정결과가 나타난다. 그 다음으로는 8번째 Hole전체의 밝기값을 나타내고 이

```

<1>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기153, LUT 9, 평균중심(230,261), 중심(220,301, 88)
중심1 (220,512,8088), 2(220,301, 88), 3(220,301, 88), 4(220,301, 88), (x,y,ix,ly,value) (177,271,88,30,89),(278,183,14,48,85),(148,183,14,48,
<2>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기167, LUT 9, 평균중심(248,275), 중심(246,285, 89)
중심1 (246,512,8088), 2(246,285, 89), 3(246,285, 89), 4(246,285, 89), (x,y,ix,ly,value) (203,254,89,31,82),(304,166,15,48,97),(174,166,15,48,
<3>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기183, LUT 10, 평균중심(244,264), 중심(252,298, 87)
중심1 (252,512,8088), 2(252,298, 87), 3(252,298, 87), 4(252,298, 87), (x,y,ix,ly,value) (210,268,87,30,82),(309,182,14,47,58),(181,182,14,47,
<4>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기 72, LUT 5, 평균중심(240,246), 중심(241,317, 86)
중심1 (241,512,8088), 2(241,317, 86), 3(241,317, 86), 4(241,317, 86), (x,y,ix,ly,value) (199,287,86,30,74),(297,202,14,47,71),(171,202,14,47,
<5>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기166, LUT 9, 평균중심(242,271), 중심(247,288, 91)
중심1 (247,512,8088), 2(247,288, 91), 3(247,288, 91), 4(247,288, 91), (x,y,ix,ly,value) (203,257,91,31,78),(307,186,15,50,45),(173,166,15,50,
<6>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기149, LUT 8, 평균중심(251,270), 중심(250,292, 88)
중심1 (250,512,8088), 2(250,292, 88), 3(250,292, 88), 4(250,292, 88), (x,y,ix,ly,value) (207,262,88,30,75),(308,174,14,48,18),(178,174,14,48,
<7>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기124, LUT 7, 평균중심(239,264), 중심(243,292, 94)
중심1 (243,512,8088), 2(243,292, 94), 3(243,292, 94), 4(243,292, 94), (x,y,ix,ly,value) (197,260,94,32,79),(305,166,15,51,43),(167,166,15,51,
<8>번 날짜96.8.28, 시간14:59:23, 결과 GOOD 밝기145, LUT 8, 평균중심(244,268), 중심(241,289, 92)
중심1 (241,512,8088), 2(241,289, 92), 3(241,289, 92), 4(241,289, 92), (x,y,ix,ly,value) (196,257,92,32,81),(302,166,15,50,59),(166,166,15,50,
    
```

그림 8. 검사결과 데이터

값에 따라서 LUT값이 결정된다. 그 다음, (X, Y)의 1차 중심을 나타내는 평균 중심값과 중심을 보정한 후의 x, y 값과 Scale값이 나타난다. 중심 1, 2, 3, 4는 평균중심을 근거로 중심을 보정해 나가는 상태를 나타내며, (x, y lx, ly, value)는 검사할 세 부분의 사각형 좌표와 x축 및 y축의 길이, 그리고 검사값을 나타낸다.

4. 검사 알고리즘

합격품의 형상을 기억 시킨 후 검사 대상물의 형상과 비교하는 패턴매칭은 직각, 회전 및 비틀림의 세가지 형태의 움직임을 통해 이루어진다. 산업에 응용된 대부분의 산업 시스템은 x와 y 방향의 움직임에 의한 직각 좌표로 패턴매칭을 하며 일반적으로 회전 과정은 포함하지 않는다. 두개의 형상이 서로 일치하는 정도를 나타내는 측정치로 교차상관이 사용되는데 교차상관은 두개의 이미지 안에 상호 관련되는 형상 포인트들 사이의 거리의 합계를 계산하여 결정된다. 여기에 사용되는 기술은 두 형상 중 하나의 교차상관 요소를 계산한 후 일정한 위치를 움직여 (이를 템플리트라고 함) 교차상관을 계산하는 것이다. 이러한 과정은 전 ROI(Region of Interest)를 통하여 반복되며, 거리의 합계가 0이거나 최소인 점에서 최적의 일치가 발견된다. 그림 9에 나타난 것처럼 패턴과 템플리트가 일치하는 위치 D에서 합계가 0이 된다. 그러나, 잡음이나 찌그러짐으로 인해 교차상관 요소가 0이 되지 않은 경우가 많은데 최적의 방법은 매칭을 위한 최소값에 의해 위치를 결정하는 것이다. 매칭 과정에서 어느 한 위치의 관련 픽셀에 대한 밝기값이 나타나 있지 않거나 매치하고자 하는 형상의 이진수 혹은 화소값 데이터 중 하나를 사용하여도 좋다.

엔진 헤드의 CAM Follower, Thrust Piece, Plate의 조립상태를 검사하기 위하여 영상이미지에서 한 개 혹은 몇 개의 목표물에 대한 확인 작업에 템플리트 매칭(Template Matching) 기법이 사용되었다. 템플리트는 ROI의 내부에 위치하는 한 화소집단의 부분집합으로서 검사대상 부품의 영상이 여기에 해당된다. 따라서 ROI를 지정할 때 템플리트가 ROI 내에 위치하도록 지정하였으며, 이때 ROI는 주어진 템플리트가 나올 가능성이 있는 최소 영역이 지정되도록 영상을 취하였다. 적용된 알고리즘을 설명하

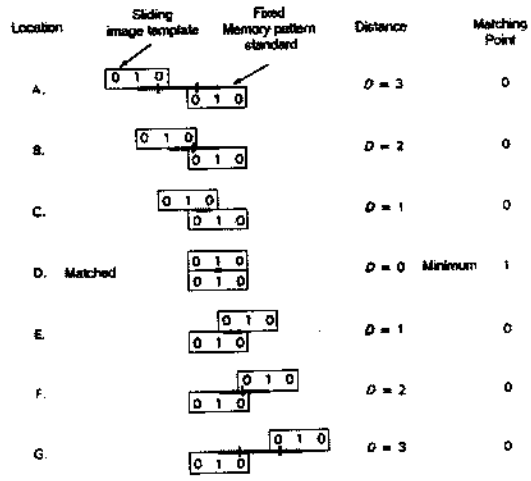


그림 9. 템플리트 연산

면 다음과 같다.

만약 템플리트 $f(i,j)$ 가 있고 ROI 영상 $R(i,j)$ 에서 템플리트를 찾으려 한다고 하자. 여기서 해야할 일은 템플리트를 ROI의 한 위치에 놓고 템플리트의 화소값과 ROI속의 검사대상물의 화소값을 비교하는 것이다. 그러나, 실제 적용에 있어서는 생산현장의 짐음이나 찌그러짐, 그리고 영상이 놓이는 방향 등의 문제가 발생하여 화소값이 정확하게 매칭하는 경우는 거의 없으므로 템플리트와 영상의 차이점에 대한 측도가 있어야 한다. 여러 가지 측도가 정의될 수 있는데 여기서는 T 를 템플리트의 영역이라고 할 때 제곱오차의 합계인 $\sum_{(i,j) \in T} (r-f)^2$ 를 사용하였다. 계산식을 쉽게 하기 위하여 단순화하면:

$$\sum_{(i,j) \in T} (r-f)^2 = \sum_{(i,j) \in T} r^2 + \sum_{(i,j) \in T} f^2 - 2 \sum_{(i,j) \in T} rf \quad (1)$$

만약 r 과 f 가 고정되었다고 가정하면, $\sum rf$ 은 불일치(mismatch)에 대한 측도이다. ROI의 영상전체에서 템플리트와 일치하는 부분을 찾기 위해서는 템플리트를 이동하며 매칭하는 측도를 찾아야 한다. 그래서, $l \times m$ 템플리트를 찾기 위해서 다음을 계산한다.

$$Z[i,j] = \sum_{a=b=1}^{l,m} f(a,b)r[i+a,j+b] \quad (2)$$

이 식의 a 와 b 는 영상에서 템플리트에 대한 변위이다.

여기서 목표는 어떤 한계값(threshold value) 보다 높은 값 중에서 가장 큰 값을 갖는 위치를 찾는 일이다. 그러나, 위 계산식에서 r 과 f 가 일정하다고 가정할 때 문제가 발생할 여지가 있다. 이 계산식을 영상에 적용할 때, 템플리트 f 는 일정하지만, r 값은 변한다. Z 값은 f 값에 따라 달라지므로 각각 다른 위치에서 메칭에 대한 정확한 정보를 주지 못한다. 이 문제는 정규(normalized) 교차상관을 사용하여 해결할 수 있다. 메칭 측도 Z 는 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$G_{rf}[i,j] = \sum_{a=1}^i \sum_{b=1}^m f(a,b)r[i+a,j+b] \quad (3)$$

$$Z[i,j] = \frac{G_{rf}[i,j]}{\left[\sum_{a=1}^i \sum_{b=1}^m r^2[i+a,j+b] \right]^{1/2}} \quad (4)$$

여기서 Z 는 $f=gr$ 일 때 $[i,j]$ 에 대하여 최대치를 가진다는 것을 알 수 있다.

그림 10은 위 알고리즘에 의한 영상과 템플리트, 그리고 계산 결과를 보여준다.

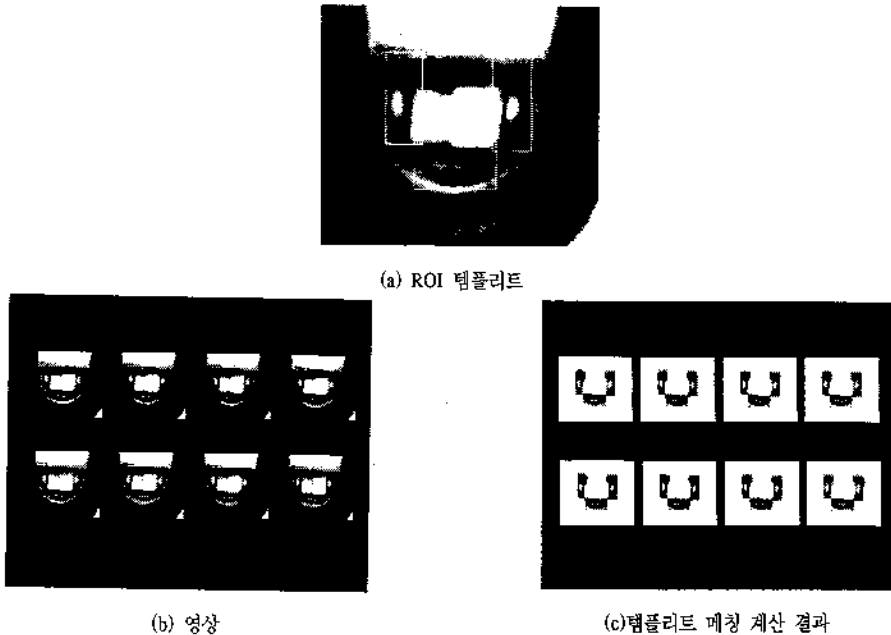


그림 10. 템플리트 매칭

5. 실시간 공정분석

검사화면에서 공정분석 메뉴로의 전환을 위해서는 콘트롤 패널의 By-pass키를 누른다음 PC키보드의 Esc를 누르면 되며 8개의 메뉴로 구성되어 있다. 첫번째의 <시스템정보>메뉴에는 시스템에 대한 기본 정보가 있다.

ENGINE INSPECTION SYSTEM							
시스템종류	불량정보	공정표기	확대회색체크	검사	관리도	제일번호변리	도출명
	일일불량정보						
	주간불량정보						

그림 11. 공정분석 메뉴

2번째 메뉴인 <불량정보>는 작업자가 검색하고자 하는 기간동안의 불량정보를 검색할 수 있다. 그림 12의 불량

정보 메뉴 중 불량위치 별 현황란에는 검사화면에서의 8개 Hole에 대한 위치별 불량수가 표시된다. 그래프는 1개월 단위로 불량현황을 보여주며 검색기간이 1개월이 넘을 때는 전달(B)과 다음달(F) 키를 사용하여 검색기간 동안의 해당 월의 불량현황을 나타낼 수 있다. 상위 메뉴로의 이동은 Esc 키를 사용하면 된다.

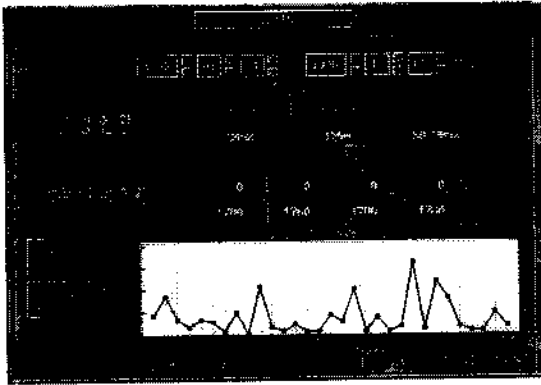


그림 12. 불량정보메뉴

<영상보기> 메뉴에서는 검색하고자 하는 해당 년월을 입력하면 그 기간 동안의 불량품에 대한 그림파일(BMP) 이름이 나타난다. 불량 내용을 분석하고자 하는 파일을 선택하면 불량품의 영상과 함께 발생한 시간과 위치가 표시 된다. 만약 그림 파일을 지우고 싶으면 커서를 해당 위치에 놓고 'Delete' 키를 누르면 된다. 파일을 지울 때는 비밀번호를 입력하여야 한다.



그림 13. 영상보기화면

<하드웨어체크> 메뉴는 '카메라영상 체크'와 '센서·스위치 체크'의 두 부분으로 나뉘어 있다. 이 메뉴를 선택하면 비전 시스템은 현재의 하드웨어 상태를 체크하기 위해 8개 Hole에 대한 영상을 취하고 ROI를 표시하여 비전 모니터에 나타낸다. '카메라영상 체크' 부분에서는 개별 Hole에 대한 밝기 값과 전체 Hole의 평균 밝기 값, 그리고 조명장치 1-8번의 개별 밝기 값을 체크할 수 있다. '센서·스위치 체크' 부분은 I/O보드 16개의 입력을 표시하고, 해당 입력 단자가 ON일 때 해당 위치가 노란색이 된다. 여기에서 각 입력 단자 우측의 설명은 연결되어 있는 각 센서 및 스위치의 이름을 나타내며 빈칸으로 남겨져 있는 부분은 회로에 연결되어 있지 않은 단자를 나타낸다. <검사> 항목을 선택하면 검사 시작을 하며 이는 Esc키를 누르는 것과 같다.

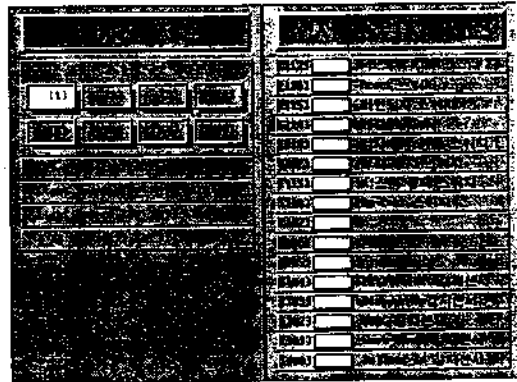


그림 14. 하드웨어 체크메뉴

엔진조립 불량은 40초 사이클의 생산수량에 비해서 아주 드물게 나타나는 문제이므로 흔히 사용하는 Shewhart 관리도를 사용하여 공정의 변화를 추적하는데 한계가 있다. 이는 Shewhart 관리도의 주된 약점이 관리도 상에서 가장 최근에 플롯된 점에 관련된 공정정보만 사용하고 전체 점들에 주어진 정보는 무시하고 있다는 것이다. 이러한 측면에서 아주 작은 변화가 중요할 때 사용할 수 있는 효과적인 대안이 CUSUM 관리도이다. CUSUM 관리도는 샘플의 크기가 1일때 특히 효과적이다.[10] 이러한 점이 머신비전과 컴퓨터를 사용하여 각 부품에 대한 품질 데이터가 자동으로 입력되어 온라인으로 입력되는 날개의 부품 제조 공정에 사용하기에 적합하다.

CUSUM 관리도는 주로 계량치 데이터에 사용되었으나 [10] 본 논문에서는 불량률에 따른 공정의 관리를 위해 Johnson and Leone [8]의 기법을 기초로 이산형 변수에 대한 분석을 행하였다. 이 기법에 대해서는 부록에 부연 설명하였다.

6. 결론

본 응용에서는 검사대상물의 규격에 대한 품질 오차가 높은 수준의 정밀도를 요구하지는 않으며 조립이 자동으로 이루어져 부품의 정렬에 큰 오차가 예상되지 않았기 때문에 템플릿 매칭이 이론적으로는 이상적이었다. 그러나, 실제 적용에 있어서는 컨베이어의 진동에 의한 잡음과 검사대상 부품들이 표면으로부터 5cm 깊이의 Hole 속에 위치해 있는 등 조명에 상당한 어려움이 있었으며, 이는 시행착오(trial and error)에 의한 거듭된 실험을 통하여 극복할 수밖에 없었다. 현재까지 이 공정에서 조립의 품질검사는 대부분이 작업자에 의한 육시검사로 이루어졌으며 조립불량이 소비자까지 이어지는 사례가 종종 발생하여 이로인한 품질비용으로 어려움을 겪어왔다. 그동안 이 공정에서 자동화·인라인화가 진행되지 않은 이유를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 측정항목이 여러개이며 제품의 표면으로부터 깊숙히 위치해 있다.
- 2) 조립라인의 진동이나 부품의 오일, 먼지 등의 부착에 의한 오염이 검사의 정밀도와 신뢰 성을 손상시킨다.
- 3) 모델의 변경이나 혼류생산의 특성에서 자동검사가 유연하게 대응할 수 없다.

이와같은 원인의 대부분이 바로 인라인 검사시스템이 필요 불가결한 조건이다. 본 연구결과로 설치된 엔진 검사시스템의 효과는 당연히 품질 및 생산성의 향상이며 구체적으로는

- 1) 조립 전공정의 품질검사의 생략화를 위한 자동화
- 2) 수작업에서 자동화로 대체됨으로써 품질검사의 고 효율화와 안정화
- 3) 불량 발생시의 피해를 최소한으로 억제하며 낭비를 배제한다.
- 4) 불량품을 조기에 발견하여 후공정으로 보내지 않는다.
- 5) 공정정보를 실시간으로 품질시스템에 전송해 줌으

로서 장치의 CIM화에 대한 대응이다.

앞으로의 연구방향으로는 검사항목, 데이터 처리 소프트웨어면에서 더욱 범용성이 요구된다. 또한, 시스템의 내 환경성의 향상과 고속·고정밀도화가 요구되어 이의 해결이 이상적인 통합생산체제 구축의 과제라고 생각된다.

참고문헌

- [1] 정원, 정연구, "전자부품의 품질향상을 위한 인라인 자동검사시스템", 품질경영학회지, Vol.23, No.3, 1995.
- [2] Ballard and Brown, Computer Vision, Prentice-Hall, 1982.
- [3] BarGold, IVP-150 User's Manual, 1994.
- [4] Delp, E. J. and Mitchell, O. R., "Image Compression Using Block Truncation Coding," IEEE Trans. on Commun., No.27, pp.1335-1341, 1979.
- [5] Galbiati, L. J., Machine Vision and Digital Image Processing Fundamentals, Prentice-Hall, 1990.
- [6] Gleason, S. S., Martin, A. H., Jatko, A. H., "Subpixel Measurement of Image Features Based on Paraboloid Surface Fit", IEEE SPIE Vol. 1386 Machine Vision Systems Integration in Industry, pp.135-144, 1990.
- [7] Jain, R., R. Kasturi, and B.G. Schunck, Machine Vision, McGraw-Hill, 1995.
- [8] Johnson, N.L., and Leone, F. C., "Cumulative Sum Control Charts-Math. Principles Applied to Their Construction and Use," Part III, Industrial Quality Control, Vol. 19, No. 2, pp. 22-28, 1962.
- [9] Ghosal, S. and Mehrotra, R., "Orthogonal Moment Operators for Subpixel Edge Detection," Pattern Recognition, Vol. 26, No. 2, pp. 295-306, 1993.
- [10] Montgomery, D. C., Statistical Quality control, Wiley, 1991.
- [11] Tabatabai, A. J. and Mitchell, O. R., "Edge Location to Subpixel Values in Digital Imagery," IEEE Trans. on PAMI, Vol. PAMI-6, No.2, pp.188-201, 1984.

부 록

CUSUM 관리도는 주로 계량치 데이터에 사용되었으나 본 논문에서는 불량률에 따른 공정의 관리를 위해 Johnson and Leone의 기법을 기초로 이산형 변수에 대한 분석을 행하였다.

만약 $x_j(j=1,2,\dots)$ 가 다음과 같은 분포를 따르는 독립변수라고 하자.

$$Pr(x_j) = \begin{bmatrix} p & x_j=1, j=1,\dots,n \\ (1-p)^j q & x_j=0, j=1,\dots,n \\ 0 & otherwise \end{bmatrix} \quad (5)$$

그러면, 두 개의 가설 $H_0: p=p_0$ 와 $H_1: p=p_1 (>p_0)$ 에 대한 검정을 위한 연속 확률테스트는 다음과 같은 계속 검사영역 (Continuation Region)을 가진다.

$$\frac{\beta}{1-\alpha} < \prod_{j=1}^k \left(\frac{p_1^{x_j}(1-p_1)^{1-x_j}}{p_0^{x_j}(1-p_0)^{1-x_j}} \right) < \frac{1-\beta}{\alpha} \quad (6)$$

즉,

$$\ln \frac{\beta}{1-\alpha} < k \ln \frac{1-p_1}{1-p_0} + \sum_{j=1}^k x_j \ln \frac{p_1(1-p_0)}{p_0(1-p_1)} < \ln \frac{1-\beta}{\alpha} \quad (7)$$

그러므로, 계속검사영역 사이의 가장자리 선을 긋기 위해 $X_k = \sum_{j=1}^k x_j$ 가 되는 (k, X_k) 점을 플롯하면 H_1 의 선택 영역은 다음식을 갖는다.

$$X_k = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha} k \ln \frac{1-p_1}{1-p_0}}{\ln \frac{p_1(1-p_0)}{p_0(1-p_1)}} \quad (8)$$

PQ 선을 그리기 위한 각도 θ 는 샘플번호축에 대하여

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\ln \frac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln \frac{p_1(1-p_0)}{p_0(1-p_1)}} \right] \quad (9)$$

이고, P는 마지막 플롯된 점으로 부터 오른쪽으로

$$d = \frac{-\ln \alpha}{\ln \frac{1-p_0}{1-p_1}} \quad (10)$$

만큼 위치하게 된다. 그림 15는 샘플크기 $N=1$ 일때 CUSUM 관리도의 예이다.

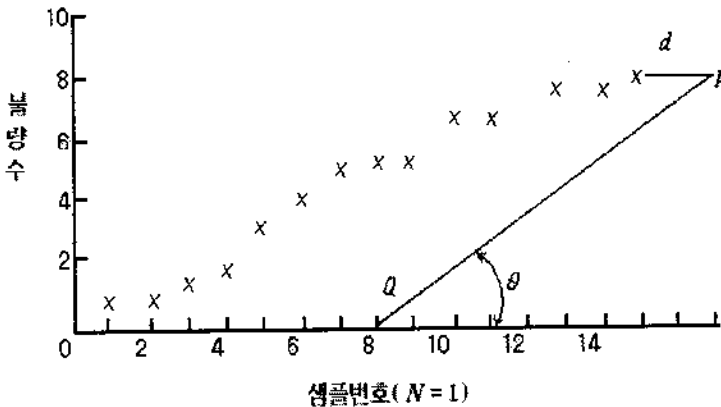


그림 15. CUSUM 관리도