

# 영상처리 기법을 이용한 자동차부품의 자동검사시스템 개발

## (Automated Inspection System Using Image Processing Technology for Automotive Components)

박 정 기 \*      정 원\*\*  
(Jung Kee Park)      (Won Jung)

**요 약** 이 논문은 영상처리기법을 이용하여 자동차 엔진 조립공정에 대한 통합적인 자동검사시스템의 개발에 관한 연구이다. 본 시스템은 머신비전에 의한 검사데이터를 통계적 공정관리시스템으로 직접 입력이 가능하며, 이러한 특성은 품질 이상이나 공정에 문제가 발생하였을 때 즉각적인 수정 조치가 가능한 기술이다. 검사부분에 대한 영상처리는 PC 내부에 설치되어 있는 IVP-150 머신비전 보드에 의하여 이루어지며, 품질요소를 정확히 확인하기 위해 템플릿 매칭 기술이 적용되었다. 본 시스템을 생산현장에 적용한 결과, 잡음이나 영상의 뒤틀어짐 혹은 방향성 등의 문제에도 적용력이 강함이 입증되었다.

**Abstract** This paper presents an integrated and automated inspection system using image processing technology for the automotive engine assembly process. The system make it possible for the inspected data to be entered directly from the machine vision into the statistical process control system. Such direct entry enables the prompt preparation of corrective actions against process problems. An IVP-150 machine vision board is installed within the PC for image processing, and a template matching technology is implemented to precisely verify quality factors. The developed system showed robustness to the problems of noise, distortion, and orientation.

### 1. 서 론

공장 자동화 중 가공 조립 기술은 현재 선진국의 발전 추세에 못지 않게 국내에서도 상당한 투자와 개발에 박차를 가하고 있고 실제로 많은 발전을 가져왔다. 그러나 공장 자동화는 가공 조립 기술과 검사 조정 기술, 그리고 네트워크 기술이 잘 결합되어야 하기 때문에 공장 자동화의 발전을 위해서는 이들 기술 중 상대적으로 낙후된 검사 조정 기술의 발전이 필수적이다. 이러한 검사 조정 기술의 낙후는 생산자동화의 인-라인 화에 있어서 큰 장애 요인이었고, 이제 이 분야의 발전은 생산자동화 발전의 중요한

결정요소라 할 수 있다.[1]

본 연구의 목적은 영상처리기법을 이용하여 자동차부품 생산라인의 자동품질검사 및 공정분석 시스템을 개발하는 데 있다. 이를 위해 자동 라인에 흐르는 부품을 실시간(Real time)으로 검사, 계측할 수 있는 자동 검사 기능과 데이터를 실시간으로 제어, 해석할 수 있도록 통계 처리 기능을 갖춘 통합적인(Integrated) 자동검사시스템을 개발하려고 한다. 즉, 생산 공정에서 검사 및 계측을 하는 작업을 자동화함으로써 데이터를 자동으로 샘플링하여 실시간으로 해석하고, 그 경향을 판단하여 공정 분석을 행할 수 있도록 한다.

머신 비전 기술을 이용한 자동검사시스템의 장점으로는 유연성, 고속 측정, 신뢰성, 자동 등록, 생산성의 증가를 들 수 있으며, 단점으로는 3차원 데이터의 2차원 화에 의한 정보 누실과 분해능이 정밀 측정기에 비해 낮은 데

\* 한양대 전자공학과  
\*\*대구대 산업광학과

있다. 머신 비전 기술이 생산라인에 잘 적용되기 위해서는 “정확도, 신뢰도, 사용자의 편의도, 경제성, 고속도, 자동화”의 조건을 만족시켜야 한다. 이러한 요구 조건들을 충족하면서 제조업체의 검사 공정을 자동화하기 위해서는 다음과 같은 장비와 기술이 필요하다.

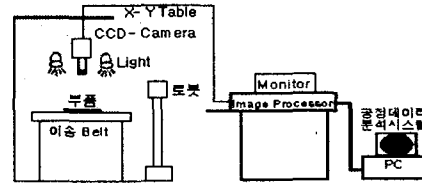
- 머신비전시스템 : 가능하면 DSP와 I/O 단자를 탑재한 시스템
- 검사 사양 수와 종류 : 5~10 개의 검사 품목, 부품 누락, 오 조립, 치수 오차
- 검사 시간 : 공정 cycle time 내에 검사와 공정분석이 가능해야 함
- 소요 카메라 : 1~8 대
- 요소 기술 : 이치 화, 패턴 정합, 모폴로지(morphology), 정밀 측정 기술, 위치 보정, 부품 인식, 컬러 분석, 조명, 렌즈, 그래픽스 사용자 인터페이스(GUI)
- 자동화 기술 : I/O 인터페이스, 센서, 액츄에이터(actuator), 로봇, MUX, PLC 사용 기술
- 잡음에 대비 : 기름, 먼지, 소음, 전자 잡음, 작업 라인의 변경 등에 대비
- 품질 관리 기술 : 공정 데이터의 통계적 해석 및 공정 관리도

최근 머신비전시스템들의 동향은 하드웨어 가격들이 급격히 내려가고 DSP(Digital Signal Processing) 칩들의 장착으로 고속화되면서, 공장 자동화용으로 쉽게 상용화될 수 있도록 I/O 기능이 첨가되었다. 또한, 4~8대의 카메라가 하나의 비전보드에 접속되어 상용 될 수가 있으며, PC와는 독립적으로 사용이 가능하도록 개발되고 있어서 검사 시스템으로의 개발환경이 상당히 개선되고 있다.[8]

## 2. 자동검사에 의한 공정분석

자동검사에 의한 공정분석 시스템의 구성도는 <그림 1>과 같다. 부품의 조립을 위한 설비장치가 작업 영역별로 있고, 각 작업영역은 컨베이어 벨트를 사용하여 작업이 연결된다. 만약 10여 가지의 부품이 조립될 경우에 검사항목들을 3~4그룹으로 구분하여 구성도에서와 같이 외관 검사를 수행한다. 수행 시에 이상이 검출되면, 이상 경고등에 신호를 보내어 컨베이어벨트를 정지시키고 이상부품을 자동으로 불량품 작업영역에 보내게 한다. 이러한 일련의 검사 과정이 공정 사이클 이내에 이루어지게 한다. 중간 검사 공정에 설치되어 있는 CCD 카메라를 통하여 조립되는 모든 생산품이 전수검사를 받게 되므로 최종 제품에 대한 불량률은 0%가 된다. 또 한편으로 각 부품의 검사 항목에 대하여 이상 유무에 대한 공정 데이터를 분석 시스템의 파

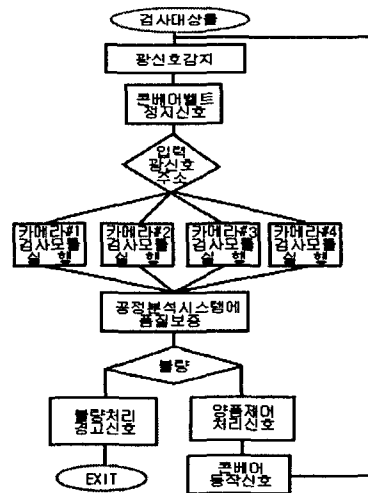
일에 자동으로 입력된다. 수집된 공정 데이터는 시간별, 혹은 일별, 주간별, 월별로 분석을 하게 되며, 주기별 통계적 데이터는 분석을 행하고 불량률의 원인을 발견하여 공정업무 또는 공정설비나 공구를 개선한다.



<그림 1> 자동검사에 의한 공정분석 시스템의 구성도

<그림 2>는 실시간 공정분석 시스템의 흐름도를 나타낸다. 검사대상물이 들어오면 그것을 감지하는 센서나 기타 장치로 인식을 하고 정지를 시켜 선택된 카메라를 통해서 검사하며 데이터를 분석하고 다시 시작하는 반복 동작을 계속하게 된다.

공정 관리를 보다 적극적으로 실시하기 위해서는 가공, 조립 상태의 통계적 추이에서 공정 이상을 사전에 예측하여 조정하는 것이 효율적이다.[10]



<그림 2> 공정분석 시스템의 흐름도

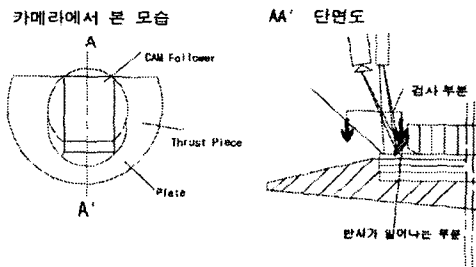
그러므로, 자동 생산라인의 흐름 속에서 없어서는 안될 데이터의 예측, 제어, 해석, 평가를 어떻게 하면 신속하고 간단하게 할 수 있을 것인지에 대하여 중점적으로 연구한다. 또한 검사 결과를 입력해 개별 부품에 대한 관리를

행하여 통계 자료 작성, 데이터의 경향 관리나 공정 능력에 의한 공정 관리를 체계화한다. 즉, 현재 데이터의 측정에서 측정 결과의 그래프 표시, 데이터 해석, 관리도 작성까지 자동화된 검사 시스템을 만든다. 자동 검사를 이용할 때 직접 이용될 수 있는 관리도의 형태로는 x-관리도, R-관리도, p-관리도, c-관리도 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 대상 부품에 대한 생산현장에서의 요구에 따라 불량률에 관리도인 p-관리도를 사용하였다. 불량률은 어떤 모집단의 전체 수량에 대한 불량품 수의 비로 정의된다. 생산품은 검사원에 의해 동시에 검사가 이루어지는 여러 가지 품질 특성을 가지고 있다. 만약 그 제품의 한 가지 혹은 그 이상의 품질 특성이 표준에 맞지 않으면 그 생산품은 불량으로 분류된다.

### 3. 연구범위 및 시스템 구성

본 연구를 위하여 자동차부품 중 엔진헤드 생산 라인을 대상으로 하였으며, 엔진헤드의 구성 부품 및 검사부분은 <그림 3>에 나타나 있다. 연구 개발범위는 다음과 같다.

- 가) 인-라인에 의한 Hole 내부검사
  - 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.
- 나) 소프트웨어 알고리즘
  - 형상검사에 의한 조립시 각 부품의 유무 검사 알고리즘
  - 형상의 크기에 의한 각 부품의 안착 상태 검사 알고리즘
  - 공정분석, 데이터베이스 구축 및 검색 알고리즘
  - 검사속도 : 20초 이내



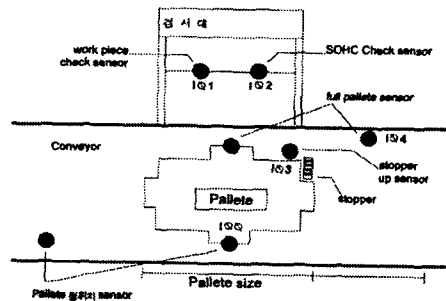
<그림 3> 엔진헤드 부품 및 검사부분

시스템을 구성하고 있는 하드웨어 및 소프트웨어는 다음과 같다.

#### 3.1 하드웨어 구성

검사시스템의 하드웨어는 다음과 같이 구성되어 있다. 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 프레임 그래버 장치가 있으며, 8개의 디지털 또는 아날로그 입력 점과 8개의 디지털 또는 아날로그 출력점이 있다. I/O 보드는 각 16개의 입출력, 4개의 단자 대외 전원으로 구성되어 있다. 이 밖에 센서, 스톱퍼(Stopper)와의 중간 접속을 위한 단자 대는 컨베이어 하단에 위치해 있다.

CCD카메라는 CS8310C 모델로서 756H×581V (38만 화소)의 고 화소와 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.



<그림 4> 센서의 위치와 기능

조명장치는 1-4번의 카메라에 조명을 지원하는 1개의 박스와 5-8번의 카메라에 조명을 지원하는 2개의 박스가 있으며 내부 전구는 DC 12V 100W 할로젠 램프를 사용한다. 이밖에 검사환경을 제어하기 위해 여러개의 센서가 사용되는데 그 위치와 기능은 <그림 4>와 같다.

#### 3.2 소프트웨어 구성

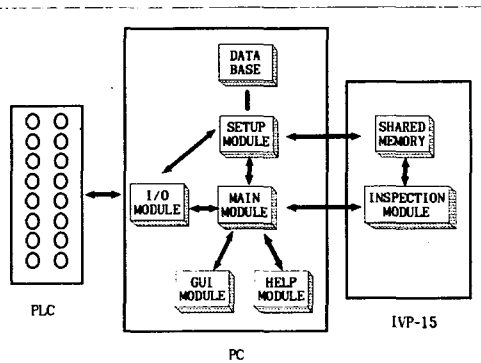
<그림 5>는 본 검사시스템의 소프트웨어 블록 다이어그램

램이다. 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 설정 값들과 각 검사라인의 양품과 불량품들에 대한 품질데이터, 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 중심 부분으로 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 설정 값과 양품, 불량품들의 개수, 그리고 검사 시간에 관련된 데이터베이스를 변경, 유지, 저장하는 부분이다.

INSPECTION 모듈을 보면 PC가 아닌 IVP-150내에 있다. IVP-150은 머신 비전 보드 초기 화 시에 적재되는 DSP프로그램들과함수들이 들어있는

\\VPS\_150\DEMO\IVPS\_150.OUT의 안에 사용자 프로그램과 함수들을 추가하여 PC에서 호출하여 IVP-150내에서 추가된 사용자 프로그램이 실행될 수 있게 하는 기능이 있다.



<그림 5> SOHC 검사시스템의 소프트웨어 블록 다이어그램

이 기능을 통해 IVP-150에 INSPECTION 모듈이 들어가 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한 SHARED MEMORY는 PC와 IVP가 공유 가능한 메모리이다. 이 메모리는 PC에서 접근 가능한 IVP-150내의 메모리이다.[3]

<그림 6>은 IVP-150과 카메라의 연결을 보인 것이다. 여덟 개의 B/W 카메라와 한 개의 B/W 비전 모니터가 연결되어 있음을 알 수 있다. 위와 같이 8개의 카메라를 사용하는 경우 가장 심각한 문제는 동기 문제이다. 이러한 동기 문제는 STILL이미지일 경우에는 IVP-150이 기본적으로 세 개의 출력 채널을 지원하므로 문제가 되지 않으나, GRAB 중일 경우에는 두 번째 카메라부터 동기를 제대로 맞추지 못한다.

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 반환 값으로만 통신 방식을 제한한다면 느린 PC의 메모리로 인해 속도의 많은 저하가 올 것이다.

NAME	PIN	FUNCTION DESCRIPTION	CAMERA #
VIDEO IN 0	9	VIDEO IN #0 (GREEN A)	CAMERA 1
VIDEO IN 1	1	VIDEO IN #1 (GREEN B)	CAMERA 2
VIDEO IN 2	10	VIDEO IN #2 (GREEN C)	CAMERA 3
VIDEO IN 3	3	VIDEO IN #3 (BLUE A)	CAMERA 4
VIDEO IN 4	6	VIDEO IN #4 (BLUE B)	CAMERA 5
VIDEO IN 5	4	VIDEO IN #5 (BLUE C)	CAMERA 6
VIDEO IN 6	5	VIDEO IN #6 (RED A)	CAMERA 7
VIDEO IN 7	11	VIDEO IN #7 (RED B)	CAMERA 8
VIDEO IN 8	7	VIDEO IN #8 (RED C)	
VIDEO OUT 1	14	VIDEO OUT (GREEN)	MONITOR 1
VIDEO OUT 2	13	VIDEO OUT (BLUE)	
VIDEO OUT 3	12	VIDEO OUT (RED)	
CS Drive	15	Composite Sync Output	
Xsync	2	External Sync I/O	
GND	8	Common video ground.	

<그림6> SOHC 검사시스템에서 IVP-150과 카메라의 연결

또한 설정 데이터는 검사 모듈 호출 시마다 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 설정 값들과 각 검사 라인의 양품과 불량품들의 개수, 그리고 시간 관련 데이터들로 구성되어 있다.

#### 4. 적용알고리즘

##### 4.1 영상처리 알고리즘

머신비전의 일반적인 영상처리 흐름에 대한 기본구조를 단계별로 간략하게 설명하면 다음과 같다. 우선, 1단계에서는 카메라에서 입력된 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환하여 컴퓨터 메모리에 입력시키는 영상취득을 한다. 2단계는 컴퓨터에서 받아들인 데이터에서 잡음을 제거하고 에지(Edge) 등을 보정해 주는 전처리(Preprocessing) 과정이며 특징추출을 정확하게 하기 위해서 화질을 개선하는 단계이다. 이 과정에서 정밀측정을 위해서는 여러 가지 기법이 응용되는데 예를 들면, Roberts Operator, Sobel Operator와 같이 gradient를 이용하는 방법, 2차 미분을 이용하는 Laplacian Operator 등 몇가지 기법들이 사용되고 있으며[4, 5, 6, 9], Tabatabai [11]의 기법을 기초로 하여 정밀측정값을 구하는 방법을 실용화한 것도 있다.[2] 3단계의 특징추출은 영상 데이터를 갖고 있으며 중요한 부분만 찾아내는 단계이다. 4단계는 영상분할 단계이며 3단계에서 얻어진 특징들을 그룹화하여 영상을 작은 영역들로 나누는 단계이다. 마지막으로 5단계는 영상분할에서 얻은 작은 영역들을 조합하여 하나의 영상으로 조합한다.

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 ROI(Region of Interest)의 내부에 위치하는 한 화소집단의 부분집합으로서 검사대상 부품의 영상이 여기에 해당된다. 따라서 ROI를 지정할 때 템플리트가 ROI 내에 위치하도록 ROI를 지정하였으며, 이때 ROI는 주어진 템플리트가 나올 가능성이 있는 최소 영역이 지정되도록 영상을 취하였다. 적용된 알고리즘을 설명하면 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 화소 값과 ROI속의 검사대상물의 화소값을 비교하는 것이다. 그러나, 실제 적용에 있어서는 생산현장의 잡음이나 찌그러짐, 그리고 영상이 놓이는 방향 등의 문제가 발생하여 화소 값이 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,  $\sum rf$ 값은 불일

치(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.

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

여기서  $a$ 와  $b$ 는 영상에서 템플리트에 대한 변위이다.

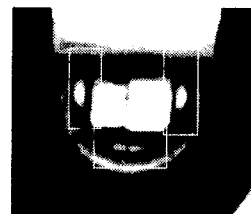
여기서 목표는 어떤 한계 값(threshold value) 보다 높은 값 중에서 가장 큰 값을 갖는 위치를 찾는 일이다. 그러나, 위 계산식에서  $r$ 과  $f$ 가 일정하다고 가정할 때 문제가 발생할 여지가 있다. 이 계산식을 영상에 적용할 때, 템플리트  $f$ 는 일정하지만,  $r$  값은 변한다.  $Z$ 값은  $f$ 값에 따라 달라지므로 각각 다른 위치에서 매칭에 대한 정확한 정보를 주지 못한다. 이 문제는 정규(normalized) 교차상관을 사용하여 해결할 수 있다. 매칭 측도  $Z$ 는 다음 식을 이용하여 계산한다.

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

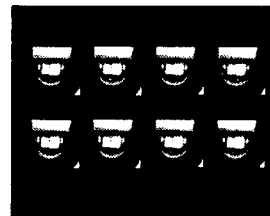
$$Z[i, j] = \frac{G_r[i, j]}{\left\{ \sum_{a=1}^l \sum_{b=1}^m r^2[i+a, j+b] \right\}^{1/2}} \quad (4)$$

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

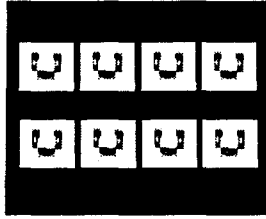
<그림 7>은 위 알고리즘에 의한 영상과 템플리트, 그리고 계산 결과를 보여준다.



(a) ROI 템플리트



(b) 영상



(c) 템플리트 매칭 계산 결과

<그림 7> 템플리트 매칭

## 4.2 공정분석 알고리즘

엔진조립 불량률 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 1일 때 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 본 논문에서는 불량률에 따른 공정의 관리를 위해 Johnson and Leone [8]의 기법을 기초로 이산형 변수에 대한 분석을 행하였다.

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

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

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 계속검사영역 (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 위

해  $X_k = \sum_{j=1}^k x_j$ 가 되는  $(k, X_k)$  점을

플롯하면  $H_1$ 의 선택 영역은 다음식을 갖는다.

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

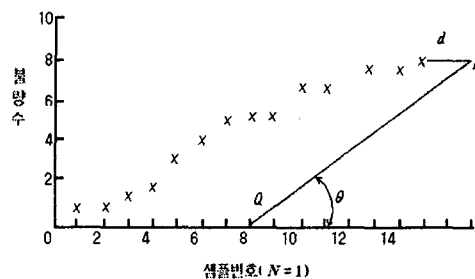
PQ 선을 그리기 위한 각도  $\theta$ 는 샘플번호축에 대하여

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

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 8>은 샘플크기  $N=1$ 일때 CUSUM 관리도의 예이다.



<그림 8> CUSUM 관리도

## 5. 영상처리에 의한 자동차부품 검사 적용

### 사례

머신비전의 적용분야를 살펴보면 노동집약적이거나 단순 반복작업의 육안검사부분, 3H(hard), 3D(dirty) 등 사람이 작업하기 힘든 공정들이 주를 이루었다. 그러나, 최근에는 공장자동화의 차원에서 그 활용범위가 확대되고 있는데 다음은 자동차부품에 적용된 머신비전의 응용 분야다.

#### 1) 위치확인

특정 범위 내에서 대상물이 어느 위치에 있는지를 결정

- WHEEL ALIGNMENT 및 MOUNTING
- GAGE POINTER 위치
- 속도계 CALIBRATION
- RPM ALIGNMENT

#### 2) 조립상태 검사(조립누락, 오 조립)

특정부위에 특정대상물의 조립누락, 오 조립 등을 검사함

- 볼트 너트 조립상태
- 롤러 베어링 조립상태
- 각종 BRACKET
- GASKET
- OIL FILTER O-RING 검사

#### 3) 특징검사

대상물의 특징인식검사(모양, 크기, DIMENSION)

- 변속기 축의 THREAD 측정
- SHOT WELD 확인
- FUEL TANK ASS'Y 검사
- DIGITAL 계기 CLUSTER
- NEEDLE BEARING 검사
- DIESEL 주사, 노즐 검사
- TIRE RIM내 용접상태 검사

#### 4) 제품 측정

개별 부품을 생산할 때 부품의 길이, 각도, 평행도, 동심도 등을 측정

- 각종 기어 각도, 길이, 평행도 측정
- POWER STEERING GEAR 측정
- CONNECTING ROD 내 HOLE 측정
- WINDSHIELD WIPER 축 검사

#### 5) 분류(SORTING)

MARK, CODE 확인 또는 외형측정에 의한 부품 선별

- VALVE COVER
- 측정에 의한 피스톤 링 분류

- FAN ASSY의 HOOD 및 PUMP 분류
- GASKET LINK 선별

#### 6) 기타

- 모든 전수 검사 및 비접촉 측정을 요하는 곳
- 로봇시각 제어
- 무인반송 장치
- 유해환경 공정

## 6. 구현단계에서의 애로사항

검사에 사용한 카메라들은 전원선(power line)과 동기 신호선(sync line)이 같은 케이블 안에 포함되어 있기 때문에, 두 개 이상의 카메라들을 연결하는 동기신호 생성기(sync pulse generator)를 만들어야 하며 동기신호 생성기와의 연결을 위해 카메라 케이블을 만들어야 한다. 이 문제를 해결하지 않으면 모니터가 다른 카메라에서 grab을 할 때 깜박이는 문제가 남아 있고 start\_grab\_RGB()를 사용하면 두 번째부터의 카메라의 동기가 맞지 않는 문제가 있다. 이에 대해 BarGold에서 따로 지원하는 바가 없었으나 시행착오를 거쳐 케이블을 연결하는데 성공하였다.

PC와 DSP가 병렬 적으로 수행되는 시스템에서 PC와 DSP 간의 통신을 위해 VIPS 라이브러리에서는 DSPC라는 자료구조를 사용하여 PC 쪽에서 함수의 인자를 넘기는 방식을 기술하고 있으나, PC에서 함수의 인자를 넘기는 방식은 PC의 메모리로 만들어진 스택을 사용하는 것으로 매우 속도가 느리다. 특히 C언어의 경우는 함수의 인자를 넘기는 속도가 매우 느리므로 전체 시스템의 수행에 많은 영향을 준다. 이미지 메모리를 사용하거나 DSP의 메모리를 사용하는 방식으로 이를 해결할 수 있었다.

DSP 내부에서 운행되는 소프트웨어 개발 시에 메모리 부족으로 인한 어려움이 있었다. 이에 대해 새로운 VIPS 라이브러리로 해결할 수 있었으나, 오버레이 페이징 코드의 사용 방법과 VIPS 라이브러리에서 필요 없는 호출을 제거하는 방법을 메뉴얼이나 프로그래머 가이드로 제시하였으면 한다.

## 7. 결 론

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 검

사대상 부품들이 표면으로부터 5cm 깊이의 Hole속에 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 목시 검사로 이루어졌으며 조립불량이 소비자까지 이어지는 사례가 종종 발생하여 이로 인한 품질비용으로 어려움을 겪어왔다. 그 동안 이 공정에서 자동화·인라인화가 진행되지 않은 이유를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 측정항목이 여러 개이며 제품의 표면으로부터 깊숙이 위치해 있다.
- 2) 조립라인의 진동이나 부품의 오일, 먼지 등의 부착에 의한 오염이 검사의 정밀도와 신뢰성을 손상시킨다.
- 3) 모델의 변경이나 혼류 생산의 특성에서 자동검사가 유연하게 대응할 수 없다.

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

- 1) 조립 전공정의 품질검사의 생력화를 위한 자동화
- 2) 수 작업에서 자동화로 대체됨으로써 품질검사의 고 효율화와 안정화
- 3) 불량 발생시의 피해를 최소한으로 억제하며 낭비를 배제한다.
- 4) 불량품을 조기에 발견하여 후 공정으로 보내지 않는다.
- 5) 공정정보를 실시간으로 품질시스템에 전송해 줌으로써 장치의 CIM화에 대한 대응이다.

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

### 참 고 문 헌

[1] 월간 자동화 기술, "CIM/FA라인에서의 계측, 측정검사 사례", (주)첨단, 1994년 5월호.

[2] 정원, 정연구, "전자부품의 품질향상을 위한 인라인 자동검사시스템", 품질경영학회지, Vol.23, No.3, 1995.

[3] BarGold, MP-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.

#### 정 원



현재 대구대학교 산업공학과 교수  
 한양대학교 산업공학과를 졸업  
 미국 Wayne State University에서  
 석사 및 박사학위 취득  
 The College of New Jersey에서 조교수  
 근무

관심분야 : 생산정보시스템, 품질 및 신뢰성공학 등

#### 박 정 기



1974년 한양대학교 졸업  
 연세대 대학원 전산학을 ..  
 동국대 대학원 전산 통계학 전공  
 통계적 품질관리에 대한 연구  
 현재 한양대학교 전자, 컴퓨터 학부 교수

1998년 벤처기업 (주)아이엔큐를 창업하여 현재 운영중

관심분야 : 인터넷과 관련된 전자상거래, 멀티미디어 분야등