

# 머신비전을 이용한 자동차부품 자동검사/계측 시스템

정 원 · 박석환 · 임경수

(대구대학교 자동차·산업공학부 교수)

박 종 략

(대구대학교 대학원 산업공학과)

## 초 록

국내에서 생산되는 자동차부품이 국제적으로 경쟁력을 갖춘 제품이 되기 위해서는 불량률이 적어도 100 ppm 이하가 되어야 한다. 본 연구의 목적은 검사와 계측이 동시에 필요한 자동차 부품 제조 공정에 불량률 최소화 달성을 위한 산업체의 필요에 맞도록 머신비전을 이용하여 검사/계측 자동화시스템을 개발하는 것이다. 이 시스템은 생산부품을 전수검사하고 불량품을 100% 발견하는 것은 물론 데이터를 통계적으로 분석하여 이상원인이나 공정의 변화가 있을 때 이를 빨리 발견하여 많은 불량격품이 만들어지기 전에 공정을 조사하고 수정할 수 있는 조치를 취할 수 있도록 하였다. 이는 정확한 최신 데이터로 신속한 경향관리가 가능하도록 하는 것이며, 품질의 예방관리를 실현하는 것이다. 본 논문에서는 구체적 응용사례로서 자동차 Door inner panel의 프레스 공정에 대한 검사/계측시스템을 제시하였다.

## 1. 서 론

자동검사는 검사비용과 검사오류를 줄이고, 인력부족에 대처하며, 검사시간을 줄이는 등의 많은 잇점으로 인하여 실용화를 위해 널리 연구가 되어왔다. 선진국에서의 적용 예로는 기계 분야의 계측이나 전자 시험, 비파괴 시험, 화학적인 분석, 색깔에 따른 분류 등 여러분야에 대한 성공사례가 있다. 그러나, 이러한 모든 자동검사장치에 있어서 가장 중요한 요구사항은 측정의 정밀도와 반복성이다. 즉, 같은 부품단위에 대해 반복되는 측정의 결과치가 허용오차 범위 안에서 같은 결과를 나타내어야 한다. 반복에 따른 측정 결과치의 산포(variation)는 궁극적으로 장비의 설계와 밀접한 관계가 있으며, 이는 여러 가지 기법에 의하여 어느 정도 정량적으로 나타낼 수도 있기 때문에 장비에

대한 주기적인 눈금조정(calibration)이 필수적이다. 그 외 검사시스템의 주된 문제점은 데이터의 처리에 관한 문제인데, 최근에는 검사장비에서 나오는 데이터를 중간 서류가 필요없이 컴퓨터에 직접 들어가도록 시스템을 구성한다. 직접 입력의 장점으로서는 즉석에서 데이터를 요약할 수 있고, 편리한 계산, 그리고 전공정과의 비교 등을 가능하게 한다. 이로 인해 검사의 빈도 조정이나 검사가 끝난 부품의 이동, 그리고 의심스러운 검사결과와 관련한 경보신호 등 여러 가지 변동사항에 관련하여 공정이 취해야 할 조치에 대해 컴퓨터가 지시를 내릴 수 있도록 프로그램을 할 수 있다.

모든 업체의 생산관리 부문이 관심을 가지고 있는 공장자동화의 목표는 CIM(컴퓨터 통합생산시스템)으로서 이를 구축하기 위해서는 기업 내의 개발, 설계, 제조, 품질보증, 판매의 각 부문이 유기적이고 또한 일원적으로 결합한 정보의 집중관리가 이루어져야 한다. 공장 자동화 중 가공 조립 기술은 현재 선진국의 발전 추세에서 보듯이 국내에서도 상당한 투자와 개발에 박차를 가하고 있고, 실제로 많은 발전을 가져왔다고 보아야 할 것이다. 그러나 공장 자동화는 가공 조립 기술과 검사조정 기술, 그리고 Networking기술의 결합이기 때문에 상대적으로 낙후된 검사조정 기술의 중요성이 더욱 인식되고 있다. 이러한 검사조정 기술은 생산자동화의 인-라인화의 큰 장애 요인이었으며, 이 분야의 발전이 생산자동화의 중요한 결정요소인 것이다.[1]

본 연구의 목적은 Door Inner Panel 생산 공정의 이상 검출과 진단을 위해 다음과 같은 시스템을 개발하는데 있다.

첫째, Door Inner Panel을 검사/계측 할 수 있는 자동검사시스템을 개발하고

둘째, 검사 데이터를 실시간으로 제어, 해석할 수 있는 공정 정보시스템을 개발하는데 있다.

검사의 내용은 먼저 프레스공정에서 생산되는 Door Inner Panel의 품질에 결정적인 영향을 미치는 형상검사를 행한다. 이 검사는 Panel이 설계된 형상대로 굴곡이 이루어졌는지의 여부와 80-100개의 크고 작은 Hole의 크기 및 위치를 Off-Line상에서 자동으로 검사하는 기능이다. 종래에 검사 및 계측방식은 지그와 계측기를 사용하여 모델에 따라 1개의 검사에 30분~1시간이 소요됨으로 인하여 샘플링의 간격이 길고 Tool의 돌발 마모시 대량 불량으로 이어져 생산의 차질로 어려움을 겪었다. 형상검사가 끝나면, Panel에 펀칭되어 있는 원형, 타원형, 사각형으로 이루어진 Hole의 정밀측정과 Hole간 거리측정을 자동으로 행한다. 그리고, 모델의 변경시를 대비하여 간단한 프로그램의 변형을 통하여 모델을 추가하거나 삭제할 수 있도록 프로그램의 유연성을 높이었다.

본 시스템은 검사/계측 작업 자동화와 함께 데이터를 자동적으로 샘플링하여 실시간에 해석하고 경향을 판단하여 공정분석을 행할 수 있도록 하였다. 앞으로 각 기업은 더욱 생산 효율의 향상과 품질의 보증이 강요될 것을 고려한다면 생산성의 향상, 품질의 향상은 피할 수 없다고 판단된다. 그리고 가공의 전공정에도 반드시 필요하게 될 유연생산시스템의 구축을 위해서도 이의 필요조건을 충족시키는 인-라인 검사 및 계측시스템의 도입이 불가결이라고 해도 과언이 아닐 것이다.

시스템 개발을 위한 세부 사항으로는

- 1) 요구되는 검사 항목의 사양을 검사
- 2) 조립 공정의 검사 환경을 분석
- 3) 조명과 광원에 대한 연구
- 4) 화상 데이터의 분석/처리
- 5) 부품의 정확한 위치 보정 소프트웨어 개발
- 6) 부품 누락을 자동 검사하는 소프트웨어 개발

등을 들 수 있다. 이러한 검사 시스템 구성을 위한 자동제어 및 인터페이스 작업으로는

- 1) 컴퓨터와 자동기기, 로봇, 머신비전 보드, 조명, 센서간의 인터페이스
- 2) 불량품의 처리를 위한 현 생산라인과의 인터페이스
- 3) 불량 정보를 공정 분석 시스템에 인터페이스
- 4) LAN에 의한 현장과 관리자와의 데이터 인터페이스 (Network 구축시 가능) 등을 들 수 있다.

## II. 검사시스템 구성

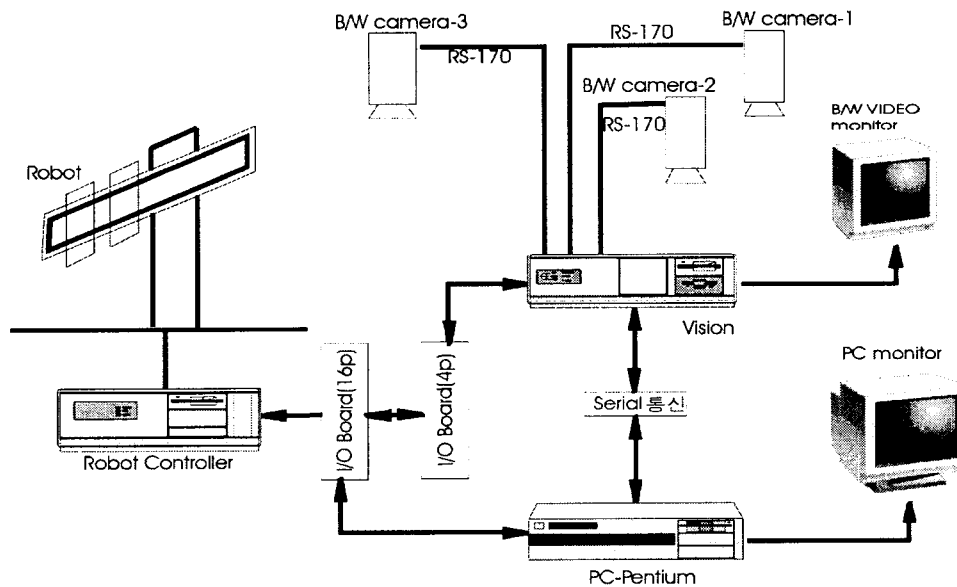
### 1. 하드웨어 구성

본 검사 시스템 개발 환경은 다음과 같다.

- PC : 산업용 펜티움 133MH 1024×768 VGA 카드
- 머신비전 Board : Powervision 90pci Image Analyst (미국Acuity사 제품)

- 카메라 : CCD CM4000 3대, 640(H)×4480(V) Active pixel
- 로봇 : 1200mm×800mm×600mm 3-AXIS Robot, ±.03mm accuracy
- 조명장치 : 3과장 고주파 형광등 8개
- Library : PV 90pci Image Analyst (MAC RAIL 환경)

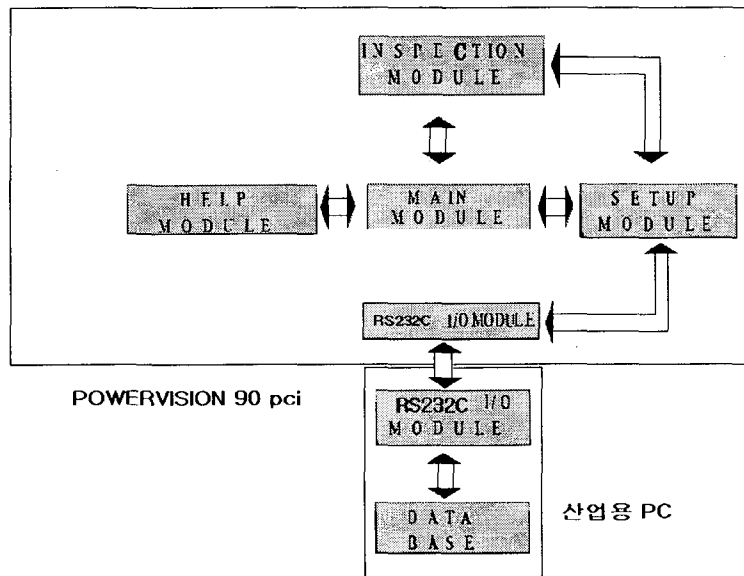
본 검사 시스템의 구조를 보면 하나의 산업용 컴퓨터를 중심으로 머신비전과 로봇 그리고, 10개의 모델을 검사하기 위한 지그를 설치할 수 있는 검사대가 있고 그 하단에 Back Light가 장치되어 있다. 각각의 시스템은 PC의 시리얼 통신케이블과 I/O 보드, 그리고 비전시스템 I/O에 의해 데이터를 인터페이스한다. 카메라는 비전시스템에 4개 까지 연결이 가능하지만 본 시스템에서는 로봇의 Z축에 1대(정밀측정용), Y축에 2대의 카메라(형상검사용)가 설치되어 있다. 비전모니터는 카메라에 입력되는 현재의 화면을 보여주며, PC 모니터는 검사진행 상황, 시스템상태 및 결과 데이터를 보여준다. 광원에는 8개의 고주파 형광등을 사용하고 위에는 아크릴로 덮어서 전구를 보호하였다. 시스템에 안정적인 정전압 공급을 위해 UPS를 사용하였다. <그림 1>은 검사 시스템의 하드웨어 블록 다이어그램이다.



<그림 1> 검사시스템 하드웨어 블록 다이어그램

## 2. 소프트웨어 구성

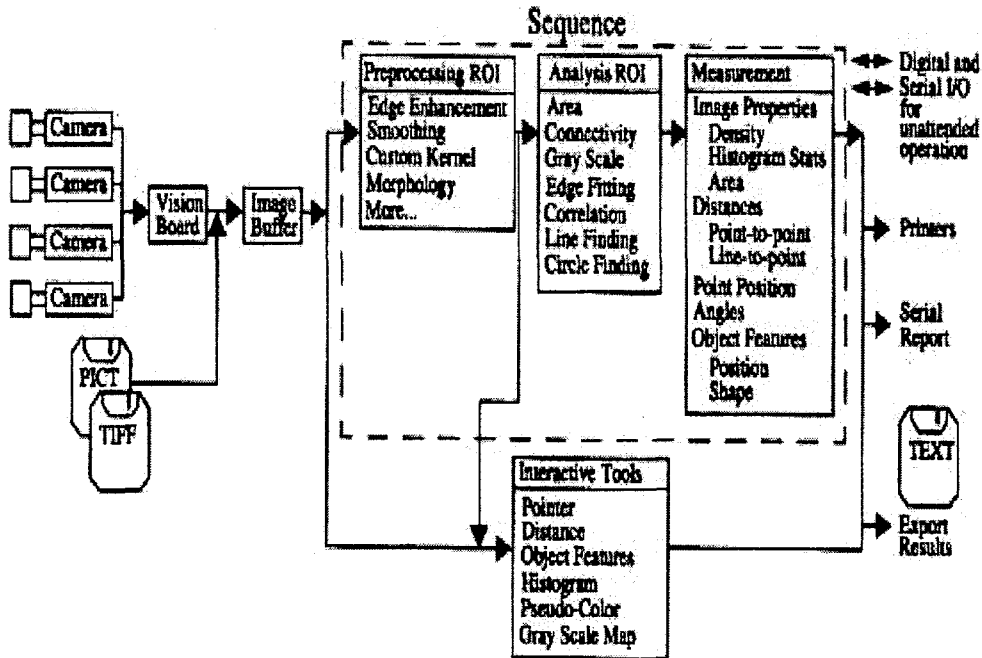
<그림 2>는 검사시스템의 소프트웨어 블록다이어그램을 나타낸다. 이중 주된 부분은 Powervision 90 pci 와 공정분석용 프로그램이며 부분별 설명은 다음과 같다.



<그림 2> 검사시스템 소프트웨어의 블록다이어그램

### (1) Powervision 90 pci

<그림 3>은 Powervision 90pci 소프트웨어의 검사 블록다이어그램이다.[4] 그림을 보면 각각의 카메라에 입력된 영상데이터가 비전보드를 통해서 PICT, TIFF로 이미지 버퍼에 저장되는 것을 알수 있다. 이 각각의 이미지는 ROI의 전처리 과정을 지나서 Area, Connectivity, Gray Scale, Edge Fitting, Correlation, Line Finding, Circle Finding의 ROI의 분석단계를 거쳐 검사하고자 하는 값을 디지털과 시리얼통신 그리고 프린터 또는 텍스트 파일로 결과를 출력하게 된다. 그 다음 ROI에 대한 전처리 과정을 거치게 되는데 ROI의 선정시 그 크기와 개수를 적정하게 선정하여야 한다. ROI는 검사하고자하는 만큼 만들 수 있으며 같은 이미지에 여러 ROI를 겹쳐서 설정을 해도 가능하다.



<그림3> 비전시스템 소프트웨어의 블럭다이어그램

Acuity에서 제공된 영상 분석 프로그램은 한 모델에 여러개의 항목을 검사하는 일반적인 응용에 적합하게 개발되어 있으나, 본 시스템의 특성상 10개의 모델에 대해 각각 40-50개의 검사항목이 있으므로 프로그램의 수정은 불가피하다. 또한, 시스템 통합을 위해 인터페이스가 필요하므로 파워비전의 프로그램 수정 기능을 이용하여 통신을 가능케 하기 위하여 기존의 기능들을 대폭 수정 보완하였다. CustomMeasAutolod 폴더에는 ASAP\_MATH.RAI 와 기본적인 프로그램 수행 과정이 내장된 ASAP\_JOB.RAI 두 프로그램이 있는데, 여기에서 ASAP\_MATH.RAI 프로그램을 제외시키고 ASAP\_JOB.RAI를 중심으로 수정하여 프로그램을 수정했다.

작업자가 PC에서 One Switch로 쉽게 구동을 시킬수 있도록 개발하기 위해 Mac RAIL에서 자동실행부분과 자동으로 끝나는 기능을 추가 하였다. 4개 I/O포트를 사용 하던 프로그램을 수정하여 시리얼 통신으로 기존의 I/O에서 INFILE을 통해 모델을 선택하면, 자동으로 OPEN JOB실행을 할 수 있도록 프로그램을 구성하였다. 이 프로그램은 컴퓨터로부터 선택된 모델을 init\_pc(asap\_state[3,16], INFILE)에서 받아 실행하

게 되어 있는데 이는 기존의 I/O 포트를 통해서 실행하던 방식을 머신비전의 환경에서 프린트 포트를 통한 통신환경으로 설정하고 실행하도록 프로그램 하였다. [5]

본 시스템은 또한, 추후의 모델 변경에 대비하여 작업자가 다시 프로그램을 할 수 있도록 설계하기 위하여 사용자가 다시 전체적인 여러 개의 SEQUENCE를 쉽게 OPEN, CLOSE 하도록 다음의 FILE 메뉴바에 프로그램머가 수동으로 모델별 SEQUENCE를 수정 할 수 있도록 Open Job, Close Job을 추가했다. 검사메뉴에서 선택된 모델에 따라 자동으로 Sequence를 받아들이고 선택된 모델에 대한 검사프로그램이 이미 Open되어 있다면 다시 Sequence를 close하지 않고 그대로 다시 실행함으로써 프로그램의 실행과정에서 Open, Close 할 때 시간을 단축하였다. 서로 다른 모델을 선택하여 기존의 Sequence를 닫고 새로 선택된 모델을 여는데 걸리는 시간은 1분 정도가 소요된다.

<표 1>은 비전시스템에서 데이터를 읽어들이는 필드를 보여주는데 이중 PC로 전송되는 부분은 정밀검사일 경우는 1, 8, 10, 11 이며, 형상검사는 7, 8의 두 필드만 전송된다.

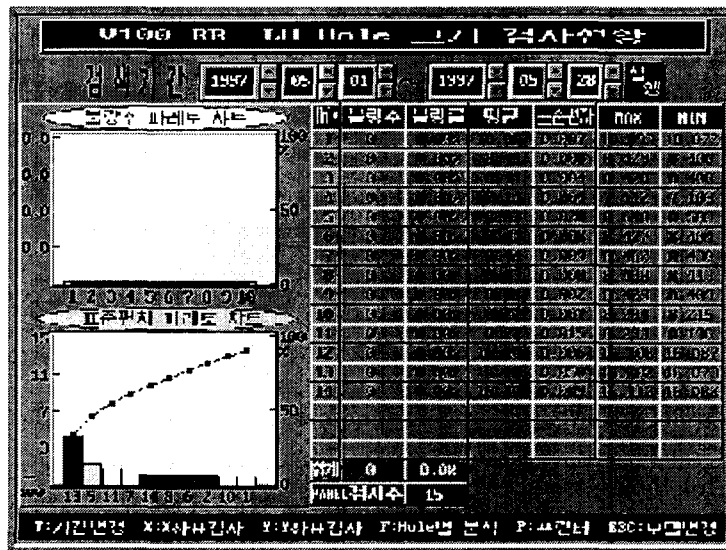
<표 1 > ASAP\_RESULT[i]

Measured value	Nominal Value	Minimum Limit	Maximum Limit	Report?	Enable Testing?	Name	Status
1	2	3	4	5	6	7	8
Pass?	Measured X	Measured Y	Nominal X	Nominal Y	Statistics Handle	Good Count	SUM Result
9	10	11	12	13	14	15	16
SUM Result**2	Minimum Meas	Maximum Meas	Mean	Std Deviation	Output to file?		
17	18	19	20	21	22		

## (2) 공정분석 시스템

공정분석메뉴에서 분석대상모델을 선택하면 공정분석시스템으로 전환된다. <그림 4>는 Hole별 검사현황을 나타내는 화면이다. 선택된 모델에 대하여 원하는 검색기간 동안의 총 불량수, 불량률 및 측정치의 평균과 표준편차, 최대 최소값을 나타내며 검사 통계를 파레토차트로 나타내어 한눈에 확인 할 수 있다. 불량수 파레토차트는 불량 이 많이 발생하는 Hole의 순서대로 좌로부터 10개가 나열되며, 표준편차 파레토차트는

측정 Hole의 규격의 편차가 큰 순서대로 표시된다. 검색기간 변경은 상하좌우 방향키를 이용하여 할 수 있으며 검사 데이터가 있는 기간만 검사 현황을 알 수 있다. 다시 'F'키를 누르면 Hole 별 검사 현황에 대한 분석을 행할 수 있고, 'X'키를 누르면 Hole의 X 좌표 값에 대한 공정분석을 실행하는 화면으로 넘어간다. 'Y'키를 누르면 Hole의 Y좌표 값에 대한 공정 분석을 실행 할 수 있어 제품의 품질관리를 높일 수 있다.[2, 3]



<그림 4 > Hole별 검사현황

Hole별 검사를 현황을 알고 싶으면 'F'키에 의해 Hole 선택메뉴가 나타난다. 화면에서 분석하고자 하는 Hole의 번호를 키를 이용하여 선택하여 검색하고자 하는 달을 선택 실행 하면 한달 기준으로 매일의 검사치의 평균이 꺾은선 그래프로 나타나고 전체에 대한 검사수 합격수, 불량수, 불량률 평균, 표준편차, 최대값, 최소값의 데이터가 한 화면에 일목요연하게 나타난다. 이전 화면으로 돌아가 달을 변경하고자 한다면 'ESC'키를 누르면 다시 다른 달을 시작할 수 있다.

'X'축에 대한 검사값이나 'Y'축에 대한 검사값의 공정분석시에도 동일한 방법을 사용한다.

또한 공정분석에는 전체 검사에 대한 각 모델별 검사데이터 (검사수, 합격수, 불량수, 불량률)를 검색기간에 따라 검색할 수 있는 기능이 추가되어 있다.



### 3. 검사 알고리즘

#### (1) 에지 정밀 측정 알고리즘

경계선 부근의  $n$ 개의 픽셀의 밝기값들을  $f_i, i=1,2,\dots,n$  이라 할 때 3개의 샘플에 대한 입력 데이터의 모멘트  $M_i$ 는

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_j^i, \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

경계지역의 어느 한쪽의 이상적인 밝기값을  $v_1$

다른쪽 밝기값을  $v_2$

이상적인 에지의 값들을 가진 픽셀의 수를  $k$

$q_1, v_1, v_2$  는 다음의 3식을 동시에 만족하는 값을 구하면 된다.

$$\sum_{j=1}^2 q_j v_j^i = M_i, \quad i=1,2,3 \quad (2)$$

여기서  $q_1 = \frac{k}{n}, q_1 + q_2 = 1$  이다.

이 식을 풀면

$$v_1 = M_1 - \rho \sqrt{\frac{q_2}{q_1}} \quad (3)$$

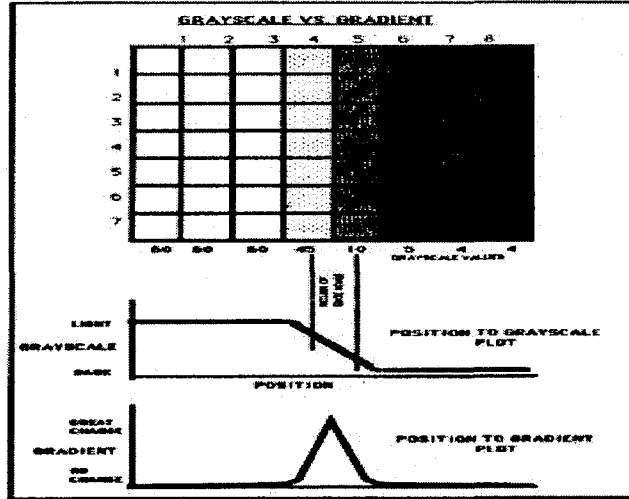
$$v_2 = M_1 + \rho \sqrt{\frac{q_2}{q_1}} \quad (4)$$

$$q_1 = \frac{1 + s \sqrt{\frac{1}{4 + s^2}}}{2} \quad (5)$$

로 나타낼 수 있으며 여기서  $s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{(f_j - M_1)^3}{\rho^3}, \rho^2 = M_2 - M_1^2$  이다.

식 (2)의 결과와 식 (5)로부터 에지의 위치 좌표점  $k = nq_1$ 을 구할 수가 있다.

다음 <그림 5>는 에지에서의 밝기값의 변화를 보여주는 예이다.



<그림 5> 에지에서의 밝기값의 변화

(2) 한계값 설정

한계값은 검사제품의 양·불량품을 결정하는 기준이다. 이 기준은 검사실행시 주기적으로 Calibration을 해주어야 하는데 이는 검사를 실행할 때마다 카메라와 검사부위사이의 거리가 일정하지 않아 오차가 발생하기 때문이다. 이때 1개의 모델 당 필요한 Calibration값은 정밀측정 항목수 만큼 필요한데 대략 14~16개이다. Calibration값은 각각의 Sequence마다 다른데 1개의 모델에 대한 실측치를 수동으로 측정한 후 같은 포인트에 똑같은 밝기, 대물거리, 초점, 노출을 일정하게 하여 밝과 낮으로 나누어 환경의 밝기에 서로 대조를 이루는 시점에 픽셀값을 반복테스트 한 후 안정적인 일정한 값이 나오면 그 값을 Calibration 값으로 설정하는 기준으로 하였다. 한계값 설정을 위한 계산방법을 나열하면 다음과 같다.

- ①  $Calibration = (\text{Master Panel의 실측값(mm)}) / (\text{비전의 Radius의 실측값(픽셀값)})$
- ②  $\text{거리의 최소값} = \text{SPEC} / \text{Calibration}$
- ③  $\text{거리의 최대값} = (\text{SPEC} + 0.25) / \text{Calibration}$
- ④  $\text{X좌표의 최소값} = \text{X의 픽셀값} - (\text{X의 오차} / \text{Calibration}) - (\text{XDeviation} / \text{Calibration})$
- ⑤  $\text{X좌표의 최대값} = \text{X의 픽셀값} - (\text{X의 오차} / \text{Calibration}) + (\text{XDeviation} / \text{Calibration})$

- ⑥ Y좌표의 최소값=Y의 픽셀값-(Y의 오차/Calibration)-(YDeviation/Calibration)
- ⑦ Y좌표의 최소값=Y의 픽셀값-(Y의 오차/Calibration)+(YDeviation/Calibration)
- ⑧ X중앙값= X의 픽셀값-(X의 오차/Calibration)
- ⑨ Y중앙값= Y의 픽셀값-(Y의 오차/Calibration)

#### 4. 구현단계에서의 애로사항

본 시스템 개발에 있어서의 첫번째 어려움은 대부분의 검사시스템의 구성이 단일 품목에 대한 몇 개의 항목을 검사하는 형태이지만 Door Inner Panel의 검사에 있어서는 한정된 I/O와 Sequence를 이용하여 10개의 모델에 대한 검사와 각 모델 별로 50여개에 이르는 검사항목을 취급해야 하므로 이를 검사할 수 있는 소프트웨어의 보강작업이 문제이었다. 이를 위해 미국ACUITY사에 요청한 결과 별도의 비용을 요구하였으나 본 연구팀은 이 문제를 기술적으로 해결하기 위해 2개월 이상의 시간이 소요되었다.

둘째로 검사대상 부위가 대형(800×1200mm)인 관계로 각 모델에 대한 Jig를 개발하고 이에 따른 조명장치 및 전체 시스템의 구성에 상당한 어려움이 있었다. 일반적으로 머신비전을 이용한 미크론 단위의 정밀측정을 위해서는 Repeatability와 조명에 따른 측정환경의 조성이 매우 중요하다. 본 검사시스템의 특성상 조명상태와 Jig의 Repeatability가 정밀측정(1/100미크론단위)을 하기에는 열악하였으며 이를 소프트웨어적으로 보정하는데 따른 어려움이 있었다.

셋째로는 서로 다른 메이커에서 독자적으로 개발한 하드웨어간의 인터페이스 문제이다. Machintosh환경인 비전시스템과 IBM산업용 PC, 그리고 로봇간의 인터페이스를 위해 많은 시간을 보내었다. 이는 이들 시스템을 취급하는 딜러들이 이러한 형태의 시스템 구성에 대한 경험이 부족한 관계로 소프트웨어와 통신에 대한 기술적 지원을 할 수 없었으며 결국 로봇에 관한 데이터 통신은 LG측에서 프로토콜만 제공하고 소프트웨어 공개는 거부하였다.

넷째로 거리가 다른 140여개의 목표물에 대한 픽셀 값을 Calibration하기 위해 그 값을 모두 다르게 인식시켜 주어야 하는데, 이는 환경 파일을 설정함으로써 해결하였다.

본 연구에서 Hole의 크기 및 위치 측정은 정밀도를 미크론 단위까지 높일 수 있도록 Subpixel에 의한 영상 처리 기법을 사용하였다. 잡음 극복에 관한 문제는 공정 현장의

환경을 고려하여 일어날 수 있는 가능한 경우를 시스템에 반영하여 소프트웨어적으로 처리하였다. 예를 들면 정밀 측정에서는 측정 포인트에서의 작은 먼지 하나가 시스템의 허용오차를 초과하는 경우도 있다. 서브 픽셀과 잡음 처리 방법을 통하여 머신 비전에 의해 판독된 데이터는 통계적 공정관리 시스템에 의해 시시각각으로 변화하는 데이터를 정확히 포착하여 계측, 해석, 평가를 행할 수 있도록 시스템화하였다.

### III. 결 론

본 연구에서는 머신비전 기술과 통계적 공정관리 기법을 활용하여 검사 공정을 자동화하고 데이터를 통계적으로 분석할 수 있는 통합적인 검사 시스템을 개발하였다. 이는 지금까지의 머신비전 시스템의 활용이 단순한 불량 발견이나 위치 보정 등 시각에 의한 작업 정보의 제공에 그쳤지만, 본 연구에서 개발한 통계적 공정관리 시스템은 검사 데이터를 통계적으로 분석하고 이를 공정관리 및 품질관리에 활용하게 함으로써 검사 공정의 인라인화, 시스템화를 이루는데 기여하였다. 특히 선진국의 생산자동화가 통합 생산 시스템 (CIM) 체제로 발전되어가는 추세로 볼 때 상대적으로 낙후된 자동 검사 조정 기술의 인 라인화를 예시한 데 의미가 있다. [6]

정밀측정 작업은 머신비전에 의한 활용 가운데 가장 어려운 부분이지만 본 연구를 통하여 검사 정밀도를 마이크론 단위까지 높일 수 있도록 서브픽셀에 의한 영상처리 알고리즘을 실용화 시켰다. 이는 지금까지 발표된 복잡한 알고리즘 가운데 생산 현장의 먼지, 진동 등 여러 가지 잡음(Noise)에 강한 Tabatabai 기법으로 모멘트를 기초로 하여 잡음을 소프트웨어적으로 처리함으로써 1/10 픽셀까지 구할 수 있는 정밀 측정이 가능하였다.

본 개발시스템의 도입으로 기대되는 효과는 다음과 같다.

- \* 측정 데이터를 리얼타임에서 해석하고 경향을 판단하여 시스템적으로 경보를 발함으로써 불량률의 조기 발견과 불량품을 후 공정으로 보내지 않게 되어 불량발생시의 피해를 최소한으로 줄일 수 있다.
- \* 작업자의 단순작업에서 발생하기 쉬운 방심, 착각, 피로 등에 의한 측정의 실수나 개인차를 없애고 검사의 정확성을 확보할 수 있으며, 검사공정의 자동화로 인한 인력 절감의 효과가 있다.

\* 월차의 제품별이나 부문별, 납입선 별의 불량 총계나 가공했을 때의 원료에 대한 제품의 비율집계, 주요 제품의 항목별의 공정 능력표 등의 작성이 가능하게 된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 월간 자동화 기술, (주)첨단, 1993년 12월호.
- [2] DeVor, R.E., T. Chang and J. W. Sutherland, Statistical Quality Design and Control, Macmillian, 1992.
- [3] Ford Motor Company, Continuing Process Control and Process Capability Improvement, 1987
- [4] Image Analyst Programmer's Manual, Acuity Imaging Inc, v8.21 1994.
- [5] MacRAIL Programmer's Manual, Acuity Imaging Inc, v8.21 1994.
- [6] 한국 과학기술 진흥회, 공장자동화 설비를 위한 시각장치, 1992.