

# 패턴인식 기법을 적용한 신차 제조공정 맞춤형 비전 계측시스템 개발

이경일\*, 김재열\*\*,#, 노치성\*, 최철준\*\*\*

\* 조선대학교 일반대학원 기계시스템공학과, \*\* 조선대학교 기계시스템공학과, \*\*\* 조선대학교 일반대학원 첨단부품소재공학과

## Customized Pattern-Recognition Technique using Vision Measurement System Development in New Car Manufacturing Process

Gyung-Il Lee\*, Jae-yeol Kim\*\*,#, Chi-sung Roh\*, Choul Jun Choi\*\*\*

\* Department of Mechanical System Engineering, Graduate School of Chosun University

\*\* Department of Mechanical System Engineering, Chosun University

\*\*\* Dept. of Advanced Parts & Materials, Graduate School of Chosun University

(Received 27 April 2016; received in revised form 1 June 2016; accepted 14 June 2016)

### ABSTRACT

Measurements of the automobile manufacturers are available anywhere and anytime, directly based on the criterion of failure is measured. The maintenance of high-precision production activities is direct evidence of the fact that competitive manufacturing activities are very important in determining the success of companies to recall defective starting from raw material costs. The current manufacturing sites produce calipers and clearance gauge the degree of tool only specific. Therefore, judging the quality, including the number of errors, requires a lot of attention to the dimension failures in day-to-day measurements and measurement tasks and duties repeated in difficult situations. In this paper, we aim to develop a vehicle manufacturing plant site using each of the manufacturing processes while operating a measurement tool. We display it using the Image Processing PC-based S/W with all those visual facts by management and recorded as image information a more accurate and current situation to obtain information and share visual measurements. We carry out research on the design and development vision inspection algorithm applied for pattern-recognition techniques that can help manufacturing site quality control.

**Key Words** : Pattern Recognition Method(패턴 인식 방법), Vision Inspection(비전 검사), Image Processing(영상 처리), Vehicle Component(차량 구성 요소)

### 1. 서론

# Corresponding Author : jykim@chosun.ac.kr  
Tel: +82-62-230-7745, Fax: +82-62-230-7035

현 자동차 제조업은 자동차의 품질이 가장 큰 문제로 부각되고 있으며, 소비자 역시 자동차 구

입시 자동차 품질에 따른 자동차의 신뢰성 즉 그에 따른 브랜드 이미지에 더 많은 무게를 두고 있다. 이에 제조사는 점점 초정밀 고품질의 제품을 개발하고 있으며 지속적인 원가 절감을 하고 있다. 이런 생산 환경에서 불량률 결정하는 측정법이 버니어 캘리퍼스나 틸새 게이지 등으로 측정하고 있으므로 현 자동차 산업이 요구하는 정밀도와 맞지 않다. 특히 볼트 결합부 또는 용접부 등의 중점 관리 포인트는 생산 후 불량품을 선별 측정하고 있으며 모든 검증 작업이 인력에 의하여 검증되므로 많은 인력이 투입되고 있으며 그 정확도 또한 인력으로 함으로 오차가 발생하는 실정이다.

본 연구에서는 차량 제조 공장 현장 내 각각의 제조 공정 별로 운영이 가능한  $\mu\text{m}$ 급 측정이 가능한 비전시스템을 개발하고 이것을 PC기반의 영상처리 S/W를 이용하여 이미지 정보로 기록되고 관리하여 모든 사람이 시각적 사실로 보여지게 하는 목적으로 현재 상황보다 정확하고, 사실적인 시각적 측정 정보를 획득하고 공유하여 제조 현장 품질 관리에 도움을 줄 수 있는 패턴인식 기법을 적용한 비전 검사 알고리즘 설계 및 개발에 관한 연구를 수행하였다.<sup>[1]</sup>

## 2. 비전 계측기 설계

### 2.1 CCD Camera 영상처리

3차원 공간의 공간 형상을 2차원 평판에 투상하면 2차원 영상 이미지가 된다. 이러한 영상을 획득하는 방법은 광의 밝기에 따라 반응하는 소자를 작은 cell로 만들고 이를 1차원적 혹은 2차원으로 배열하여 CCD(Charge Coupled Device)를 구성하여 각 cell에 입사된 광의 입사량에 따라 2차원 배열로 재구성하면 영상을 획득할 수 있다. Fig. 1은 2차원 배열된 CCD cell에 광의 세기에 따라 저장된 전하를 동기 신호에 따라 이동시키는 CCD의 원리를 나타낸다. 이렇게 각 셀에 Charge된 전하를 converting 시켜 픽셀의 intensity를 검출하고 각 픽셀의 흑백 명암 혹은 컬러 값을 2차원 배열로 표현하면 이미지 파일이 되고 출력장치를 통해 영상을 재구성할 수 있다.<sup>[1-3]</sup>

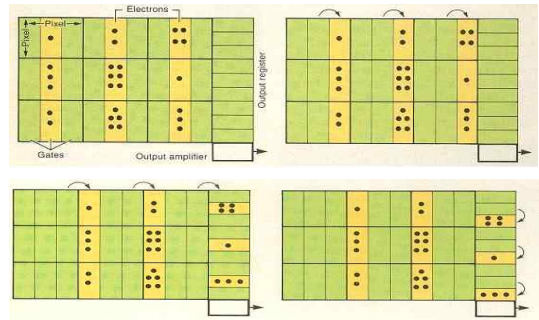


Fig. 1 CCD Operation principle

### 2.2 패턴인식

문자 또는 도형의 영상을 처리하여 그것이 무엇인지를 판가름하는 처리를 패턴인식이라 한다. 패턴을 인식하기 위해서는 입력된 패턴 영상을 여러 가지 영상처리 단계를 거쳐 분리 추출하는 과정이 필요하고 그것이 무엇인지를 판가름하기 위해서는 기본적으로 컴퓨터 메모리에 기억된 패턴 원형이 필요하다. 만약 영문자를 인식한다면 기억 장치에 a부터 z까지의 알파벳을 기억시켜야 한다. 주어진 입력 알파벳 패턴이 무엇인지를 알아내려면 기억된 알파벳 패턴의 26가지와 비교하여야 한다. 패턴 비교결과 가장 근사하게 정합되는 원형의 글자로 인식한다.

패턴인식 시스템은 패턴을 표기하는 부분과 패턴을 해석하는 부분으로 대별할 수 있다. 주어진 패턴은 패턴 원형을 표기한 방법과 같은 양식으로 표기하여야 정합여부를 판별할 수 있다. 패턴을 인식하는 방법은 크게 통계적 접근방법과 구문론적 접근방법 등으로 나누어 볼 수 있다.

통계적 접근방법은 영상으로부터 분리된 영상 패턴의 여러 가지 특성치를 추출하고, 추출된 특성치 집합에 대하여 통계적인 분석을 가하므로써 주어진 패턴이 어떤 패턴원형에 가까운가를 결정하는 것이다.

구문론적 접근 방법은 주어진 패턴을 그 구성 성분으로 나누어 표시하고 구문론적 규칙에 의하여 추적하므로써 패턴원형을 찾는 방법이다. 구문론적 규칙은 주로 계산이론에 사용되는 오토마타나 컴퓨터 언어이론 등에 이용되는 구문법을 이용

한다. 대체로 오토마타나 구문 문법은 서로 대응하는 종류에 대하여 상호전환이 가능하다. 패턴인식을 구문론적으로 해결하기 위해서는 먼저 패턴의 기초적 부분들이 일정한 형식에 의하여 구조적으로 표현되면, 동일한 형식에 대응하는 자료구조이론을 응용하여 기호화된 패턴을 조직할 수 있다. 패턴 원형의 자료 구조로 전개될 수 있는가를 파악하는 것이 구문론적 접근 방법의 골간이다.

(1) 패턴 표현 공식

영상 패턴을 표현하기 위한 이 구조에는 패턴 이름, 특성치 이름과 값, 특성치 사이의 상호 관계에 관한 정보 등을 수록한다. 일반적으로 패턴표현은 서술문의 논리곱(AND)으로 표현된다.

패턴의 특성치는 결정적인 것인지 혹은 비결정적인 것인가를 구분하는 것은 매우 중요하다. 그 공식은 실수의 배열이라는 점에서는 비슷하다고 하겠으나, 비결정인 경우에는 확률적인 개념이 개입되게 되므로 상당한 분석이 필요하다. 특성치가 비수치인 경우에는 문자로 표현되는 퍼지적 개념이 개입된다. 비수치적 특성치에 대해 패턴표기 방법과 인식 방법을 위하여 여러 가지 방법들이 제시된다. 그중 비수치 특성치를 수치의 범위에 대응시키고, 여러 패턴 사이의 거리를 측정하는 방법이 있다. 그러나 색깔 특성치와 같은 것의 수치의 범위를 대응시키고 거리 수학을 적용시키는 것은 곤란하다. 또 다른 방법으로는 특성명과 특성치에 그 특성치의 확실성 계수를 부가하는 방법이다.

패턴 표기 방식을 요약하면 Fig. 2와 같다.

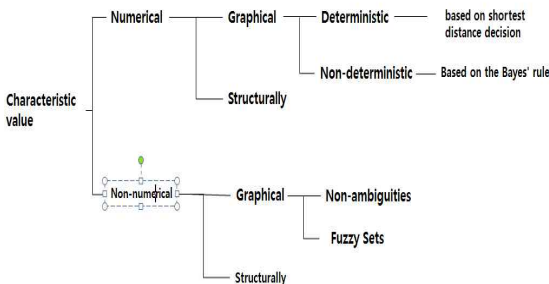


Fig. 2 Classification of property

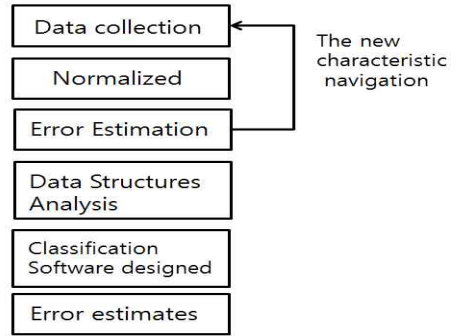


Fig. 3 Design processing of statistical classification s/w

(2) 통계적 패턴분류

영상 패턴에 대한 관측 또는 측정과정을 통하여 얻는 수치자료로 특성벡터를 구성한 경우, 이 벡터는 무작위적 벡터로 그 요소의 각각은 확률 밀도 함수로도 표현되는 개연성을 갖는다. 그러므로 통계적인 패턴분류 시스템은 두 부분으로 구성된다. 첫 부분은 여러 가지의 기본 벡터로부터 표본 자료를 수집하고 특성 벡터 공간에서 패턴 분류 사이의 경계를 정하는 작업으로 이루어진다. 둘째 부분은 각 분류 사이에 속하는 패턴을 입력시키고, 패턴 분류 시스템이 제대로 동작하는지를 시험하는 작업으로 이루어진다.

통계적 패턴 분류 시스템을 설계하는 과정은 Fig. 3과 같이 도시된다.<sup>[2-3]</sup>

2.3 비전 검사 모듈용 측정 카메라 및 조명 선정을 위한 수동 비전 시스템 실험

비전 카메라를 이용한 자동 비전 검사 시스템의 s/w 알고리즘 초기 설계 검사 프로세스 재현성 확보와 자동차 업계 요구 허용 공차(5/100[mm]) 측정 정밀도 확보를 위하여 수동형 타입의 비전 검사 모듈을 제작하여 다음과 같이 예비 테스트를 진행하였다.

비전 검사 기법은 검사 대상체와의 측정거리,

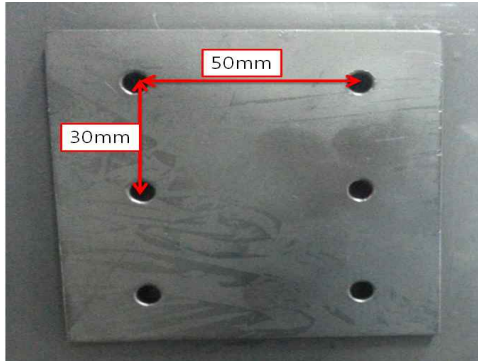


Fig. 4 Passive vision inspection psalter

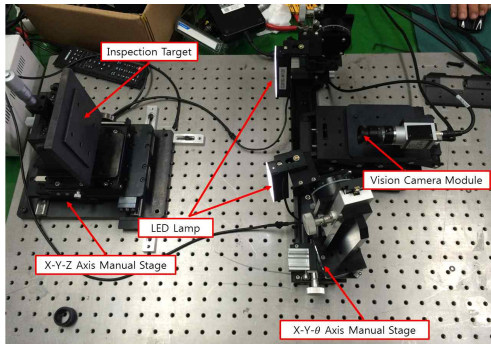


Fig. 5 Passive vision inspection System

기구부 세팅사양, 측정환경(조도값, 외부진동, 외란 등)에 따라 s/w 알고리즘이 디버깅 되어야 하므로 수동형 비전검사 모듈은 검사 대상체 및 카메라 모듈을 기구부 세팅 및 측정 환경 조건에 대한 변수가 최소화 될수 있도록 테스트 조건을 선정하여 Fig. 4 에 검사용 시편의 6개의 홀의 영상 취득과 홀 센터 및 홀 외경 Edge인식을 통한 ROI 추출 가능여부를 Fig. 5와 같이 테스트하였다. 시편의 사이즈 (88mm×88mm), Hole(6× 5).

(1) 수동 비전 시스템 s/w

s/w는 PC기반의 Labview 소스 코딩을 통하여 수동형 비전 검사 모듈 시스템의 GUI 설계를 위한 블록다이어그램을 나타내었으며, 사전에 홀 패턴 이미지를 기반으로 검사 대상체의 측정위치 검출과 홀 센터, 홀 외경 Edge 추출을 통한 ROI 인



Fig. 6 Passive vision inspection System Labview source coding

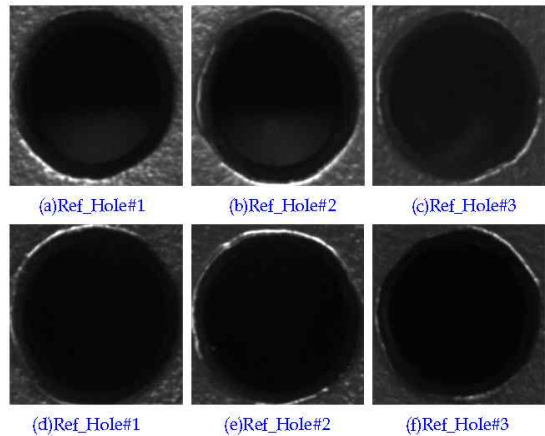


Fig. 7 Pattern image for the hole pattern recognition

식이 가능하도록 설계하였다. Fig. 6 은 Labview 소스 코딩이며 Fig. 7 은 6개의 홀 패턴 인식을 위한 패턴 이미지 추출 영상을 나타내고 있다.

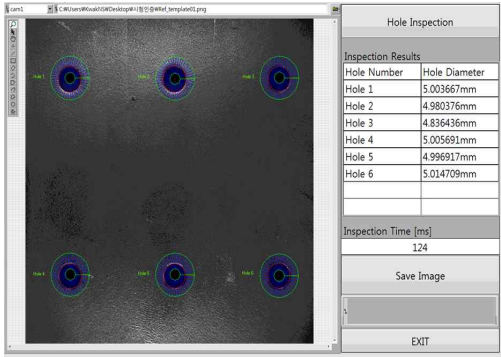


Fig. 8 Passive vision inspection System s/w GUI

Fig. 8은 설계된 수동형 비전검사 모듈 시스템의 GUI를 나타내고 있으며, 6개의 홀 위치 및 외경Edge 인식을 통한 ROI 추출과 홀 직경 및 검사 시간 산출이 가능하도록 설계되었다.

수동 시스템 측정을 통하여 기중 홀 패턴 이미지를 기반으로 홀 위치검출 및 ROI 인식이 가능하였으며, ROI 인식을 통한 6개의 홀 직경 산출이 가능하였다.

CCD Pixel Gige 5MP(2018×2048)의 고성능 카메라 장착을 결정 사양 검토 결과는 다음과 같다.

- 1) Pixel 정밀도(24 $\mu$ m)이고 최고 센서 해상도 (48 $\mu$ m)이다.
- 2) Hole size 30mm의 경우, 5/100 정밀도라면 1500[ $\mu$ m]이다.
- 3) 결정된 CCD Camera를 사용할 경우 하드웨어 작동할 하는 stage의 허용오차는 24[ $\mu$ m]이다.

## 2.4 비전 시스템 하드웨어 설계

수동 비전 검사 결과를 토대로 하드웨어를 설계하였다. CCD Camera를 측정 위치로 자동이동하기 위하여 갠트리로봇 타입으로 하드웨어를 구성하였으며 그 구성은 5축 제어 X축, Y축, Z축의 수직 수평 이동을 하는 3축 제어와 카메라의 각도조정을 위한 Rotary 인 Z $\theta$ 와 X $\theta$  2개의 Rotary로 총 5축을 구성하였다. Table 1은 5축의

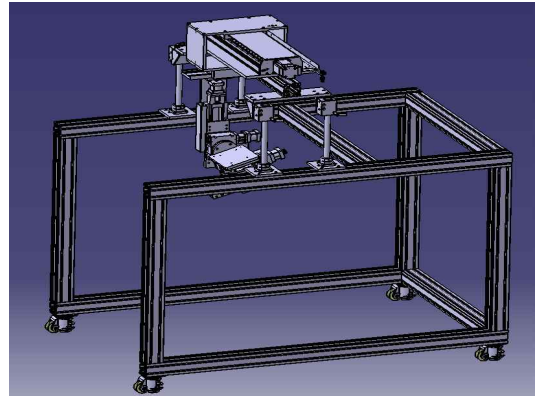


Fig. 9 Vision inspection System Hardware

Table 1 5-Axis Stages Specification

X-Y-Z Auto stage Specification	X $\theta$ -Z $\theta$ Auto stage Specification
- Travel Range :150[mm]	- Travel Range :360[ $^{\circ}$ ]
- Travel Guide :Ball Screw 8 Lead1	- Resolution :0.004 $^{\circ}$ /pulse(Full step)
- Resolution : 0.002/Pulse(Full Step)	- mechanical Drive System : Worm Gear 1/180
- Uni-Repeatability : $\pm 1[\mu\text{m}]$	- Maximum Speed : 20[ $^{\circ}$ /sec](5KHz)
- Accuracy : 15[ $\mu\text{m}]$	- Accuracy : 0.025[ $^{\circ}$ ]
- Load Capacity : 9[kg]	- Repeatability : 0.015[ $^{\circ}$ ]
	- Flatness : 0.02[mm]
	- Webbing : 0.01[mm]
	- Load Capacity : 15[kg]
	- Weight : 3[kg]

구성 스펙을 정리하였다. Fig. 9 는 5축 설계된 갠트리 로봇의 3D 모델링도이다.<sup>14)</sup>

또한 2개의 Rotart축은 스텝당 각도를 계산하여 각도 조정을 하며 거리는 카메라부에 장착된 레이저 센서를 통하여 거리를 측정함으로써 정확한 위치 선정을 할 수 있다.

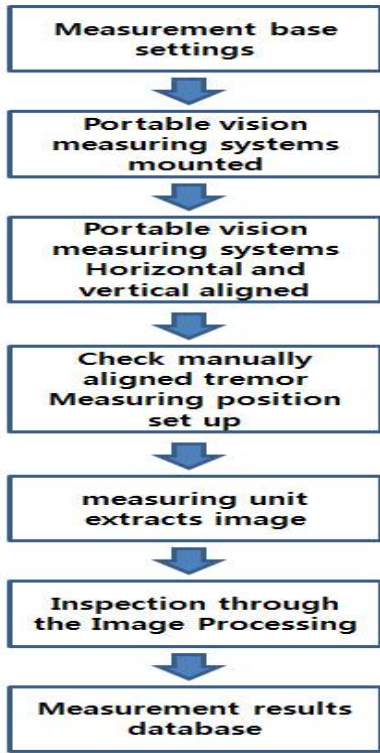


Fig. 10 Failure detection and control flow chart

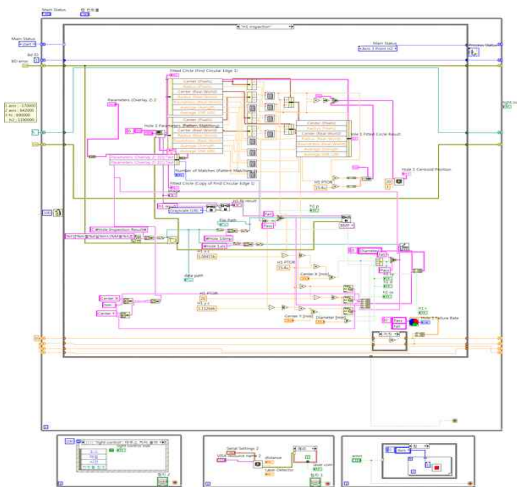


Fig. 11 Automatic Vision Inspection System s/w

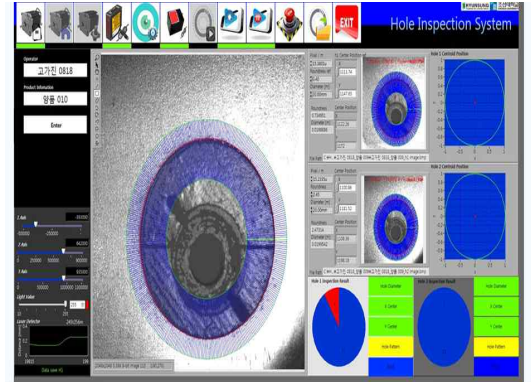


Fig. 12 Automatic Vision Inspection System GUI

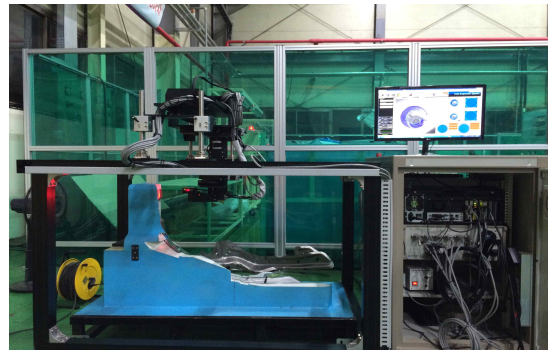


Fig. 13 Automatic Vision Inspection System

## 2.5 비전 시스템 S/W 설계

s/w는 PC기반의 Labview 소스 코딩을 통하여 자동 비전 검사 모듈 시스템의 GUI 설계를 위한 블록다이어그램을 나타내었으며, 사전에 제품 패턴 이미지를 기반으로 검사 대상체의 측정위치 검출과 홀 센터, 홀 외경 Edge 추출을 통한 ROI 인식이 가능하도록 설계하였으며, 하드웨어를 제어 조작할 수 있도록 설계하였다.

Fig. 10은 불량검출 및 제어순서도를 나타내었다

Fig. 11은 자동 비전 검사 시스템 s/w이다.

Fig. 12는 자동 비전 검사 GUI이다.

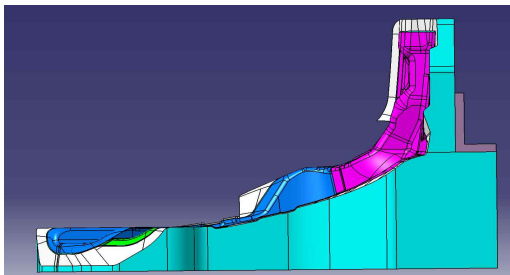
Fig. 13은 완성된 비전 시스템이다.

GUI에는 조작버튼과 홀 측정 이미지 ROI 홀의 기준 값과 측정 값, 홀의 centroid position, 제품의 누적 통계 그래프 등이 나타난다.

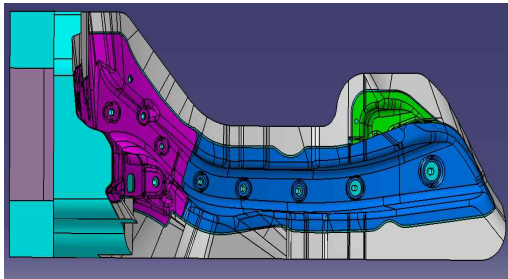
### 3. 비전시스템 TEST 및 고찰

#### 3.1 비전시스템 TEST

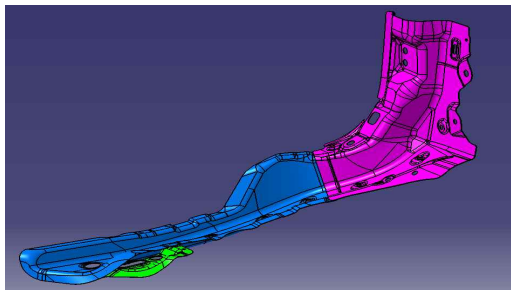
Fig. 13에 Automatic vision Inspection System과 같이 장비에 측정 제품의 지그에 제품을 고정하고 비전 계측을 실행한다. Fig. 14는 제품을 고정하는 지그 모델링 도면과 제품 모델링 도면이다. 비전 시스템 Test는 제품( $\phi 20 \pm 0.05$ ) 20개(양품10개 인공불량10개)를 Test하였으며 결과는 Fig. 15와 같이 그래프로 정리하였다.



(a) Psalter fixing jig front elevational view

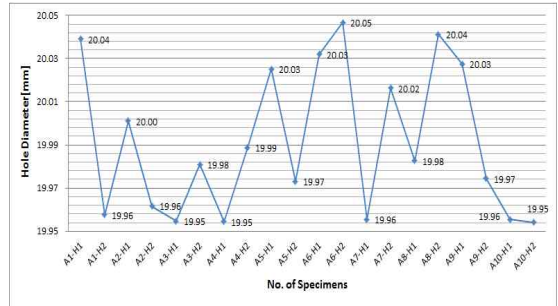


(b) Psalter fixing jig front Plan view

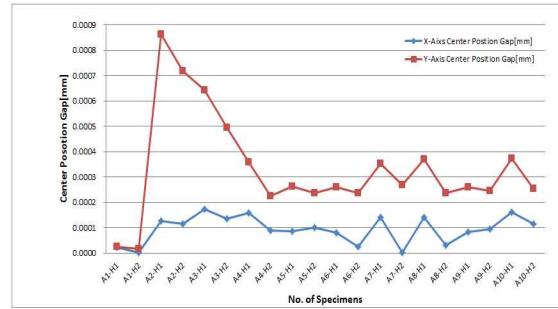


(c) Psalter 3D Modelling

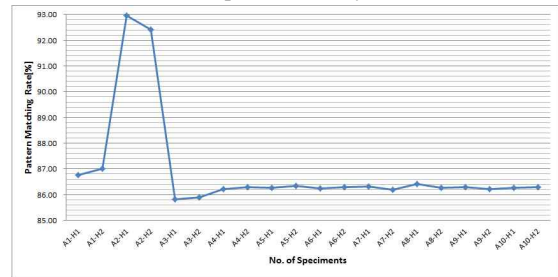
Fig. 14 Psalter fixing jig & 3D Modelling



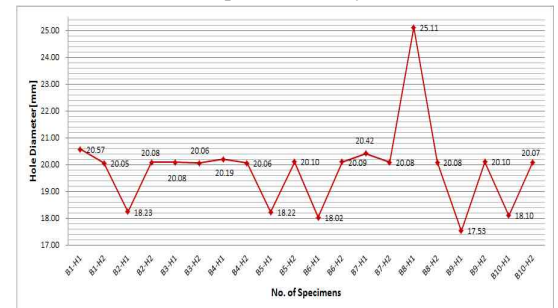
(a) Adequate product Hole Diameter Measurement results



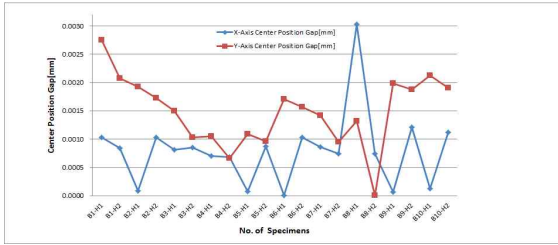
(b) Adequate product x-y center position gap Comparative analysis



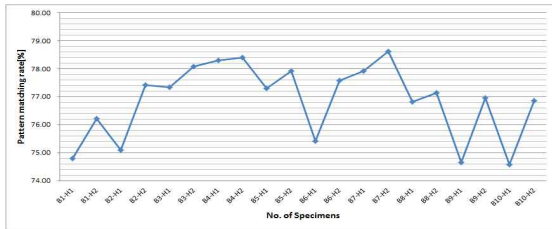
(c) Adequate product Pattern Matching rate Comparative analysis



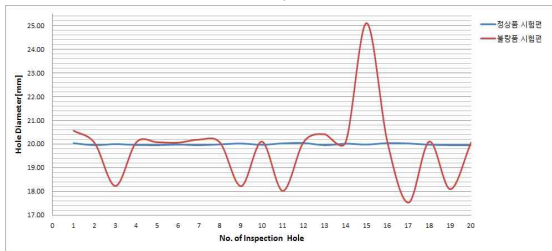
(d) Defective Hole Diameter Measurement results



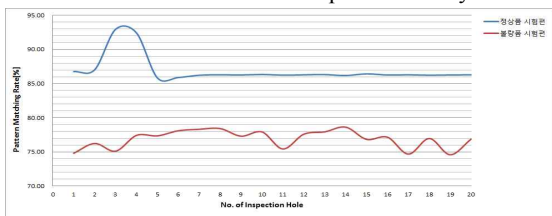
(e) Defective x-y center position gap Comparative analysis



(f) Defective Pattern Matching rate Comparative analysis



(g) Adequate product, defective Hole Diameter Measurement results Comparative analysis



(h) Adequate product, defective Pattern Matching rate Measurement results Comparative analysis

Fig. 15 TEST Data

## 4. 결론

비전 계측장비는 궁극적으로 제품의 영상을 취득하여 영상데이터를 영상처리를 통하여 그 영상을 판독하는 시스템이다. 조도, 진동, 소음 등이

영상 획득시 외란을 일으키므로 이를 분석하여 외란을 최대한 억제할 수 있도록 설계하였다.

제품 Test를 통하여 자동차 산업이 현재 요구하는 허용공차(5/100[mm])와  $\mu\text{m}$ 급 계측이 가능하다는 결과를 구했다.

## 후 기

“ 이 논문은 2015년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2014H1C1A1066959) ”

## REFERENCES

1. Lee, D. M., Lee, K. I., and Yang, S. H., “Development of the Machine Vision System for Inspection the Front-Chassis Module of an Automobile,” Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol. 13, No. 3, pp. 84-90, 2004.
2. Silviu Folea, Practical Application And Solutions Using LabVIEW™ . Software, InTech, pp. 1-472, 2011,
3. Chang, Y. H., "Desing of Intelligent Robot Vision System for Automatic Test and Assembling of Precision Parts," A Thesis for Master degree, Kyungnam University, Republic of Korea, 1999.
4. Kim, K. C. and Kim, S. H. and Kwak, Y. K., “Development of a 6 Degrees-of-Freedom Micro Stage for Ultra Precision Positioning,” Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A, Vol. 22, No. 2, pp. 372-379, 1998.
5. Jeong, J. Y., Cho, Y. T., and Jung, Y. G., “Analysis of Polarization Characteristics of the Wire Grid Polarizer according to Pattern shapes and incident angle,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13, No. 3, pp. 111-117, 2014.
6. Loh, B. G., and Kim, G. D., “Characteristics of Pulse Width Modulation(PWM) Excitation of



Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting Device,”  
Journal of the Korean Society of Manufacturing  
Process Engineers, Vol. 13, No. 1, pp. 59-65,  
2014.