韓國産業應用學會論文集, 제11권, 제4호, 189-194, 2008.11
J. Korean Society of Industrial Application, Vol.11, No.4, 189-194, Nov, 2008

산업용Wire Harness Vision 검사 장비 개발
Development of Vision Inspection System for Defects of Industrial Wire Harness

한승철*
Seung-Chul Han*

<Abstract>

This paper presents vision based inspection system for defects of industrial wire harness. Five type of nonconformities facter such as barrel deform, projected wire, overcoating, rack of wire length, over-strip is considered. Developed inspectio algorithmn has been tested on real specimens from a wire harness factory. Experimental results show that the inspection algorithm an has a good performance.

Keywords : Wire Harness, Vision Inspection, Inspection Algorithm

1. 서 론

산업용 장비에 있어서 과거에는 대부분 기계적인 시스템으로 이루어져 있었다. 그러나 생산성, 정밀성, 융통성 등의 이유로 많은 기계적인 산업용 장비들이 전자식으로 급속히 바뀌고 있다. 이와 같이 전자식 산업용 장비들이 증가함에 따라 wiring harness의 사용 또한 증가 하고 있다. 여기서 wiring harness란 전자 제품의 각 부위에서 발생되는 전기적 신호 및 전류를 부품 상호간에 전달하여 각 System이 제 역할을 수행할 수 있도록 하는 배선의 총 집합체를 말한다. wiring harness는 전기/전자 제품 산업용 장비의 자동제어 및 지능화에 필수 불가결한 요소이자 인체의 혈관에 비유할 수 있는 중요부품으로서 최종 조립제품의 전기/전자적인 신호의 매개체 역할을 하는 중요한 제품이다. 만약 wiring harness의 결함으로 산업용 장비가 오동작을 하게 된다면 생산성의 저하 뿐 아니라 작업자를 심각한 위험에 빠뜨릴 수도 있다. 따라서 산업용 장비에 있어서 wiring harness의 품질은 매우 중요하다.

Wiring harness 제조공정들은 흐름생산 형태를 취하고 있는데, 제품구조의 특성상 조립이전의 부분은 자동화 되어 있으나 조립공정은 거의 수작업에 의존하고 있어서 노동 집약적 성격이 강하다. 특히, 제품의 탈피 및 압착상태와 단자 및 연결자(connector) 삽입 상태 등에 대한 품질검사는 국내업체의 경우, 전적으로 작업자의 육안 검사에 의하여 이루어지고 있는 실정이다.

이와 같이 시각 인식에 의한 작업자의 품질검사는 단순 반복적인 특성으로 인한 피로의 누적과 의욕저하로 생산성 및 품질 수준의 향상을 이루기 어려운 특성을 가진다. 특히 PPM(Part per Million)단위의 품질 불량 수준이 강조 되는 요즈음 이 분야의 시각 인식검사의 자동화가 보다 더 요구된다. 이규봉은 와이어 하니스 콘넥터검사시스템을 제안하였고[1], 이문규는 압착단자의 검사 및 와이어 하니스부품의 자동검사를 위한 비젼 알고리즘을 제시하였으나 실제 시스템에 적용되지 않았으며 신경망을 사용하였으나

* 교신저자, 정회원, 영남이공대학 자동차과 교수, 工博
E-mail : schan67@ync.ac.kr
* Corresponding Author, Prof., Department of Automobile, Yeungnam College of Science, Ph. D.

인신률의 개선이 필요하다[2-3]. Wiring Harness의 불량은 Wiring Harness를 이루고 있는 각 부품들에서 발생될 수 있다. Wire harness의 connector부의 동판의 잘못 끼워짐, 구부러짐 등의 문제로 통전이 되지 않거나 제 기능을 못하는 경우 수요자의 불만이 커질 수밖에 없다. wire harness외에 전선의 터미널부분 동선의 표출범위가 0.1mm-1mm의 공차범위를 일반적으로 가짐으로 이를 육안으로 확인하여 전수검사를 수행한다는 것은 많은 어려움과 인건비 상승의 원인을 초래하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 비전 시스템을 이용하여 기존의 육안검사의 문제점을 해결하며, 비용 절감 및 품질관리의 자동화를 해결할 수 있는 검사알고리즘 및 검사시스템을 제안하고자 한다.

2. 영상처리

2.1 색상

RGB 색상 공간은 Red(R), Green(G) 그리고 Blue(B)축으로 나타낸다. RGB 색상 공간은 밝기의 변화에 민감하므로 RGB 색상 공간에서 hue(H), saturation(S) 그리고intensity(I)성분의 HSI색상 공간으로 변환하여 이용하고 그 변환 관계는 식(1)과 같다.

$$H = \arccos\left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{((R-G)^2+(R-B)(G-B))}}\right]$$

$$S = 1-\frac{3}{(R+G+B)}\min(R,G,B)$$

$$I = (R+G+B)/3 \qquad (1)$$

2.2 형상 모멘트

모멘트 특징량은 대상물의 확대, 축소 및 회전과 상관없이 일정한 값을 갖는 특징이 있다. 따라서 도형의 형상을 구분하기 위하여 모멘트 값을 이용한다. 형상 모멘트 m_{ij} 는 다음과 같이 정의된다.

$$m_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x,y) \qquad (2)$$

여기서 i, j 는 모멘트 차수를 나타내고, x, y 는 영상의 수평 및 수직 좌표이다.

도심(center of the geometry), $\bar{x}, \bar{y}$ 와 중심 모멘트(central moment), μ_{ij} 는 식(2)를이용하여 식(3)으로 표현된다.

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \qquad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

$$\mu_{ij} = \sum_x \sum_y (x-\bar{x})^i (y-\bar{y})^j f(x,y) \qquad (3)$$

형상의 장축(a)과 단축(b)의 근사값은 도심과 중심 모멘트를 이용하여 식(4)와 같이 나타낼 수 있고, 장·단축 길이의 비는 식(5)와 같다.

$$a = \sqrt{2}\sqrt{(\mu_{20}+\mu_{02}+\sqrt{((\mu_{20}-\mu_{02})^2+4\mu_{11}^2)})/m_{00}}$$

$$b = \sqrt{2}\sqrt{(\mu_{20}+\mu_{02}-\sqrt{((\mu_{20}-\mu_{02})^2+4\mu_{11}^2)})/m_{00}} \qquad (4)$$

$$Axis\ \ ratio = \frac{b}{a} \qquad (5)$$

Fig. 1은 검사장비에 사용된 비전검사 알고리즘 흐름도이다. 피더에 의하여 정렬, 공급된 와이어는 이송모터에 의하여 검사위치로

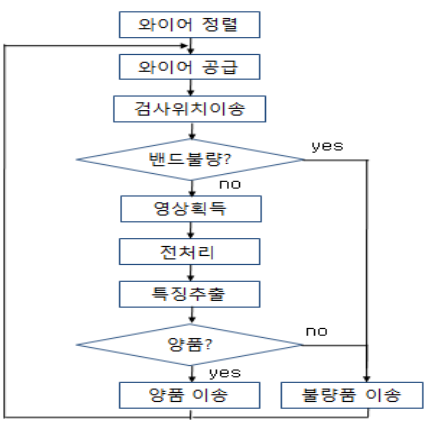


Fig. 1. Wire inspection algorithm flowchart.

이송된다. 근접센서에 의하여 와이어가 검사위치에 적절히 위치해 있는지를 검사한다. 와이어 심하게 구부러져 있다면 재공급이 이루어지고 정상상태이면 영상을 획득하게 된다. 얻어진 영상으로부터 전처리와 특징추출의 과정을 거쳐 양품, 불량품을 판별하게 된다. 와이어 DB에

의해서 와이어 고유의 특징을 파악하고 주요 검사 항목을 검사하게 된다. 아래는 검사과정의 특징추출단계의 화면을 나타내고 있다. 각각의 검사항목별로 불량유형별 검사결과 불량 판정을 받은 사진들을 나타내었다.

Fig.2은 Wire Harness 검사장비 전체 시스템 구성도이다. DSP 모션보드에 의해서 구동되는 2축의 모터가 와이어를 이송하게 된다. 또한, 대용량 I/O 시스템을 통하여 전체 검사공정에 사용된 센서의 신호를 입력받고, 모션보드의 제어 신호에 따라 6개의 솔레노이드 밸브 제어를 통하여 실린더와 그리퍼, 검사조명시스템이 ON/OFF하게 된다.

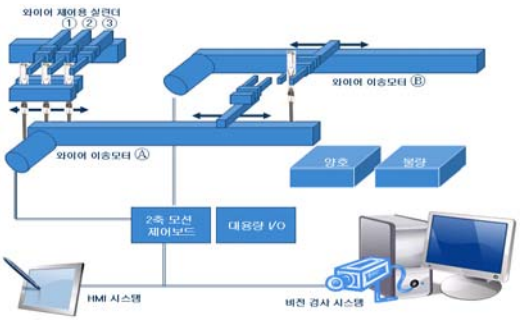


Fig. 2. The configuration of all system.

Fig.3은 검사장비 설계의 전체 조립화면이다. 피더부, 정렬부, 이송부, 검사부의 순서로 전체적인 공정을 가지도록 설계하였다. 검사시 조명의 간섭과 변화를 막기 위해 검사부 안쪽은 검은색 무광택으로 도색하여 암실형태를 만들었다. 또한, 피터부의 진동이 검사부로 전달되지 않게 하기위해 서로 분리하여 진동시에도 접촉이 일어나지 않게 하였으며 피더의 하단에는 고무 패킹을 설치하여 하단으로 진동이 전달되는 것도 억제할 수 있게 하였다.

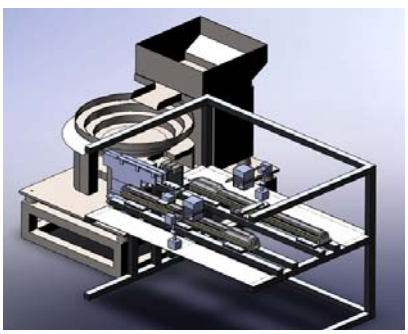


Fig. 3. Inspection apparatus layout.

와이어 하네스 검사장치 제작 및 제어기 구현에 앞서, 설계된 장치를 바탕으로 전체 공정을 동역학 해석프로그램인 ADAMS와 MATLAB의 SIMULINK를 이용하여 검사공정을 시뮬레이션 하였다. 피더로부터 공급된 와이어의 위치를 감지하는 2개의 광센서 정보를 이용하여, 와이어를 정렬하는 3개의 스토퍼를 조작하여 와이어를 검사대기 상태로 정렬시키는 알고리즘을 테스트하였다. 또한 두조의 이송모터를 동시제어하며, 검사대기,이송,와이어전달,검사,분류의 전체 검사작업의 알고리즘을 테스트하였다. Fig.4~6는 전체 공정의 시뮬레이션 동작화면과 제어 알고리즘의 SIMULINK 블록다이어그램 및 결과장면이다.

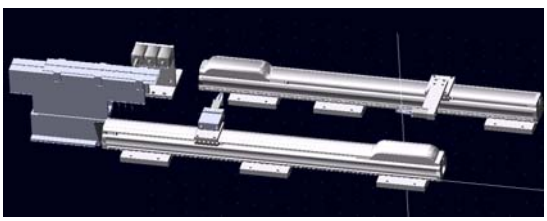


Fig. 4. The simulation of all process.

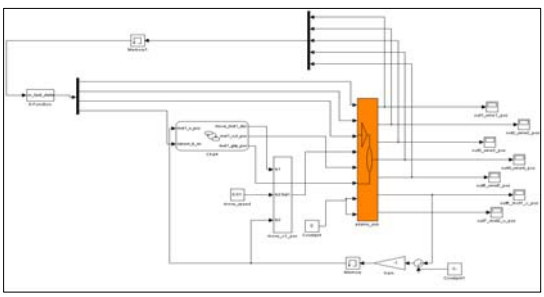


Fig. 5. Block diagram.

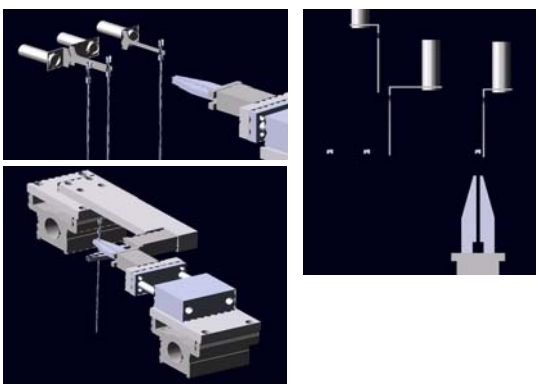
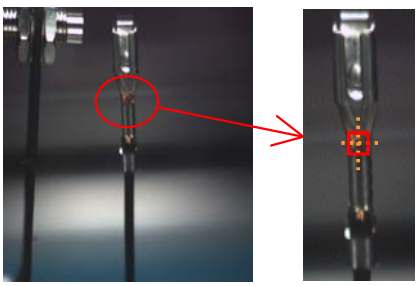


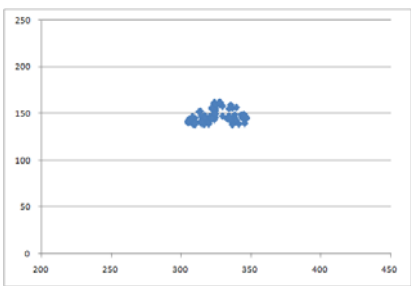
Fig. 6. Wire alignment and transmission.

3. 실험결과

이미지 분해능은 가로 0.056 mm/pix, 세로 0.056 mm/pix이다. 실험을 통하여 최소검출 크기는 영상처리의 검사 속도를 높이고 노이즈의 영향을 최소화하며, 심선삐침, 스트림과다 등의 불량을 검출할 수 있는 0.06 mm^2으로 설정한다. 이를 이용하여 지름이 0.1mm인 와이어 심선의 삐침에 대한 검출 결과를 확인하였다. 심선A의 삐침의 크기(W×H)는 0.1mm×3mm이며, 심선삐침과 같이 최소요구사양의 검출에도 적합하다.



(a) Center point extraction result



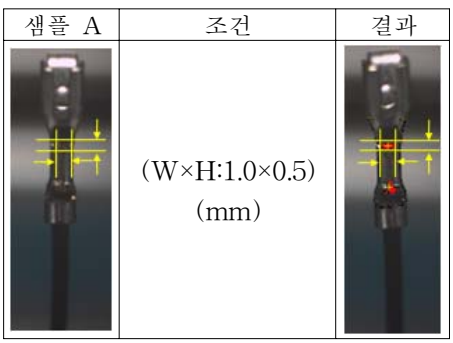
(b) Center point distribution

Fig. 7. The extraction result of wire center point.

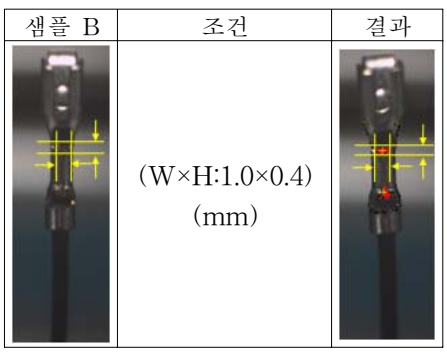
Fig. 7는 이송된 와이어하네스 상단부 심선의 중심점의 위치로 위치정밀도 계산을 나타낸다. 이는 바렐의 휘어짐을 판단하는 광센서의 위치 앞에 정확히 놓여 바렐의 휘어짐의 판단한다. 중심점의 위치는 +자로 표시하였다. 샘플 와이어하네스 200개에 대한 위치정밀도는 X축, Y축 나누어 측정을 하였다. 영상의 X축에 대해 평균(m)은 325.1, 표준편차(σ_x)는 11.16픽셀로 (11.16pix × 0.056pix/mm = 0.62mm) 이며, m ± 3σ 적용 시 1.87 mm이다. 영상의 Y축에 대해 평균(m)은 150.8, 표준편차(σ_y)는 8.47픽셀이며 (8.47pix × 0.056pix/mm = 0.47mm), m ± 3σ는 0.88 mm로 바렐의 휘어짐의 판단에 충분한 위치정밀도를 가진다. 다음은 동일모델의 동일 샘플에 대해 반복 검사 시 검사정도의 오차범위를 구한다.

Fig. 8는 2가지의 정상 샘플의 심선크기를 나타내고, 영상처리결과를 나타내고 있다.

Fig. 9은 심선의 크기가 0.5mm 와 0.4mm의 영상처리결과 A샘플의 크기는 평균 0.48 mm이며 오차범위 ± 0.08 mm이고, B샘플은 평균 0.39 mm, 오차범위는± 0.08 mm이다. 와이어하네스 심선의 양품판정 조건은 0.3~1mm이나 생산된 와이어하네스의 양품의 99% 이상은 0.5~0.8mm 사이에 존재한다. 동일모델의 동일 샘플에 대해 반복 검사한 결과 오차범위가 ± 0.08 mm로 나타나므로 양품판정조건을 실 조건인 0.3~1mm에서 검사오차인 ± 0.08 mm를 줄여서 0.38~0.92로 불량제품이 정상제품으로 판별될 확률은 극히 낮다. 따라서 설정된 오차범위로 와이어하네스 검사알고리즘의 신뢰도를 확인하였다. 동일모델에 대해 1000개 와이어하네스를 검사를 통해 시스템 전체의 검사기 신뢰도를 검증하고 또한, 동일모델의 동일 샘플에 대해 100회 반복 검사를 통하여 검사알고리즘의 신뢰도 구하였다.

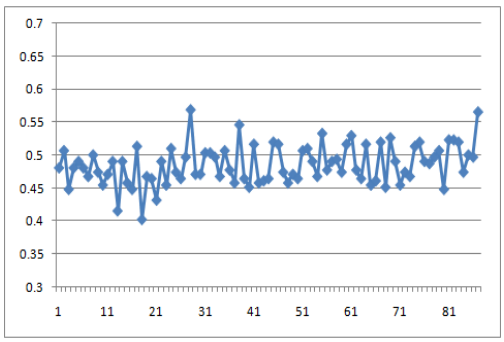


(a) Normal sample A

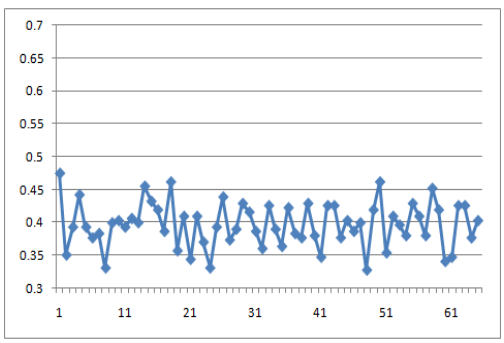


(b) Normal sample

Fig. 8. Inspection sample.



(a) Normal sample



(b) Normal sample B

Fig. 9. The measurement result of normal sample.

Fig. 10은 정상샘플 검사 시 대표적인 불량의 5가지 유형 포함하여 확인하였으며, 시험결과 양·불량품 샘플을 정확히 분류함을 알 수 있다. Fig 12은 검사시험 장면을 보여준다.

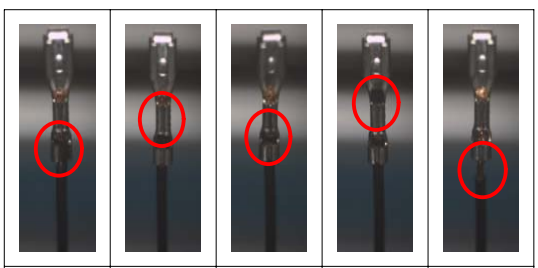
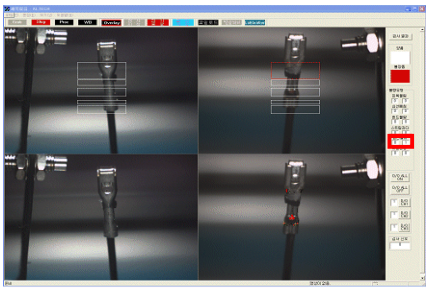


Fig. 10. The bad sample of wire harness.

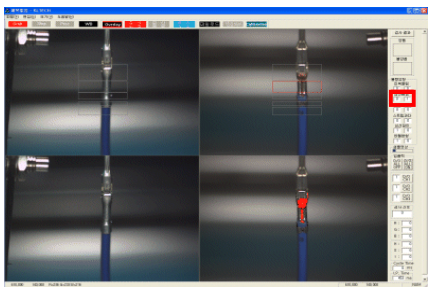
Table 1. The judgment of wire harness

	샘플 갯수	판 정
양 품	1,000 개	1,000 개
불량품	5 개	5 개

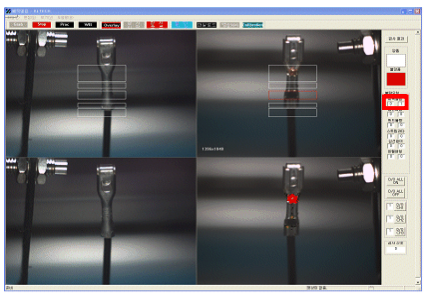
Fig. 13은 불량유형별 검사알고리즘 적용결과이다. 빨간색 박스로 나타내어진 부분이 불량위치를 나타내고 있다.



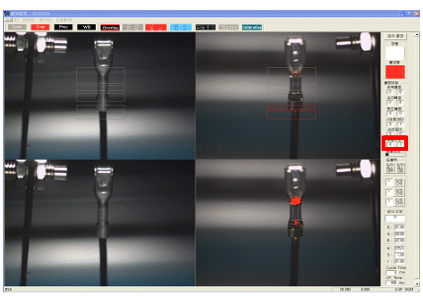
(a)The badness of wire length



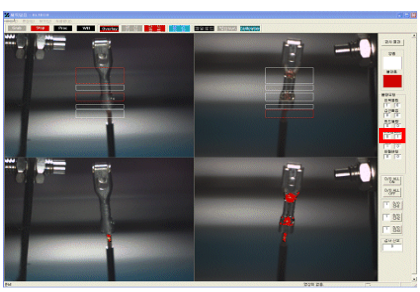
(b) Excessive wire



(c) The badness of crimping wire shield



(d) Barrel deformation



(e) Excessive stripping

Fig. 11. The result using inspection algorithms for bad type

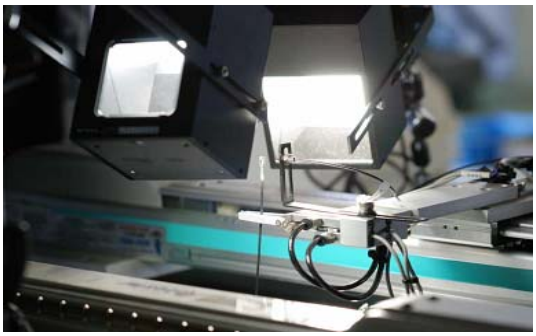


Fig. 12. The inspection apparatus of wire harness.

영상처리시간과 전체 cycle time은 검사기의 중요한 성능을 나타낸다. 와이어하네스가 피더기로부터 공급되고 스토퍼를 통해 정렬이 되면 그리핑 후 검사위치로 이송되며, 검사 위치로 이송되면 컨트롤 보드로부터 와이어하네스 검사 입력신호가 출력되고 이 신호의 주기로부터 cycle time을 계산한다.

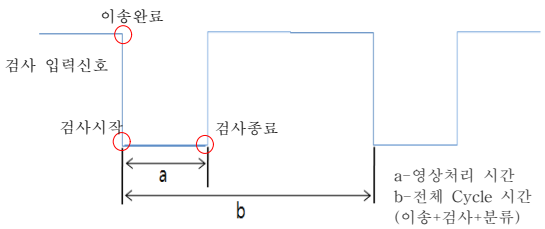
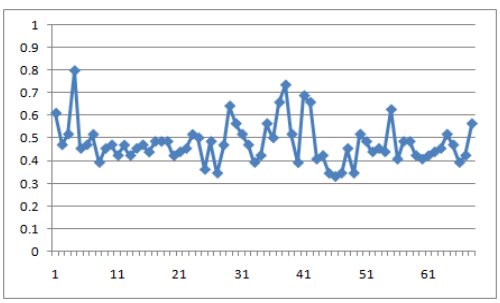
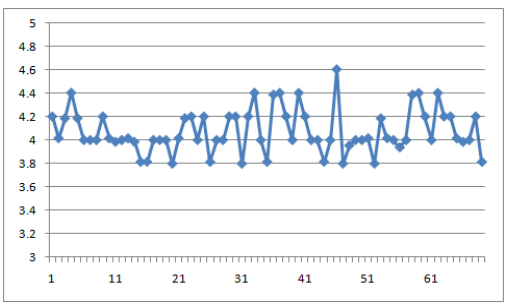


Fig. 13. Wire harness Cycle time.



(a) Time an image manage



(b) All cycle time

Fig. 14. Wire harness Cycle time a result measurement.

와이어하네스 전체 cycle time은 영상처리 시간과 전체 Cycle 시간으로 나누어 측정을 하였으며, 영상처리시간은 0.47초, 전체 Cycle time은 평균 4.07초로 측정되었으며 이는 현재 작업자의 수작업 전수검사 및 검사이력서 작성시간을 고려하면 적절한 시간이라 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 와이어 하네스 비전검사 시스템을 개발하였다. 여러 종류의 와이어 하네스에 대하여 대표적인 불량인 바렐변형, 심선삐침, 피복물림, 심선길이, 스트립과다에 대하여 전처리와 특징추출의 과정을 거쳐 특징형상을 구분하여 양호. 불량 상태를 판별할 수 있는 비전검사 알고리즘을 제시하였다. 와이어 정렬 및 이송장치를 개발하여, 와이어 하네스 전용의 피더부는 효율적으로 와이어를 공급하며, 개발된 정렬기구부와 이송기구부를 통하여 순차적으로 와이어를 공급함으로써 연속적 검사가 가능하게 하였다. 향후 각종 wire harness에 대한 데이터베이스 구축을 통하여 균질의 제품생산 및 신뢰성 향상이 가능하다.

참 고 문 헌

1) 이규봉, *생산기술논문집*, pp.22-23, (1996)
2) 이문규, 장상원, 산업공학, **11, 2,** 22, (1998)
3) 이문규, *계명대 생산기술논문집*, pp.95-102, (1996)

(2008년 8월 18일 접수, 2008년 11월 21일 채택)