

자동차용 Valve-seal의 자동검사 장치 개발

이규훈, 김용, 이은영, 조규만, 배진용
(주)스마트비전텍, 동국대학교, 대림대학, 한국 폴리텍 I 대학, 특허청

A development of auto shape inspection system for automotive valve-seal

Kyu-Hun Lee, Yong Kim, Eun-young Lee, kyu-Man Cho, Jin-Yong Bae

Abstract - 자동차용 부품인 밸브셀 비전 검사 시스템을 개발하였다. 구성부품은 8 대의 독립형 CCD 카메라, 검사를 위해 밸브셀을 공급해 주는 기구장치 및 검사 모니터링 시스템으로 구성되었다. 밸브셀의 대표적인 불량 유형 1가지에 대한 영상처리 알고리즘을 제안하고, 알고리즘의 효율성은 실험을 통하여 확인하였다.

부에 데이터를 전송한다. 조명부는 8개의 각 CCD 카메라에 맞는 최적의 영상을 얻도록 링조명, 동축낙사 조명 및 적색과 파랑색의 LED 조명이 사용되었다.

1. 서 론

자동차용 밸브셀(Valve-seal)은 실린더 외부의 엔진오일이 엔진내부로 유입할 때 이를 방지하는 역할을 하는 부품으로 고무부위의 형상 및 치수는 밸브셀의 수명 및 밀폐효과에 큰 영향을 미치며 현재 산업체에서는 주로 검사자의 육안검사에 의한 전수검사로 불량 유무를 검사하는 실정이다. 그러나 이러한 부품 검사는 작업자간의 불량품에 대한 주관성과 피로도등에 따라 선별기준이 다르기 때문에 다양한 검사항목에 대한 부품 검사에는 부적합하다.

이에 비하여 비전에 의한 부품검사는 양품 판독 오인률을 획기적으로 감소시킬 수 있으며, 마이크로미터 단위의 미세한 불량도 검사할 수 있다. 이와 같이 비전을 이용하여 제품의 표면의 상태를 검사한 연구동향을 보면, Baykut, Trdic 등은 고속으로 이동되는 점유제품의 표면 검사에 비전을 응용하였다.[1-2] 국내의 연구동향은 분무 미립자의 입경측정에 관한 연구에 비전을 사용하였으며, 또한 절삭공구의 마모량 검사에 비전을 응용하였다.[3-5]

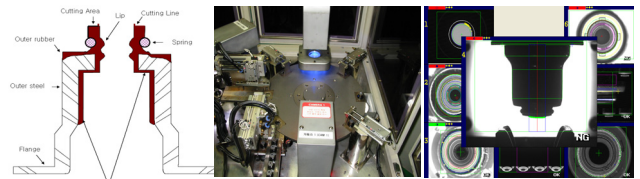
이렇게 활발한 비전의 연구에도 불구하고 밸브셀에 대한 비전검사는 다양한 불량품 유형의 특성에 따른 알고리즘의 개발 및 그 부품을 검사하기 위한 장치개발과 연관되어 시험이 필요하기 때문에 연구가 미진한 상태였다. 따라서 본 연구에서는 밸브셀의 중심검출 및 원형검출 알고리즘, 평균화 필터에 의한 검사방법을 제안하고 밸브셀의 대표적인 1가지 불량유형에 대하여 제안된 알고리즘을 적용하여 픽셀 합(Pixel sum) 검사 알고리즘과 비교함으로써 그 성능을 평가하였다.

2. 불량 유형 및 방법

2.1 검사시스템 개발

2.1.1 밸브셀의 형상 및 검사시스템

밸브셀은 현재까지 2가지 유형의 제품이 생산된다. 본 연구에서 적용된 제품은 쉘 부분과 날개가 한 몸체로 이루어진 날개 일체형이다. 즉 내면부의 고무 접착면에 금속면이 날개형으로 연결되어 내부 검사 시 유리가 필요한 제품이다. 제품의 형상은 그림 1과 같으며 각 검사 부위는 립(Lip)면, 사상면, 내부 고무면, 외부고무면, 플렌지(Flange), 스프링(Spring)으로 구성된다. 또한 전체적인 검사시스템 구성도와 시스템의 각 기기 구성부로서 공급부, 광학용 유리 검사부, 높이 측정부, 인덱스 검사부, 비전 검사부, 조명부, 제어 및 서버부, 배출부로 구성되어 있다. 광학용 유리 검사부는 제품의 하부 검사를 위해 투과된 영상을 획득하기 위해 사용된다. 인덱스 검사부는 제품의 360도 검사를 위해 롤러에 의한 회전축과 상부, 하부 검사와 양, 불량품 분류를 위하여 8축의 분할을 이루고 있다. 비전 검사부는 CCD 카메라를 이용하여 전송되는 밸브셀의 영상을 실시간으로 영상 처리하며 그 결과를 제어와 서버



(a) 외관형상 (b)원형회전판 (c) 영상화면
그림 1 밸브셀의 장치외관 및 형상

2.1.2 영상처리 시스템

영상처리 시스템은 검사영상처리 프로그램과 영상결과 표시 프로그램(Main Machine Interface program)으로 나누어 지는데 밸브셀에 활용된 영상처리 시스템 구성도를 그림 2에 도시하였다.

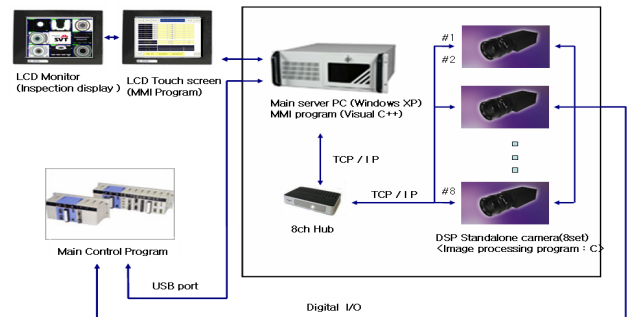


그림 2 영상처리 시스템의 구성도

비전 검사시스템은 영상처리 프로그램이 입력된 카메라에서 밸브셀 영상을 분석하여 처리결과를 서버에 전송한다. 각 카메라별로 처리된 결과를 수신한 서버는 각 항목에 대한 검사결과를 실시간으로 모니터에 표시하고 그 결과를 저장한다. 영상처리 프로그램은 각 카메라별로 제안된 검사 알고리즘을 적용하여 밸브셀의 형상을 검사하며, 각각의 불량유형에 적합한 검사를 위한 옵션 값을 설정하고 저장할 수 있도록 하였다.

2.2 영상처리 알고리즘

2.2.1 중심 찾기 및 원형검출

밸브셀의 과사상 검사에서는 원의 중심 검출 알고리즘이 중요하다. 일반적으로 중심검출은 CCD 카메라로부터 얻어진 밸브 셀 영상에서 임의의 원과 만나는 두 직선을 그린 다음 에지검출을 이용해 직선과 원이 만나는 세 점을 찾아낸 후 식(1)를 이용하여 원의 중심과 반경을 구할

수 있으나 이는 고무 제품 외곽 표면이 거칠어 에지 검출에 의한 영상 내의 원이 거의 진원이 아니며, 대상 제품이 손상이 된 경우 정확한 중심을 찾기가 어렵다.

$$x = \frac{N_1}{2D}, y = \frac{N_2}{2D} \quad (1)$$

여기서 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, and $C(x_3, y_3)$ 는 세점이고, $C_r(x, y)$ 는 원의 중심좌표이며, $D \neq 0$ 이며 N_1, N_2, D 는 모두 2×2 행렬식이다.[6] 본 연구에서는 그림 3(a)와 같이 벨브셀의 영상에서 x, y 방향의 좌우, 상하 에지를 검출하여 x, y 방향의 중심점들을 구하고 100개의 포인트에 대한 평균을 구하여 x축과 y축의 교차점을 원의 중심으로 한다. 이러한 중심검출 알고리즘은 고무제품처럼 면이 고르지 못하거나 버(Burr)나 먼지등이 많은 환경하에서 검사하는 경우에 유용하다. 그림 3(b)와 같이 벨브셀의 상부면에 대한 영역별 검사를 위한 원형은 4개 이상이 존재하는데 이 원형을 검출하기 위한 알고리즘으로 제안되었다. 중심(x,y)을 기준으로 정해진 반지름(r)에 대한 원형 좌표리스트(xlist, ylist)에서 1/8의 원호를 구한 후 x축, y축으로 대칭이동 및 90도 회전이동을 통하여 고속으로 원을 구한다.

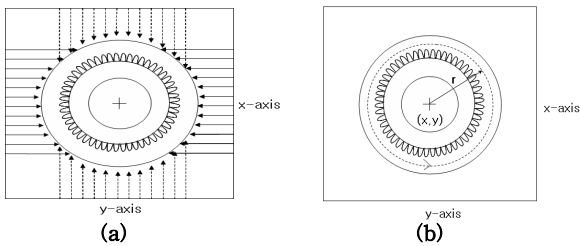


그림 3 (a) 중심 찾기 (b) 원형검출

2.2.2 평균화 필터(Averaging filter)

제품의 경계선에 있는 화소의 위치 (x_i, y_i) ($i=0, \dots, n-1$)의 평균값은 식 (2)로 구할 수 있다.

$$\left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \right) \quad (2)$$

여기서 i 는 경계선에 있는 화소수의 총계이다.

이때 경계선의 화소에 대한 y 방향에 대하여만 값을 취하되 주변화소와의 차에 대한 절대 값을 반영한다. 즉 식 (3)과 같이 된다.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |(y_i) - (y_{i+1})| \quad (3)$$

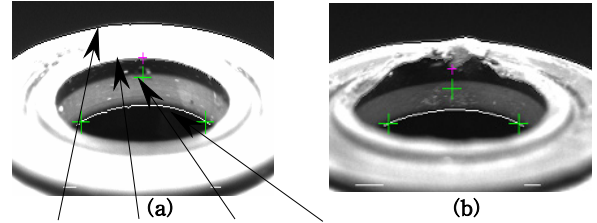
3. 실험결과 및 고찰

벨브셀 제품중에서 불량과 양품을 육안으로 분류하고, 불량중에서 확실한 불량과 미세한 불량이 있는 제품을 선별한 후 2.2항의 영상처리 알고리즘을 적용하여 대표적인 불량 유형인 립 단차 및 과사상 검사테스트를 실행하였다. 양품과 불량품의 화소 수는 확실한 불량의 경우는 화소의 차이가 커서 화소 수의 합(Pixel sum)에 따른 검사로 검출이 가능하였으나, 미세한 불량인 경우 먼지나 이물질에 의하여 화소의 차가 크지 않은 경우 양품을 불량으로 혹은 불량을 양품으로 분류하는 오류를 발생하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 경우 미세한 불량에 대하여도 양품과 불량품을 오류 없이 구분할 수 있었다. 그림 4에 나타난 영상과 같이 회전하는 제품의 측면 약 15°에서 촬영한 영상의 경계치 처리 후 원의 중심을 찾는다. 또한 y 방향으로 에지를 검출하여 제품의 최상단을 구하고 설정된 경계치와 에지 검출을 통해 최 하단 원호의 좌우 끝단 및 나머지 원호 2개를 가려낼 수 있다. 이들 원호간의 간격을 검사함으로써 립의 단차 및 과사상의 정도를 검사할 수 있다. 이러한 검사는 360° 회전되는 제품이므로 6회에 걸쳐서 수행한다. 제 1 에지, 제 4 에지는 평균화 필터 영상처리 기법을 이용하여 에지를 구하고 제2, 제 3 에지사이에는 식 (4)를 이용한다.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |f_2(x) - f_3(x)| \quad (4)$$

여기서 $f_2(x), f_3(x)$ 는 y 방향의 에지 검사라인의 함수이다. 즉 제 2 에지와 제 3에지의 차의 값에 따라서 불량제품의 인식이 가능하였다. 그리고 일정한 범위에 대한 옅색 값을 설정하여 임계치 범위를 벗어나는 제품에 대하여 불량으로 인식하여 구분하였다.

표 1에서와 같이 평균화 필터를 사용하지 않은 픽셀 수의 합만을 사용한 경우는 일정한 제품에서 양품을 불량으로 인식하였다.

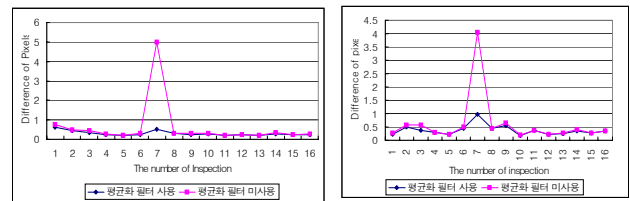


제1 에지, 제2 에지, 제3 에지, 제4 에지

그림 4 립단차, 과사상 검사영상 (a) 양품 (b) 불량품.

표 1 립단차, 과사상 검사 도표

(a) 2차 에지 픽셀 평균 (b) 3차 에지 픽셀 평균



4. 결론

본 연구에서는 자동차용 벨브셀의 생산 시 양품과 공정 중 발생하는 여러 가지 불량 유형에 대하여 실시간으로 구별하여 처리 할 수 있는 검사 시스템과 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 영상 획득 시 사용된 독립형 비전은 3200MIPS TI CPU를 내장한 640*480 해상도 카메라이며, 각 카메라에서 소요되는 처리 시간은 최대 0.7sec 이었다.

제품의 중심을 찾아 원호를 그리고 관심영역에 대해 시행한 평균화 필터 알고리즘은 대표적 불량유형인 립 단차 및 과사상에 있어서 픽셀의 합에 의한 검사보다도 더 적합한 최적의 검사 알고리즘임을 확인할 수 있었다. 향후 연구는 조명의 변화에도 현재의 검사방법에 의한 검사 조건의 조작 없이 벨브 셀의 중심 찾는 알고리즘이 가능하도록 하는 알고리즘의 개발이 필요한 과제로 남아 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.Baykut, A.Atalay, A.Ercil, M.Guler, "Real-time Inspection of Textured Surfaces," Real-Time Imaging, Vol.6, pp.17-27, 2000.
- [2] F.Tradic, B.Sirok, P.R.Bullen, D.R.Philpott, "Monitoring Mineral Wool Production Using Real-Time Machine Vision," Real-Time Imaging, Vol.5, pp.125-140, 1999.
- [3] O.D.Kwon, "A Study on the Development of Cutting Tool Inspection System Using Computer Vision," PG.D.Dissertation, KAIST, 1996.
- [4] C.H.Lee, T.D.Cho, "A Study on the End Mill Wear Detection by the Pattern Recognition Method in the Machine Vision," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.20, No.4, pp.223-229, 2003.
- [5] B. G. Loh, D.Y. Kim, Y.K. Park, " Development of an Inspection Machine for Automotive Oil-Seals Using Machine Vision," Transactions of Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 12, No. 3, pp.184-191, 2004.
- [6] <http://geocities.com/kiranisingh/center.html>