

# Edge 검출법을 이용한 플랜지복열테이퍼롤러베어링(FDTRB)의 비전 검사 Machine Vision Inspection of FDTRB using Edge Detect

\*#윤주영<sup>1</sup>, 양수진<sup>2</sup>, 이성철<sup>3</sup>

\*#Ju-Young Yoon(maxfect@hotmail.com)<sup>1</sup>, Su-Jin Yang<sup>2</sup>, and Seong-Cheol Lee<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> 전북대학교 대학원 기계공학과, <sup>3</sup> 전북대학교 기계공학부(공업기술연구센터)

Key words : Machine vision, Template matching, Pattern matching, Edge detect, FDTRB(Flange Double Tapered Roller Bearing)

## 1. 서 론

베어링이 오늘날의 구조로 형식을 갖추도록 된 것은 BC4000년 경 목재를 이용한 구름 운동을 시초로 하여 지속적으로 개발되고 발전되어 왔다. 회전하고 있는 기계의 축을 일정한 위치에 고정시키고 축의 자중과 하중을 지지하면서 축을 회전시키는 역할을 하는 기계요소로서 산업이 발전함에 따라 회전운동을 하는 모든 기계에서 매우 중요한 부품으로 자리 잡고 사용 되고 있다.

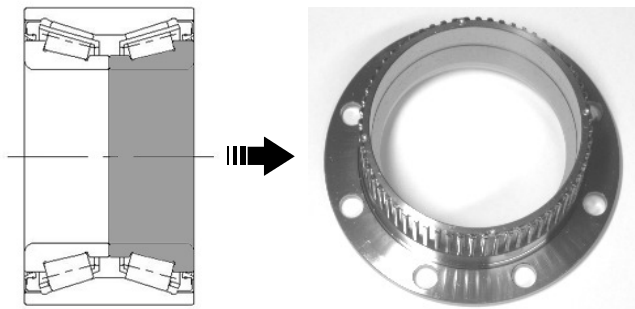
현재 베어링을 생산하는 업체들은 기계화와 자동화를 통하여 생산성 향상, 원가 절감을 지향하고 있고, 또한 이익의 극대화, 제품의 균일화를 위하여 다양한 가공 및 검사 방법을 고안하고 있다.

그러나 베어링의 기계가공 후 품질검사 부분에서는 아직도 많은 업체들이 작업자의 눈을 통한 육안검사나 다이얼게이지와 버니어캘리퍼스 등을 이용한 접촉식 검사를 수행하고 있어 보다 정밀한 제품으로 개선하는데 많은 어려움을 겪고 있다.

이러한 접촉식 수작업 검사는 작업자의 숙련도에 따른 주관적인 검사가 이루어져 제품의 질적 신뢰도가 떨어지고, 상당히 많은 검사 시간과 인력을 필요로 하기 때문에 이를 개선할 방법이 요구되고 있다.

여러 종류의 베어링 중에서 Fig. 1과 같은 플랜지복열테이퍼롤러베어링(FDTRB ; Flange Double Tapered Roller Bearing)은 기차, 자동차 등과 같은 엔진 구동축에서 엔진 고출력을 전달하기 위한 고부하용 베어링으로 사용되고 있다.

따라서, 본 연구는 Fig. 1(a)에서 보이는 음영부분에 해당하는 FDTRB부분(Fig. 1(b))을 검사 대상으로 하여 기계가공 후 베어링의 치형 부분을 머신비전을 이용한 비접촉식 방법으로 검사하고자 한다.



(a) Drawing of FDTRB (b) Actual photo of FDTRB

Fig. 1 Image of Flange Double Tapered Roller Bearing

현재 FDTRB는 SUJ2(베어링강)을 가공하여 생산하는데 열처리 전의 SUJ2는 강도가 낮은 상태이다. 이 상태에서 외부 충격이 가해지거나 가공시 미가공이 이루어지면 베어링의 기어 형상 부분의 불량률이 많이 발생하게 된다. 따라서, 검사항목으로 (a) 충격에 의한 형상손실, (b) 치형 미가공, (c) 4홀 위치오류 등 3종류를 중점적으로 검사하기 위해 IEEE-1394 디지털 CCD 카메라와 적색 돔 LED조명을 사용하고, 프로그램은 LabVIEW S/W로

구성하여 비접촉식으로 품질검사를 수행함으로써 검사시간의 단축과 결과의 신뢰도를 향상시키는 방법을 추구하였다.

## 2. 영상처리 알고리즘

카메라에서 획득한 원영상은 검사에 필요하지 않은 잡음들을 포함되고 있다. 따라서 검사에 알맞은 영상을 얻기 위하여 잡음들을 제거하는 영상의 전처리 과정을 거친 후, 검사 알고리즘을 적용하여 요구하는 항목의 검사를 진행한다.

영상 잡음을 제거하기 위하여 모폴로지(morphology) 기법을 사용하였으며, 이 기법의 기본 개념은 미리 기하학적 형태를 알고 있는 대상 물체의 정보를 반영하여 영상 내에서 원하는 부분만을 추출하는 것이다. 모폴로지 기법의 기본적인 연산인 식(1)의 침식(erosion) 연산과 식(2)의 팽창(dilation) 연산을 순서대로 처리하는 영상에 대한 열림(opening) 연산을 하였다.

모폴로지 기법에서는 마스크 역할을 수행하는 구조요소(structuring element)를 사용하였으며, 구조요소의 형태를 미리 알고 있는 기하학적 형태로 구성하여 영상을 처리하였다.

$$A \ominus B = \{c | c = a - b \text{ for every } b \in B\} \quad (1)$$

$$A \oplus B = \{c | c = a + b \text{ for some } a \in A \text{ and } b \in B\} \quad (2)$$

여기서, A는 원본 영상, B는 구조요소(mask)이며, 각각의 집합은  $a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 이다. 그리고 연산기호  $\oplus \ominus$ 는 Minkowski 덧셈, 뺄셈이다.

모폴로지 기법을 통해 잡음이 제거된 영상은 검사를 위한 기준 좌표가 필요하다. 베어링에 존재하는 4개의 원형 홈을 기준으로 하여 베어링의 중심을 찾아 기준 좌표로 설정하였다.

원형 홈을 찾기 위하여 템플레이트 정합법(template matching)을 사용하였으며, 여기서 템플레이트 정합법은 검사할 영상에서 미리 정해진 템플레이트 영상을 비교하여 검사할 영상 내부에 유사한 영상의 패턴을 찾아내는 방법이다.

템플레이트 정합 알고리즘은 유클리디안 거리(Euclidean distance)에 기초한 기하학을 이용하여 정의할 수 있고, 템플레이트 정합에 사용되는 cross-correlation 함수는 식(3)과 같다

$$R(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} g(x, y) t(x-i, y-j) \quad (3)$$

템플레이트가 원영상에 유사한 영상이 존재한다면 cross correlation의 변화로 유사정도를 알 수 있다. 식 (3)을 영상의 잡음, 밝기의 변화에 대한 영향을 줄이기 위하여 각 영상에 대한 밝기 평균을 빼주어 농담 정규화를 시켜주고, normalized cross correlation 이 0~1사이의 범위의 값을 갖도록 식을 재 정의하면 다음 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$N(i, j) = \frac{\sum \{ [g(x, y) - \bar{g}(i, j)] [t(x-i, y-j) - \bar{t}] \}}{\sqrt{\sum (g(x, y) - \bar{g}(i, j))^2} \sqrt{\sum (t(x-i, y-j) - \bar{t})^2}} \quad (4)$$

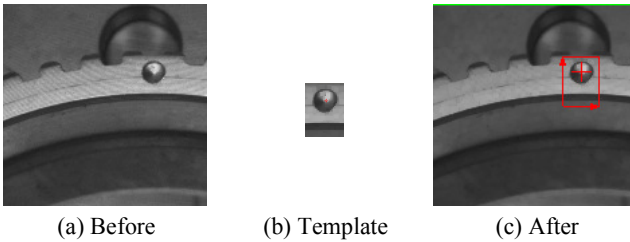


Fig. 2 Morphology method & template matching of image

모폴로지 기법으로 잡음이 제거된 영상에서 템플레이트 정합법을 이용하여 원형 홀을 찾은 영상은 Fig. 2와 같다.

이후 영상 내의 치형 부분에서 edge를 검출하여 품질을 검사하게 된다. edge 검출은 영상내의 명암 값이 급격히 변하는 부분을 찾아내는 것으로서 이진화영상의 경우 0에서 1로 변하는 위치를 찾아내는 것이다.

### 3. 검사시스템 구성과 실험 결과

비전을 이용한 베어링의 검사는 원형의 베어링 표면을 검사하는 것으로 표면에 고르게 확산되는 조명이 검사 결과의 중요한 요인으로 작용한다.

베어링 표면의 어느 곳에서도 동일한 빛의 조건을 주기 위한 문제는 고주파의 적색 돔 LED조명을 사용하여 해결하였다. 실험을 위한 전체 시스템의 사양은 Table. 1과 같다.

Table. 1 Specification of inspection system

System	Specification
Camera	- Scout Series scA1000-30fm of Balsler Co. - Resolution: 1024×768 (0.8 Mega pixel) - Speed : 30frame/sec - Interface: IEEE-1394 (type B) Digital CCD
Lens	- Focal length : 8mm
Light	- Model: KDDD-K150R of Kyoto Denkiki - Type: LED Dome light (150mm, Red)
Software	- LabVIEW 8.2 of National Instrument(NI) Co. - NI-Vision development module 8.2 - NI- IMAQ IEEE-1394

검사의 첫 단계는 베어링 영상에서 기준좌표를 설정할 수 있는 4개의 원형 홀을 템플레이트 정합법을 적용하여 홀의 가공 여부를 검사하였다. 4개의 홀 중 어느 하나라도 문제가 있다면 영상의 기준좌표를 설정할 수 없어 다음 단계의 검사를 수행할 수 없으므로 Fig. 3과 같이 불량으로 판별하도록 하였다.

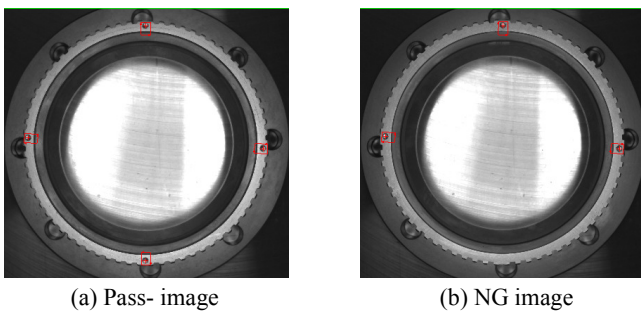


Fig. 3 Inspection image of Hole

위와 같이 4개의 홀을 검사하여 획득한 좌표들의 중심을 베어링의 중심 좌표로 설정하고, 그 중심에서 관심영역(ROI)를 설정

하여 총 70개의 기어 형상을 검사할 수 있도록 하였다.

Fig. 4와 같이 설정된 관심영역 내에서 edge 검출을 통해 각각 기어 형상의 좌표를 얻어내고, 베어링의 중심에서 각 기어 형상까지의 거리를 계산함으로써 베어링 가공 여부를 판단하여 베어링의 품질을 결정하게 된다.

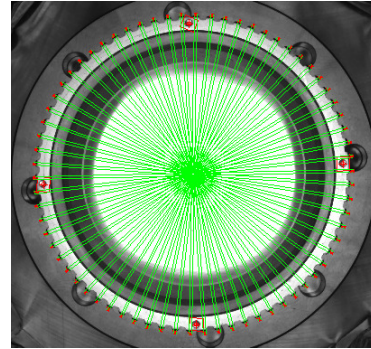


Fig. 4 Image of result

### 4. 결 론

플랜지복열테이퍼 롤러베어링은 기계 가공이나 운반과정에서 외부 충격에 인한 찍힘으로 형상손실과 치형 미가공 등으로 인한 불량 발생하고 있다. 그러나 현재 중소기업체 생산현장에서의 베어링 검사는 숙련자의 손과 눈에 의존하여 수작업으로 이루어지고 있어 많은 검사시간을 요구하고 있으며, 검사 결과의 신뢰성이 떨어져 품질 향상에 어려움이 많다.

따라서, 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 머신 비전을 이용하여 비접촉식 자동검사로 해결하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다. 영상처리 알고리즘을 적용하여 실험한 결과, 보다 신속하고, 정확하며 객관적인 결과를 얻을 수 있었다. 즉

- 1) 기존의 수동검사보다 검사 정확성이 크게 향상되었으며
- 2) 객관적인 방법으로 측정결과와 신뢰성이 높고
- 3) 비접촉 자동화로 검사시간을 단축할 수 있었다.

또한 컴퓨터기반의 검사이기 때문에 검사결과와 DataBase를 통한 생산관리도 가능하게 되었다.

### 참고문헌

1. Ju-Young Yoon, Young-Choon Lee, Du-Yeol Pang, and Seong-Cheol Lee, "Surface Inspection System of Bearing Inner/Outer Race using Machine Vision," Proceeding of KSPE 2006 Spring Conference, pp.297~298, June, 2006.
2. Young-Choon Lee and Seong-Cheol Lee, "Automatic Punching System for FPC using Machine Vision," J. of the KSPE, Vol.22, No.12, pp.77~86, Dec. 2005.
3. Seong-Min Kim, Young-Choon Lee, and Seong-Cheol Lee, "Inspection System of Omission and Eccentricity of Welded Nuts using Machine Vision," Proceeding of CASS 2006, ICASE, pp. 2340-2434, 2006.
4. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd/E," Prentice Hall, 2003.
5. Forsyth and Ponce, "Computer Vision, A modern approach," Prentice Hall, 2003.
6. 강동중, 하중은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리," 사이텍미디어, 2003.