

# 비전 시스템을 이용한 샤프트 웜 외관검사기 개발

## A Vision System for the Inspection of Shaft Worm

박준성, 김태근, 김한수, 양우석

Bark Jun Sung, Kim Tae Ken, Kim Han Su, Yang Woo Suck

**Abstract** - This paper is about vision system that exhibits automatic examination of the conditions of shaft's worm. The system is composed of three part : image acquisition, vision algorithm, and user interface. The image acquisition part is composed of motor control, illumination and optics. The vision algorithm examines the parts by labeling algorithm using shaft image. User interface is divided into two parts, user interface for feature registering with control value settings and user interface for examination operation. The automatic inspection system of this research is a tool for final examination of shaft worm. This tool can be practically used in production lines with simple adjustments.

**Key Words** : machine vision, shaft worm, labeling, image processing

### 1. 장 소 개

내수용 샤프트는 일반적으로 진직도 검사만 이루어지고 있으나, 수출용 샤프트는 엄격한 품질관리가 요구되어 꺾힘과 패임, 그리고 굽힘 등 여러 가지 외관 불량에 대한 전수검사를 한다. 그림 1은 일반적인 샤프트의 외관을 보여준다. Fig. 2는 Fig. 1의 모터 샤프트를 회전시키면서 line scan 카메라를 이용하여 1900개의 line 영상을 취득, 2048×1900의 해상도의 2D 영상으로 재구성한 것이다.

Fig 2에서 보는 바와 같이 샤프트 불량에 대한 외관 검사는 베어링부 외관 검사와 웜부분 외관검사로 나뉘어진다. 베어링부 외관검사는 일반적으로 목측 검사에 의해 이루어지며, 목측이 어려운 웜 부분 외관검사는 주로 측각을 이용한 검사가 수행된다. 그러나 목측과 측각에 의한 수작업 검사는 숙련된 작업을 필요로 하며, 불량에 대한 정확하고 정량적인 측정이 불가능하여 검사 결과에 대한 100% 확신이 어렵다. 또한 단순한 수작업에 의해 검사가 이루어지므로 불량에 대한 데이터 관리에 의한 불량 원인 규명이 어려우며, 이는 품질 향상에 있어 중요한 장애 요인으로 작용한다.



Fig 1. 샤프트 외관

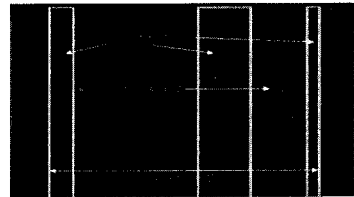


Fig 2. 샤프트 외관에 대한 펠친 영상

샤프트는 모터 종류에 따라 다양한 모양과 크기를 갖고 있어 수 10 가지에 달하는 제품에 대한 품질을 관리해야 한다. 더욱이 이들 품질은 생산 품목이 바뀔 때마다 함께 바뀌어져 수작업에 의한 완벽한 불량 검사는 거의 불가능하다고 할 수 있다. 그러나 샤프트 웜 외관검사 자동화는 쉬운 일이 아니며 웜 부분에 나타나는 결함에 의한 여러 가지 노이즈는 외관 불량 자동 검사를 매우 어렵게 한다.

모터 샤프트는 품목이 다양하다는 특성을 갖고 있어 모델에 따라 검사 내용과 부위도 다양하다. 특히 품질 경쟁이 심화됨에 따라 내수용 샤프트도 점차 외관 검사를 요구하고 있다. 본 과제는 영상을 샤프트 웜 부분 외관을 자동 검사할 수 있는 vision system을 개발하고자 하는 것이다. 입력된 모델에 대한 검사를 자동화하고 그 결과를 관리한다[1,2,3]. 특히 다품목 생산에 이용된다는 점을 고려하여 사용자에 편리한 user interface를 개발한다.

## 2. 장 시스템 구성

본 시스템의 전체적인 구성은 Fig.3과 같다.

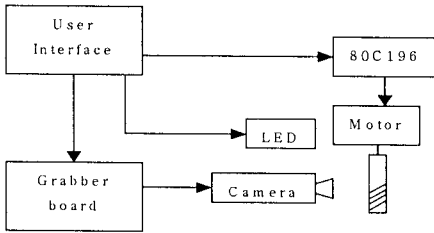


Fig. 3. System configuration

본 시스템은 샤프트를 회전시키며 에어리커메라를 이용하여 영상을 획득한 후 영상처리를 통해 불량 여부를 검사한다. 시스템은 크게 기구부, 영상처리부와 사용자 인터페이스로 나뉘며 기구부는 다시 제어부와 영상획득부로 나뉜다. 회전운동을 하는 샤프트 웹부의 표면 영상 데이터를 얻기 위해선 모터 회전 각속도와 카메라의 shutter speed를 고려하여 제어부를 구현하였으며 얻어진 데이터를 이용하여 불량여부를 검사하기 위한 vision algorithm을 개발하였다.

Fig.4는 시스템을 정면에서 촬영한 사진이다.

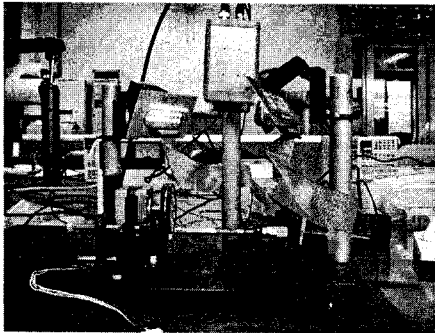


Fig. 4. 시스템 프로토타입

### 2.1 절 기구부

#### 2.1.1 절 제어부

샤프트가 회전하는 동안 영상을 획득하기 때문에 샤프트 표면을 빠짐없이 검사하려면 모터와 카메라의 동기를 맞추어야 한다. 모터에 의한 샤프트의 회전과 카메라를 모델링 하여 이를 구현하였으며 80C196 processor를 이용하여 PWM방식으로 step angle/step이 1.8도인 H546 Stepping motor를 제어하였다. 또한 사용자 인터페이스에서 모터 제어를 위한 변수와 카메라의 shutter speed를 조절함으로써 모터와 카메라를 제어할 수 있도록 시스템을 설계, 제작하였다. 또한 시스템 제어를 위한 변수들을 사용자인터페이스 상에서 쉽게 조절

할 수 있도록 하여 다양한 환경에 적용될 수 있는 제어 시스템을 구축 하였다.

### 2.1.2 절 영상 획득부

영상 획득부는 샤프트의 영상을 grabbing하는 부분으로 조명부와 광학부로 구성된다. 영상처리에 있어서 조명은 가장 중요한 요소중의 하나이다. 좋은 영상을 얻기 위해서는 빛의 반사율, 반사각, 조도 등을 고려한 설계가 필요하다. 급속재질인 샤프트 표면의 빛 반사율을 최소화 하기 위하여 적색엘이디를 사용하여 조명부를 제작하였다. 일반적으로 여러개의 다이오드를 사용하는 것은 많은 전류를 필요로 하기 때문에 Darlington 방식을 사용하여 전류를 증폭시켜 사용함으로써 영상 촬영시 필요한 조도를 확보 할 수 있도록 하였다.

Camera는 정밀한 resolution을 위해 mega pixel의 해상도를 갖으며 움직이는 물체의 영상을 획득해야 하기 때문에 prograssive scan방식을 지원하는 CV-A1 모델을 사용하였으며, Lens는 FOV(field of view)와 WD(working distance)를 고려하여 ML-1614를 사용하였다. 또한 grabber board는 analog방식의 카메라를 지원하는 NI1409를 사용하였다.

### 2.2 절 영상처리

본 시스템의 영상은 물체를 직접 촬영하여 얻은 영상과는 달리 조명 빛의 반사 각도를 이용한 영상이므로 조명부의 설계에 따라 노이즈의 영향을 덜 받을 수 있다는 장점이 있다. 즉, 샤프트 웹부 표면의 흠집 부분에선 조명에 의한 빛의 반사각이 다르다는 원리를 이용하여 불량 검출이 용이한 영상을 획득하였다. 따라서 이미지 개선을 위한 전처리 과정을 생략할 수 있으므로 영상처리 시간을 단축할 수 있다.

샤프트의 웹부 중 실제 불량검사가 이루어지는 부분은 제한적이다. 따라서 얻어진 영상 중 원하는 영역만을 검사하기 위한 전처리가 필요하다. 우리는 이러한 영역을 FOI(Field of Interest)로 지정하여 FOI영역 내에서만 영상처리가 이루어 지도록 하였다. Fig. 6과 7은 작업영역을 추출한 부분영상을 보여준다. 그 후 FOI내의 영상에 대하여 Labeling을 하여 개체의 수(label의 수)를 카운트 하였다. 이때, Labeling에 사용되는 threshold값을 조절 할 수 있도록 하여 주변환경의 변화에 따라 상황에 맞는 값으로 변경할 수 있도록 하였다. 불량부분에 의해 빛 반사가 균일하지 않은 부분에선 카운트된 개체의 수가 3개 이상으로 나타나므로 이를 확인하여 불량여부를 확인할 수 있다. Fig. 8과 9는 영상처리를 이용한 샤프트 검사의 결과로 각각 불량이 있는 경우와 불량이 없는 경우에 대한 검사 결과이다.

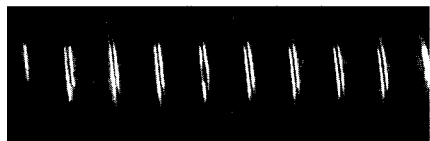


Fig. 6. 정지 샤프트 영상

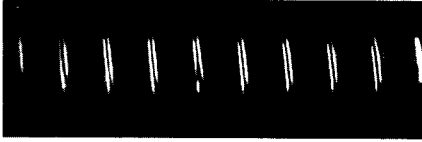


Fig. 7. 회전하는 샤프트 영상

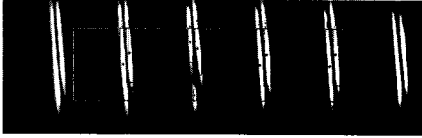


Fig. 8. 불량이가 있는 샤프트의 영상처리 결과

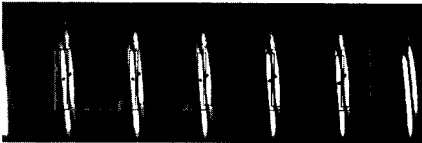


Fig. 9. 불량이가 없는 샤프트의 영상처리 결과

### 2.3 절 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 시스템 제어를 위한 변수를 입력하고 각종 정보를 알기 쉽게 나타내며 샤프트의 영상과 영상처리 결과, 불량유무 등을 나타낸다.

특히 영상처리를 위한 FOI나 샤프트당 얻어낸 영상 개수, Threshold 값, 불량이의 최소 크기 등을 변수로 두어 상황에 맞게 조절할 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

모델링을 통해 결정한 모터의 속도와 카메라의 shutter speed 또한 프로그램 상에서 쉽게 제어할 수 있다.

PC와 Serial 통신을 위한 변수들도 조절할 수 있도록 하였으며 사용자가 쉽게 불량 여부를 판별하고 불량 위치를 파악할 수 있도록 영상처리 결과를 그대로 사용자 인터페이스 상에 나타내고 있다.

Fig.10 은 사용자 인터페이스를 나타내는 그림이다.

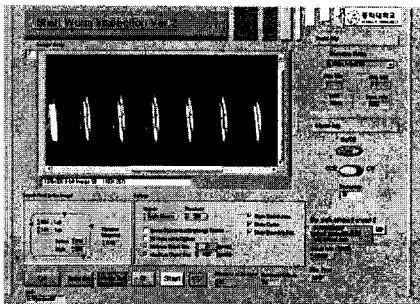


Fig. 10. 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스에서 시스템의 변수들을 조절할 수 있다

록 하여 유동적인 시스템 제어가 가능하도록 하였으며, 각종 상황을 설정하여 실험을 하기에 용이하도록 구성되어 있다.

### 3. 장 결론

샤프트는 크기와 종류가 수십 가지에 달하며 생산 모델의 변경이 하루에도 여러번씩 바뀌므로 작업자에 의한 목적/측각 검사로 불량률을 0으로 한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 더욱이 모델이 변경될 때마다 작업내용을 기록하여 생산되는 품질을 관리하는 것은 거의 불가능하다.

본 논문에서 개발한 검사 시스템은 샤프트 외관 검사 자동화 장비와 결합되어 computerized control이 가능케 한다. 개발 결과는 기구부 제작 후 실제 생산 라인에 설치하여 사용 후 수정·보완 작업을 거쳐 외주 제작하여 샤프트 생산 현장에 투입하여 사용할 예정이다. 본 과제 of 후속조치 부분으로 샤프트 자동이송 및 정렬 장치를 개발하고 샤프트 소팅 기술을 연관시키면 본 제품의 상품화도 가능할 것이다.

본 논문은 이러한 샤프트 검사 시스템의 속도를 높이고 불량 여부에 대한 검사결과의 신빙성을 높이는 데에 초점을 두고 진행되었다. 결과적으로 영상처리에 걸리는 시간을 단축하여 3초 이상 소요되었던 이전의 시스템에 비해 2초 미만으로 단축시킬 수 있었으며 샤프트의 운동과 카메라의 영상 획득 시간을 모델링함으로써 샤프트와 카메라의 동기문제를 해결하여 샤프트 불량 검사 결과의 신빙성을 높일 수 있었다. 또한, 비전 시스템에 관한 원천 기술도 확보 할 수 있었다.

컴퓨터 비전 기술은 경제적 파급효과가 매우 크다. 비전 시스템과 주변기기를 결합시켜 부가 가치를 높일 수 있는 장비는 무수히 많다. 제품의 성격에 따라 알고리즘과 사용자 인터페이스의 수정으로 하면 다양한 장비개발이 가능할 것이다.

본 논문은 산업자원부와 한국산업기술재단의 2004년도 지역 혁신 인력양성사업 지원(CN-27)에 의하여 연구되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] G. J. Awcock and R. Thomas, Applied image processing, New York, USA, Macmillan, 1995
- [2] Phillip A. Laplante, Software engineering for Image processing systems, Boca Raton, USA, 2004
- [3] Jun Sung Bark, Kyong Lok Yoon, Hyun Gil Choi, Woo Suk Yang, "A Vision System for the Inspection of Automobile Fuse Boxes", ICEIC, August, 2004
- [4] Leonid Yaroslavsky, Digital holography and digital image processing principles methods, algorithms, London, USA, Kluwer Academic, 2004