

## 컴퓨터용 Lead Screw의 자동검사 시스템 개발

배진호<sup>1</sup>, 나승우<sup>2</sup>, 유필상<sup>2</sup>, 김성관<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 기계공학과, <sup>2</sup>(주)서울금속

### Development of Automatic Inspection System for Lead Screw of Computer

Jin-Ho Bae<sup>1</sup>, Seung-Woo Ra<sup>2</sup>, Pill-Sang Yu<sup>2</sup> and Sung-Gaun Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>Seoul Metal Co.Ltd

**요 약** 컴퓨터용 Lead Screw는 검사방식이 수동검사로 이루어져 작업자의 주관적 판단으로 인한 미검출과 과검출이 발생하고, 생산성이 저하되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고자 Lead Screw 자동검사 시스템을 개발했다. 검사시스템은 Lead Screw 자동공급 및 이송을 위한 공급이송 장치와, 표면검사를 위한 360° 회전 장치, 치수검사를 위한 머신비전 부분으로 구성된다. Lead Screw 자동검사 시스템으로 표면과 치수 측정결과, 오검률 및 미검률이 수동검사 결과보다 우수함을 보였다.

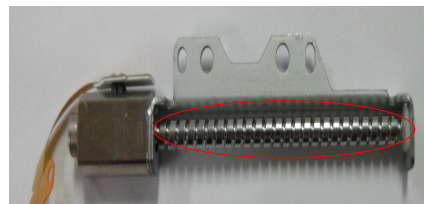
**Abstract** In manual inspection of Lead Screw of computers many workers are needed to inspect samples, and its main disadvantage is that such types of inspection system not only gives low production, but also gives low perfection. Besides, in manual inspection system, the inspection cost of samples is higher than that of the automatic inspection system. Therefore, in this study to compensate these shortcomings, an automatic inspection system is developed. For the inspection of the surfaces and different dimensional parameters of computer Lead screw, a 360° rotating machine vision system is developed. From the detailed analysis of the inspection results using the present developed inspection system, it is observed that the developed Lead Screw automatic inspection system is superior to those of manually inspection system.

**Key Words** : Lead Screw, Auto Inspection, Machine Vision

### 1. 서론

1990년부터 컴퓨터 주변기기인 음극선관단말기, 음극선관모니터(CRT), 하드디스크드라이브(HDD), 광디스크드라이브(ODD), 주기억장치 등이 국내 컴퓨터산업성장의 기반이 되어 발전되었다[1].

그림1은 컴퓨터에 사용되는 컴퓨터용 Lead Screw이다. 컴퓨터 내부 스텝핑(Stepping)모터에 고정되어 광디스크드라이브의 OPEN/CLOSE의 기능을 수행하며, 프린터와 소형 모바일 기기의 핵심 부품으로 광범위하게 사용된다.



[그림 1] 컴퓨터용 리드 스크류

컴퓨터용 Lead Screw는 주로 황동으로, 마이크로 단위의 초소형·초정밀의 냉간 단조/전조 성형기술이 적용된

본 논문은 중소기업청 “생산환경혁신기술개발사업(제2008-62호)”으로 지원받은 과제임.

\*교신저자 : 김성관(kimsg@kongju.ac.kr)

접수일 10년 04월 22일

수정일 (1차 10년 10월 15일, 2차 10년 11월 16일)

게재확정일 10년 11월 19일

핵심 요소부품이다.

스테핑모터 구동 시 흔들림이 발생, 소음 및 진동 발생, 미세정밀제어 오차발생, 정밀기기 수명의 단축과 품질저하 등이 Lead Screw 표면과 치수결합에서 비롯된다.

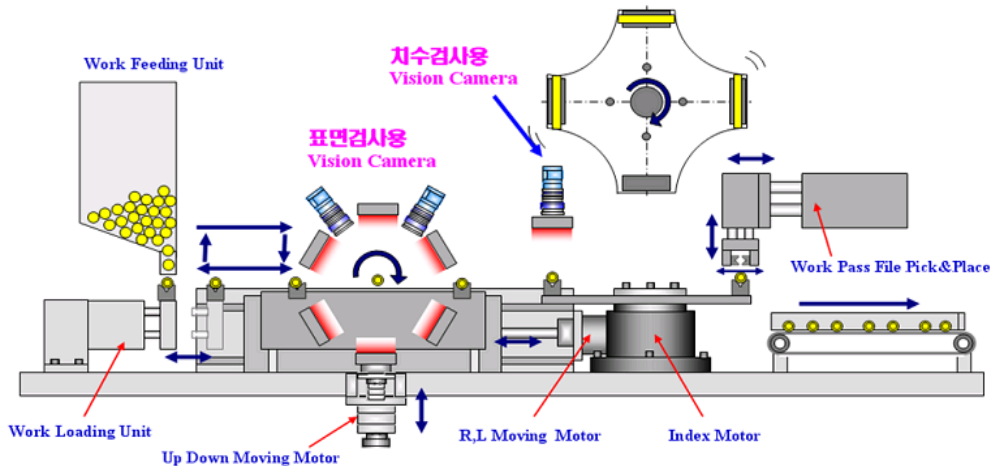
그러나 생산 과정에서 Lead Screw 형태의 표면과 치수 결합이 발생하고 있으며, 이는 제품의 신뢰도와 수익성에 영향을 주고 있다. 결합 발생 원인은 현재 Lead Screw 표면 검사에 30배율의 현미경에 의존하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 이는 작업자의 시력저하 요인이 되기도 하며, 눈의 피로, 어지러움 등을 느껴, 30분 이상의 표면검사 작업 시, 어려움을 겪고 있다. 또한, 작업자의 주관적 판단으로 인한 미검출, 과검출이 발생하고, 생산성 저하 및 작업자 기피공정이 이루어지는 문제점이 있다[2].

본 논문은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 Lead Screw의 자동검사를 위한 Lead Screw의 공급, 회전, 이송 장치개발을 하여 Lead Screw 공급의 자동화를 구현 하고, 머신비전으로 획득한 이미지를 프로그램을 통해 표면 검사와 치수검사의 자동화에 있다. 또한 Lead Screw의 자동검사를 이루어, 생산성 향상과 불량 판별력의 향상에 목적이 있으며, 이를 통해 자동검사 시스템 산업분야에서의 신뢰성 확보에 있다.

## 2. 시스템 구성

### 2.1 하드웨어

그림2는 Lead Screw의 자동검사를 위한 시스템 아키텍처 구현에 대한 전체 시스템의 구성도이다. 공급 장치

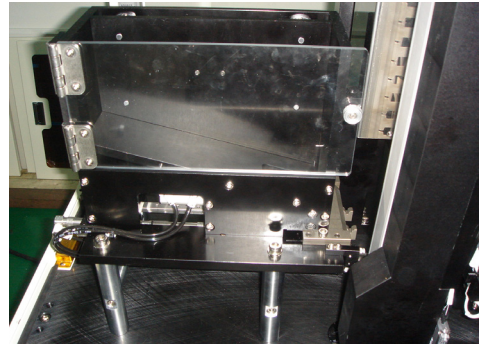


[그림 2] 전체 시스템 구성도

에서 Lead Screw를 1개씩 공급하면, 회전 장치에서 360° 회전시키게 된다. 이 때, 비전검사를 통해 표면검사와 치수검사를 하는 것이다.

검사가 완료된 제품은 분류기를 통해 양품과 불량품으로 나뉘며, 불량 품목은 표면불량과 Run-Out불량으로 나뉜다.

### 2.1.1 공급 장치



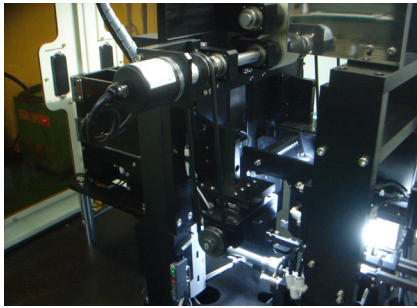
[그림 3] 공급 장치

그림3은 공급장치이며, 작업자가 수동으로 Lead Screw를 공급 상자에 넣으면 공급 상자 내에 설치되어 있는 Separator와 공급용 Cylinder에 의해서 Lead Screw가 1개씩 비전검사를 위한 360° 회전 장치(Rotating Unit) 위치까지 공급을 하는 장치이다.

### 2.1.2 360° 회전 장치

그림4는 회전장치를 나타내며, Lead Screw의 Run-Out

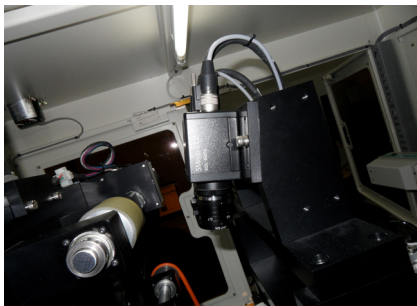
측정과 전체 표면검사를 하기위해 꼭 필요한 공정이다. 공급 장치 이송된 Lead Screw는 360° 회전 장치에 설치된 Spindle에 의해 Clamping 되어 Vision 검사영역까지 상승하게 되며, 상부에 설치된 모터와 연결이 되면서 검사 대상인 Lead Screw가 회전을 하게 된다. 이때 Bar형식의 조명을 사용하여 이미지를 획득한다.



[그림 4] 회전 장치

### 2.1.3 머신비전

그림5는 머신비전으로 이미지를 획득하는 과정을 나타낸다. 카메라는 CCD 디지털 카메라를 사용했으며, 이미지 크기는 2448 x 2050의 5,018,400 픽셀을 가진다. 조명은 Bar형식의 LED조명을 7개 사용했으며, 좌측과 우측에 각각 3개와 4개를 사용하여 Lead Screw에 띠를 형성하도록 비추었다.

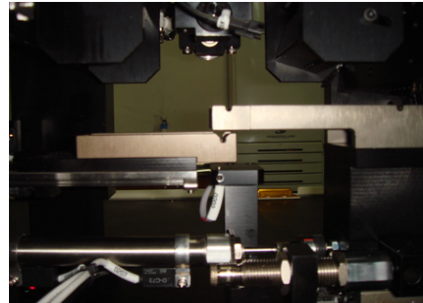


[그림 5] 머신비전

### 2.1.4 이송장치

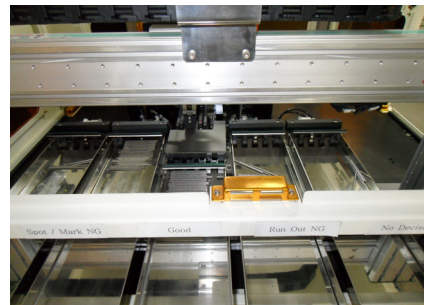
그림6 이송장치는 검사시스템의 자동화에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있다. 머신비전에서 검사가 완료된 제품은 Index Feeder에 의해 분류장치까지 이송이 된다. Index Feeder상에 제품이 놓이면 Index Feeder가 전진을 하며, Index Feeder가 전진을 완료하면 Lifter가 상승을 하여 제품을 들어 올린 후, Index Feeder가 다시 후진을 하고 상승 하였던 Lifter가 하강을 하여 Index Feeder상에

다시 제품을 올려 Index Feeder의 일정 피치만큼 피치 이동을 시켜주는 장치다.



[그림 6] 이송장치

### 2.1.5 분류장치



[그림 7] 분류장치

그림7은 분류장치이며, 비전검사가 완료된 Lead Screw를 제품 상태에 따라 양호와 불량으로 분류되는 과정을 나타낸다. 이렇게 분류되어진 Lead Screw는 Unloading에 놓여진 5개의 상자에 각각 양호와 불량 1,2,3,4로 나누어 담겨지는데 우선, 양호 자재용 상자는 Index Feeder의 이동선상에 있는 상자으로써 Index Feeder의 동작에 의해 이송되어진 Lead Screw는 Unloading Lifter에 의해 들어 올려 졌다가 Unloading Lifter가 하강하면서 양호 자재용 가이드 판을 타고 양호 자재용 상자에 담겨진다. 비전검사 시 불량으로 분류된 Lead Screw는 그 상태에 따라 모두 4가지로 분류된다. 불량1은 스크래치와 찍힘, 불량2는 선단부 Burr, 불량3은 나사부 외경과 나사부 기장, 불량4는 Run-Out으로 분류가 되며 이렇게 분류된 Lead Screw는 Unloading Lifter 영역에 도착하여 Lifter에 의해 들어 올려 지면 Unloading Picker가 Lead Screw를 들어 올려 각각의 불량상자로 이동하여 해당 불량상자로 분류된다.

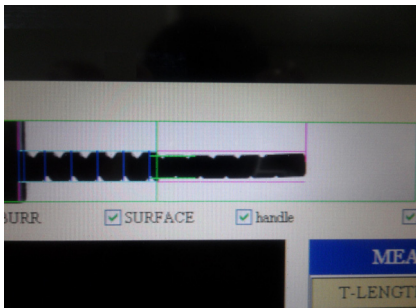
이렇게 각각의 상자에 담겨진 Lead Screw들은 각각의 박스에 설치된 Pusher들에 의해 점차 상자 바깥쪽으로

쌓이게 된다. 각각의 상자 바깥부에는 Lead Screw 감지용 센서(Sensor)가 설치되어 제품이 상자에 가득 찼을 경우, 모니터에 표시되어 작업자가 제품수거를 해야 할 시기를 알 수 있다[3].

## 2.2 소프트웨어

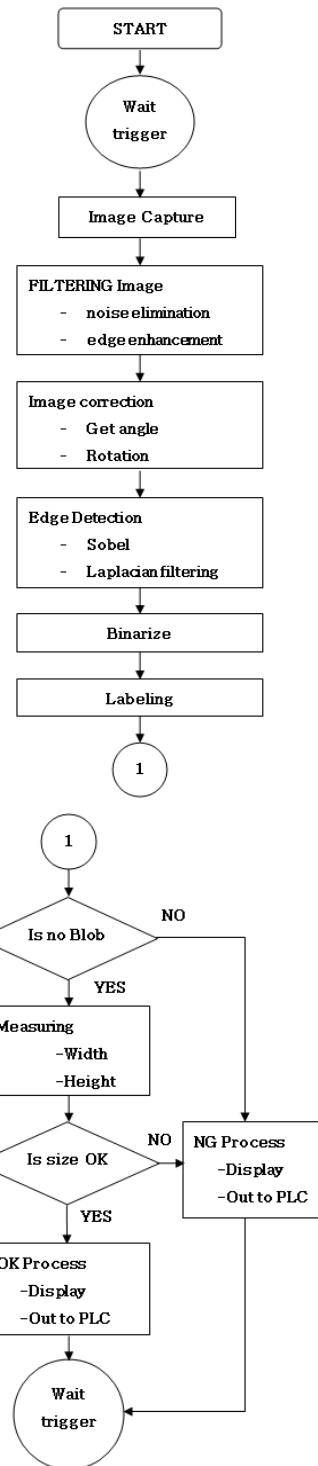


[그림 8] 표면검사 화면



[그림 9] Run-Out 불량 화면

그림9는 Lead Screw의 Run-Out 불량 화면이며, 그림8은 프로그램을 사용하여 Lead Screw의 표면검사를 하고 있는 그림이다. 총 7개의 Bar형식의 조명을 사용하여 Lead Screw에 수평이 되도록 조명을 비추어 띠를 형성하는데, 조명이 비추어진 곳은 밝은 색으로 나타난다. 검출 방법은 하얗게 빛을 반사하는 곳에는 검은색의 스크래치(불량) 부분을 찾아내며, 조명이 비추어지지 않는 어두운 곳은 빛을 반사하는 부분(불량)을 찾아 표면의 스크래치, 찍힘 등을 검출하는 과정이 수행된다. 그림10은 양불량을 판단하는 프로그램 구성도이며, 사용된 프로그램은 C언어로 실제 프로그램에서 가장 많이 사용된 함수는 이치화 함수이다. 이치화 함수는 이미지를 이치화하여 제품과 배경을 구분하고, 제품 내에서의 영역을 지정한 후 제품 내에서의 불량을 구분한다. 여기서 이치화란 영상의 밝기 분포를 특정한 기준에 의거하여 0과 1로 변환하는 것을 의미한다[4,5,6,7].



[그림 10] 양불량 판단 Program flow chart

### 3. 실험방법 및 실험결과분석

기준이 요구되었다.

#### 3.1 실험방법

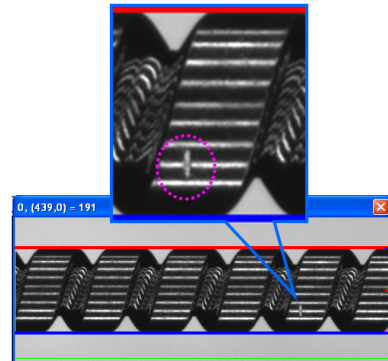
실험에 사용된 Sample은 양품과 불량품 각각 10개씩 총 10번의 실험을 했다. 1회부터 5회까지는 불량품만 투입하여 검사하였고, 6회부터 10회까지는 양품과 불량품을 투입하여 자동검사를 실시하였다. 양품과 불량품의 구별은 60 $\mu$ m의 측정 조건을 주어 찍힘의 크기가 60 $\mu$ m 이상 99 $\mu$ m이하 일 경우에 찍힘으로 인식하여 불량으로 판별하며, 찍힘의 측정 조건이 60 $\mu$ m이기 때문에 40 $\mu$ m~60 $\mu$ m 사이 값으로 스크래치를 인식한다. 선단부 Burr의 경우 측정조건은 100 $\mu$ m이며, 100 $\mu$ m보다 크기가 큰 경우 불량으로 인식하게된다. 나사부 외경의 측정조건은  $\Phi 3.5 \pm 20\mu$ m, 나사부 기장은 46.45mm  $\pm 20\mu$ m의 공차를 갖는다. Runout의 판별법은 가공부  $\pm 20\mu$ m, 나사부  $\pm 30\mu$ m의 조건을 가지며, 오검률 및 미검률을 확인하였다. 다음 표1은 자동검사를 실시한 결과를 나타낸 표이다.

[표 1] 양품 검사

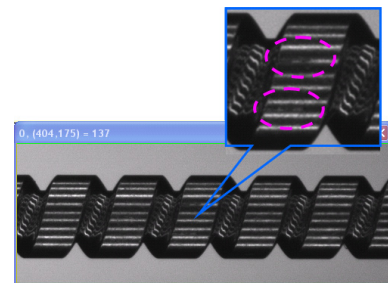
NO	투입양(EA)		검출량(EA)		불량 검출률 (%)
	OK	NG	OK	NG	
1		10		10	100
2		10		10	100
3		10		10	100
4		10		10	100
5		10		10	100
6	10	10	10	10	100
7	10	10	10	10	100
8	10	10	10	10	100
9	10	10	10	10	100
10	10	10	10	10	100

#### 3.2 실험결과분석

표1의 결과표는 스크래치, 찍힘, 선단부 Burr, 나사부 외경, 나사부 기장, Run-Out 부분을 양품과 불량품의 sample을 투입하여 결과를 얻은 것이다. 각각의 결과에 대한 분석은 스크래치 부분에서 깊이가 작은 제품검사가 불가능한 문제점이 발견되어 초기 불량품을 양품으로 인식하는 오류가 발생하게 되었다. 불량 한도의 정밀도를 소프트웨어의 임계 파라미터 조절과 조명 환경의 변화로 인한 조도의 변화를 통해 오류를 해결할 수 있었다. 모든 문제점은 불량한도의 오류에서 나타난 것으로 그림11과 12에서 나타낸 찍힘과 스크래치 부분에서 더욱더 정밀한



[그림 11] 찍힘 검출 화면



[그림 12] 스크래치 검출 화면

### 4. 결론

본 연구는 컴퓨터용 Lead Screw의 자동검사를 위해 공급 장치, 회전 장치, 머신비전, 이송장치, 분류장치를 만들어 전체적인 시스템 아키텍처를 구현 했고, 실험결과에서 볼 수 있듯이 100% 검출율을 보이고 있으며, 미검률은 0%로 나타났다.

수동으로 검사하는 시간은 현미경으로 표면을 측정하는 시간과 나사부 외경, 나사부 기장, Run-Out을 각각의 장비에 의해 측정하는 시간의 합이다. 1년 이상 된 숙련자의 경우 제품을 검사하는 시간은 약 6초가 소요된다. 반면 자동검사를 통해 Lead Screw의 스크래치, 찍힘, 선단부 Burr, 나사부 외경, 나사부 기장, Run-Out을 동시에 검사하여도 2.4초마다 1개의 제품을 판별 하는 성과를 거두었다.

### 참고문헌

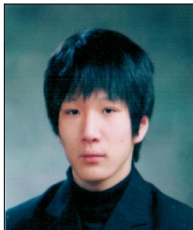
- [1] 정보통신산업진흥원, “21세기 한국 컴퓨터산업의 현황

과 국제경쟁력 분석”, pp. 65-90, 11월, 1999.

- [2] Information Processing Society, SangHak Lee, MyongHo Seo, TaeChoong Chung, "Development of Automatic Nut Inspection System using Image Processing", Vol. 11, No. 4, pp. 235~236, 2004.
- [3] 서울금속, "Automatic Inspection System Manual", pp. 11-14, 12월, 2008.
- [4] Basart. J. P., and Gonzalez, R. C., "Binary Morphology", Bellingham, Wash, pp. 227-305, 1992.
- [5] Kyuwon Jeong, Jongsung Park, Changu Gang., "A study on the defect inspection of the LCD polarizer film using the vision system", Journal of Industrial Science and Technology Institute, Vol. 17, No. 1, pp. 47-53, 2003.
- [6] Jones, R., and Svalbe, I., "Algorithms for the Decomposition of GrayScale Morphological Operations", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, Vol. 16, No. 6, pp. 581-588, 1994.
- [7] 조명전기설비학회논문지, "독립형 비전을 이용한 자동 차용 Valve-Seal의 자동 검사시스템 개발", vol.21, no.8, pp.71-80, 2007.

**배 진 호(Jin-Ho Bae)**

[준회원]



- 2009년 2월 : 공주대학교 천안공과대학 기계공학 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 공주대 대학원 기계공학 (석사 재학 중)

<관심분야>

지능형제어시스템, 머신비전, 메카트로닉스

**나 승 우(Seung-woo Ra)**

[정회원]



- 1992년 2월 : 조선대학교 대학원 산업기계공학 (공학석사)
- 2002년 8월 : 조선대학교 대학원 기계설계공과 (공학박사)
- 2006년 7월 ~ 현재 : 주)서울금속 기술연구소 연구소장
- 2008년 3월 ~ 현재 : 서울산업대학교 자동차공학과 겸임교수

<관심분야>

머신비전, 영상신호처리

**유 필 상(Pill-sang Yu)**

[정회원]



- 2004년 2월 : 전북대학교 정밀기계공학 (공학사)
- 2010년 2월 : 인천대학교 교육대학원 기계교육 (교육학석사)
- 2007년 10월 ~ 현재 : 주)서울금속 기술연구소 책임연구원

<관심분야>

로봇비전, 지능형제어시스템, 메카트로닉스

**김 성 관(Sung-Gaun Kim)**

[정회원]



- 1992년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학사)
- 1995년 8월 : KAIST 자동차 및 설계공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : GIST 기전공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 부교수

<관심분야>

지능형제어시스템, 메카트로닉스, 로보틱스