

공구파손감지용 비전시스템의 NC실장에 관한 연구

이돈진*(부산대 지능기계공학과), 김선호(한국기계연구원), 안중환(부산대 기계공학부)

A Study on the NC Embedding of Vision System for Tool Breakage Detection

D.J. Lee(Dept. Mech. & Inte. Sys. Eng., PNU), S.H. Kim(KIMM), J.H. Ahn(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

In this research, a vision system for detecting tool breakage which is hardly detected by such indirect in-process measurement method as acoustic emission, cutting torque and motor current was developed and embedded into a PC-NC system.

The vision system consists of CMOS image sensors, a slit beam laser generator and an image grabber board. Slit beam laser was emitted on the tool surface to separate the tool geometry well from the various obstacles surrounding the tool. An image of tool is captured through two steps of signal processing, that is, median filtering and thresholding and then the tool is estimated normal or broken by use of change of the centroid of the captured image. An air curtain made by the jetting high-pressure air in front of the lens was devised to prevent the vision system from being contaminated by scattered coolant, cutting chips in cutting process.

To embed the vision system to a Siemens PC-NC controller 840D NC, an HMI(Human Machine Interface) program was developed under the Windows 95 operating system of MMC103. The developed HMI is placed in a sub window of the main window of 840D and this program can be activated or deactivated either by a soft key on the operating panel or M codes in the NC part program. As the tool breakage is detected, the HMI program emit a command for automatic tool change or send alarm to the NC kernel.

Evaluation test in a high speed tapping center showed the developed system was successful in detection of the small-radius tool breakage.

Key Words : Tool Breakage(공구파손), Vision System(비전시스템), Slit Beam Laser(슬릿빔 레이저), High Speed Tapping Center(고속탭핑센터),

1. 서론

최근 기계가공의 분야에서 제품의 정밀도와 생산성을 향상시키기 위한 자동화기술이 급격하게 발전하고 있다. 또한 대량생산에서 다품종 소량 생산체제로 전환되면서 보다 유연한 생산시스템을 필요로 하게 되었다. 이런 요구를 만족시키기 위한 공장 자동화 및 무인화 공장을 실현하기 위해 가장 기본적인 중요한 것은 시스템의 감시기술이며, 그 요소 기술 중의 하나로 기계가공 중에 발생하는 공구마멸 및 파손의 실시간 검출기술의 필요성이 크게 부각되어 가고 있다. 그 중에서도 파손된 공구를 사용한 가공은 시간적, 물질적으로 많은 피해를 주기 때문에

반드시 해결되어야 할 선결과제이다. 이 문제를 해결하기 위한 여러 가지 공구파손 검출법이 연구되고 있다. 대표적인 방법으로는 절삭 시에 발생하는 AE나 Z축 또는 스피들 모터의 전류를 검출하는 홀 센서, 그리고 동력계와 같은 여러 가지 센서에서의 파손을 전후한 급격한 신호 레벨의 변화를 이용하여 공구의 파손시점을 찾아내는 방법들이다. 그러나, 이러한 노력들은 거의 실험실 수준에서 적용되고 평가되는 것이 일반적이다. 그 이유로서, 이러한 방법들은 공작기계의 설치, 사용환경, 기계의 노후화 등 여러 가지 요인에 의한 신호의 반복성을 보장받을 수 없고, 또, 마멸이나 파손시점을 검출하기 위해서는 실시간으로 데이터의 수집과 처리를 해야 하기 때문

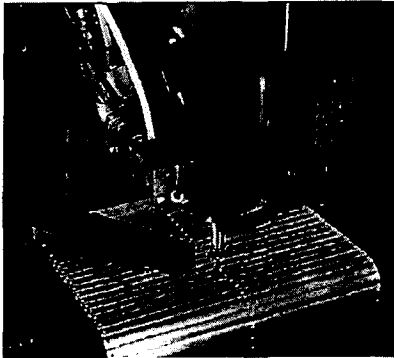


Fig 1. Tool Breakage Detector by Brother

에 일반적인 공작기계의 제어구조 아래에서는 적용이 어려운 실정이기 때문이다. 따라서, 대부분의 공작기계들은 공구의 이력관리를 통해 적절한 시점에 공구를 미리 교체함으로써 파손의 문제를 예방하거나, 그림 1과 같은 프루브로 공구를 접촉시켜 파손 여부를 직접 확인해 보는 방법을 사용하고 있으나 공구의 파손여부의 확인을 위해 일시적으로 기계의 가동을 멈추어야 하기 때문에 비가공시간을 증가시키므로 바람직한 방법이 될 수는 없다. 그러므로 보다 실제적으로 공구파손을 정확하게 감지하면서 비가공시간을 증가시키지 않는 방법을 필요로 하게 되었다.

본 연구에서는 슬릿빔 레이저와 CMOS 이미지 센서를 이용하여 탭을 대상으로 공구의 파손 여부만을 Between Process로 검출할 수 있는 비전 시스템을 개발하였다. 또, 개발된 시스템은 가공라인에의 실제적인 적용시행을 위하여 개방형 구조를 채택하고 있는 Siemens사의 840D NC를 탑재한 고속 탭핑센터에 실장되어 평가되었다.

2. 비전시스템의 구조

그림 2는 개발된 비전 시스템의 구조를 나타낸다. 비전 시스템은 공구의 영상을 얻기 위해서 CMOS 이미지센서를 사용하였다. 표 1은 사용된 이미지 센서의 사양을 나타낸다.

개발된 비전시스템은 공구의 이미지를 얻기 위해 특정한 위치로 움직임으로써 생기는 비가공시간의 증가를 방지하기 위해 Z축상의 프레임에 부착되어 기계의 가동 여부와 관계없이 항상 공구를 모니터링 할 수 있게 하였다.

슬릿빔 레이저는 공작기계내부의 복잡한 여러 가지 배경들로부터 효과적으로 공구를 분리시키기 위하여 공구표면에 공구축과 평행하도록 비추도록 하였다.

Table 1. Specification of Image Sensor

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| Effective Pixel Array | 642× 482 |
| Sensitivity | 8,000mV/lux·sec |
| Format | VGA |
| Technology | 0.5 μ m 2metal CMOS |
| Maximum Clock | 15MHz |
| Communication Method | I ² C |

또, 가공중에 비산되는 절삭유, 절삭칩 등에 의해 비전시스템의 창이 오염으로 인해 얻어진 공구의 이미지가 변질되는 것을 방지하기 위하여 가공 중에는 창 전면에 배치된 에어커튼을 통해 고압의 공기를 방출하도록 하였다.

이미지 센서를 통해 얻어진 영상의 신호처리를 위해서 PC상으로 전송하기 위한 Grabber보드를 사용하였다. Grabber보드는 NC 파트 프로그램의 M 코드나 OP의 소프트키의 트리거 신호에 의해 PC상의 Video 메모리 영역으로 매핑된 메모리에 이미지 센서의 영상신호를 256레벨로 자동으로 저장하도록 하였다.

저장된 이미지는 약간의 노이즈를 제거하기 위해 Median Filter를 거친 후 공구와 내부 배경의 분리를 위해서 얻어진 영상신호 중 R성분에 대해서 Threshold Filter를 통과시켰다. 필터를 거친 이미지는 공구중심을 확인하기 위해 R성분에 대한 센트로이드를 계산하였다. 이 센트로이드의 이미지상의 좌표를 이용하여 공구의 파손여부를 판단할 수 있도록 하였다.

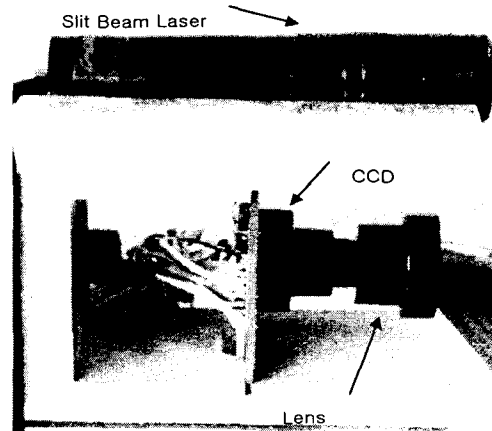


Fig 2. Structure of Developed Vision System

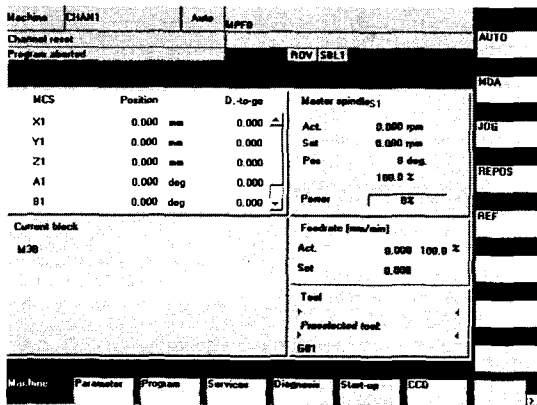


Fig 3. Standard User Interface of 840D

3. NC 실장

3.1 840D의 구조

서론에서 언급한 바와 같이 지금까지 개발된 공구파손을 검출하는 여러 가지 연구들은 주로 PC환경에서 테스트되었기 때문에 실제적인 공작기계의 작업환경으로의 이식은 어려웠다. 그래서, 본 연구에서는 NC에의 실장을 목표로 비전 시스템을 개발하고 NC의 커널과 직접 통신을 통하여 공구의 파손여부 및 공구와 관련한 각종의 데이터를 주고 받도록 하는 HMI 프로그램을 개발하였다. 실험에 사용된 고속 탭핑센터((주)코마텍)는 Siemens사의 개방형 제어기인 840D를 채용하고 있다.

840D는 I/O와 각종 제어부분을 다루는 STEP 7기반의 PLC, 각 모터축의 모션 및 보간제어를 담당하는 NCK 그리고 사용자 인터페이스와 관계있는 MMC의 3부분으로 이루어져 있다.

MMC는 MPI카드를 통해서 NCK 및 PLC와 시리얼로 링크되어 각종 데이터를 주고받을 수 있도록 되어있다. MMC는 버전별로 다양한 OS환경하에서 Siemens의 표준 사용자 인터페이스를 가지는 표준적인 PC로서 대용량의 HDD와 통신용 포트 및 PC용의 각종 인터페이스카드를 사용 가능하게 해주는 PCI/ISA 어댑터를 가지고 있다.

3.2 HMI 프로그램의 실장

OEM Package는 MMC103에서 개발되는 840D의 HMI 프로그램의 개발 환경으로 NCK와 PLC 및 모터 드라이브의 각종 데이터의 읽고/쓰기, MMC와 NCK간의 각종 파일의 전송과 NC 파트 프로그램의 시작과 정지를 가능하게 해주는 NCDDE 서버, NCK와 PLC 및 기타 장비에서 발생하는 각종 알람신호를 처리할 수 있도록 해주는 Alarm 서버, 기타 여러 가지 데이터의 전송을 가능하게 해주는 Data

Management 서버, 그리고 그림 3과 같은 Siemens의 표준 인터페이스 화면으로 사용자가 개발한 프로그램을 이식할 수 있도록 해주는 Sequence Control로 이루어져 있으며, 각 서버들은 DDE(Dynamic Data Exchange)를 통해서 동적으로 연결되어 MMC 프로그램과 NCK, PLC간의 각종 데이터를 전송한다.

본 연구에서는 공구파손을 검출하도록 하기 위해서 미리 공구관련 데이터를 입력할 수 있도록 해주는 공구 설정화면과 실제 작업 중 공구 상태의 모니터링과 알람의 전송, 공구교환의 지령 등을 하게 해주는 인터페이스 화면을 Sequence Control, NCDDE 서버, Alarm 서버를 사용하여 제작하였다. 각 화면은 OP상의 수직/수평 소프트웨어를 통해서 관련데이터의 설정과 명령을 수행하도록 프로그램 되었다. 개발된 프로그램은 REGIE 프로그램을 사용하여 그림 4와 같이 840D의 사용자 인터페이스에 추가되었다.

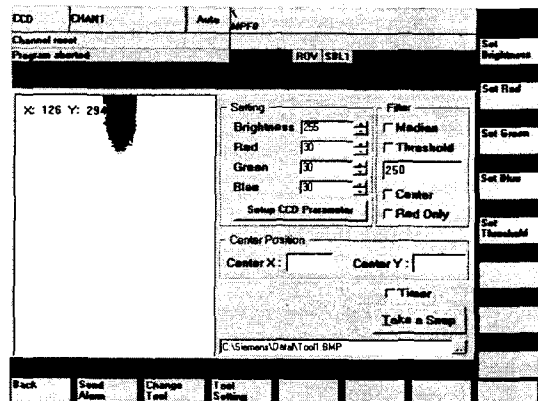
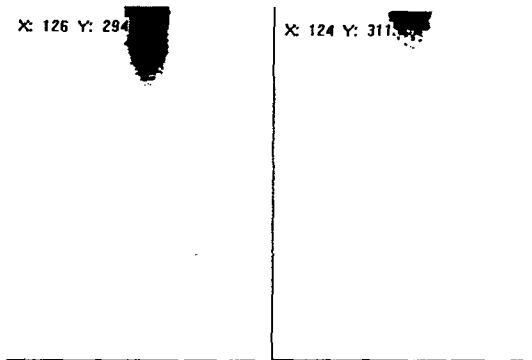


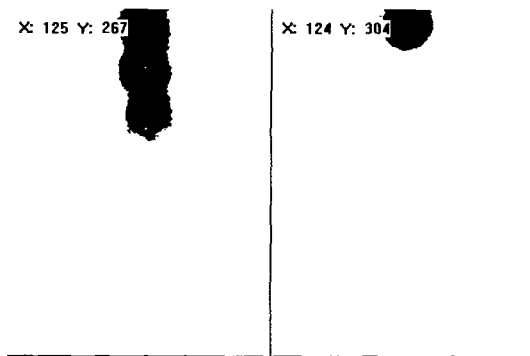
Fig 4. Developed HMI Program for Tool Breakage Detection

4. 실험 및 실험 결과

개발된 비전 시스템을 고속 탭핑센터의 Z축 프레임 부분에 설치하고 탭을 대상으로 정상 칩과 파손된 칩에 대한 검출실험을 하였다. 그림 5와 6은 각각 M3과 M5의 정상 탭과 파손된 탭에 대해서 얻어진 영상을 보여준다. 그림 5는 M3 탭에 대한 실험 결과로 검게 보이는 부분이 공구 부분으로 주위 배경과 확실히 구분되는 것을 알 수 있으며, 양쪽 그림을 비교할 경우 정상 탭과 파손 탭을 정확하게 구분할 수 있었다. 또, 그림 상의 X와 Y축의 좌표는 공구 부분의 중심좌표를 나타낸다. Y축 좌표를 비교해 보면 각각 294와 311로 이 Y축의 좌표를 기준으로 공구의 파손여부를 결정할 수 있을 것으로 생각된다. 그림 6의 M5 탭의 경우도 M3 탭의 경우와 유사한 결과를 보여준다.



(a) Normal Tool (b) Broken Tool
Fig 5. Captured Image of M3 TAP



(a) Normal Tool (b) Broken Tool
Fig 6. Captured Image of M5 TAP

또 정상 또는 파손된 공구가 회전하고 있는 경우에도 회전하지 않는 경우와 비교하여 별다른 차이점이 발견되지 않았다. 따라서, 공구가 가공 중인 경우를 제외하고는 언제나 공구의 파손유무를 검출할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나, 이미지 센서로 외부광원이 직접 입력될 경우에는 과도한 밝기로 인해 센서가 포화되어 버리기 때문에 공구를 구분할 수 없었다. 그러나, 이런 현상은 일반적인 작업환경에서는 발생되지 않는 경우이므로 무시할 수 있는 조건으로 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 공작기계를 이용한 가공 라인의 자동화에 있어서 가장 중요한 기술중의 하나인 공구 파손 검출시스템을 개발하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 슬릿빔 레이저를 이용하여 공구파손을 비가공 시간의 변화 없이 정확하게 검출 할 수 있는 비전 시스템을 개발하였다.

- 2) 개발된 비전 시스템을 Siemens 840D의 MMC103에 실장하기 위한 HMI 프로그램을 개발하였다.
- 3) 개발된 비전시스템과 HMI프로그램을 고속 탭핑센터에서 실장 후 M3과 M5 탭을 대상으로 실험한 결과 정상공구와 파손공구를 명확하게 구분할 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부에서 지원하는 “첨단기계류 부품” 사업 중 “고속탭핑머신 설계기술 개발” 과제로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. JAE S.Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", Prentice Hall
2. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley,
3. Siemens, "SINUMERIK 840D OEM-Package MMC User's Manual", 1998
4. D. C D. Oguamanam, H. Raafat, "A Machine Vision System for Wear Monitoring and Breakage Detection of Single-Point Cutting Tools", Computers ind. Eng. Vol.26, No.3 , pp575-598, 1994
5. 권오달, 양민양, "컴퓨터 비전 및 패턴인식기법을 이용한 공구상태 판정시스템 개발," 대한기계학회지, 제17권, 제1호, pp. 27-37, 1993
6. 윤재용, 양민양, "이중신호에 의한 공구파손 검출에 관한 연구", 대한기계학회지, 제16권 제4호, pp.707-722, 1992
7. 김화영, 안중환, "모터전류를 이용한 드릴가공에서의 절삭이상상태 감시 시스템", 정밀공학회지, 제12권, 제5호, pp.98-107, 1995
8. ツブ加工用知能化工作機械システムに関する研究(第1報), Vol.66, No.12, pp.1922-1926,2000