

개방형 CNC 를 가지는 공작기계의 고장진단과 웹 서비스 기술

김동훈*, 김선호(한국기계연구원 지능형정밀기계연구부),
윤원수(㈜터보테크), 고광식(경북대학교 전자전기공학부)

Web Service Application for Machine Tool Fault with Open Architecture CNC

D. H. Kim, S. H. Kim(KIMM), W. S. Yun(TurboTek Co., Ltd.), K. S. Koh(Electronic Eng. Dept., KNU)

ABSTRACT

The conventional CNC(Computerized Numerical Controller) of machine tool, which is dependent to CNC maker, was a closed architecture type. Therefore, it is impossible to implement a special user-define function to CNC. But recently, CNC is changed to OAC(Open Architecture Controller) type increasingly and the general function of CNC can be upgrade efficiently. This paper describes web service application for remote monitoring regarding the faults of machine tool with open architecture CNC. The major faults of CNC machine tool can be defined to the operational faults to be charged over 70%. Those faults are unpredictable because of being occurred without any warning. To generalize the fault diagnosis efficiently, two diagnosis models such as SF(Switching Function) and SSF(Step Switching Function) are proposed and the function of fault diagnosis is implemented to internal function of OAC. Also, to service remotely the faults of CNC machine tool, the suitable web environment is proposed and practical function is programmed to evaluate its operation on web.

Key Words : CNC(Computerized Numerical Controller), OAC(Open Architecture Controller), Remote Monitoring, Fault Diagnosis

1. 서론

예전에는 공작기계에 주로 사용된 폐쇄형 컨트롤러의 제한성으로 공작기계를 원격으로 감시하는데 어려움이 많았다. 메이커에 종속된 폐쇄형 타입으로 별도의 사용자 기능을 실장하기는 불가능하였다. 반면, 최근들어서 IT 기술의 보급화로 CNC 제어기가 pc 를 기반으로한 개방형 타입으로 환경이 바뀌면서 개방형 CNC 를 적용한 공작기계가 증가되고 있다. 개방형 CNC 를 이용한 공작기계는 기능과 성능을 효율적으로 업 그레이드가 가능하며 네트워크를 통해 실시간 감시가 가능한 환경을 제공한다¹⁾. 최근, 원격 서비스가 보편화되고 있는 추세이며, 그 예가 Mori Seiki 와 FANUC 같은 공작기계업체에서 "Factory Windows"나 "Remote System" 을 이용해 원격 서비스를 하고 있다. 그러나 대부분이 인터넷 환경이 아닌 클라이언트-서버 환경에 의해 로컬 영역에서의 기초 기술지원하는 것이 특징이다²⁾. 본 논문에서는 개방형 CNC 제어기를 갖는 공작기계에 고장진단 기능을 실장하고 결과를 웹을 통

하여 모니터링하는 공작기계의 웹기반 원격 글로벌 서비스를 기술하고자 한다. 서비스를 위한 내용인 공작기계 고장을 효율적으로 진단하기 위해서 두가지 진단 모델을 제안하였고 고장진단 기능은 CNC 의 내부기능으로 실장하는 형태를 가진다. 이는 원격 감시진단에서 발생할 수 있는 통신 트래블이나 온라인 대기시간을 없애기 위한 목적이다. 원격 서비스를 위해서 인터넷을 기반으로 하는 이벤트 발생시 서비스, 요청시 서비스 등의 체계를 제시하고 실험결과를 제시한다. 고장진단은 고장의 70%를 차지하는 운용상의 고장을 대상으로 했다. 대상으로 한 공작기계는 CNC 는 윈도우 NT(Windows NT)를 기반으로 하며³⁾ 개발된 기술은 특별히 제작된 3축 밀링머신을 이용해 그 운용성과 성능을 테스트하였다.

2. 개방형 제어기 구조

개방형 CNC 는 Fig. 1 과 같은 기능구성이 필요하다. NC 커널(Kernel), MMI, CNC, PLC(Programmable

Logic Controller)는 일반적인 NC와 동일하지만, 응용 프로그램의 실장이 용이한 구조를 갖는 것이 특징이다. 지능형 고장진단 및 웹 기반의 원격 서비스를 위해서는 이러한 기본기능에 두 가지의 부가 기능을 필요로 하는데 그것을 FDS(Fault Diagnosis System), RSS(Remote Service System)라 정의한다. FDS는 개방형 CNC에 내장되어 고장이 발생했을 때 고장이 발생한 요소를 찾아주는 기능을 수행한다. RSS는 원격 서비스를 위해 공작기계의 가동상태, 고장진단상태 등을 서비스하는 역할을 하게 된다. 이렇게 FDS와 RSS를 이원화시키는 주된 이유는 FDS를 원격으로 했을 경우, 발생할 수 있는 네트워크 문제 실시간 지원 문제를 고려했기 때문이다.

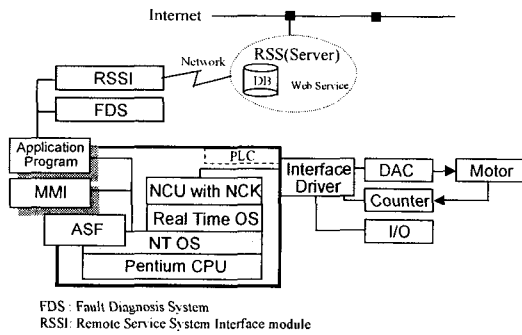


Fig. 1 Function diagram of OAC for machine tool

3. 고장진단과 원격서비스

전체 고장의 70%를 차지하는 운용상의 고장을 대상으로 선행연구 결과에서 제시된 고장 진단시스템¹⁴⁾을 개방형 CNC에 실장하고 이를 통해 진단된 결과 및 상태정보를 웹을 이용해 원격 서비스를 받을 수 있도록 원격서비스시스템(RSS)을 구축한 것을 소개한다

3.1 FDS(Fault Diagnosis System)

공작기계의 고장은 구성부품의 노화에 의한 기능저하와 운용상 발생하는 고장으로 분류가 가능하다. 이 중 전자와 달리 후자는 예측할 수 없이 갑자기 발생하는 고장이기에 주된 관심 분야로 볼 수 있다¹⁶⁾. PLC와 CNC에서 순차제어되는 공작기계가 작동이 불가능한 원인을 조작상의 고장(Operational Fault)이라 정의했으며, 다음과 같이 3가지로 분류했다.

- ESE(Emergency Stop Error): 비상정지가 발생 경우
- CSD(Cycle Start Disability): 기동이 안되는 경우
- MRD(Machine Ready Disability): 기계준비가 안됨

고장진단은 여러가지 접근 방법이 있지만, 일반적으로 PLC 래더 다이어그램을 기반으로 고장원인을 찾는 것이 효과적이며¹⁷⁾, 개발된 FDS 통하면 알고리즘에 의해 자동으로 고장원인 신호가 진단된다¹⁴⁻⁵⁾. FDS는 효과적인 진단을 위해서 입출력 신호간에 논리적 관계를 가지는 2가지 진단모델을 사용하였다. 진단 모델을 만드는 주된 이유로는 진단 방법에 대한 일반성을 부여하기 위해서이다¹⁴⁻⁶⁾.

① SF(Switching Function) 모델

SF는 고장을 진단하기 위한 정적인 모델로서 PLC가 하나의 동작을 완성시키기 위해 만족해야 하는 조건은 식 (1)과 같이 정리할 수 있다.

$$C(t) = c_1(t) \cdot c_2(t) \cdot c_3(t) \dots \prod_{j=1}^n c_j(t) \quad (1)$$

여기서 $c(t)$ 를 t 번째 스텝의 모든 조건의 조합상태라고 가정하고 t 번째를 마지막 스텝이라고 가정하면 $C(t)$ 를 스위칭 함수(Switching Function)라 정의한다. 즉, 고장의 원인이 된 결과가 발생하기까지의 입출력 신호의 관련성을 표현하는 모델로서 $C(t)=0$ or $C(t)=1$ 이 되는 정적인 모델이다

② SSF(Step Switching Function) 모델

SSF는 고장이 발생한 원인을 만족시키는 조건들을 단계적으로 표현하여 고장이 발생한 스텝을 찾기 위한 모델이다. 식(1)에서 $C(t)$ 가 만족하려면 $C1(t), C2(t), C3(t)...$ 가 순차적으로 만족을 해야한다. 여기서 각 스텝이 만족해야할 조건이 되는 $Cj(t)$ 를 스텝 스위칭 함수(Step Switching Function)라 정의한다. 즉, 고장이 발생한 원인을 만족시키는 조건들을 단계적으로 표현하여 고장이 발생한 스텝을 찾기 위한 모델로서 $C1(t)=1$ then $C2(t)$ Start Condition 인 동적인 모델이다.

SF와 SSF 모델을 프로그램적으로 생성해 주는 FDS를 이용해 대상 머신의 제어기내 PLC의 ESE 항목에 대해 SF 모델을 구한 예는 식(2)와 같다.

$$SF(ESE) = (((-X0.00)+(-F0.00)+(((((-X0.06)+(((X0.1C)+(-X0.1D)+(-X0.1E))*(((X0.1C)+(-X0.1D)+(-X0.1E))*(((X0.1C)+(-X0.1D)+(-X0.1E))*((-X0.1C)+(-X0.1D)+(-X0.1E)))))))))*((-X1.07)+(-X1.09)+(-X1.0A)+(-X1.0C)+(-X1.0D)+(-X1.0F)))))) \quad (2)$$

식(2)에서 '+' 연산자는 OR, '*' 연산자는 AND 논리를 의미하며, 여러개의 OR 조건과 AND 조건으로 연관되어 있다. 이를 수식을 감싸는 괄호를 기

준으로 최소한의 단위 그룹으로 나누면서 여러 단계의 SSF를 구한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 즉, G8.02에 대한 SF 리스트에서 스텝별로 총 11개의 SSF가 생성되었으며, 각 신호들은 OR와 AND 조건으로 구성되어 있다. 그중 최종 스텝인 S11부터 조건을 만족하는지 역추적하며 고장신호를 찾는다.

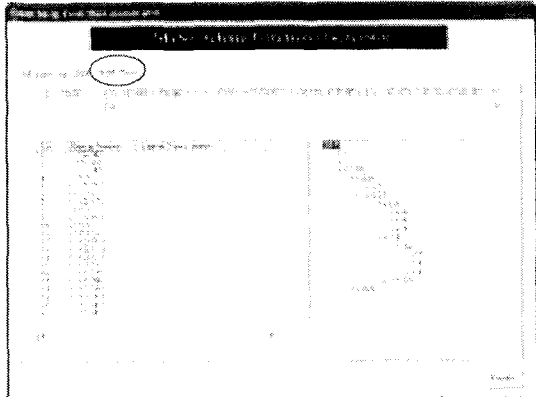


Fig. 2 SF and SSF tree

3.2 RSS(Remote Service System)

RSS는 FDS에 의해 진단된 고장 진단결과 등의 원격서비스를 지원해 주는 기능이다. RSS는 데이터 인터페이스를 위한 RSSI(Remote Service System Interface) 모듈과 웹서비스를 위한 웹서버상의 웹 스크립트 프로그램으로 구분될 수 있다. RSSI라는 인터페이스 모듈은 FDS내에 구현되어 있으며, FDS의 출력 정보를 웹서버로 업로드함으로써, 원격지의 다수의 클라이언트가 웹서버에 접속하여 공작기계의 상태를 감시할 수 있도록 데이터를 인터페이스 시키는 역할을 한다. CNC에서 원격지에 있는 데이터베이스(DataBase)에 컨넥션하는 방법으로는 표준화된 규약인 ODBC(Open Database Connectivity)를 이용한다. 데이터 처리는 DB 핸들링을 위한 표준 언어인 SQL(Structured Query Language)의 질의 Query 문을 통하여 웹 서버 데이터베이스에 감시 및 진단결과를 생성한다. RSS의 웹 서비스 어플리케이션 프로그램에서는 웹 서버에 접속한 클라이언트들에게 각각의 사용자 인터페이스에 따른 반응으로 웹 상에서 감시 및 진단 정보의 관련 지원 서비스를 수행한다. 그리고 그 결과를 HTML 문서로 웹 브라우저를 통하여 각자의 클라이언트에게 응답한다. 이러한 과정을 통해 RSS는 공작기계의 가동상태, 고장진단상태 등을 서비스하는 역할을 하게 된다.

4. 웹 서비스 응용

CNC 공유메모리를 오픈한 다음, PLC의 입출력 신호인 X, Y, G, F 등의 맵 데이터를 읽어온다. 추출된 실제 데이터와 SF의 수식 값을 이용해 FDS 진단이 수행된 후, 결과인 고장원인 정보의 웹을 통한 원격 서비스 지원을 위해 필요한 기능이 RSSI이다(Fig. 3 참조). 이것은 웹 서버에 있는 원격지 DB에 데이터를 교환하는 통신용 인터페이스 모듈로써 FDS 프로그램내에 실장된다.

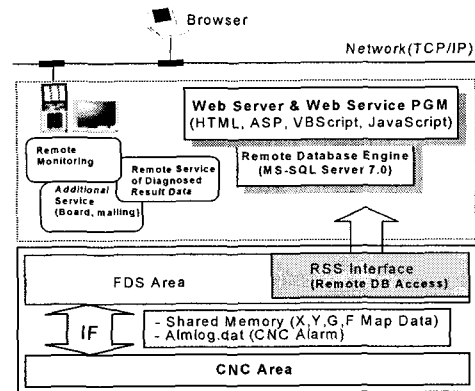


Fig. 3 Interface between RSS and FDS on CNC

원격지의 인터넷에 연결된 임의의 클라이언트에서는 웹을 통해 공작기계의 현재상태 및 고장발생시 FDS에서 생성한 고장진단 결과를 웹서비스 받을 수 있다. 이러한 웹 서비스 어플리케이션 운영 사례를 Fig. 4에 나타내었다. 웹서버에서는 기계상태 정보와 진단결과 정보를 일정 주기로 업데이트하여 클라이언트에게 서비스한다. 클라이언트에서 제공 받을 수 있는 정보로는 기계의 상태(Status) 정보와 시간(Time) 정보, 고장(Faults) 정보, 고장요소(Fault Elements) 및 고장 메시지(Fault Message) 정보가 있다. 예를 들면, ESE 관련 고장이 발생하였을 때, Fig. 4의 박스 표시 영역처럼 시간 정보와 함께 현재 상태 정보로 'Fault'가 나타나고, 고장(Fault) 정보로는 'ESE', 고장 원인이 되는 신호를 진단한 결과는 PLC 입력신호인 'X0.00'이라는 것이 고장요소 항목으로 제공되었다. 이는 ESE가 발생한 것을 FDS가 감지하고 원인을 진단해 본 결과, X0.00이라는 EStop PB 신호가 직접적인 원인인 것을 알아냈다는 것이다. 또한, CSD(Cycle Start Disable) 고장이 발생했을 경우, 진단 결과가 'X0.1D'이며, 이는 Jog Mode로 스위치가 되어있는 것이 원인이라는 것을 알 수 있었다. 웹 환경에서의 원격 제어될 위해서는 먼저 개방형 CNC와 웹 서비스 기능을 수행하는 관리 서버측과의 인터페이스 프로토콜이 정의 되어야 된다.

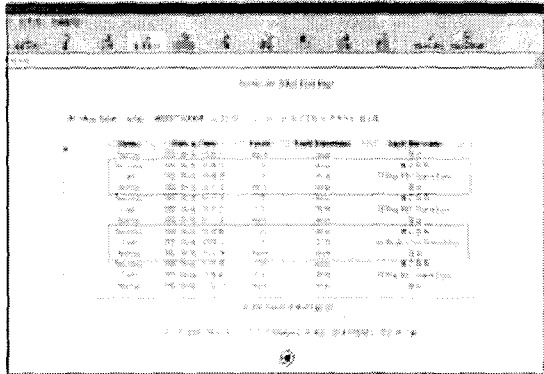


Fig. 4 Web Service application for monitoring fault

Fig. 5에 제시하였듯이 기계 원격지 제어를 위해 4 bit 용 제어 명령어 비트를 구성하였으며, 제어에 따른 현재 기계의 상태를 피드백해서 보기위한 감시정보를 8bit 로 구성하였다. 본 실험에서 수행한 원격 제어를 위한 명령어 구성은 Fig. 6 처럼 처럼 NC Stop, NC Start, NC Reset 및 Single Block 등으로써 각각의 의미는 정지, 가동, NC 초기화, 단위블럭 NC 프로그램 수행 등으로 볼 수 있다.

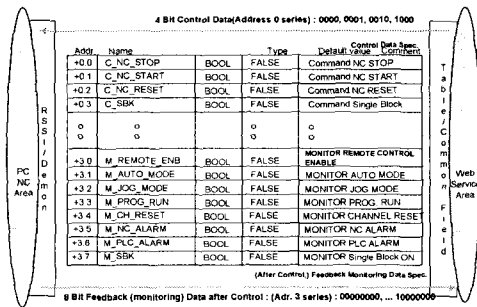


Fig. 5 Interface protocol for remote control

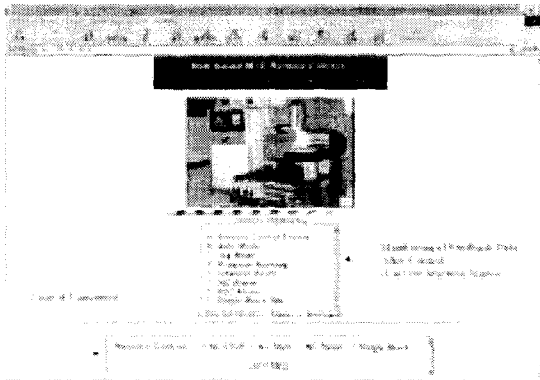


Fig. 6 Web-based remote control of machine tool

운용은, 우선, 화면에서 현재 머신의 가동 유무를 확인 할 수 있으므로, 이를 참고로 해서 원격으

로 가동이나 정지 등 제어할 항목을 선택하도록 되어있다. 가동 및 정지는 사용자의 입력을 클라이언트의 웹 브라우저에서 입력 받아 머신을 제어하게 된다. 그리고 필요에 따라서는 예약 시간을 설정하여 예약 작업으로 예약 가동 및 예약 정지 기능을 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 작업들은 원격지에 있는 기계의 모습을 브라우저를 통해 실시간으로 보면서 진행됨으로 정확한 제어가 이루어지고 있는지 시각적인 모니터링도 가능하다. 이를 위해, 웹 카메라를 기계에 설치하고 개발된 웹 서비스 응용 프로그램내에 비디오 스트리밍을 위한 스크립트 소스코드를 작성하여 테스트 하였다.

5. 결론

본 논문에서는 개방형 CNC 제어기를 갖는 공작기계의 고장을 진단하고 결과를 웹을 통하여 모니터링하며, 원격 제어하는 서비스를 기술하였다. 결과로는 첫째, 개방형 CNC 공작기계의 웹기반 원격감시 서비스가 가능한 시스템을 구축하고 그 운용성을 확인하였다. 둘째, 공작기계의 조작상의 고장내용을 대상으로, 효과적인 고장진단을 하였으며 FDS는 SF와 SSF라는 2 가지 진단 모델을 가진다. 셋째, RSS를 통하여 원격감시 및 제어 등 웹 서비스 실험을 하였으며 시각적인 모니터링 기능도 구현하였다.

참고문헌

1. 김선호, 김동훈, 박경택, "생산장비 객체화와 개방형 가공 셀 구축 연구(II)-개방형 가공 셀 구축", 한국정밀공학회지, 제 17 권, 제 10 호, pp.41-48, 2000.
2. 關川勝秀, "中小企業向け遠隔診断の提案", 機械と工具, pp.59-63, 2000.
3. TurboTek, Turbo HX-M 조작 매뉴얼, 2001.
4. 김선호, 김동훈 외, "공작기계의 지능형 고장진단과 원격서비스 모델", 정밀공학회지, 제 19 권, 제 4 호, pp.168-178, 2002.
5. 김동훈, 김도연, 김선호 외, "공작기계의 고장원인을 효과적으로 생성하기 위한 SFG 개발", 공작기계공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 48-52, 2002.
6. 김선호, "공작기계의 원격감시, 원격고장진단 및 원격조작 기술", 한국정밀공학회지, 제 18 권, 제 10 호, pp.33-44, 2001.
7. Guasch, A., Quevedo, J., Milne, R, "Fault diagnosis for gas turbines based on the control system", Eng. Application of artificial intelligence, Vol. 13, pp.477-484, 2000.