

# 서로 다른 CNC 환경을 갖는 공작기계의 인터넷 기반 점검

김동훈\*, 김선호+, 김경돈\*\*, 김찬봉\*\*, 고광식\*\*\*

## Overview of Internet-based checking for machine tools with a variant CNC environmet

Dong-Hoon Kim\*, Sun-Ho Kim+, Kyung-Don Kim\*\*, Chan-Bong Kim\*\*, Kwang-Sik Kho\*\*\*

### Abstract

This paper proposes Internet-based checking scheme for machine-tools with a variant CNC. Checking points defined in this research are classified into two categories such as structured point and operational point. The formal includes the vibration of bearing, temperature of spindle unit and another periodical management. And the latter includes oil checking, clamp locking/unlocking and machining on/off status. Through this research, for the global management of variant CNC machines interspersed with CAC and OAC in manufacturing system, the suitable environment for Internet-based checking of variant CNC machines was designed and the checking methods for CAC and OAC machines were compared with each other.

**Key Words :** CNC, OAC, CAC, Intenet-based checking

## 1. 서 론

최근에는 컴퓨터와 인터넷의 발전으로 자원의 분산 관리 흐름에 따라 생산시스템에서도 글로벌 운영을 위하여 공작기계를 원격지에서 인터넷을 이용한 관리가 요구된다. CNC(Computerized Numerical Controller) 공작기계를 대상으로 원격지에서 기계 및 주변장치의 입출력 신호를 모니터링 하는 측면에서 보면 과거에는 PLC(Programmable Logic Controller) 접점정보를 주로 활용하였다. 그러나 이는 CNC 기계 내부정보에 국한되며 외부 유닛 점검이나 소프트웨어적인 기능을 CNC에 실장하는데 어려움이 많고 외부와의 통신상의 한계도 있었다[1]. 그러나 최근에는 공작기계의 제어기가 PC를 기반으로 한 개방형 구조를 가진 OAC(Open Architecture Controller)가 많이 도입됨에 따라 새로운 시스템 구성이 가능하다[1-2].

하지만 일부 Shop Floor에는 아직도 기존의 폐쇄형 구조를 가진 CAC(Closed Architecture Controller) 공작기계가 같이 운영되고 있는 실정이다. 이렇게 2가지 형태로 혼재하는 이기종 CNC 공작기계를 인터넷 환경하에서 원격 점검하기 위해서는 각각의 경우에 적합한 시스템 환경을 구축해야 한다. 기존의 관련 연구로는 다음 같은 연구들이 수행되었다. 개방형 제어기를 가지는 공작기계의 관리에 대한 연구로서, FMS에서의 Rapid part realization에 대한 연구[3]와 Automatic configuration and dynamic reconfiguration[4]에 대한 연구가 있었다. 그리고 개방형 제어기를 가지는 공작기계의 Maintenance mechanism에 대한 내용이 Switching function generator 개발 연구[5]에서 언급되었다. 공작기계의 원격제어에 대한 연구로서, 클라이언트와 서버 환경에서의 공작기계 원격관리에 대한 연구가 보고되었으며, 대표적인 예로 일본의 CNC 벤더에서 개발된 Factory windows와 Remote system이 언급되었다[6-7].

\* 김동훈, 한국기계연구원 (kdh680@kimmi.re.kr)  
주소: 대전 유성구 장동 171  
+ 동의대학교 메카트로닉스공학과  
++ 터보테크(주) 기술연구소  
+++ 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부

하지만 이것들은 로컬 영역에서의 기본적인 원격지원 정도이다. 이외에, 인터넷을 기반으로 한 공작기계 관리 기술로서, CNC에 실장된 고장진단 및 이의 결과를 웹 상에서 서비스 하고 공작기계를 원격으로 제어하는 연구가 있었다[8]. 웹 기반의 실시간 모니터링을 위한 연구가 유연생산시스템에서 일부 테스트되기도 했다[9]. 그리고 공작기계의 유지보수에 관한 연구로서, PSTN(Public Switched Telephone Network) 망과 디지털 I/O 모듈을 이용한 연구 사례가 보고되었다[10]. 그러나 이러한 연구들은 개방형 CNC만 주 대상으로 하였고 완전한 인터넷 기반 어플리케이션에 초점을 둔 연구는 아니었다. 개방형 제어를 가지는 공작기계를 대상으로 많은 연구들이 진행된 반면에, 폐쇄형 제어를 가진 공작기계를 대상으로 한 연구는 별로 없었다. 특히, 응용 프로그램의 개발환경 지원 문제와 CNC에의 실장 문제로 인하여 인터넷을 기반으로 한 이기종 공작기계 점검에 대한 연구는 많지 않다.

본 연구에서는 이기종 공작기계, 즉 기존의 CAC를 가진 공작기계와 최근의 OAC를 가진 공작기계를 대상으로 인터넷 기반의 점검기술을 적용한 모델 사례를 제안하고 이를 비교 검토하고자 한다. 첫째, CAC를 대상으로 웹 서버가 일부 임베디드된 웹 I/O 모듈을 이용하여 원격지에서 디지털 신호를 점검하고 제어하는 기술을 개발 적용한 사례를 소개한다. 둘째, OAC에 DAU(Data Acquisition Unit)를 이용해 신호를 획득하는 응용 프로그램을 실장하고 인터넷 상에서 원격지의 서버에 접근하여 웹 기반으로 아날로그 입력과 디지털 신호 점검을 모니터링하는 기술을 개발 적용한 사례를 소개하고자 한다.

CAC는 폐쇄형 구조를 가지고 있기 때문에 사용자 응용 프로그램을 CNC에 실장 하기가 어렵다. 따라서 원격점검 같은 인터넷 기반의 응용기술 구현을 위해서는 추가적인 특정 목적의 모듈이 필요하다[11]. 본 연구에서는 인터넷 기반의 점검을 위해서 웹서버가 내장된 I/O 모듈을 활용하여 통신을 위한 네트워크에 연결하였다. 실제 공작기계의 모니터링 데이터를 얻기 위해서 그 I/O 모듈은 CNC의 PLC 입출력 신호와 내부적으로 연결되었다.

반면, OAC는 PC기반의 개방형 구조를 가져서 자체적인 응용 프로그램의 구현 및 실장이 용이하다. 이러한 이유로 외부와 연결을 위한 특별한 추가 모듈이 필요 없다. 단지, 기계의 입출력 신호와 데이터 추출을 위해 DAU를 사용하였다. 인터넷 기반의 점검을 위해서는 별도의 웹서버 내장 모듈 대신 통신을 위한 데몬 프로그램과 웹 서비스를 위한 응용 프로그램을 개방

형 CNC 내부에 구현하였다. 인터넷 통신은 CNC의 데몬과 외부 서버의 웹 스크립트 프로그램에 의해 행하여 진다.

## 2. 이기종 공작기계 구조 및 원격점검 방법

폐쇄형 구조를 가진 CAC 공작기계는 OAC 공작기계와 달리 사용자의 응용 프로그램 개발 환경이 지원되지 않아서 CNC에 특정한 사용자 기능의 추가적인 실장이 어렵다. 즉 Fig. 1(a) 처럼 CNC 벤더에 따라 호환성이 없고, 벤더에 완전히 의존적일 수 밖에 없어서 네트워크 접속 및 외부에서의 원격 점검 등의 기능 추가를 위해서는 한계가 있다. 반면, OAC의 구조는 Fig. 1(b)처럼 PC를 기반으로 한 개방형 구조를 갖기 때문에 원격점검을 위한 응용 프로그램의 실장이 용하다. 따라서 생산시스템에 이렇게 2가지 형태로 혼재하는 이기종 CNC 공작기계를 인터넷을 통해 원격지에서 점검을 하기 위해서는 CNC 구조의 특성에 맞는 적합한 시스템 환경이 구축되어야 된다.

첫째, 기존의 폐쇄형 구조를 가진 CAC는 벤더에 종속된 폐쇄형 타입으로 별도의 사용자 응용 프로그램을 실장하기는 어려움이 많기 때문에 공작기계를 원격지에서 직접 감시하는데 제한이 많다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서는 최소한의 웹 서버 기능이 내장된 네트워크 지원용 유닛을 공작기계의 I/O 모듈과 연결하여 활용하는 방법이 효과적이다. 이 방법은 공작기계 마다 별도의 IP가 필요한 웹 서버형 I/O 모듈이 필요한 구조이기 때문에 여러 대의 공작기계를 하나의 서버나 하나의 웹 스크립트 프로그램으로 동시에 관리하기가 어려운 단점은 있다. 둘째, 최근에 보급되어 있는 구조인 OAC는 CNC가 PC를 기반으로 한 개방형 타입의 환경이고 개방형 CNC를 적용한 공작기계가 증가됨에 따라 사용자 응용 프로그램을 CNC에 효율적으로 실장할 수 있다. 이 경우는 별도의 인터넷 주소가 필요한 웹서버 내장형 I/O 모듈 대신 데이터 취득을 위해 일반적인 DAU(Data Acquisition Unit)을 이용한다. 그리고 DAU를 통해 I/O 점검을 감시하는 응용 프로그램을 구현해 개방형 CNC에 실장하고 외부의 웹 서버로 데이터를 보내는 방법이 효과적이다. 이 방법은 여러 대의 공작기계를 감시할 수 있으며 확장성이 좋다.

## 3. 점검 항목 정의

본 연구에서 정의한 점검 정보로는 Table 1에 제시 하였듯이 구조적인 항목과 운용적인 항목이 있다. 구조적인 항목에는

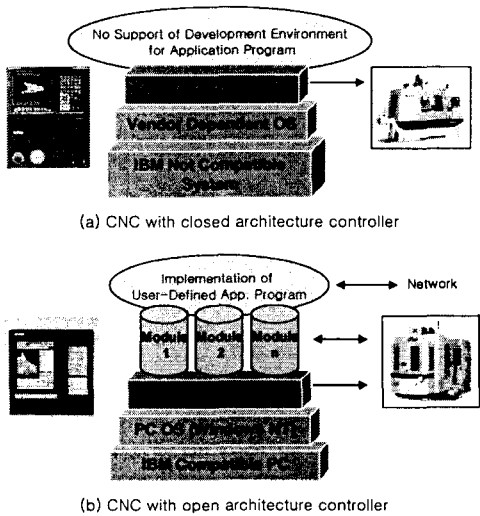


Fig. 1 Structure of variant CNC machines

베어링 이상 진동과 스피들과 같은 특정 유니트의 온도 관리 등을 위한 아날로그 입력이 있으며, 운용적인 항목에는 주기적인 관리가 필요한 오일, 클램프 등의 상태와 보조 장비의 제어, 머신의 가동 및 정지와 관련된 디지털 점검 항목이 있다.

Table 1. Define of checking point

Structured Conditions	Operational Conditions
Vibration of bearings	Machining On
Temperature of spindle	Machining Off
Vibration of bearing2	Fault (No Ready)
Temperature of spindle2	Oil checking
Vibration of bearing3	Clamp lock/ unlock
Temperature of spindle3	Sub unit on/off

#### 4. 폐쇄형 제어기 공작기계의 인터넷기반 점검방법

CAC 공작기계를 원격지에서 인터넷을 기반으로 하여 점검 결과 및 관련 정보를 확인하기 위해서는 OAC의 경우처럼 소프트웨어적인 기술로만 기능을 구현하기에는 CNC에의 실장 및 응용 프로그램의 동작이 제한되어 있다. 그러한 이유로 인터넷 프로그램과 네트워크 서비스를 지원하는 추가적인 하

드웨어 모듈이 필요하다. 따라서 CAC 공작기계의 입출력 정보를 웹 상에서 효과적으로 원격으로 점검하기 위하여 Fig. 2 처럼 네트워크 지원 어플리케이션이 가능한 최소한의 크기의 오퍼레이팅 시스템 및 웹서버가 내장된 상용 I/O 모듈을 이용해 공작기계의 상태를 제어 및 감시하였다.

사용된 디바이스는 Table 2처럼 외부기기와의 인터페이스를 위해 Input/Output의 총 32 접점을 제공한다. 이를 공작기계 PLC의 입출력 신호와 연결하여 웹상에서 Machine의 Cycle Start, Stop Emergency Stop 등의 가동 및 비 가동 Status와 Fault 유무 등의 실제 값을 모니터링 한다. 테스트를 위한 응용 메커니즘은 다음과 같다. 먼저 본 연구에서 네트워크 지원을 위해 사용된 I/O 모듈 디바이스의 유틸리티 소프트웨어를 이용해 I/O 관련 아이콘을 웹 서비스를 위한 기본 html 소스에 위치시키고 각 아이콘의 속성 값을 설정한다. 네트워크 지원용 자바 클래스를 주 html 소스내에 삽입시키고 소스 수정을 마친 후 유틸리티를 이용해 컴파일 과정을 거친다. 여기서 사용된 I/O 디바이스는 일반 운영체제와 같은 파일 시스템을 지원하지 않으므로 테스트를 위해 코딩된 웹 파일들은 특정 디바이스가 해석할 수 있는 파일 인덱스 테이블 형태로 변환된다[11]. 특정 포맷으로 변환된 파일은 하나의 이미지 파일 형태로서 Fig. 3의 플래쉬 메모리에 다운로드 된다. 물리적인 I/O 디바이스의 주소 프로그램을 연결하는 방법은 Fig. 4에 제시하였 듯이 실질적인 I/O 주소 번호를 웹 화면의 이미지아이콘 속성값에서 설정한다.

이러한 원격점검 모델 및 구현 방법은 인터넷을 이용하기 위한 시스템 환경구축 면에서는 간편하나 반면에 데이터 베이스나 Size가 큰 스크립트 파일은 로딩하지 못한다. 웹 서비스를 위한 응용 스크립트는 최대 512Kbytes 까지만 웹 서버 내장형 I/O 모듈에 다운로드가 가능하다. 그러나 메인 운영시스템과 별도로 I/O 보드를 이용한 시스템 원격 감시용 및 독립 모듈로 활용하기에는 효율적일 수도 있다. 원격감시를 위하여 자바 애플릿을 이용해 웹 스크립트를 작성해 Web용 I/O 모듈이 Embedded된 Device Server에 다운로드하여 운용하고 머신과는 I/O 접점을 직접 연결하는 인터페이스 방식을 이용하였다. 운용 결과, 하드웨어적인 측면에서 인터넷 기반의 원격점검을 위한 시스템 환경구축이 용이한 장점이 있었다.

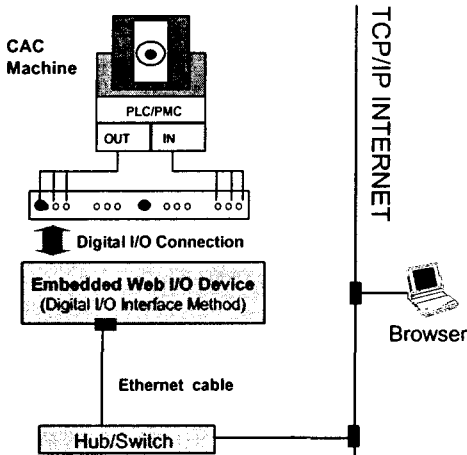


Fig. 2 Internet-based checking configuration using embedded web I/O device for CAC machine

Table 2. Hardware specification of used web I/O device

항목	내용
CPU	8-bit Microprocessor
Memory	512 KB Flash Memory (사용자 웹파일/ 파라미터 저장)
Network 연결	10-baseT Ethernet (IEEE802.3)
하부장치 연결	16접점 Digital Input, 16접점 Digital Output
Internet Protocol 지원	HTTP/TCP/UDP/IP/Ethernet
Utility software	Board(Maker) Dependency, IP Set과 웹페이지 Uploading

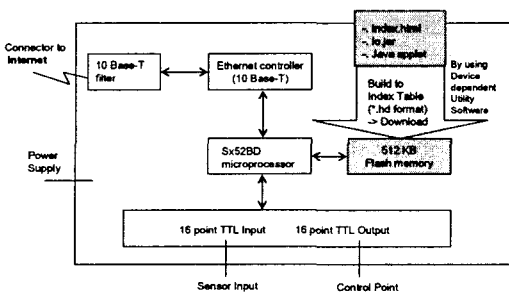


Fig. 3 Interface between embedded web I/O Device and application program

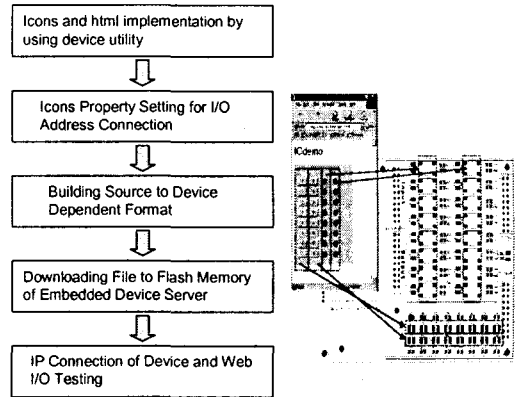


Fig. 4 Address setting and testing of web I/O device

### 5. 개방형 제어기 공작기계의 인터넷기반 점검 방법

OAC는 PC기반의 개방형 구조를 가져서 응용 프로그램의 구현 및 실장이 용이하므로 네트워크 지원을 위한 별도의 웹서버 내장 모듈 같은 특별한 추가 모듈이 필요 없다. 단지, 기계의 입출력 신호와 데이터 추출을 위하여 OAC와 연결될 신호처리용 보드나 외부 모듈이 필요하다. 개방형 CNC가 대부분 콤팩트한 원보드 타입의 구조로 되어있으므로 장착이 불편한 보드 타입을 사용하지 않고 부하가 적고 RS232/485로 쉽게 연결 가능한 DAU를 사용하였다[12].

공작기계의 구동 상태나 각 부위의 온도 및 진동 등을 감시하여 점검 시기, 부품교환 시기 등을 알려주는 원격점검 기술의 설계를 위해서다. 이를 위하여 DAU를 이용해 공작기계 및 주변 유니트의 아날로그 및 디지털 점검 신호를 모니터링 하였다. CNC에 하드웨어적인 부피를 줄이고 부하를 최소화하기 위하여 보드 타입이 아닌 외장형 소형 I/O Module을 사용하여 테스트하였다. Fig. 5에 digital input과 analog input 신호를 얻기 위한 테스트 프로그램과 통신용 테폰 프로그램이 OAC에 존재하는 구성도를 나타내었다.

RS232를 통하여 내부적으로 RS485 통신을 하게 된다. Range를 0에서 1.5V로 두고 Analog 변화 값을 초당 10번의 샘플링 주기로 모니터링 하였다. Bearing Vibration과 Spindle Temperature를 추출하기 위한 실험으로 Fig. 6에 제시하였듯이 개방형 컨트롤러 컴퓨터와 DAU간의 통신 프로토콜을 설계하여 Analog 값의 변화 추이를 실시간으로 모니터링 하였다. 또한, Oil과 Clamp의 On/Off 상태를 체크하기 위한 기초 실험도 수행하였다(Fig. 7참조). 이를 위한 프로그램 코드는 PC기반의 개방형 CNC에 내부 기능으로 실장하였다.

인터넷 기반에서 원격 점검을 지원하기 위해서 Fig. 8처럼 CNC에 통신 모듈인 데몬 프로그램을 실장하고 외부 서버에는 웹 서비스 지원 스크립트를 ASP, VbScript, JavaScript를 이용하여 포팅하였다. 인터넷 통신은 CNC의 데몬 프로그램과 외부 서버의 웹 스크립트 프로그램에 의해 행하여 진다. 즉, 개방형 CNC에서 모니터링된 디지털 및 아날로그 정보는 외부 서버에 있는 데이터베이스에 전달됨으로써, 원격지의 다수의 클라이언트가 상태를 감시할 수 있도록 한다. CNC의 데몬 프로그램인 통신용 모듈이 원격지에 있는 데이터베이스에 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 이용하여 데이터베이스 테이블에 정보를 생성한다.

이러한 응용 프로그램을 통하여 웹 환경에서 모니터링이 가능하다. 이러한 운용 방식은, 소프트웨어 측면에서 다양한 개발 환경과 응용 프로그램의 구현 및 실장이 용이한 장점이 있었다.

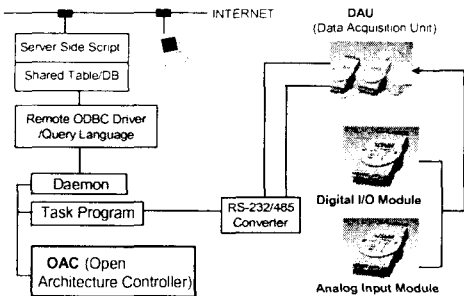


Fig. 5 Internet-based checking configuration using DAU for OAC machine

Analog Input Module (ADAM-4018)		
%AANNITCFF	Configuration	Set Address(AA), Input Range(TT), Baud Rate, Data Format, Check Sum etc
#ANN	Read Analog Input from Channel N	Return the Input Value from Channels No N of the Specified Analog Input Module
#AA	Read Analog Input from All Channels	Return the Input Value from All Channels of the Specified Analog Input Module
Continued . . . . .	. . . . .	. . . . .
Digital I/O Module (ADAM-4050,4052)		
%AANNITCFF	Configuration	Set Address, Baud Rate, and/or Checksum status, to a digital I/O Module
\$AA6	Digital Data In	Return the values of Digital I/O Channels of the addressed module
#AAB6(data)	Digital Data Out	Write specified values to either a single channel or all channels simultaneously
Continued . . . . .	. . . . .	. . . . .

Fig. 6 Communication protocol between OAC and DAU module

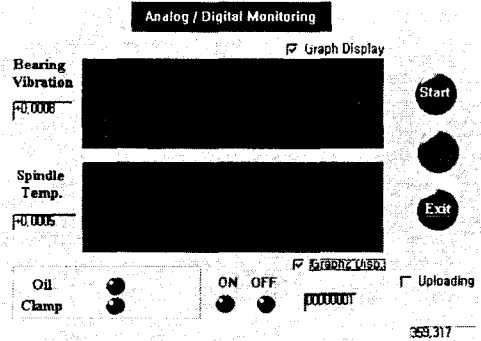


Fig. 7 Acquisition of analog input(0-1.5V Range) and digital input(8bit DI)

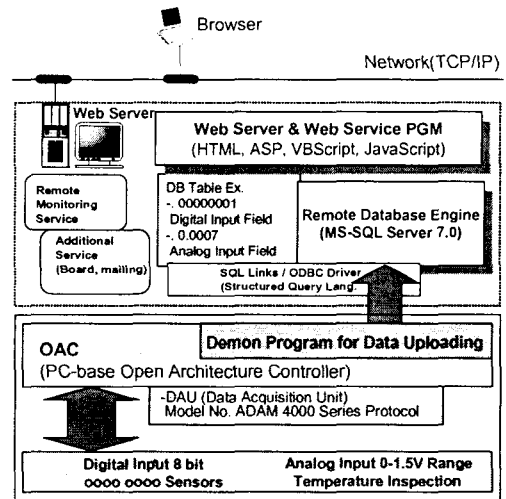


Fig. 8 Interface between OAC and application program of web sever

## 6. 인터넷기반 원격점검 실행 예

이기종 타입의 제어를 가진 공작기계의 원격점검을 위한 전체적인 환경 구성을 Fig. 9에 제시하였다. CAC Machine은 Embedded Device Server와 I/O Interface 방식으로 연결되어 Digital Data를 점검하도록 구성되었으면 OAC Machine은 DAU와 연결되어 Analog Data와 Digital Data를 점검하도록 환경 구성이 이루어 졌다. 이러한 환경 구축을 통하여 이기종 공작기체인 CAC와 OAC Machine에 대하여 원격점검을 위한 웹 서비스를 사례를 Fig. 10에 나타내었다. CAC의 경우, 자바

애플릿을 이용해 구성된 스크립트의 웹 운영화면 예를 나타내었다. 자바 애플릿 코드에서 지정된 I/O 번지를 읽고 쓰는 방식이다. Cycle Start Command 버튼을 이용하여 머신을 가동했을 때 가공중이라는 모니터링된 점점 결과를 나타낸 것이다. OAC의 경우, DAU를 통해 얻어진 점점 결과가 시스템에 코딩된 통신모듈을 통하여 서버로 전달되고 서버의 웹 스크립트 코드에 의해 원격지 환경에서 모니터링이 가능하다. 즉 웹 브라우저를 통하여 Oil 센서가 On이 되었으며, 현재 Spindle Temperature의 Analog input값이 0.0007이라는 것을 알 수 있다.

시스템 운용 결과로 전자의 경우, 하드웨어적인 측면에서 인터넷 기반의 원격점검을 위한 시스템 환경구축이 용이한 장점이 있는 반면, 소프트웨어 실장 측면에서 응용프로그램과 데이터의 크기가 제한된 단점이 있었다. 후자의 경우, 소프트웨어 측면에서 다양한 개발 환경과 응용 프로그램의 구현 및 실장이 용이한 장점이 있는 반면, 통신과 웹 서비스를 위한 응용 프로그램 작업이 더 많이 요구된다는 점이 특징이다.

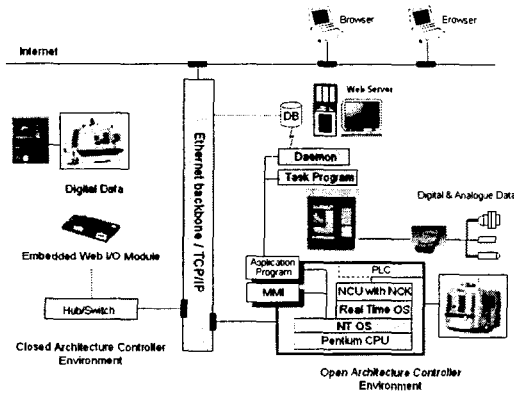


Fig. 9 Internet-based checking environment for variant CNC machines

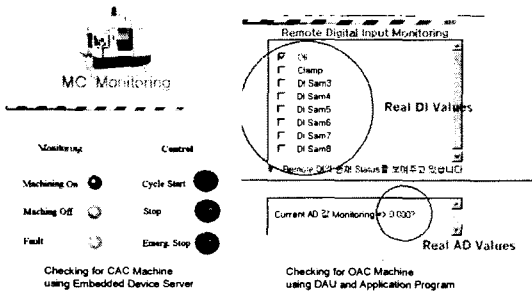


Fig. 10 Example of Internet-based remote checking for variant CNC machines

## 7. 결론

본 연구에서는 이기종 공작기계인 기존의 폐쇄형 컨트롤러와 최근에 도입된 개방형 CNC를 가진 공작기계를 대상으로 각각의 상황에 적합한 인터넷 기반의 원격점검 응용기술을 구현하여 적용한 모델을 소개하고자 하였다. 먼저, 폐쇄형 컨트롤러에 응용 프로그램의 실장이 어려운 경우 인터넷 기반의 효과적인 점검을 위해서 임베디드 웹 I/O 모듈을 통하여 원격지에서 디지털 신호를 제어하고 점검하는 기술을 소개하였다.

그리고 응용 프로그램의 개발과 실장이 용이한 환경을 갖는 개방형 제어기의 공작기계를 대상으로 인터넷 기반의 원격점검기술을 제안하였다. DAU를 이용해 데이터를 취득한 후 결과를 웹 서버로 전송한 뒤 자체 구현된 웹 스크립트 프로그램을 통하여 원격지에서 인터넷을 기반으로 아날로그 입력과 디지털 신호를 점검하는 기술을 제시하였다. 본 연구를 통하여 생산시스템에 존재하는 이기종 공작기계의 글로벌 운용을 위해서 이기종 공작기계를 대상으로 CAC와 OAC 구조에 적합한 인터넷 기반의 공작기계 원격점검 환경을 구축하여 운용한 사례를 제시하고 장단점을 비교하였다. 이 결과는 향후 다양화된 기기들로 구성되는 통합생산시스템의 원격지 운용을 위한 감시 모델로 활용될 수 있다.

## 참고문헌

1. S. J. Rober and Y. C. Shin, "Modeling and control of CNC machines using a PC-based open architecture controller", *Mechatronics*, 5(4), pp. 401-420, 1995.
2. Y. C. Kwon, G. S. Han and J. H. Kim, "The implementation of modularized open CNC", *Journal of KSPE*, 17(5), pp. 34-40, 2000.
3. P. K. Wright, "Principles of open-architecture manufacturing", *Journal of Manufacturing Systems*, 14(3), pp. 187-202, 1995.
4. K. D. Oldknow and I. Yellowley, "Design, implementation and validation of a system for the dynamic reconfiguration of open architecture machine tool controls", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41, pp. 795-808, 2001.
5. D. H. Kim, D. Y. Kim, S. H. Kim, G. Han and C. B. Kim, "Development of switching function generator for faultCNC machine-tool", *Proceeding of KSMTE Spring Conference*, pp. 48-52, 2002.
6. S. H. Kim, D. H. Kim, and K. T. Park, "Open manufacturing system using MMS service and object oriented manufacturing devices", *Journal of KSPE*, 17(10), pp. 41-48, 2000.
7. D. C. Kang and M. J. Kang, "A study on an internet-based remote diagnosis System for machine-tool failures", *Journal of KSPE*, 16(9), pp. 75-81, 1999.
8. D. H. Kim, D. Y. Kim, S. H. Kim and K. S. Koh, "Web service application for machine-tool failure with open architecture CNC", *Proceeding of KSPE Spring Conference*, pp. 29-32, 2003.
9. M. S. Jung, H. S. Park and B. S. Kim, "Architecture of web-based real-time monitoring system", *Journal of ICASE*, 7(7), pp. 632-639, 2001.
10. W. K. Hyun, S. C. Chung and D. S. Shin, "Remote fault diagnosis and maintenance system for NC machine tools", *Journal of KSPE*, 15(1), pp. 19-25, 1998.
11. Sena Technologies, Starter's Kit for Hello Device 사용자 매뉴얼, 2000.
12. Advantech, Total solution for PC-based automation, Solution Guide Vol. 20, 2002.