

◆특집◆ 인터넷 기반 생산 시스템

생산장비의 원격감시, 원격고장진단 및 원격조작 기술

김선호*

Remote Monitoring, Remote Fault Diagnosis, and Remote Operation
for Manufacturing Devices

Sun Ho Kim*

Key Words : Remote monitoring(원격감시), Remote control(원격제어), Remote fault diagnosis(원격고장진단), Remote operation(원격조작), Manufacturing device(생산장비)

1. 서론

1952년 미국 MIT에서 개발된 NC 공작기계는 프로펠러와 같은 복잡한 형상가공의 생산성 향상에 획기적인 기여를 했으며, 이러한 기술은 1970년대의 대량생산체제가 가능하도록 했다. 또한 NC 공작기계가 갖는 유연성은 1980년대 유연생산시스템(FMS)에서 핵심적인 역할을 하면서 다품종 소량생산체제가 가능하도록 했다. 1990년대에는 발전된 정보기술을 생산기술에 접목하고자 하는 노력으로 PC를 기반으로 하는 개방형 CNC가 탄생하였으며, 지금은 이것이 보편적인 CNC 구조체계로 자리잡아가는 실정이다. 개방형 CNC는 미국을 중심으로 하는 OMAC(Open Modular Architecture Controller) 표준, 유럽을 중심으로 하는 OSACA(Open System Architecture for Controls within Automation Systems) 표준, 그리고 일본을 중심으로 하는 OSEC(Open System Environment for Controller) 표준이 이 분야 기술을 선도하고 있

다.⁽¹⁾

생산장비는 그 자체가 생산재이기 때문에 보전 서비스가 제대로 되지 않으면 사용자 입장에서는 많은 경영상의 손실을 입게 되는 특징을 갖는다. 통신 및 네트워크 기술이 발전하면서 장비관리자들은 장비를 직접 관찰하지 않고 원격으로 감시하고자 하는 노력을 기울여 왔다. 이를 실현하기 위한 통신망으로 초기에는 PSTN, ISDN이 그리고 1980년대에는 MAP 등이 적용되었으며, CNC와의 인터페이스 방법은 RS232C가 보편적이었다. 최근에는 OA를 중심으로 일반화되어 있는 인터넷 망을 활용하는 기술이 보편화되어 가고 있으며, CNC의 경우에도 PC를 기반으로 하는 개방형 CNC를 적용하고자 하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 최근에는 가공공정에 투입되는 CNC 공작기계의 수가 늘어나고 감시대상장비가 셀(Cell) 단위로 복잡화함에 따라 감시하고자 하는 생산장비의 시간적 공간적인 영역을 넓히고자 하는 연구가 활발하게 추진되고 있다.

생산장비 고장은 노화에 따른 기능저하가 원인이 되는 고장과 운용상 발생하는 고장으로 크게 나눌 수 있다. 전자는 주로 기계구조부, 이송부 등에서 발생하며 어느 정도 예측이 가능한 반면, 후자는 구동부, 센서류, 입력 스위치 등의 요소에서 발생하며 예측이 어렵다는 특징을 갖는다. 주기적

* 한국기계연구원 자동화연구부

Tel. 042-868-7146, Fax. 042-868-7150

Email ksh675@kimm.re.kr

생산 시스템 특히, 가공시스템의 지능화, 자동화, 개방화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

인 유지보수에 의한 보전이 가능한 고장은 전자가 관심이 될 수 있으며, 예고없이 발생하는 고장 측면에서의 주된 관심분야는 후자가 될 수 있다. 고장을 정확하고 효율적으로 진단하기 위한 많은 연구들이 있어 왔다. CNC와 PLC에 의해 제어되는 공작기계에서 운용상 발생하는 고장을 진단하기 위한 연구로는 고장을 효율적으로 진단하기 위한 진단 모델에 대한 연구^(2,3), 래더 다이어그램의 해석기 개발을 통해 제어 시스템의 고장을 효과적으로 검출하기 위한 연구⁽⁴⁾, 다수의 센서 신호를 수집하고 지식기반으로 고장을 진단하기 위한 연구⁽⁵⁾들이 이루어지고 있다. 고장발생 정보를 원격지로 전달하거나 원격지에서 고장상태를 진단하기 위한 방법으로는 인터넷을 기반으로 하고자 하는 연구도 이루어지고 있다.^(6,9) 그러나 이 경우에도 시스템 내부적인 문제는 해결이 가능하나 하드웨어 고장인 경우에는 서비스 요원이 출동해야 한다. 이러한 면에서 원격 고장진단기술은 개발된지는 꽤 오래되었으나 활성화가 쉽게 이루어지지 않고 있다.⁽¹⁰⁾

최근에는 고장진단과 원격 서비스 기능을 효과적으로 CNC에 실장하기 위한 방법으로 개방형 CNC를 적용하는 공작기계도 증가하고 있다. 개방형 CNC를 이용한 공작기계는 기능과 성능을 효율적으로 업 그레이드가 가능하며 네트워크를 통해 실시간, 연속적인 감시가 가능하게 된다.^(7,8) 개방형 CNC를 갖는 공작기계가 늘어나면서 공작기계, CNC 메이커를 중심으로 원격 서비스가 보편화되고 있다. 그 예로서 Citizen사에서는 "FA SOHO Package"를 이용해 생산관리 측면에서의 트래블 해결 서비스를 하고 있으며, MAZAK사에서는 "Cyber Factory"를 이용해 Maintenance, 가공 프로그램 상담 서비스를 하고 있으며, Mori Seiki사는 "Factory Windows"를 이용해 Maintenance, 원격진단 서비스를 하고 있으며, FANUC사에서는 "Remote System"을 이용해 원격진단 및 제어 서비스를 하고 있다. 그러나 대부분이 인터넷 환경이 아닌 클라이언트-서버 환경에 의해 기초적인 기술 지원을 하고 있는 것이 특징이다.⁽⁹⁾

본 논문에서는 CNC의 개방화 및 통신기술의 발달로 활발히 연구가 추진되고 있는 생산장비의 원격감시, 원격고장진단 그리고 원격조작기술에 대해 기술 동향을 정리하고자 했다.

2. 원격감시 및 원격고장진단 기술

원격감시 및 고장진단은 "원격지에서 통신을 통해 기계의 가동상황이나 진도를 확인하고 제어하고 고장발생시 고장을 진단하는 것"으로 정의가 가능하다. 이러한 기술은 통신 및 네트워크 기술을 생산시스템에 응용하면서 급속히 발전해 왔다. 초기에는 통신망으로 PSTN(Public Switched Telephone Network), ISDN(Integrated Service Digital Network)이 이용되어 왔으나, 1980년대 후반 미국 GM을 중심으로 한 산업용 네트워크 기술이 제안되면서 MAP(Manufacturing Automation Protocol)이 응용되기도 했다. 이후에 짧은 기간동안 Ethernet이 사용되기도 했으나 구성에 많은 어려움과 일반성, 대중성이 없어 최근에는 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)를 기반으로 하는 인터넷이 표준으로 정리되어 가는 실정이다.

PSTN은 공중전화 교환망을 의미하며 교환기를 통하여 사용자들의 전화를 연결하여 음성 데이터의 교환 서비스를 제공하는 통신망을 말한다. 그러나 모델을 이용하면 데이터 통신 서비스도 가능하나 전송속도는 56Kbps를 넘지 못한다. 이러한 방법은 데이터를 음성대역의 아날로그 신호로 변환시켜 전화망으로 전송했었으나 망의 구축에 막대한 경비와 기간이 소요되었다. 그리고 전화망에 의한 음성 이외의 미디어 전송은 속도와 코스트면에서 적당하지 않았다. 디지털 종합정보통신망인 ISDN은 단일 통신망으로 다양한 통신수요를 효율적으로 충족시킬 수 있으며, 광 케이블 등의 도입·활용으로 전송로의 다중화 또는 대량전송으로 음성신호나 문자·도면은 물론 화상정보까지도 전송할 수 있는 장점이 있어 원격감시용으로 사용이 되었다.

MAP는 미국의 GM사가 컴퓨터와 NC 공작기계 등을 상호접속해 효율적인 생산자동화를 목표로 1980년에 개발을 시작, 1985년 LA(Laboratory Automation), OA용 프로토콜의 표준화·실장을 목적으로 TOP(Technical and Office Protocols)의 개발이 진행됐으며, 1989년 12월에는 Ver. 3.0의 사양서가 발행됐다. 일본에서는 FANUC사가 최초로 1987년 5월에 생산라인에 이를 도입하였고, 1991년 5월에는 MAP/TOP 사용자 그룹 세계연맹이 일본 국제로봇·FA기술센터(IROFA)가 개발한

FAIS(Factory Automation Interconnection System)를 세계표준으로 인정했다. 우리나라에서는 서울대 자동화시스템연구소에서 Mini MAP를 개발한바 있다. 그러나 MAP은 운영 시스템의 복잡성 때문에 더 이상 발전하지 못하고 사양 단계에 있는 실정이다.^(7,8)

원격감시 및 고장진단은 다양한 목적에 의해 다양한 방법과 측면에서 연구가 이루어지고 있으며 그 내용을 대별하면 다음과 같이 3가지로 나눌 수 있다. 첫째는 공작기계의 운용상태를 감시하기 위한 원격감시이며, 둘째는 CNC의 내부정보를 감시하여 공작기계의 상태를 점검하기 위한 감시이다. 셋째는 A/S 측면에서 고장을 접수하고 이력을 관리하기 위한 측면이다.

- 1) 가공상태감시 측면 : 가동상태감시, 진도관리, 가동실적관리
- 2) 보수 및 보정 측면 : Parameter 이용(Pitch error 등) 감시, 부하진단(Overload 등), 위치편차진단
- 3) 사후관리(A/S)측면 : 고장접수, 원인진단, 회복 지원, 알람 이력관리, 진단 이력관리

원격감시 및 고장진단기술은 CNC 메이커, 공작기계 메이커, 대학, 연구소 등에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 여기서는 지금까지 개발된 특징있는 시스템들을 소개하고자 한다.

기존에 사용중인 생산장비를 원격감시하기 위해서는 컨트롤러의 기능을 분석하고 그에 적합한 방법을 선택해 전용라인을 구축하고 1:1로 인터페이스하는 방법이 사용되었다. 이러한 예를 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 1은 독일 Waldrich Cobug사가 제안하는 시스템의 구성을 나타내는 것으로 공작기계는 모뎀으로 연결되며 원격지에 있는 프로그래밍 유니트와는 PSTN으로 연결이 된다.⁽¹¹⁾ Fig. 2는 한국기계연구원에서 개발한 시스템의 예를 나타낸 것이다. 가공 셀의 내부는 RS232C 또는 RS485를 이용해 연결되어 있으며 셀 컨트롤러는 LAN에 의해 상위 시스템과 연결이 된다. 이러한 방법은 구성이 간편한 장점은 있으나, 확장성이나 이식성에서 많은 단점을 가진다. 또한 제어구조가 계층적이기 때문에 정보교환에 많은 어려움이 있다.⁽¹²⁾

이러한 문제를 해결하기 위해 1980년대 이후부터

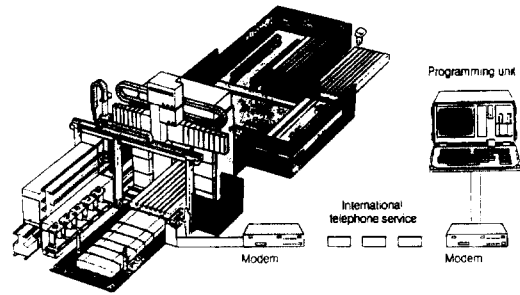


Fig. 1 Telephone remote service⁽¹¹⁾

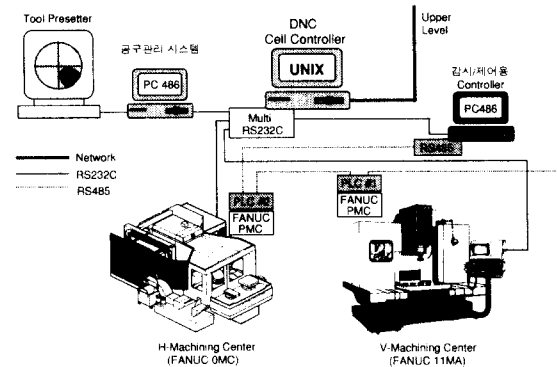


Fig. 2 Conventional remote monitoring system⁽¹²⁾

생산자동화를 위한 통신기술의 표준인 MAP(Manufacturing Automation Protocol)이 등장하게 되었다. MAP 상위 응용 프로그램인 MMS(Manufacturing Message Specification)를 이용한 공작기계의 원격진단 시스템의 구축 예를 Fig. 3에 나타내었다. 공작기계로 대표되는 자동화 기기는 공장 내 LAN(MAP)으로 상호 접속되어 있다.⁽¹³⁾ 이러한 기기를 총괄 제어하는 것은 셀 컨트롤러로서 기기의 진단도 병행하여 수행한다. 공장으로부터 원격지에 있는 감시 센터에서는 가상진단시스템이 연결되어 있는 기기의 진단을 하여 이상상태 여부의 정확한 진단이 가능하다. 공장과 감시센터는 네트워크로 연결되어 있는데, 고속이며 다량의 정보와 멀티미디어의 통신을 가능하게 하기 위해 ISDN(Integrated Service Digital Network)을 채용하고 있다.

생산장비간 통신에서의 객체지향적 개념을 도입한 MMS는 MAP의 최상위 응용계층에 위치하

며, 상위 응용계층 메시지 및 서비스 표준으로 제안되었고, 그 후 ISO/IEC 9506 표준으로 채택되었다. MMS는 CIM 환경에서 프로그램 가능한 장치 간의 메시지를 주고 받는 것을 지원하기 위해, 설계된 OSI 모델 제7층(응용 프로그램층)에서의 응용 서비스 규격이다. 즉, MMS란 공장구내를 둘러싸고 있는 통신망에 있어서 Host와 접속된 제어 대상 또는 생산장비간에 통신을 유기적으로 실시하기 위해 서비스 및 프로토콜을 규정한 것이다. MMS 표준은 공통사항 2개와 장비에 대한 표준 4개로 구성되어 있다. MMS에서 제어대상 및 생산장비는 CNC, Robot, 그리고 PLC를 말한다. MMS 동반표준(Companion Standard)중 NC 장치에 대한 MMS의 역할은 다음과 같다.^(7,8)

- 1) NC 장치의 응용을 위한, 생산 메시지의 통신 서비스에 대한 정의,
- 2) 응용기능으로 NC 모델을 정의하고, 이러한 기능과 VMD(Virtual Manufacturing Device)와의 연결에 대한 정의,
- 3) NC의 특성객체에 대한 표준명칭 제공,
- 4) NC 응용 모델 및 계층(Class)에 대한 정의

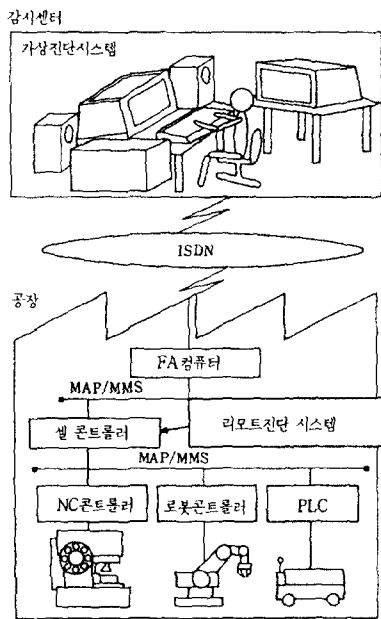


Fig. 3 Remote diagnosis system using MMS⁽¹³⁾

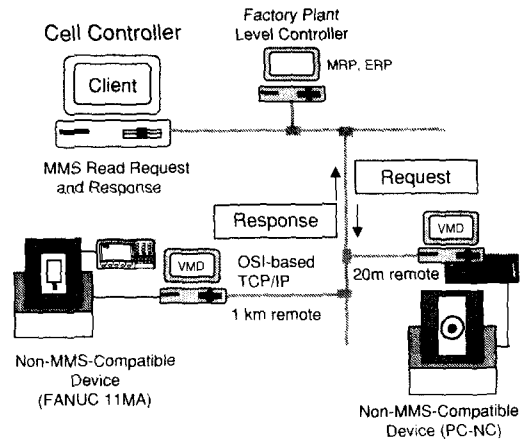


Fig. 4 Open manufacturing system using MMS service^(7,8)

Fig. 4는 한국기계연구원에서 연구된 것으로서 원격감시 형식은 유사하나 공장의 환경과의 접속은 Internet을 통해 불특정 다수에게 서비스가 가능하다는 특징을 가진다. 그림에 보듯이 본 시스템은 MMS와 호환이 되지 않는 일반 CNC와 PC-NC가 VMD Gateway를 통해 연결이 되어 있다.^(7,8)

미래의 생산시스템에서는 통신 네트워크의 역할이 중요한 위치를 차지할 것이라는 것은 FA의 분야에서는 이미 공통적으로 인식이 되고 있다. 분산형 시스템의 아키텍처나 자원공유, 상호작용 기술의 연구도 활발히 진행되고 있어 실용화된 시스템으로의 응용이 기대되고 있다.

이와 같은 연구와는 별개로 생산현장에서도 통신 네트워크 활용을 위한 구체적인 적용이 시작되고 있다. 과거에도 네트워크를 통해 상위 시스템으로부터 NC 프로그램을 CNC로 전송하기도 하고 동작기계의 상태를 감시하는 작업이 이루어지고 있었으나, 상위 시스템이 주체가 되는 일방적인 통신이 주류를 이루었다. 그러나 지금은 상위와 하위 시스템이 주체와 객체의 구분없이 서로 필요한 정보를 주고 받는 시스템의 요구에 따라 이에 적합한 통신 시스템을 CNC 메이커에서 개발하여 적용된 시스템도 소개되고 있다. 이에 대한 연구 결과를 소개한다.

일본 Mori Seiki사는 Fig. 5와 같은 "Factory Windows"라는 소프트웨어를 이용해 자사의 공장 기계에 대해 원격관리시스템을 제공하고 있다.⁽¹⁴⁾ 이는 가공공장 내에 있는 기계의 가동상황을 사무소나 집으로부터 감시하기도 하고 생산지시를 가능하게 하는 시스템으로서 1대의 PC와 복수의 NC 공작기계로 구성되어 있다.

주요한 구성으로는 ①, ②, ③이 공작기계로서 Ethernet, RS-232C, RS-422 등의 인터페이스로 PC와 접속되어 있다. ④는 각 기계에 장치된 CCD 카메라로서 인터페이스를 통하여 화상 데이터를 PC로 감시할 수 있도록 제공하고 있다. ⑤의 PC는 가공기계의 가동상황, 보수진단 데이터나 CCD 카메라에 의한 기계의 화상 데이터의 감시하며, ⑥은 Past View로 카메라로부터 화상을 디지털 화상 압축하여 메모리에 축적하고 필요에 따라 재생하여 고장추적에 사용하게 된다.

일본 Okuma 공작기계는 개방형 CNC인 @Ushop 시리즈를 시판하고 있는데 OSP8000, OSP8001이 이에 해당된다. 이러한 개방형 CNC를 갖는 공작기계를 대상으로 Fig. 6과 같은 MacMan이라는 원격감시 시스템을 제공하고 있다.⁽¹⁵⁾ 개방형 CNC를 갖는 각 공작기계는 MacMan Internet이라는 네트워크에 연결이 된다. 이러한 네트워크에 의해 Internet TV, PC 등 각 정보기기에 서비스가 가능하다. 현장에 설치된 MacMan 터미널에서는

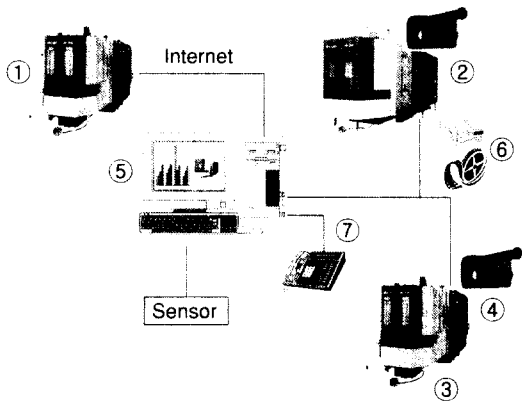


Fig. 5 Remote monitoring & diagnosis system of Moriseiki⁽¹⁴⁾

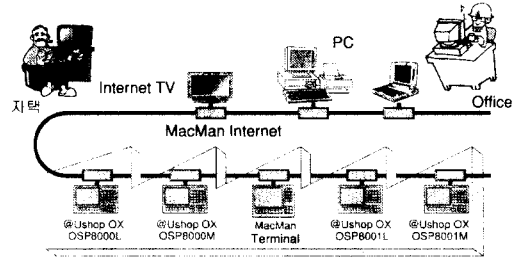


Fig. 6 Remote monitoring & diagnosis system of Okuma⁽¹⁵⁾

‘가공선택’, ‘가공정보’, ‘모니터’, ‘보고·분석’, ‘Help’, ‘Internet’ 등의 정보를 가지고 웹 브라우저로 연결이 된다. 웹 서버에서는 생산관리 툴을 가지는 ‘공정정보’, ‘가공정보’, ‘기계 모니터’, 실적표시 툴을 가지는 ‘실적정보’, ‘보수·점검’, ‘Help 정보’ 등의 정보를 제공한다.

Fig. 7은 FANUC사가 개발한 “Remote System”이라는 원격감시 및 진단 시스템을 나타낸다.⁽¹⁶⁾ 이 시스템은 CNC측의 데이터 표시/입력 처리부와 PC측의 제어부로 구성되어 있다. NC에 표시되는 화면 데이터는 스크립트 형식으로 기술되고 제어부로부터 NC로 전송된다. 표시된 화면상에서 작업자가 조작한 키 입력 정보가 NC로부터 PC로 송신되고 제어부는 키 입력에 대한 응답을 화면 데이터로서 NC에 되돌린다. NC에 표시되는 화면의 구성은 사용자가 자유로이 결정할 수 있기 때문에 현장에서 참조하는 각종의 데이터를 표시하는 화면을 미리 준비해 두고 작업자의 요구에 따라 필요한 데이터를 제공하는 것이 가능하게 된다. 데이터는 상위 시스템 측(PC)에 있기 때문에 NC측을 변경하지 않고 데이터의 갱신이나 새로운 기능의 추가가 가능하다. 화면 데이터 외에도 NC로부터 일정주기로 PC로 미리 지정한 데이터를 전송하는 기능도 제공되어 있다. 이렇게 함으로써 사용자가 감시하고 싶은 정보를 지정하는 것만으로 일정 주기로 필요한 데이터의 샘플링이 가능하게 된다. 통신 네트워크로서는 Ethernet을 추천하지만 RS-232C에 의해 접속할 수 있다.

이러한 시스템에서 제공되는 정보로는 현재 위치, 잔여 이동량, 실속도, 입출력 신호 등과 같은

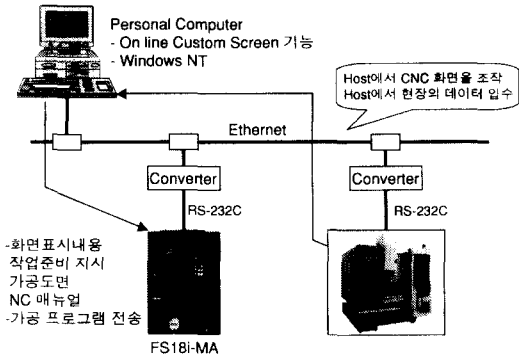
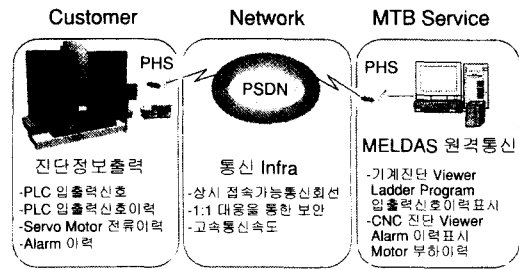


Fig. 7 Remote monitoring & diagnosis system of FANUC⁽¹⁶⁾

‘운전상황의 표시’, 설정함수 등을 자유로이 활용할 수 있는 ‘사용자 독자의 조작 패널’, 이상의 발생과 보수의 타이밍을 검출하기 위한 ‘주축부하의 감시’, ‘공구관리’, Parameter, Diagnosis와 같은 ‘데이터 관리’, 알람이력, 입출력 신호의 변화 등의 이력을 관리해 주는 ‘보수화면’, ‘대화형 조작화면’ 등이 있다.

일본 Mitsubishi 전기에서는 ‘MELDAS 원격진단 시스템’이라는 상용화된 진단 시스템을 이용해 자사 CNC를 사용하는 공장기계에 대해 원격 서비스를 제공하고 있다.⁽¹⁷⁾ 서비스는 2 종류로 나누어 이루어지는데 하나는 ‘공장기계 메이커용의 원격진단 서비스’이며 다른 하나는 ‘NC 메이커용 원격진단 서비스’이다. Fig. 8 (a)는 MELDAS 원격진단 시스템의 구성을 나타낸다. 기능은 ‘진단정보출력’, ‘통신 인프라’, 및 ‘MELDAS 원격진단 Tool Kit’로 3가지로 나눌 수 있다. 진단정보출력에서는 CNC에서 진단정보를 수집·출력할 수 있는 기능이 실장되어 있다. 정보수집 방법으로는 NC의 내부 메모리 버퍼에 항상 새로운 최신 데이터를 저장했다가 고장이 발생하게 되면 최신 NC 정보를 상위 시스템에 제공하게 된다. 통신 인프라는 일반 공중회선이나 PHS 등을 이용하며 CNC와는 RS232C를 이용한다. MELDAS 원격진단 Tool Kit는 원격지 PC에서 구동이 되는데 장애접수, 기계진단 뷰어 및 CNC 진단 뷰어 기능을 갖는다. 기계진단 뷰어에서는 장애발생 시점에서의 신호의 상황과 대상기계의 래더 다이어그램 정보를 모니



(a) System configuration



(b) Operation display

Fig. 8 Remote monitoring & diagnosis system of Mitsubishi⁽¹⁷⁾

터링할 수 있다. CNC 진단 뷰어에서는 서보 및 주축 모터의 동작이력을 표시할 수 있다. Fig. 9 (b)는 원격진단 키트를 이용해서 CNC 진단 뷰어 화면을 보여주고 있는 화면이다.

특정 CNC 메이커를 중심으로 개발한 것이 아니고 멀티 벤더를 상정하여 ‘원격감시 시스템’을 개발한 사례들도 있다.⁽¹⁸⁾ Fig. 9는 네트워크 환경에서 MES(Manufacturing Execution System)이라든지 ERP(Enterprise Resource Planning)와 연동시킬 목적으로 개발한 시스템의 예를 나타낸다. 그림에 보이듯이 MES 서버와 공장감시용 서버가 공장용 LAN에 연결되어 있음을 알 수 있다. 이러한 서버에서는 원격지에 있는 공장감시용단말기에 ‘스케줄, 제품명, 로트명에 의한 생산진척정보’, ‘생산설비의 고장발생 정보’, ‘특정공정의 완료 정보’ 및 ‘완성품의 검사결과나 화상정보’ 등을 제공하게 된다. 또한, 감시된 이러한 정보를 기초로 부하평균화를 위한 제어도 수행이 가능하다.

미국의 경우에는 공장기계업체가 많지 않은 관계로 일본과는 좀 다른 측면에서 원격감시 분야의

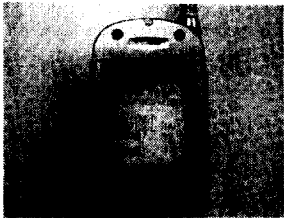
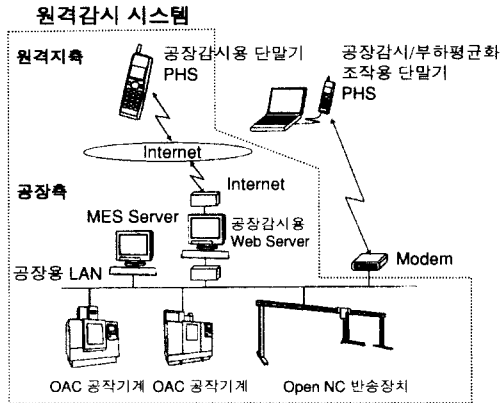


Fig. 9 Remote monitoring & diagnosis system for multi vendors⁽¹⁸⁾

기술이 발전하고 있다.^(19,20) 원격감시 및 서비스 내용으로는 프로세스 트레이닝, 통신을 통한 온라인 질문, 매뉴얼 제공, 교육 훈련 등에 대한 서비스가 이루어지고 있다. Fig. 10은 MDSI사에서 자사 컨트롤러를 대상으로 원격 서비스를 수행하는 모습을 보여준다.

우리나라의 경우에는 CNC 메이커를 중심으로 원격감시에 대한 연구가 이루어졌다. 우리나라는 90년대 중반 CNC를 개발하려는 업체가 붓물을 이룬적이 있었다. 통일중공업, (주)터보테크, 한국산전, 삼성전자, LG 산전, 대우중공업, 기아중공업, 화천기공, 현대정공 등 공작기계 업체는 모두가 참여하였다. 이렇게 활발한 개발 덕분에 1994년에는 국내시장 점유율이 26%까지 이르렀다. 그러나 CNC 기술에 대한 깊은 이해와 장기적인 비전이 없이 시작한 사업이기에 대부분의 업체는 CNC 사업에서 손을 떼고 지금은 (주)터보테크, 한국와콤전자가 사업을 영위하고 있다. 대우중합기

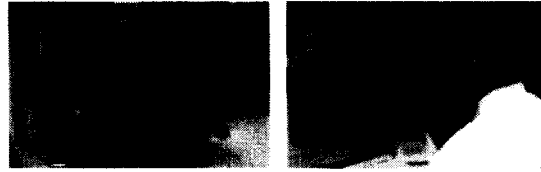


Fig. 10 Remote monitoring & diagnosis system of MDSI⁽¹⁹⁾

계는 자사 공작기계용으로만 생산을 하고 있는 실정이다.

현대정공에서는 자체 CNC 모델인 M100에 적용시킬 목적으로 공작기계의 가동현황을 컴퓨터 통신망을 이용해 제 3의 장소에서 모니터링할 수 있는 “공작기계 원격 생산관리 시스템”을 개발했다.⁽²¹⁾ 이를 Fig. 11에 나타내었다. 제공되는 서비스 정보로는 공작물정보, 공구정보, 가동률, 생산수량, 불량정보 등의 생산정보를 포함하고 있다. 이를 통해 서비스 직원이 현장을 방문하지 않고도 인터넷 등 통신망을 통해 원거리 공작기계의 이상유무를 진단, 문제를 해결할 수 있는 시스템이다.

최근에는 CNC 전문업체인 (주)터보테크에서 Fig. 12와 같이 “공작기계 원격 서비스” 기술을 개발하여 발표한 바 있다.⁽²²⁾ 공작기계 CNC 메이커인 터보테크가 최근에 개발한 e-Service는 CNC에 인터넷을 연결하여 원격지에서 공작기계의 상태를 감시하고 문제가 발생한 경우 그 원인을 파악하여 대책을 제시하고, 조정 및 교육을 할 수 있는 기능을 포함하고 있다. 또한, 공작 기계의 이력사항

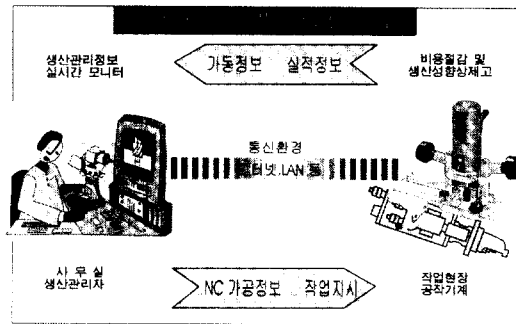


Fig. 11 Remote monitoring & diagnosis system of Hyundai⁽²¹⁾

및 문제 발생 내역 그리고 기계의 가공상황 등을 관리하여 공작기계를 종합적으로 관리할 수 있도록 하였다. e-Service 기능을 운용하기 위해서는 공작기계와 컴퓨터가 원격지에서 연결되어야 하는데, 공작기계가 사용되고 있는 현장 특성을 고려하여 LAN을 통한 인터넷 연결, 모뎀을 통한 연결 그리고 이동 전화를 통한 연결 방법 등 다양한 연결 방법을 이용할 수 있도록 하였다. e-Service 기능은 감시, 진단 및 제어 기능으로 나누어지며, 공작기계의 각종 시스템 정보와 가공 프로그램 등의 파일 송수신이 기능, 고장 원인 분석 및 해결책 제시 기능, 원격 감시기능을 통한 공작기계의 가동 상황 감시 기능, 원격 제어를 통한 공작기계의 실시간 교육 등의 기능을 포함하고 있다.

한국기계연구원에서는 기존에 연구되거나 발표된 원격감시 시스템과는 차별화된 “지능형 공작기계 고장진단 및 원격 서비스 시스템”을 개발하고 있다. 특징을 정리해 보면 다음과 같다.^(23,24)

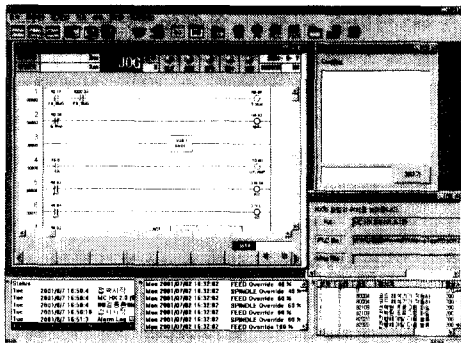


Fig. 12 Remote monitoring & diagnosis system of Turbotek⁽²²⁾

1) 효과적인 공작기계의 원격감시를 위해 공작기계의 새로운 생산 및 서비스체계를 제안했다.

Fig. 13은 새로운 제조체계를 나타내는 그림이다. 제조공정은 종전과 동일하지만 공작기계를 구성하는데 사용된 순차제어 정보와 각 요소정보를 CNC 메이커에 등록하는 절차가 추가된다. 이를 통해 제조정보는 CNC 메이커, 공작기계 메이커, 사용자 등이 공유할 수 있도록 한다. CNC 메이커는 등록된 정보를 바탕으로 지능형 고장진단 시스템을 구성하고 이를 CNC에 실장하게 된다. 이는 공작기계가 고장이 발생했을 때 고장을 진단하거나 수리를 하는데 있어 3자간의 역할분담이 용이해지며 효율적이고 신속하게 수리에 응할 수 있게 해준다.

2) 고장을 지능적으로 진단하기 위한 '지능형 고장진단 시스템'을 개발하여 이를 CNC에 실장한다.

본 기술은 개방형 CNC에 실장되는데 NC Kernel, MMI, CNC, PLC는 일반적인 NC와 동일하다. 지능형 고장진단 및 원격 서비스를 위해서는 이러한 기본기능에 두 가지의 부가기능을 필요로 하는데 그것을 FDS(Fault Diagnosis System), RSS(Remote Service System)이라 한다. FDS는 개방형 CNC에 내장되어 고장이 발생했을 때 고장

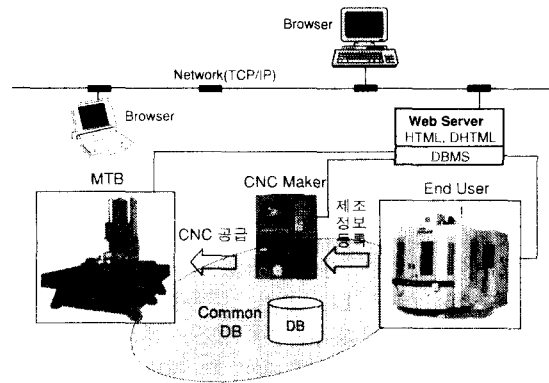


Fig. 13 Proposed new manufacturing order for machine tool manufacturing^(23,24)

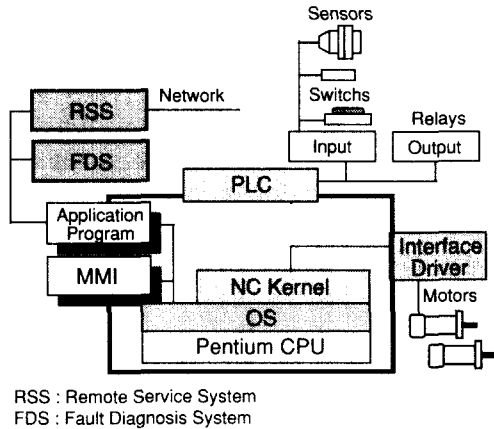


Fig. 14 Implementation of function diagram of fault diagnosis and remote service^(23,24)

이 발생한 요소를 찾아주는 기능을 한다. 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.

3) 고장을 효과적으로 진단하고 공작기계 메이커의 제조특성에 영향을 받지 않기 위해 고장진단 모델을 적용했다.

CNC 공작기계의 운전 중에 발생하는 고장원인을 진단하기 위해서는 순차제어를 수행하는 래더 다이어그램을 기반으로 해야 한다. 그러나 래더 다이어그램으로부터 고장을 검출하기 위해서는 많은 경험을 가진 보수 기술자를 필요로 한다. 본 연구에서는 전문가를 대신하여 지능적으로 고장을 진단하기 위한 효과적인 방법으로 입출력 신호간에 논리적 관계를 가지는 두 가지 진단모델 SS(Switching Function)과 SSF(Step Switching Function)를 개발하여 적용했다. 진단 모델을 만드는 주된 이유로는 각 공작기계 메이커마다 기계를 구성하는 방법에 고유한 특성을 가지기 때문에 진단 방법에 대한 일관성을 부여하기 위해서다. Fig. 15는 (주)터보테크가 생산하는 I=I라는 형상조각기에서 비상정지가 발생하는 원인에 대한 Fault Tree를 나타낸 것이다.

이러한 원인을 SF로 정리하면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$SF(ESE)=(((((-R1024.00)+(-G0.00)+(-F0.00)+(-X200.04)) \cdot (-X200.00)) \cdot ((-R1023.00)+(-R1023.01)) \cdot (-F0.01))+(-X0.07)+(-X0.05)+(-Y0.00)+(-F28.03)+(-F28.02)+(-F28.01)+(-F28.00))+X200.03)+(-X0.0F)+(-X0.0A)+(-X0.08)+(-X0.06)+(-X0.04)$$

4) 원격서비스는 인터넷을 기반으로 한다.

원격 상태감시 및 서비스 체계를 Fig. 16에 나타내었다. 서비스는 크게 3가지로 나뉘어 가동상태감시, 고장이력관리, 기계내부정보 등이 서비스 된다. 가동상태 감시정보는 상시 서비스 정보로서 정상가동인가 고장상태인가를 서비스하게 된다. 고장이력 관리는 FDS에 의해 진단이 이루어지는 ESE, CSD, MRD를 대상으로한다. 이는 고장 이벤트가 발생할 때마다 서비스하게 되는데 고장시간, 고장내역, 고

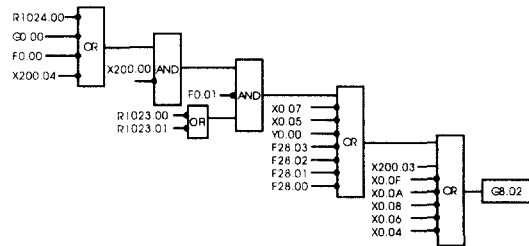


Fig. 15 Example of fault tree^(23,24)

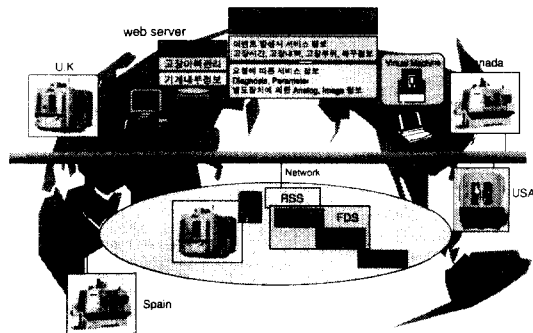


Fig. 16 REMOND(REmote MONitoting and Diagnosis) system^(23,24)

장부위, 복구정보를 서비스하게 된다. 기계내부정보는 CNC에서 FDS를 통해 고정진단이 불가능한 경우를 대비해 CNC의 진단정보나 파라미터 정보를 제공하게 된다.

3. 원격가공 및 조작기술

정보기술의 발전에 따라 원격지에 위치하는 기계를 조작한다든지 전자현미경 내의 진공 챔버속에 있는 미세한 물체를 제어하는 것이 가능해졌다. 이러한 기술이 현재로서는 시도에 그치고 있으나, 추후에는 팀 워크에 의한 의료 서비스, 산업 폐기물 처리, 원자력발전소의 해체 및 사고처리, 지진사고 현장의 처리 등에 활용이 기대되는 중요한 연구분야이다.

기계공학분야에서의 이러한 원격 조작기술의 효시는 10년전으로 거슬러 올라간다.

1991년 1월 16일, 일본 시각 오전 8시(미국 시각 1월 15일 오후 6시), 세계에서 최초로 지구의 반대쪽 미국 워싱턴에 있는 조지워싱턴 대학과 동경대학간에, 머시닝센터를 이용한 원격조작실험이 행해졌다.⁽²⁵⁾ 사용된 지능화 머시닝 센터의 외부 제어 단자는 실시간 컨트롤러와 접속되어 있으며, Inter-network를 통해 대학 내외의 워크스테이션과 연결되어 있다. 통신망은 위성에 의한 TV 회선을 사용했으며 컴퓨터 통신용의 Inter-network, 전화통화용 전화회선을 각각 연결시켜 사용하였다. 실험은 200mm 정사각형의 알루미늄 재료에 10mm의 엔드밀로 'UTKY'라고 새기고 그 아래 'GWU' 라고 새기는 것이었다.

그 후, 1992년 10월 27일부터 11월 4일까지, 동경 하루미에서 열린 공작기계전시회 현장의 컴퓨터와 조이스틱을 이용, 동경대학에 있는 머시닝 센터를 조작하는 실험을 하였으며 1994년 2월 7 일에는 제2회 미·일간 원격조작실험이 열렸다.

그 후 통신기술과 개방형 컨트롤러 기술의 발전에 힘입어 원격조작기술은 많은 발전을 거듭하고 있다. 이러한 원격가공 및 조작이 실용화되기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 기술의 개발이 필요하다.

1) Multi Media에 의한 Multi Modal 조작 환경의 전송기술

원격조작이나 원격제어를 위해 제공되는 정보는 카메라를 이용한 시각정보와 마이크로 폰을 이

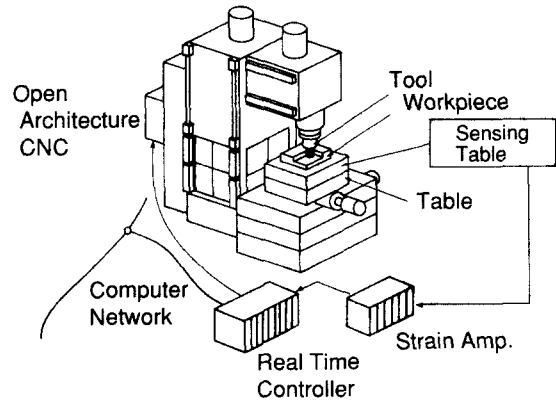


Fig. 18 Machining system for remote manufacturing⁽²⁶⁾

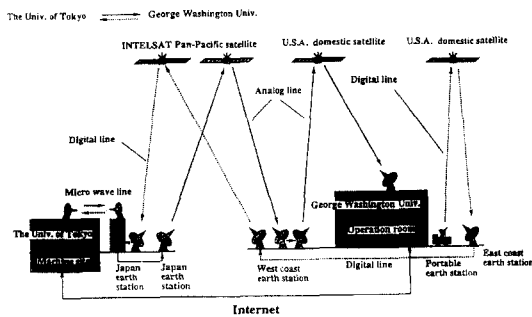


Fig. 17 Trial of a remote manufacturing system⁽²⁵⁾



Fig. 19 Operation for remote environment⁽²⁷⁾

용한 청각정보이다. 그러나 가공 표면상태를 모니터링하기 위해서는 이러한 기술이 갖는 한계 때문에 적용이 불가능하다. 따라서 특정 센서로부터 얻은 신호를 고속으로 전환하여 조작환경을 지원하는 기술이 필요하다.

2) 정보전달시 발생하는 시간지연

1.5Mbps의 고속 전용회선을 사용하더라도 500km 거리에서 원격제어를 하는 경우 약 10ms의 시간지연이 발생한다. 특히 인터넷의 경우에는 실시간 통신이 불가능하기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다.

3) Fail Safe 기술

원격조작 시스템에서는 시간지연에 의해 제어기가 불안정하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 원격가공용 공작기계에서는 Fig. 18과 같이 테이블 위에 Fail Safe Table을 두게 된다. 이러한 기술에 대한 연구가 필요하다.

4) Controller

컨트롤러는 다양한 정보를 취급하기 위해 개방형을 적용하는 것이 가장 효과적인 방법이다. 이에 대한 연구가 필요하다.

Fig. 19는 이러한 환경을 고려한 시스템을 구축하고 이를 조작하는 장면을 나타낸 것이다. 그림에서 왼쪽 상단은 손동작을 나타내고 있으며, 오른쪽 상단은 손의 위치를 실시간으로 추적하는 결과를 보여주고 있으며 왼쪽 하단은 가공되는 모습을 그리고 오른쪽 하단은 손의 추적위치와 공구위치를 나타낸 것이다.⁽²⁷⁾

이러한 원격조작기술은 다음과 같은 분야에 적용이 가능할 것이다.

- 첫째, 원격지에 있는 다수의 사람이 원격조작에 의해 협조 작업을 통한 '창조활동'이 가능하다.
- 둘째, 넓은 면적의 공장에서 다수의 기계를 집중 관리할 때 이용이 가능하며, 이를 통해 기계의 가동률을 높일 수 있다.
- 셋째, 현장, 본사, 연구소, 해외사무소 등을 상호간에 연결시켜 Teaching, Trouble Shooting 등

에 이용할 수 있다.

넷째, 복수의 설계자가 1대의 기계 또는 복수의 기계를 이용하여 설계, 가공할 수 있으며, 이를 통해 설계자와 생산기술자간의 노우하우의 공유가 가능하다.

다섯째, 위험작업, 마이크로 가공작업, 우주작업 등 많은 산업현장으로 응용분야를 확대할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 CNC의 개방화 및 통신기술의 발달로 활발히 연구가 추진되고 있는 생산장비의 원격감시, 원격고장진단 그리고 원격조작기술에 대해 기술 동향을 정리하고자 했다. 이러한 기술들은 정보기술의 발달에 의해 많은 성과가 기대되는 분야 중의 하나이지만 다음과 같은 몇 가지 기술은 해결해야 할 문제로 남는다.

- 1) CNC 공작기계를 구성하는 기술은 각 공작기계 메이커의 고유특성이 반영되는 분야이기 때문에 이에 대한 표준이 어려운 실정이다. 따라서 일반성있는 원격감시 및 진단 시스템을 구성하기 위해서는 이에 대한 연구가 필요하다.
- 2) 원격으로 생산장비를 감시하는 경우, 통신 트러블 문제, 대기시간 문제 및 CNC가 가지고 있는 정보의 유출에 대한 보안문제가 해결되어야 한다.
- 3) 원격조작기술의 경우는 원격지에 존재하는 다수의 사람들의 협조하에 연구, 제품개발 측면에서 '창조활동'의 새로운 장을 열 수 있는 가능성을 제시해 준다. 특히, 위험작업, 마이크로 가공작업, 우주작업 분야에는 많은 가능성을 제시해 주는 기술이다. 그러나, 이러한 기술이 실현되기 위해서는 Multi Media에 의한 Multi Modal 조작 환경의 전송기술, 정보전달시 발생하는 시간지연 문제, Fail Safe 기술에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김선호, 박경택, 이태억, "개방형 구조를 갖는 CNC의 연구 동향," 제어·자동화·시스템공학

- 회지, 제3권, 제5호, pp. 17-30, 1997.
2. Hu, W., Starr, A. G, and Leung A. Y. T., "Two diagnostic models for PLC controlled flexible manufacturing systems.," *International J. of Machine tools & manufacture*, Vol. 19, pp.1979-1991, 1999.
 3. Hu, W., Starr, A. G, Zhou, Z. and Leung A. Y. T., "A systematic approach to integrated fault diagnosis of flexible manufacturing systems," *International J. of Machine tools & manufacture*, Vol. 40, pp. 1587-1602, 2000.
 4. 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.
 5. Zhou, Z. D., Chen, Y. P., Fuh, J. Y. H., Nee, A. Y. C., "Integrated condition monitoring and diagnosis for modern manufacturing systems," *Annals of the CIRP*, Vol. 49, pp. 387-390, 2000.
 6. 강대천, 강무진, "인터넷 기반의 공작기계 고장 원격 진단시스템에 관한 연구," *한국정밀공학회지*, 제16권 제9호, pp. 75-81, 1999.
 7. 김선호, 김동훈, 박경택, "생산장비 객체화와 개방형 가공 셀 구축 연구(I) -생산장비 객체화-," *한국정밀공학회지*, 제16권 제5호, pp. 91-97, 1999.
 8. 김선호, 김동훈, 박경택, "생산장비 객체화와 개방형 가공 셀 구축 연구(II) -개방형 가공 셀 구축-," *한국정밀공학회지* 제17권 제10호, pp. 41-48, 2000.
 9. 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, 2000.2.
 10. 기계산업신문 기사, "공작기계산업의 IT 적용 사례와 발전방향," 2001. 7. 30.
 11. Waldrich Coburg Catalogue, *Information 2-Telephone Service*, 1993.
 12. 김선호, 이승우, 안남식, 김성복, 안중환, "DNC 시스템 개발," *한국정밀공학회지*, 제12권 제12호, pp. 19-29, 1995.
 13. 神田雄, "機械診断の知能化," *精密工學會誌*, Vol. 59, No. 11, pp.1778-1783, 1993.
 14. 米谷周, "森精機における NC オープン化への取組み," *機械技術*, 第45卷 第3號, pp. 53-62, 1997.
 15. 北出隆彦, "オークマにおける CNC オープン化への取組み -新情報化社会に向けて," *機械技術*, 第45卷 第3號, pp. 46-52, 1997.
 16. 宮田光人, "ファナックにおける CNC オープン化とその應用," *機械技術*, 第45卷 第3號, pp. 58-62, 1997.
 17. 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, 2000.2.
 18. 木村利明, "中小企業のためのオープン化技術の提案," *機械と工具*, pp. 59-63, 2000.2.
 19. <http://www.mmsonline.com>, "Long - distance CNC service," 2001.
 20. Hogarth, S., "Remote possibilities : Machine diagnostics at a distance," *Manufacturing engineering*, Vol. 122, No. 2, pp.70-78, 1999.
 21. 전자신문 기사, "공작기계 원격 관리 시스템 국산화," 1998.8.4.
 22. 한국경제신문 기사, "공작기계의 원격 서비스," 2001.8.16.
 23. 김선호, 김동훈, 이은애, 한기상, 김주한, "공작기계의 지능형 고장진단 및 원격 서비스 모델," *한국정밀공학회춘계학술대회논문집*, pp.92-97, 2001.
 24. 김선호, 김동훈, 이은애, 한기상, 김주한, "공작기계의 지능형 고장진단 및 원격 서비스 모델," *한국정밀공학회지*, (심사중)
 25. Mitsuishi, M, et al, "Trial of a remote reality-based manufacturing system in Japan operated from the United States," *Proc. Japan U.S.A. Symposium on Flexible Automation*, pp. 1491-1498, 1992.
 26. Mitsuishi, M, "Remote manufacturing," *J. of JSPE*, pp.18-22, 1998
 27. 光石衛, "遠隔加工の考え方とそのための技術," *機械と工具*, pp.15-33, 2001.1