

CORBA 를 이용한 가상기계에서의 고장진단에 관한 연구

서정완*(성균관대학교 대학원), 강무진(성균관대학교 기계공학과),
정순철, 김성환(㈜센트랄)

Fault Diagnosis in a Virtual Machine using CORBA

J. W. Seo* (Graduate School, SKKU), M. Kang(Mechanical Engineering, SKKU),
S.C. Chung, S.H. Kim(Central co.)

ABSTRACT

As CNC machine tool is one of core elements of manufacturing system, it is much important that it remains without troubleshoots. As a virtual machine is a recent alternative using IT for optimal utilization of CNC machine tool, it is a computer model that represents a CNC machine tool. But a virtual machine is still conceptual. So, in this paper, it is proposed that a virtual machine be a realistic model in the fault diagnosis module. For this purpose, the fault diagnosis system of machine tool using CORBA and fault diagnosis expert sytem has been implemented.

Using this system, we have expectations to diagnose exactly and promptly without the restriction of time or location, to reduce MTTR(Mean Time To Repair) and finally to increase the availability of manufacturing system.

Key Words : Virtual Machine(가상기계), Fault Diagnosis(고장진단), Expert System(전문가시스템), CORBA(Common Object Request Broker Architecture)

1. 서론

CNC 공작기계는 생산시스템 설비 중 가장 핵심이 되는 요소로서 고장 없이 최적의 조건에서 가동 되도록 유지하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이러한 공작기계의 최적 운용을 위해 최근 정보기술을 이용한 가상기계라는 개념이 새롭게 등장하게 되었다. 가상기계란 CNC 공작기계를 컴퓨터 모델화한 것으로서 원격지에서도 웹을 통해 모니터링 및 제어할 수 있도록 제안되었다.^[1]

본 논문은 개념상으로 제안된 가상기계를 고장진단부분에 적용시켜 구체적인 모델로서 제안하고자 한다. 실제 공작기계는 시스템 구성이 복잡하고 고장원인이 다양하여 고장 발생시 공작기계의 사용자가 스스로 문제를 해결하기 역부족이지만, 해당 공작기계를 제작하고 A/S 를 하는 공작기계 제조업체는 고장진단 및 대책에 관한 체계적인 지식을 풍부하게 축적하고 있다. 따라서 공작기계 제조업체에 공작기계 고장진단 전문가시스템을 구축하고 이

를 CORBA 와 웹을 통해 공장의 사용자에게 서비스를 한다면 훨씬 신속하고 정확하게 고장진단을 수행할 수 있을 것이다. 이는 곧 MTTR(Mean Time To Repair)를 단축시켜 생산시스템의 가용성(availability)을 향상시킬 것이며, 고장진단 결과를 CMMS(Computerized Maintenance Management System)와 연동시켜 보전업무의 자동화를 위해 활용될 수도 있을 것이다. 본 논문에서는 CORBA client 로서 가상기계를, CORBA server 로서 공작기계 고장진단 전문가시스템을 구축하여 보전인력이 가상기계에 접속만 할 수 있으면 고장진단이 수행될 수 있는 환경을 구현하였다.

2. 관련 연구

2.1. 가상기계

가상기계는 CNC 공작기계의 기능을 컴퓨터 모델로서 모사하고, 원격지에서도 마치 현장에 있는

것과 같이 공작기계의 상태를 모니터링하고 이상과 고장을 진단하여 대책을 조치하며 예방적 보전을 수행할 수 있는 시스템이다.

가상기계는 실제 공작기계에 직·간접적으로 참여하는 모든 구성원들 -작업자, 관리자, 고장진단 전문가, 보전 인력 등 - 에게 필요한 정보를 제공해야 하는데, 기업환경이 빠르게 변모하고 글로벌화에 따라 이들이 시간과 장소에 제한을 받지 않고 Web Browser 만으로도 정보이용이 가능할 수 있도록 하기 위해선 웹기반 시스템화가 필수적이라 하겠다.

가상기계에 대한 구체적인 프레임워크는 배완준이 제안한 바 있는데, Fig.1^[1]과 같이 공작기계의 PLC 와 주요 부위에 장착된 센서를 통하여 기계 상태에 대한 데이터를 입력 받아 데이터베이스에 저장하고, 지식베이스에 의하여 이상이 있을 시 증상을 추론하고, 이에 대한 해결책과 유지보수 계획을 관리자에게 전달할 수 있는 구조로 되어 있다.

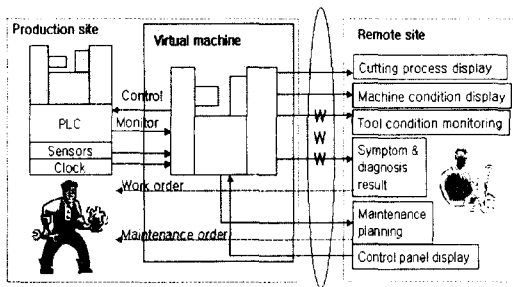


Fig.1 Total view of virtual machine^[1]

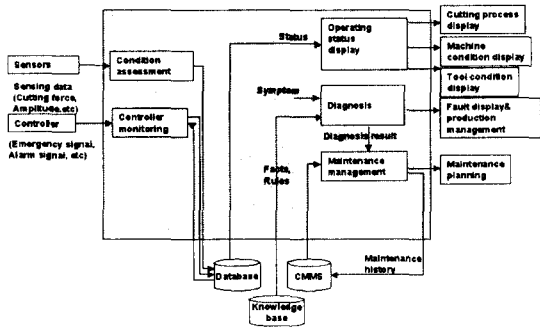


Fig.2 Configuration of virtual machine

가상기계의 내부 구조는 Fig.2 와 같이 배완준이 제안한 가상기계 구성도^[1]에서 보전관리 측면을 보완한 구성도로서, 센싱된 데이터를 처리하는 상태 판정(Condition assessment) 모듈, PLC 데이터의 저장 및 삭제 담당하는 PLC 데이터 관리(PLC data administrator) 모듈, 공정과 공구 및 기계 상태를 실

시간으로 보여주는 공정 상태 디스플레이(Operating status display) 모듈, 증상에 대한 해결책을 제시하는 진단(Diagnosis) 모듈, 보전계획 일정을 관리하는 보전관리(Maintenance management) 모듈, 공작기계의 원거리 제어를 가능하게 하는 공정 제어(Process control) 모듈로 구성된다.

2.2. 공작기계 고장진단

고장진단이란 고장 모드를 분석하여 고장 부위나 고장 원인을 찾아내는 일종의 탐색 절차라고 할 수 있다. 고장진단은 설비에서 정량적인 측정을 통해 판단 가능한 국소부위의 열화에 대해선 그 경향을 감시하고, 정성적이거나 복합적인 열화에 대해선 전문 AS 요원이나 전문가시스템 등의 도움을 받을 수 있다.

여기서 열화(degradation)란 엄밀하게 말할 경우 매우 제한적으로 사용되지만, 최대한 넓게 정의하자면, 고장까지를 포함하여 설비의 기능 저하로 이어지는 변화를 통틀어 말한다. 열화는 나타나는 형태에 따라 진행형과 돌발형으로 나눌 수 있다.^[2]

진행형 열화는 설비의 기능이 지장이 생기기 전에 열화의 증상이 나타나며, 어떤 정량적인 측정에 의해 변화를 관측할 수 있는 마모나 피로의 경우를 말한다.

한편 돌발형 열화는 예측하지 못한 원인에 의한 열화로서 잠재와 외란이 있다. 잠재는 고장의 원인이 설비 내에 잠재하고 있다가 어떤 계기로 현재화되는 경우를 말하고, 외란은 설비 운용 외적인 조건에 의해 돌발적으로 발생하여 설비의 기능에 지장을 초래하는 경우이다.

진행형 열화에 대한 고장진단은 일반적으로 On-line 방식으로 상태 변수를 감시하여 열화 경향을 분석한다. 이 경우 상태 모니터링이 핵심기술이 되는데, 공작기계의 경우, 그 대상에 따라 공구의 모니터링, 공작물의 모니터링, 공작기계 시스템의 모니터링 등으로 분류할 수 있다.^[3]

On-line 방식에 의해 모니터링 하지 못한 진행형 열화나 돌발형 열화에 대해 Off-line 방식의 고장진단이 수행되는데, 이는 고장이 발생한 후 그 원인을 분석하여 조치하기 위한 방안이다. Off-line 방식은 가장 원시적인 방법인 보전전문 인력의 경험에 의존하는 방법에서부터 FTA(Fault Tree Analysis), DT(Decision Tree)등을 이용하거나 지식 베이스 또는 전문가시스템을 이용하는 방법 등이 있다.

이중 전문가시스템은 보수 지식과 경험이 풍부하지 않은 작업자도 고장 원인을 신속히 진단하고 체계적으로 관리할 수 있는 방안이라 할 수 있다. 공작기계에 대한 고장진단 전문가시스템은 서동규^[3]가 구축한 바 있으나, 이는 Stand-alone 으로 개발

되어 있어 원격지에서 활용할 수 없다는 단점이 존재한다. 이러한 문제를 극복하기 위한 방안으로 본 논문에서는 웹기반 전문가시스템을 제안한다.

2.3. 웹기반 전문가시스템

웹기반 전문가시스템은 기본적으로 Web Server 와 Http 프로토콜을 이용하여 구현된다. Web 기술을 이용하여 전문가시스템을 개발할 수 있는 방법으로 CGI 를 이용하여 전문가시스템과 연동하는 방법, Java 를 이용하여 Applet 과 Knowledge Server 와의 인터페이스를 구현하는 방법, External Helper 프로그램을 이용하여 특정 MIME type 을 처리하는 방법 등이 있다.^[4]

이와 같은 웹기반 전문가시스템은 지식베이스와 추론엔진의 위치에 따른 Server 와 Client 의 Load Balancing 문제와, 분산환경의 구성방법에 따른 문제에 따라 다시 4 가지 모델로 나눌 수 있는데, 지식베이스와 추론엔진 등이 Server 측에 대부분 위치하여 작업하는 Server Oriented Model(Type I, Fig.3), 그것들이 Client 측에 대부분 위치한 Client Oriented Model(Type II, Fig.4), 독립적인 지식베이스와 추론엔진을 가진 각각의 Server 들은 CORBA 통신을 하고 Client 와는 Http 나 IIOp 로 통신하는 Distributed Server Model(Type III, Fig.5), 인터넷상에 여러 곳에 위치한 Client 들이 CORBA 통신으로 서로 정보교환을 하며 Server 측과는 Http 나 IIOp 로 통신하는 Distributed Client Model(Type IV, Fig.6) 등이 있다.^[5]

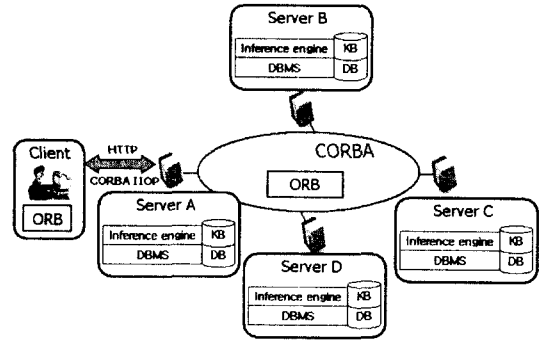


Fig.5 Distributed Server Model(Type III)

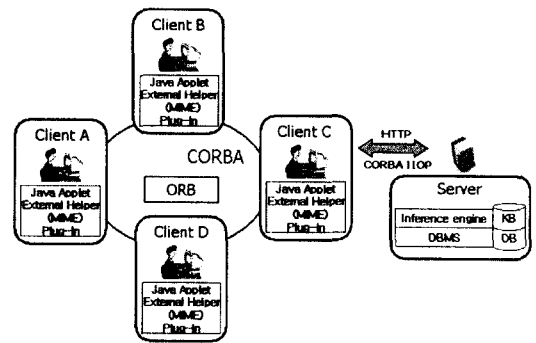


Fig.6 Distributed Client Model(Type IV)

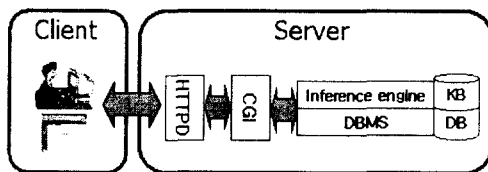


Fig.3 Server Oriented Model(Type I)

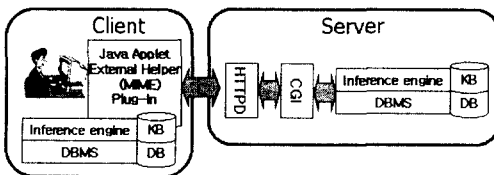


Fig.4 Client Oriented Model(Type II)

3. 가상기계에서의 CORBA 기반 고장진단 시스템 CFDS(CORBA based Fault Diagnosis System in a VM)

3.1. CFDS 의 구조

공작기계 고장진단 전문가시스템은 풍부한 경험과 숙련된 기술을 가진 고장진단 전문가들을 보유하고 있는 공작기계 제조업체에서 구축되어야 할 시스템이다. 그러나 가상기계는 현장에서 설치·가동되고 있는 공작기계의 상태정보를 처리해야 하므로 해당 기업에 설치된다.

따라서, 이러한 고장진단 전문가시스템과 가상기계의 물리적인 위치의 차이를 극복하고 Client/Server 간의 상시 연결성을 보장 받을 수 있는 방안으로 Type III 에 기반한 Java 와 CORBA 기반의 분산객체 환경을 구성해볼 수 있다.(Fig.7)

본 시스템 구현을 위해 ORB 제품으로 Visibroker 3.4 를 사용하였고, CORBA Server 측은 Windows 2000 Advanced Server 와 전문가시스템 쉘로서 Blaze

Advisor2.6 을 사용하였고, 가상기계 측은 Windows 2000 Advanced Server-IIS 5.0 을 사용하였으며 개발 언어로는 JDK1.1 및 Jbuilder3.0 을 사용하였다.

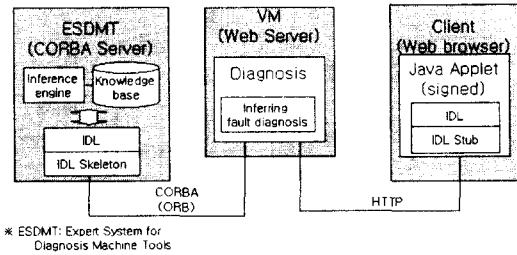


Fig.7 Architecture of CFDS

3.2. 공작기계 고장진단 전문가시스템 ESDMT(Expert System for Diagnosing Machine tools: CORBA Server)

공작기계 제조업체는 고장진단 전문가들의 추론 방식을 파악하여 고장 증상을 분류하고 각 증상에 대한 가능한 원인을 정리하며, 고장의 세부 원인을 체계적으로 추적할 수 있는 관계를 정립한다. 정의된 고장 증상을 추론하기 위해선 고수준의 추상화된 지식을 표현할 수 있는 규칙기반 추론법(RBR: Rule-Based Reasoning)을 적용시킬 수 있는데, 고장의 인과관계를 IF~THEN~의 생성 규칙(Production rule) 방식으로 표현하여 지식 베이스를 형성한다. 이렇게 형성된 지식베이스는 기존 지식을 수정 또는 삭제하거나 새로운 지식을 추가할 경우를 위해, 전문가시스템 헬프의 도움을 받아 지식의 편집 및 갱신을 위한 User Interface 를 만든다.

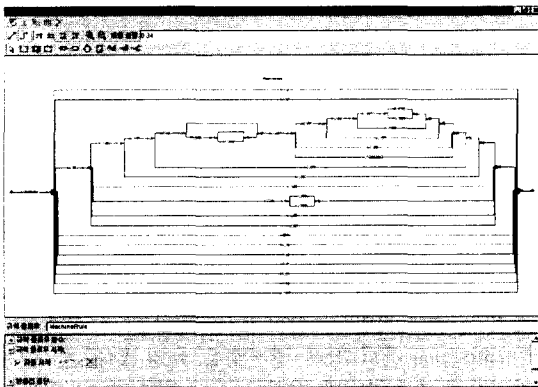


Fig.8 Example of a rule network in the KB

지식베이스가 완성되면, 공작기계 고장진단 전문가시스템은 Java API 를 이용하여 CORBA Server 측

인터페이스인 IDL Skeleton 와 연동되어 Client 의 요청을 대기하도록 활성화 된다.

3.3. 가상기계에서의 고장진단

CORBA Client 에 해당하는 가상기계에서의 고장진단 모듈은, CORBA Client 측 인터페이스인 IDL Stub 과 연동되면서 웹상에서 작동되기 위해 Java Applet 를 구현객체로 보유하고 있으며, 이 Applet 을 Client 에게 전달해 주고 CORBA 통신을 중간에서 연결시켜주는 역할을 한다.

이 Applet 객체는 CORBA Server 인 ESDMT 에 연결되면 ESDMT 의 추론엔진에 의해 요청된 질문에 대한 Dialog 창을 생성하여, 사용자가 대화식으로 문제를 해결할 수 있도록 되어 있다.

가상기계에서의 고장진단 모듈은 또한, 추론의 결과인 최종 고장원인 및 대책을 보전모듈에서 활용할 수 있도록 CMMS 에 저장할 수 있는 기능도 가지고 있다.

4. 구현 예

본 시스템을 실행하기 위해서는, 우선 Visibroker Smart Agent 를 ESDMT 와 가상기계에 함께 구동시켜야 하고, ESDMT 의 CORBA Server 프로그램을 활성화시켜 Client 의 요청을 준비하도록 해야한다.

이상의 준비가 완료되면 Client 는 언제든지 가상기계에 접속만 하면 고장진단을 할 수 있게 된다

① 이제 Client 가 가상기계에 접속하여 고장진단 모듈을 선택하면, ② 고장진단 모듈은 CORBA 모듈(IDL,IDL Stub)을 가진 Java applet 을 전송하게 되고 다운로드 완료되면, ③ Client 는 CORBA 의 IIOP 를 이용해 ESDMT 에 접속할 수 있게 된다.

이렇게 Client 와 접속이 이루어지면 ④ ESDMT 는 지식베이스를 서버측 메모리에 적재 시키고, 추론 엔진을 구동한다. ⑤ 구동된 추론엔진은 생성 규칙에 따라 고장증상에 대한 질문을 전송하고, ⑥ Client 는 대화식 화면을 통해 고장증상을 입력하게 된다. ⑦ ESDMT 는 입력받은 고장증상을 바탕으로 고장의 원인을 추론하게 되는데, 최종 고장원인 및 대책을 찾을 때 까지 ④~⑦의 과정은 반복된다.

⑧ 최종적으로 고장의 원인과 대책을 찾게 되면 그 결과를 Client 에게 전송하게 되고, ⑨ Client 는 이를 확인하게 된다. 이렇게 찾은 고장원인과 대책이 적합할 경우 보전관리를 위해 ⑩ CMMS 에 저장하여 보전관리 모듈로 전달하게 되며, 적합하지 않을 경우 ④~⑦의 과정을 다시 반복하여 적합한 결과를 찾을 수 있다.(Table 1.)

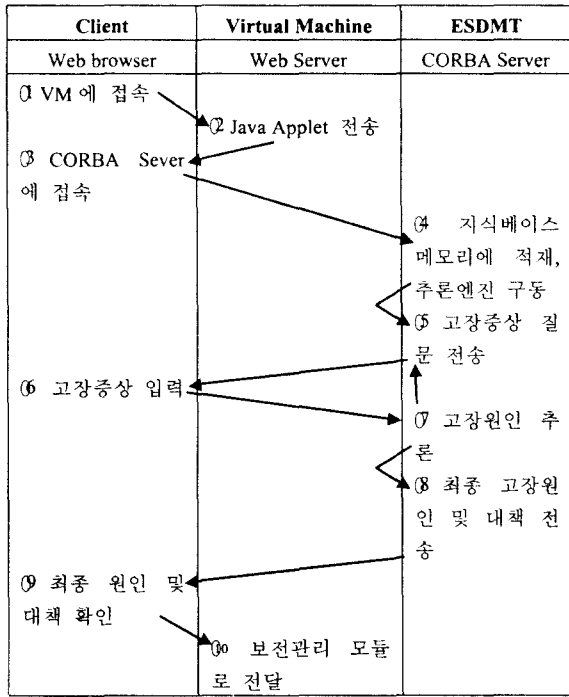


Table 1. Action flow of CFDS

Fig.9 ~ Fig.14 은 '정밀도 불량'에 대한 예로서 위 과정의 Client 화면들이다.

Fig.9 는 가상기계에 접속했을 때의 화면이다. 여기서 'Start'버튼을 누르면 가상기계를 통해 ESDMT에 접속하게 되고, ESDMT는 지식베이스와 추론엔진을 이용하여 고장증상에 대한 질문을 Client에게 보낸다.

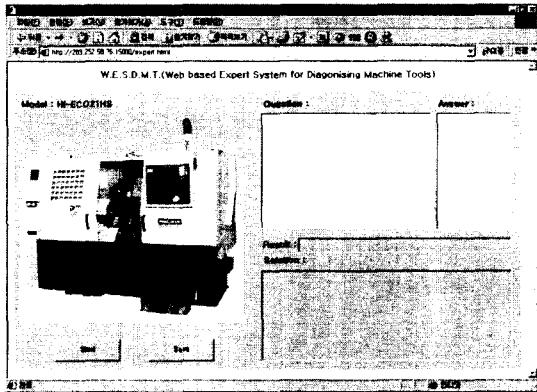


Fig.9 Connection with the fault diagnosis in a VM

Fig.10~Fig.13 은 ①~⑧의 추론과정에서 유도된 질문에 대한 대화식 화면들이다.

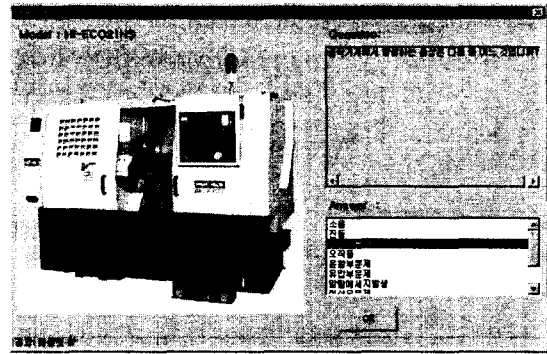


Fig.10 Query in 'Diagnose the fault of machine tools'

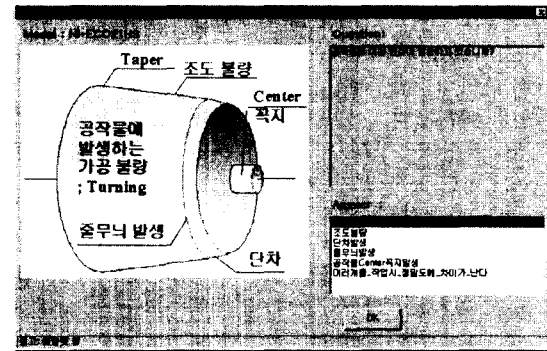


Fig.11 Question handler window in case of 'poor precision'

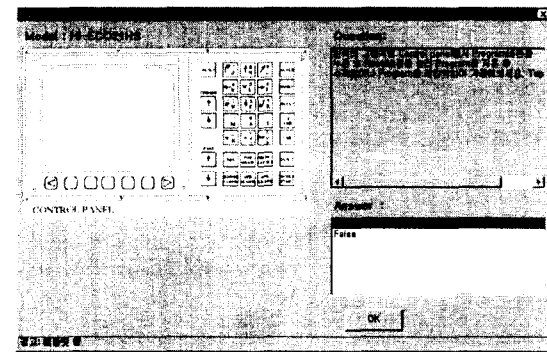


Fig.12 Question handler window in case of 'workpiece taper'

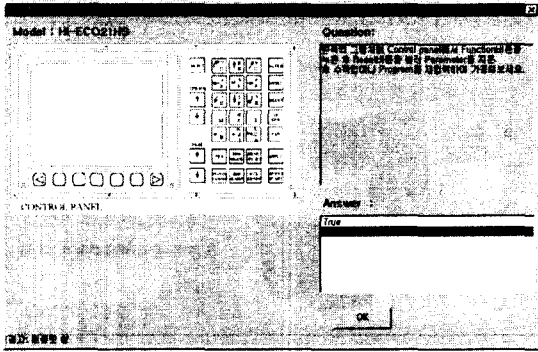


Fig.13 Question handler window in case of 'input program error'

Fig.14 는 추론의 최종결과를 보여주고 있다. Fig.10~Fig.13 까지의 질문과 응답한 내용을 오른쪽에 나타내주고, 추론결과인 고장원인과 대책을 아래에 나타냈다. 이 결과를 보전모듈로 전달하려면 'Save' 버튼을 누르고, 고장진단을 다시 원할 경우 'Start' 버튼을 누르면 된다.

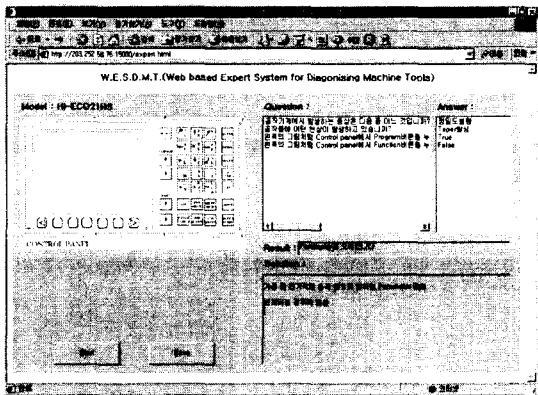


Fig.14 Display of diagnosis result with query list and trouble shooting guidance

5. 결론

본 논문에서는 개념상으로 제안된 가상기계를 고장진단 부분에 적용시켜 구체적인 모델로서 제안하였다. 본 논문에서 제안된 가상기계에서의 고장진단은, CORBA 통신을 통해, 공작기계 제조업체에는 공작기계 고장진단 전문가시스템을 CORBA server 로서 구축하고, 가상기계에서는 Java Applet 을 CORBA client 로서 구축하여 운영된다.

제시된 시스템을 실제 현장에서 적용시킨다면, 공작기계 사용자가 원격지에서라도 가상기계에만 접속하면 신속하고 정확한 고장진단을 수행할 수 있어서, 결국 MTTR 을 감소시킬 수 있고 궁극적으로 생산시스템의 가용성을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 고장진단의 결과를 CMMS 에 저장할 수 있는 기능을 통해, 가상기계가 보전관리의 자동화를 위해서도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 “첨단 생산시스템” 선도기술 개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 배완준 외, “가상기계 구현을 위한 프레임워크”, 한국정밀공학회 2000 년도 춘계학술대회논문집, pp. 270-274, 2000.
2. 大島榮次, 설비보전의 지침서, 한국표준협회, 1992
3. 서동규, 공작기계 고장 진단 전문가시스템 개발에 관한 연구, 성균관대학교 석사학위 논문, 1998.
4. 강대천, 인터넷 기반의 공작기계 원격 고장 진단 시스템 개발에 관한 연구, 성균관대학교 석사학위 논문, 1997.
5. 임규건 외, “Web 기반 전문가시스템의 구조 분석”, '97 한국전문가시스템학회 추계학술대회논문집, pp.63-73, 1997.