

가공설비의 인터넷 기반 원격 감시 및 조작 †

-Internet Based Remote Operation and Monitoring System for Machining Equipments-

정영수*
이교일*
한영근**

Abstract

Nowadays advanced manufacturing companies are trying to find a way to check the performance of their production equipments and plants from remote sites. however, it is hard to monitor the status of machine or to check the performance of the processes because the regional limitation of distributed environment. This paper presents research results in the real time monitoring of machining processes and internet_based operation of machining centers via internet, which is implemented using VRML and JAVA.

1. 서론

현재의 생산체제는 빠르게 변하는 시장상황에 부합하고 다양한 소비자의 욕구를 충족시키기 위하여 대량생산 체제에서 다품종 소량생산으로의 전환되었고 이를 위한 구체적 생산 시스템으로 유연 생산 시스템과 같은 모델이 제시되었으며, 분산된 생산 환경의 이산 데이터 관리를 위하여, 객체 지향 기술이 이용되고 있다. 이러한 생산 시스템의 효율적 관리를 위해서 생산 현장에 대한 실시간 모니터링이 아주 중요하다. 그런데 생산현장과 이를 통제하는 통제실이 지리적인 이유로 서로 떨어져 있을 경우, 실시간으로 생산현장을 구성하는 기계에 대한 정보를 얻거나, 직접 기계를 조작(Operation) 하는데 한계가 있다. 자동화된 무인작업 현장이나 해외 생산 현장 혹은 협력 업체의 생산 현장의 상황 등 이러한 한계가 드러나는 곳이 많다.

현재 빠르게 발전하고 있는 인터넷 기술은 사용자가 공간적 제약을 뛰어넘어 손쉽게 원하는 자료를 획득하고 배포할 수 있게 해준다.

† 이 연구는 서울대학교 제어계측신기술 연구센터의 지원으로 수행되고 있으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

*서울대학교 기계설계학과 · **명지대학교 산업공학과

본 논문에서는 이러한 인터넷 기술을 생산 현장의 관리에 이용하여 생산 현장의 관리자가 공간적, 지리적 한계를 넘어 생산 현장의 제반 상황에 대한 데이터의 실시간으로 획득하고 이와 더불어 가상 현실 기법을 이용하여 인터넷을 통해 기계에 대한 원격 조작할 수 있는 시스템을 제안하고 이에 대한 상세한 구현 방법에 대하여 기술하고자 한다.

2. 시스템의 구성

2.1. 가상 생산 시스템

본 연구에서의 가상 생산 시스템의 의미는 인터넷을 통하여 주문, 발주, 출하, 관리가 이루어지고, 인터넷상에서 설계, 생산을 가상적으로 수행하는 시스템이다. 가상 생산 시스템에서 생산 현장의 모니터링은 생산 현장을 구성하는 기계류의 거동을 엄밀하게 모델링하고 모델링된 가상의 기계와 실제 생산 현장의 기계 거동을 동기화 시킴으로써 이루어진다.

그림 1.은 한 생산 현장을 모사한 인터넷 기반 가상 공장을 나타낸다. 대상의 공장에서는 1대의 AGV, 1대의 자동창고와 조립라인을 구성하는 Conveyor, 3대의 Robot 그리고 드릴링과 밀링 작업을 수행하는 2대의 머시닝 센터로 구성된다.



그림1. Virtual Factory

가상 공장의 하부 구성 요소인 이들 가공 기계류는 객체 지향 기법을 사용하여 개별적으로 모델링되어 데이터들이 관리된다. 여기서 객체화된 각각의 가상 기계는 인터넷을 통하여 데이터를 주고받는다.

본 논문에서는 가상 공장을 구성하는 이들 기계중 하나인 머시닝 센터를 대상으로 시스템을 구현하였다.

2.2. 머시닝 센터의 원격 감시 시스템

본 연구에서 구현한 시스템은 크게 두 부분으로 구성되었다. 실제 기계에서 데이터

를 획득하고 명령을 수행하는 서버와 인터넷을 통하여 사용자가 원격지에서 접속한 뒤 서버와 통신을 통하여 기계로부터 데이터를 받고 또 사용자로부터 명령을 입력받아 서버로 그 정보를 보내주는 클라이언트 부로 나뉜다.

클라이언트는 인터넷 표준 3차원 모델링 언어인 VRML과 JAVA Applet으로 구현하여 다른 도구 없이 인터넷 전용 브라우저만으로도 기계에 접근하도록 구현하였다. 이는 사용자가 실시간으로 기계 상태를 나타내는 데이터를 보며 3차원으로 모델링된 가상의 머시닝 센터의 움직임에 따라 마치 기계를 직접 보면서 조작을 하도록 하는 가상 현실 기법을 이용한 것이다.

특히 실시간으로 기계를 조작하는 On-Line 모드와 서버쪽에 부착된 별도의 시뮬레이션 모듈로부터 데이터를 수신, 전송하여 원격지의 사용자가 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하는 Off-Line 모드를 제공한다. 이는 사용자가 기계에 실제 명령을 수행하기 전에 시뮬레이션 함으로써 실제 기계의 원격지 운전 중에 발생할 수 있는 상황과 기계의 상태를 미리 점검하기 위함이다.

그림2. 는 전체 시스템의 구성을 보여준다.

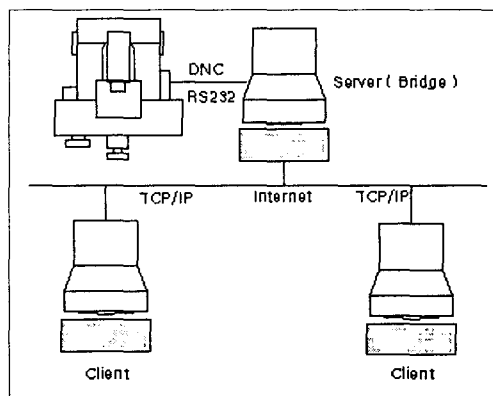


그림 2. 전체 시스템의 구성

2.2.1. 서버

서버는 On-Line 모드에서 기계로부터 기계 상태에 대한 데이터를 전송 받고 사용자의 기계에 대한 조작 명령을 기계로 전송한다. 그리고 Off-Line 모드 일 때 별도로 서버와 통신 가능한 시뮬레이터와 통신하고 통신 결과를 클라이언트로 전송하는 역할을 한다.

본 시스템에서의 서버는 Windows NT Server를 사용하여 웹서버로 구축되었다. Visual Basic으로 작성된 서버는 JAVA 로 작성된 Client 와 Socket을 통해 데이터를 전송한다. 서버는 기계와 연결되어 기계에 가공 프로그램을 다운로드하고, 기계의 컨트롤러로부터 기계의 상태를 수신하는 기계 연결부와 기계로부터 수신된 데이터를 정의된 데이터 패킷형태로 변화하여 클라이언트로 전송하는 클라이언트 연결부, 그리고 기계를 대신하는 시뮬레이터와 통신하는 시뮬레이터 연결부로 구성된다.

기계 연결부는 현재 개발중이며, 서버와 통신을 하는 기계의 Controller는 사제품임을 가정하고 있다. 모니터링을 수행하는 기계의 상태는 해당 컨트롤러로부터 얻을 수 있다고 가정하고, 그 중요도에 따라 기계의 파손과 가공품의 품질에 대한 영향을 고려하

여 주축의 현재 위치, 스피들의 회전 속도, 현재 사용되는 공구의 정보 등으로 제한하였다. 특히 공구의 정보는 툴 매거진에 있는 모든 공구에 아이디를 부여하고, 공구가 사용될 때 마다 공구의 사용조건 (가공품의 재질, 공구 회전수, 가공 시간, 절삭유 사용 여부, 절삭유 사용 시간)이 데이터 베이스에 저장하여 공구의 이력을 관리한다. 그림 3.에서와 같이 해당 기계의 상태를 객체화하여 기계의 상태에 대한 데이터를 관리한다. 이와 별도로 데이터 베이스에 저장되는 공구에 대한 정보는 그림 3.와 같은 형태로 관계형 데이터 베이스에 저장된다.

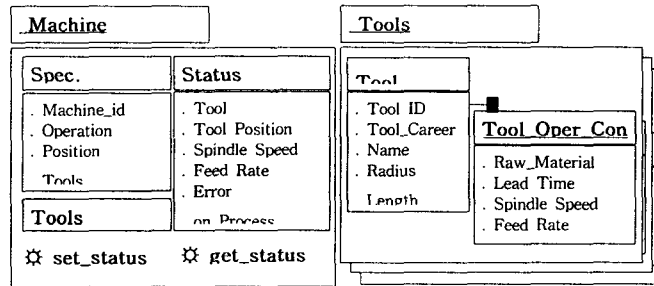


그림3. 기계 정보의 데이터 모델

클라이언트 연결부는 Visual Basic Socket Control을 이용하여 구현되었다. Client로부터 접속 요청이 있을 때, Client 에 가상 머시닝 센터의 VRML 파일과 JAVA Applet이 다운로드 되고, 기계에 대한 모니터링이 시작되면, JAVA Socket 과 서버의 VB Socket Control이 인터넷을 통해 통신하게 된다. 이때, 클라이언트 연결부는 실시간성을 보장하기 위해, TCP Protocol로 해당 데이터 패킷을 Time Stamp와 함께 클라이언트로 전송한다. 클라이언트로 전송된 데이터 패킷은 클라이언트 쪽에서 필요한 형태의 가공과정을 거친다.

시뮬레이터 연결부는 시뮬레이션 모듈과의 통신을 위한 것으로, 기계를 대신하는 시뮬레이터로부터 기계에서 얻을 수 있는 기계 상태 정보와 동일한 정보를 획득하여 클라이언트 연결부로 그 정보를 넘겨준다. 본 논문에서는 시뮬레이션 모듈을 가정된 조건하의 시나리오로 테스트하기 위하여, 별도의 NC-Code 해석 프로그램을 구현하였다. 구현된 시뮬레이션 프로그램에서는 주어진 조건에 대하여 그림 3.에서 정의한 기계 정보 모델의 기계 상태 정보를 출력하여 서버에게 그 정보를 넘겨준다.

2.2.2. 클라이언트

클라이언트는 원격지에 있는 사용자가 웹 브라우저를 사용하여 서버에 접속할 때, 가공 기계와 동일한 거동을 하는 3차원으로 모델링 된 가상 가공 기계의 모습을 보여 주고, 기계의 상태를 수치화 된 표로 보여주는 사용자 인터페이스를 제공한다. 또한 클라이언트는 원격 조작을 위한 조작 패널을 제공하여, 사용자로 하여금 기계의 축 이송, 가공프로그램 다운로드, 공구 바꾸기, 공구 이력 보기 등의 기능을 수행할 수 있도록 한다.

클라이언트에서 제공하는 가상 머시닝센터의 3차원 모델은 Tool Path를 나타내는

Line Rendering 과 가공품의 가공중의 변화되는 모습을 3차원 모델로 표현한 Solid Rendering 의 두 가지 형태를 사용자가 선택할 수 있다.

기계의 3차원 모델과 가공품의 가공중 Solid Model 은 VRML로 구현되었으며, 그 모델에 대한 사용자 조작과 기계에 상태 변화에 대한 모델에의 반영과 사용자 조작 패널의 GUI는 JAVA Applet으로 구현되어 처리하고, VRML과 JAVA Applet간의 통신은 JAVA EAI를 통해 구현하였다.

2.2.3. 서버/클라이언트 통신

서버와 클라이언트 통신은 인터넷을 통하여 TCP/IP Protocol을 사용하여 정보를 주고받는다. 해당 정보는 일정한 형식의 데이터 패킷의 형태를 지니고 있는데 그 형식은 표1.과 같다.

표1. Packet Definition

Data	Packet	Data	Packet
Tool Position	P[X#.#Y#.#Z#.#]	Tool ID	T[#]
Spindle Speed	S[#]	Program	@[#]
Feed Rate	F[#]	Command	%[#]
Error	E[#]	Product	p[S#,P#.]
Data Request	\$	Connect	C[On]
EOB	!	DisConnect	C[Off]

서버가 기계로부터 기계 상태 정보를 획득하는 것은 클라이언트의 요청이 있을 때 이루어진다. 클라이언트의 요청의 시기는 클라이언트 컴퓨터의 성능에 따라 틀려지게 되는데, 이는 서버로부터 받은 하나의 데이터 패킷을 클라이언트가 처리하는 동안 서버는 대기 상태에 있어야 하기 때문이다. 클라이언트가 데이터를 처리하고 VRML로 이루어진 가상 머시닝 센터에 해당 데이터의 반영이 완료되었음을 클라이언트내의 감시 Thread가 감지를 하면, 다음 차례의 데이터를 전송해줄 것을 서버에 알린다.

3. 구현 사례

본 논문에서 구현한 시스템은 기계로부터 기계 상태 정보를 받아 이를 원격지의 사용자가 인터넷상에서 브라우저와 브라우저에 설치된 Cosmo Player Plug-in을 이용하여 기계의 움직임과 그 상태 그리고 가공품의 가공 상태를 모니터링 할 수 있다. 이번 연구에서 사용된 대상 기계는 하나의 중소형 머시닝 센터이다. 그리고 Off-Line 모드에서 제공하는 시뮬레이션 기능의 테스트를 위하여 Visual Basic으로 작성된 NC Program 해석기를 개발하여 만족된 결과를 얻도록 하였다.

그림 4.는 대상 기계를 모사한 가상의 머시닝 센터이다. 이는 사용자가 서버에 처음 접속했을 때 나타나는 모델이다. 사용자가 처음 접속을 하면, 머시닝 센터의 VRML 파일이 다운로드 되고, 이와 동시에 가상 머시닝 센터의 초기화 과정이 진행된다.

클라이언트는 서버에 현재 가공품의 크기와 가공 상태 (공구, 공구의 위치, 스핀들 속도 등)를 요청한다. 초기화 작업이 끝나면, 바로 서버와 클라이언트간의 대화를 실시

한다. 사용자는 브라우저에 있는 가상 머시닝 센터의 가공 진행중에 마우스를 사용하여 머시닝 센터 내부와 가공품의 주위등의 3차원 공간을 Navigation 할 수 있다.

가상 머시닝 센터의 전체 모델에서 공구 부분을 마우스로 클릭 하거나, 사용자 인터페이스 조작 패널의 가공품 보기 버튼을 누르면, 그림 5와 같이 가공품의 가공 중 공구 움직임 부분만을 자세히 볼 수 있다.

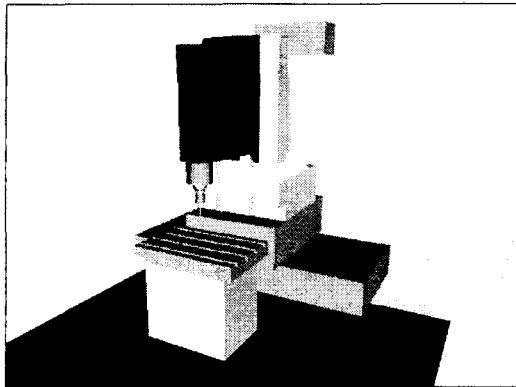


그림 4. 가상 머시닝 센터

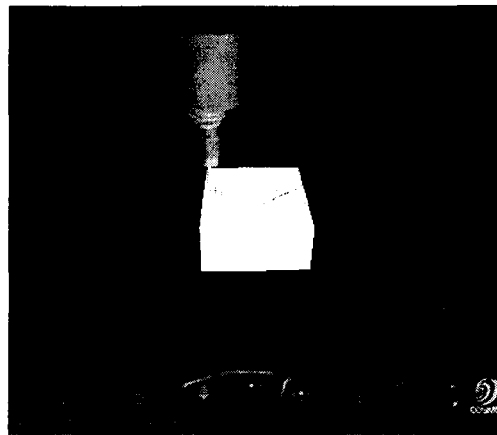


그림 5. 가공 중 Tool의 움직임

사용자는 가공품의 형상을 3차원 Solid 모델과 Tool Path 에 의해 생긴 Line 모델로 선택하여 볼 수 있다. Solid 모델의 경우 클라이언트에 연산 시간의 지연으로 심한 속도 저하와 모델로의 Navigation 시에 부드럽지 못한 Rendering 등의 문제가 발생한다. 이에 반해 Tool Path 에 의한 Line 모델은 기계의 움직임과 거의 같은 속도로 모델이 Rendering 된다. 그림 6.은 가공품의 Solid 모델과 Tool Path의 모습을 나타내고 있다.



그림 6. 가공품의 Solid Model 과 Tool Path

4. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 원격지의 가공 기계를 인터넷을 이용하여 모니터링하고 조작하는 시스템을 개발하고 구현하였다.

본 연구에서 구현된 시스템에서는 서버를 통해 기계의 상태를 클라이언트로 전송하고 클라이

언트는 VRML과 JAVA Applet으로 구현되는 가상 기계에 그 상태 정보를 반영한다. 이 가상의 기계를 통하여 사용자는 실제 기계를 감시 할 수 있으며, 또한 실제 가공 기계에 대한 기본 조작을 할 수 있다.

현재 진행중인 이 연구는 가공품이 Solid Model일 때 클라이언트 부하가 심하여 실시간 모니터링에 한계가 있고 기계로부터 얻을 수 있는 기계 상태 정보의 종류도 제한 되어있다. 그리고 JAVA Applet의 보안 문제로 클라이언트 쪽의 컴퓨터 자원에 대한 접근이 허용이 되지 않음으로 기계에 직접 NC 프로그램을 다운로드 하는 것이 불가능하여 이에 대한 개선을 연구 중에 있다.

참고 문헌

- [1]. 이교일, 한영근, 노상도, 공상훈, 이성근, "인터넷 기반 가상 공장 운영 모델", 대한산업공학회 '98추계 학술 대회 논문집, Session C44.3.
- [2]. Igor A. Goncharendo, Kazuo. Mori and N. Kasashima, "Strategies to Develop a Telemonitoring Technology for Machine Tools via The World Wide Web", *PIISM '96*, 1996, pp. 14.1 - 14.12
- [3]. Ames, A., "VRML Sourcebook 2.0", Wiley, 1998
- [4]. Campione, Walrath, "The Java Tutorial", Addison Wesley, 1997
- [5]. Onosato, M., Osaki, S., Nitano, M., Teramoto, K., "Working in a Digital Factory: Interface between Human and Virtual Manufacturing Systems", *Proceedings of the 31st CIRP International Seminar on Manufacturing Systems*, 1998, pp.282-287.