

웹기반 유연생산시스템 사용자 인터페이스

박제웅* · 김원중**

*조선대학교 선박해양공학과

**조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터

A Study on the User Interface of Web-based Flexible Manufacturing System

JE-WOONG PARK*, WON-JUNG KIM**

*Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun University, Gwangju, Korea

**Factory Automation Research Center for Parts of Vehicles, Chosun University, Korea

KEY WORDS: Web-based FMS 웹기반 유연생산시스템, User Interface 사용자 인터페이스, GUI 그래픽 사용자 인터페이스, API 응용 프로그래밍 인터페이스, V/R 가상현실, Feature-based Modeling 특징형상모형화, Cartoon Rendering 카툰렌더링, Gadget 장치도구

ABSTRACT: A practical method to investigate the user interface of web based Flexible Manufacturing System(FMS) on the internet environment is established. Because the industrial FMS controller requires a lot of gadget, such as switch, dial, button, etc., for actual work-site flexible operation sufficiently, the user interface of the controller is significantly complex. The support for operational convenience of FMS controller can increase productivity and efficiency of the user, operational personnel of FMS. While most FMS provide their application programming interface(API) and graphical user interface(GUI) with adequate mechanism itself when used in stand alone, there is increasing demand for FMS that can operate with the intuitional user interface and virtual reality(V/R) environment. This thesis considers the intuitional user interface of Web-based FMS first, and from this, goes a step further, improves as virtual reality environment of FMS on the internet environments by using the feature based modeling technique approach and cartoon rendering. The feature-based modeling technique approach is applied to FMS line which is consist of facilities such as machining center, CNC lathe, autonomous guided vehicle, rail guided vehicle, and various controllers. In this study, the FMS established the intuitional user interface is able to obtain not only the operational convenience but also the enough productivity and significant efficiency.

1. 서 론

유연생산시스템(FMS; Flexible Manufacturing System)의 운용은 동적일정계획기법(dynamic scheduling algorithm)을 탑재한 시스템 제어기(system controller)에 의해 자동으로 이루어지지만 해당 기법에서 예상치 못한 상황(exceptional condition)의 발생에 대한 작업자의 개입(manual operation)이 필요하다. 이와 같은 예외상황은 정형화된 수학적 접근법(algorithm)의 한계에 직면하였으며 이를 해결하기 위해 발견적 방법(heuristic method)을 통한 사례별 경험적 해결방안도 다각적으로 모색하였으나 사용자의 개입을 완전히 배제한 자동운전은 현실적으로 불가능하였다. 따라서 유연생산시스템은 동적일정계획기법과 사용자의 직접 조작을 동시에 지원하고 있다.

본 연구에서는 유연생산시스템 사용자의 직접 조작을 지원하는 사용자 인터페이스를 개선하고자 한다. 사용자 인터페이스의 개선을 위해 콘솔(console), 그래픽(Graphical User Interface; GUI), 가상현실(Virtual Reality; VR)의 3가지 분야에

대한 접근이 시도되었다. 사용자 인터페이스의 구현을 위해 프로그램, 플랫폼(platform), 네트워크 지원에 대한 고찰도 함께 이루어졌다.

유연생산시스템 사용자 인터페이스의 개선은 실시간의 직관적(look and feel)인 제어를 목적으로 하고 있다. 이를 통해 유연생산시스템의 운용중 돌발상황에 즉각적으로 손쉽게 대처할 수 있게 하여 생산성과 효율성에 기여하고자 한다.

2. FMS 사용자 인터페이스

2.1 FMS 프레임워크 인터페이스

본 연구에서 다루려고 하는 FMS사용자 인터페이스를 고찰하기 위하여 시스템의 전체적인 인터페이스 구성에 대해 설명하고자 한다. Fig. 1은 시스템 프레임워크 인터페이스의 구성을 나타낸다. 기계와 밀접히 접촉할 수 있는 기계어 코드와 프로토콜(protocol)의 저수준(low level)에서부터 인간 친화적인 고수준(high level)까지의 인터페이스 상관관계를 계층적 구조로 나타낸다. 네트워크 레벨은 FMS 기계와 직렬통신 케이블(RS232C)로 연결되어 DNC(Distributed Numerical Control) 프로토콜을 사용하여 가공지령을 내린다. 또한 UTP(RJ45 type) 랜(LAN)케

이블이나 동축케이블(BNC)과 연결하여 인터넷으로 정보를 주고 받는다. 플랫폼 레벨은 하드웨어에 탑재된 운영체제를 나타내며 프로그램의 실행환경이다. 운영체제의 파일시스템과 하드웨어 기본 장치 드라이버를 포함한다. 프로그램 레벨은 데이터베이스, 인공지능, 응용프로그램을 포함하며 확장된 장치 드라이버도 포함한다. 사용자 인터페이스 레벨은 콘솔(Console), 그래픽 사용자 인터페이스(GUI), 가상현실(Virtual Reality)환경을 포함한다.

본 연구에서는 시스템 인터페이스의 최상층(the upper layer)인 사용자 인터페이스를 위주로 고찰하고자 한다. 사용자 인터페이스는 사용자와 응용프로그램 사이의 인터페이스이다. 즉, 사람이 응용프로그램 실행을 조정하여 실행 과정과 결과를 인식할 수 있는 수단이다. 명령라인(command line)을 입력하는 방식의 콘솔(console), 그래픽 심볼(symbol)을 다루는 방식의 그래픽 사용자 인터페이스(GUI), 그리고 사람의 감각기관에 관여하여 인식세계를 생성하는 가상현실(VR)이 있다. 본 연구에서 위 3가지 사용자 인터페이스를 모두 적용하여 시스템을 개발하였다.

개발자에게 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 제공해주는 Motif, MFC, OWL, 그리고 WinAPI 등이 있다. 가상현실의 경우 체감형 감각장치의 경우 표준화 및 일반화가 미비한 상태이다. 현재 OpenGL, DirectX 등으로 4차원 시각화(Visualization)와 오디오 사운드 음향(audio sound acoustics)을 지원해주는 수준의 기술이 일반적으로 사용된다.

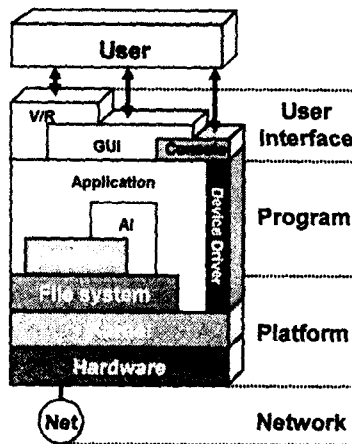


Fig. 1 System Framework Interface

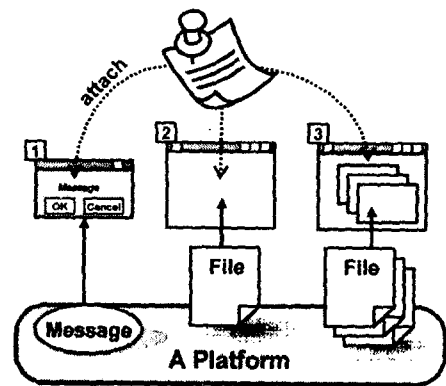
2.2 FMS 애플리케이션 사용자 인터페이스

본 연구에서는 응용프로그램과 사용자를 이어주는 사용자 인터페이스 레벨을 고찰하고자한다. 윈도우(Windows) 그래픽 사용자 인터페이스(GUI) 환경에서 프로그래밍은 뷰-다큐먼트 모델(View-Document Model)을 기반으로 한다. 윈도우 프로그래밍은 객체지향 프로그래밍(object oriented programming)을 통해 재사용성(reusability)을 높여 소프트웨어 제작에 있어서 높은 생산성을 발휘한다. 뷰-다큐먼트 모델은 데이터 처리 클래스(class)와 가시화 클래스부분을 분리하여 프로그래밍의 일관성을 유지하고 소스코드의 가독성(readability)과 재사용성을 높여주

는 개발자동화 기능을 갖춘 위자드(wizard)에 적용되어 개발자를 돕는다.

뷰-다큐먼트 모델은 다큐먼트 클래스(document class)의 인스턴스(instance)에 따라 뷰 클래스(view class)와 인터페이스가 다르다. Fig. 2는 MFC에서 제공하는 표준적인 3가지 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(Application Programming Interface)를 나타낸다. Fig. 2에 나타낸 것과 같이 뷰-다큐먼트 모델에는 1개의 다큐먼트 인스턴스를 다루는 단일 다큐먼트 인터페이스(Single Document Interface; SDI), 2개 이상의 다큐먼트 인스턴스를 동시에 처리할 수 있는 다중 다큐먼트 인터페이스(Multi-Document Interface; MDI), 그리고 다큐먼트 인스턴스 없이 메시지(message)를 처리하는 대화상자 기반 윈도우(Dialog-based Window)가 있다.

본 연구에서는 앞서 언급한 기존의 각 뷰-다큐먼트 모델에 독립적인 신규 부가 다큐먼트를 Fig. 2와 같이 첨부(attach)시킬 수 있는 새로운 인터페이스 모델을 개발하였다. 신규 모델은 부가 다큐먼트가 기존의 각 뷰-다큐먼트 인터페이스들 사이를 옮겨 이동할 수 있다. 또한 부가 다큐먼트는 기존 다큐먼트와 상호 호환이 가능하다. 새로 고안된 부가 다큐먼트 모델은 서로 다른 응용프로그램 사이의 정보공유에 활용할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같이 시스템의 새로운 프레임워크(frameworks)를 개발하여 사용자 인터페이스를 시스템의 하부구조(infrastructure)에서부터 개선하였다.



- 1 Dialog-based Window
- 2 Single Document Interface
- 3 Multi-Document Interface

Fig. 2 Application Programming Interface

2.3 FMS 애플리케이션 네트워크 인터페이스

본 연구에서는 기존에 발견적 방법(heuristic method)을 통해 Fig. 3과 같이 제안된 원격 다중주문자를 위한 기업형 FMS의 인터넷기반 공유방법에 따르는 생산모형을 기반으로 시스템을 구성하였다. Fig. 3에 개념적 도식을 통해 제시한 웹 에이전트 기반 FMS모형은 제조환경에 따른 FMS공유구조의 가능성을 확인할 수 있다. 여기서 채용한 웹 에이전트(Web agent)는 생산업체의 관리자와 같이 운영제어시스템과 내부통신을 통해 제

한된 범위 내에서 시스템을 모니터링 할 수 있으며 이와 같은 서비스는 인터넷을 통해 제공되므로 인터넷에 연결된 다른 생산업체(A생산업체)나 주문업체(B주문업체, C주문업체)가 공개된 FMS설비를 공유할 수 있는 개념이다. 이와 같은 개념적 모형을 현업에서 적용할 필요성이 제기되며 이를 위해 실제 FMS 설비를 대상으로 개념을 적용할 수 있는 방안이 고려되었다. 생산업체에 해당하는 부분을 웹 에이전트(Web Agent)가 대체하였으며 생산업체는 네트워크로 연결된 별도의 경로를 갖는다. 생산업체는 직접 운용제어시스템을 관리자가 조작하여 FMS설비를 운전하고 보전할 수 있다. FMS를 외부에 공개하여 공유하기 위해서는 공개의 범위와 공유의 한계라는 현실에 직면하게 된다. 공유의 한계는 외부 FMS와 연결 경로를 구축할 게이트웨이(gateway)를 FMS 설비의 어디에 어떻게 설치하는가에 관한 공간적 제약조건이다. 공개의 범위는 FMS를 외부에 공개할 경우 시스템의 통제권한을 누구에게 어느 정도까지 제공해야 하는가에 관한 보안 및 인증 사항이다. (박제웅, 2003)

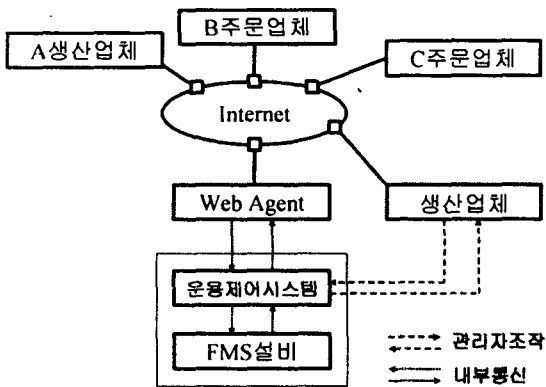


Fig. 3 Sharing Architecture of FMS on the internet

에이전트는 독립적으로 해결할 수 없는 문제를 해결하기 위하여 다른 에이전트와의 지식과 정보교환을 통하여 협력적으로 문제를 해결하기 위한 시스템이다. 이러한 의미에서 에이전트 시스템은 다중의 에이전트로 구성되어 있다. (조민철, 2001), (최현수, 1996)

본 연구에서 채용한 애플리케이션 네트워크 인터페이스(interface) 구축은 Fig. 4와 같은 트랜스듀서(transducer)에 의한 에이전트화(agentification)의 방식이다. (Genesereth, 1994)

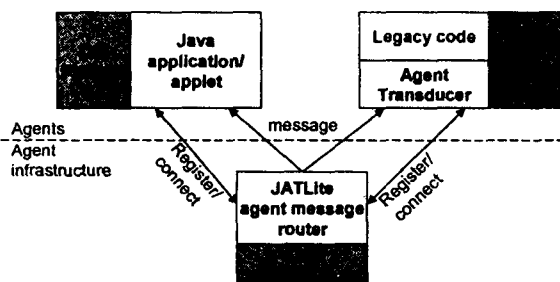


Fig. 4 JATLite infrastructure interface

Fig. 5는 분산이질환경에서 FMS공유구조를 구현하기 위한 운용소프트웨어와 FMS설비의 구성과 인터페이스(interface)를 나타내고 있다.

여기서 유연제조 셀은 부분 자동화나 생산능력의 확충 등의 목적도 있으나, 유연제조 시스템 (Flexible Manufacturing System)으로의 단계적 도입이란 목적을 가질 수도 있다. (이동호, 1993), (이동호, 1998)

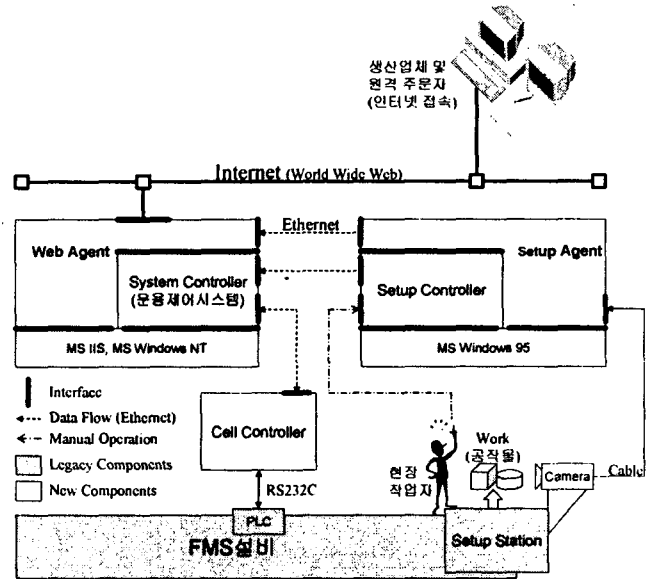


Fig. 5 Data flow interface diagram of sharing architecture of FMS on the internet

3. FMS 가상현실 모형 개발

3.1 FMS 가상현실 모형

사용자 인터페이스의 목표는 인간 친화적인 인터페이스라고 할 수 있다. 인간 친화적인 사용자 인터페이스를 위해서는 인간의 감각기관을 통해 실제감을 전달해야 한다. 현재 인간의 감각 중에서 시각적 기술이 현업에서 현실적으로 적용되고 있다. 시각적인 면에서 인간친화적인 인터페이스는 직관적으로 이해 (look and feel)할 수 있는 인터페이스이다. 직관적인 이해는 실물과 유사한 형상(shape similarity)과 작동방법(mechanism)을 표현하여 얻을 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 가시화 기술을 통해 가상현실을 구현하였다.

가시화 기술은 3차원 형상 모형을 미리 제작하고 사용자가 실시간으로 조작하여 이용할 수 있다. 그래픽 가속기 및 그래픽 처리 프로세서의 기술 발달로 3차원 형상 가시화 기법에 기술적 제약은 줄어들었지만 빠른 3차원 영상에서 빈번한 시점의 변화는 현기증을 야기해 사용자의 인식능력을 오히려 낮게 하였다. 본 연구에서는 이와 같이 실사와 같은 3차원 모형의 고속 렌더링의 단점을 보완하기 위해 3차원 모형을 부드럽게 연출해주는 카툰렌더링(cartoon rendering)기법을 채택하였다. 카툰렌더링의

특징은 전체 화면에 표현되는 그래픽 객체가 최소화 되어야 실효를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 이를 위해 특징 형상 모형화 기법(feature-based modeling approach technique)을 사용하여 실제 3차원 모형의 주요 특징을 기술(description)하는 가시화기법을 적용하였다.

본 연구에서는 FMS 3차원 가상현실 모형을 통해 실제 FMS의 운용을 직관적으로 조작할 수 있는 사용자 인터페이스를 개발하였다. 본 연구에서 가상현실 FMS모형을 개발에 적용한 실제 대상인 FMS LINE의 사진을 Fig. 6에 나타내었다.



Fig. 6 FMS LINE

3.2 FMS 특징형상 모형

특징 형상 모형화 기법은 가공방법을 정확히 묘사할 수 있기 때문에 생산공정을 다루는 사용자 인터페이스에 적합하다. 특징 형상 기반의 모형화 기법은 공작물의 기하형상과 공작기계구의 기하형상, 공작물의 이동경로에 관한 정보를 포함할 수 있는 효과적인 접근이며 이들 정보를 조작하거나 관리하는 것은 설계정보를 고려한 생산 가능한 제품정보로 바꾸는 효과적인 방법이 될 수 있다. 특징 형상 모형화 기법은 응용 분야에 따라 그 정의가 다르지만, 엔지니어가 공작물과 공작기계에 대한 추론에 유용한 지식과 특성 혹은 생산공정을 연상할 수 있는 일반화 된 생산지향형 형상으로 정의할 수 있다. 따라서 특징 형상 모형화 기법은 설계와 생산 사이의 적합한 정보전달 수단으로 고려된다. 이와 같은 특징 형상 모형화 기법은 CAD/CAM 시스템, 그룹기법(GT), 컴퓨터용 공정계획(CAPP)과 같은 응용 분야에 유용하며 사용자 인터페이스 개발에 이용될 수 있다.

3.3 Cartoon Rendering 기법

본 연구에서 채용한 카툰렌더링(cartoon rendering)은 3차원 렌더링에서 2차원 일러스트(illustration) 느낌을 제공하는 가시화 기법이다. 3D그래픽은 사실적인 접근이라고 할 수 있지만 실제와 동일하게 표현되지 못하며 2D그래픽에 비해 자연스럽지 못하고 날카로운 가시화로 2D에 익숙한 사람들에게 거부감을 준다. 카툰렌더링 기법은 3D가 사실적인 표현을 위해 반사광의 밝기를 미세한 단계별로 부드럽게 연결하는 그라데이션(gradation)

을 표현하는 데 비해 특징적으로 밝거나 어두운 부분의 색을 골라내고 그 영역에 물체의 외곽선인 실루엣을 그려 후처리 하기 때문에 2D 일러스트레이션과 같은 느낌을 제공한다. 마치 연필로 테두리를 그려준 것 같은 효과를 주며 중간 톤을 생략해 전체적으로 채도를 높여 밝고 자연스러운 느낌을 준다. 카툰렌더링으로 표현해야 하는 색상의 종류가 적기 때문에 계산량이 줄어들어 렌더링 시간을 줄일 수 있다. CAD 모델러에서 제공하는 사실성이 떨어지는 실사형 3차원 렌더링에 비해 자연스럽게 보일 수 있다는 특징을 갖고 있다.

3.4 FMS 가상현실 사용자 인터페이스 구현

본 연구에서는 앞서 기술한 사용자 인터페이스를 이용하여 웹 기반 FMS를 가시화 하였다. 렌더링에는 플라스마 모델러를 사용하였다. Fig. 7과 Fig. 8은 웹 기반 FMS와 FMC의 가상현실 모형의 가시화 결과를 나타낸다. 사용자는 웹 기반 FMS의 가상현실 모형을 통해 실제감 있게 모니터할 수 있다.

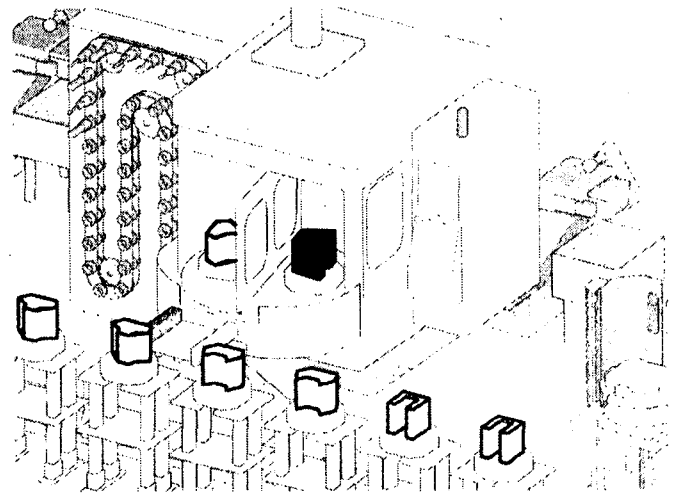


Fig. 7 Web-based FMS Virtual Reality Model

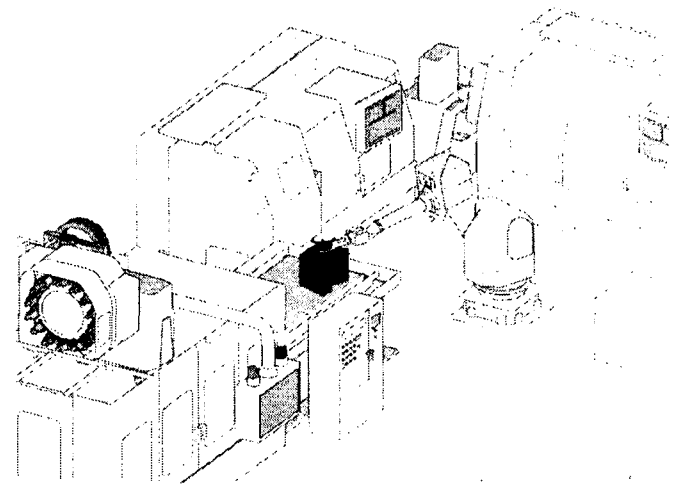


Fig. 8 Web-based FMC Virtual Reality Model

Fig. 9는 웹기반 유연생산시스템의 사용자 인터페이스에서 조작반의 제어모습을 나타낸다. Fig. 10은 웹기반 유연생산시스템의 사용자 인터페이스에서 컴퓨터 수치 제어기의 조작모습을 나타낸다. 직관적인 사용자 인터페이스에 중점을 두어 응용프로그램의 조작장치(gadget)의 형상과 작동방법을 실물과 유사하게 제작하였다.

웹 기반의 응용프로그램 배포와 조작을 위해 플러그인(plug-in)방식을 사용하여 구현하였다. 플러그인(plug-in)방식은 웹 브라우저(Web browser)를 통해 분산환경에서 응용프로그램 버전관리가 용이하여 시스템의 업그레이드에 효과적으로 적용할 수 있다.

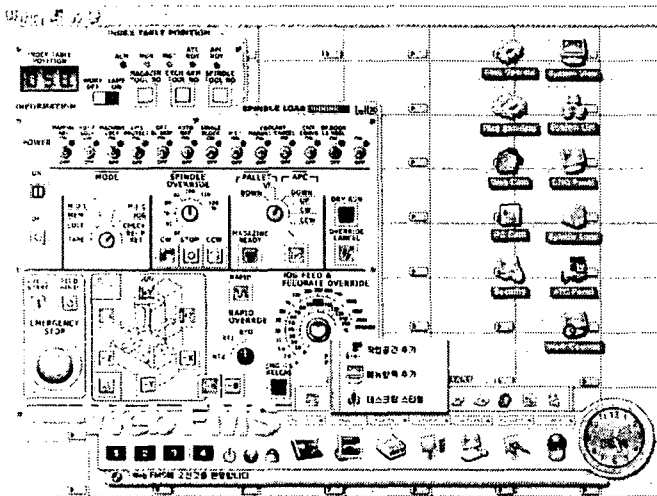


Fig. 9 Web-based FMS User Interface (manual panel)

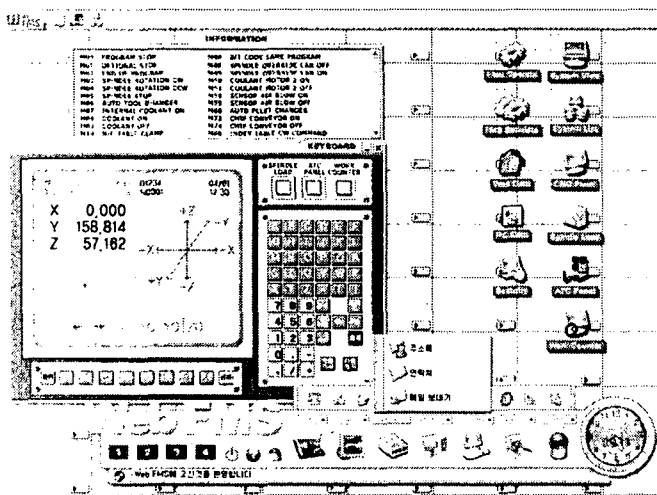


Fig. 10 Web-based FMS User Interface (CNC panel)

4. 결 론

본 연구에서는 웹기반 유연생산시스템 사용자 인터페이스에 관한 기술 개발을 통하여 사용자 친화적인 인터페이스를 제시하였다. 응용프로그램 사용자 인터페이스에서 신규 뷰-다큐먼트

모델을 개발하였다. 또한 가상현실 FMS모형을 개발하여 웹기반 유연생산시스템에 적용하였다. 가상현실 모형의 개발에는 특징형상 모형화 기법을 사용하였으며 카운터러딩 기법을 이용하여 사용자에게 보다 우수한 가시화 결과를 제공하였다.

본 연구에서는 데스크탑을 웹기반 컴퓨팅환경에서 운용할 수 있도록 개발하였으며 네트워크를 통해 실시간 온라인으로 응용 프로그램을 분할하여 배포하는 플러그 인(plug-in)방식을 이용하여 구현하였다.

연구 결과를 현장에 적용하여 현장 작업자의 작업 편의성이 괄목할만하게 높아졌으며 생산라인 전체의 흐름파악과 제어가 용이하여 생산라인의 예외상황 발생에 대한 대처 효과적인 시뮬레이션을 제공하였다.

향후 연구방향으로는 네트워크 병목으로 인해 발생하는 다운로드 정체현상에 대비할 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 박재웅, 김원중 (2003). "분산이질환경에서 중소기업형 FMS공유 구조에 대한 연구", 한국해양공학회지 제17권 제5호, pp 82~87.
- 이동호 (1993). "유연제조 셀(Flexible Manufacturing Cell)과 개별 공정(Job Shop)으로 구성되는 복합 생산 시스템에서 가공품 할당문제에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위논문
- 이동호 (1998). "부분적 집합화를 고려한 유연제조시스템에서의 시스템 셋업 및 일정계획에 관한 연구", 한국과학기술원 박사학위논문
- 조민철 (2001). "선박설계를 위한 인터넷기반의 협동설계시스템에 관한 연구", 한국해양공학회지 제15권 제4호, pp 80~85.
- 최현수 (1996). "복수 지능 에이전트를 이용한 공정 스케줄링 방법의 연구", 한국과학기술원 박사학위 논문
- Biren Prasad (1966). "Concurrent Engineering Fundamentals", Vol. 1, Prentice Hall.
- Genesereth, M., Singh, N., and Syed, M., (1994). "A Distributed and Anonymous Knowledge Sharing Approach to Software Interoperation", Proc. of the International Symposium on Fifth Generation Computing Systems, pp 125~139
- Heecheol Jeon (2000). "JATLite: A Java Agent Infrastructure with Message Routing", IEEE Internet Computing, pp 87~96

2004년 10월 15일 원고 접수

2004년 10월 15일 최종 수정본 채택