

생산장비의 Client-Server화 연구

김선호¹ · 김동훈¹ · 임주택²

¹한국기계연구원 자동화연구부 / ²(주)택전자

Client-Server System for Manufacturing Devices

Sun-Ho Kim¹ · Dong-Hoon Kim¹ · Ju-Taik Lim²

Job efficiency and productivity of a manufacturing system with frequent job schedule changes are affected by performance of information system between job order planners and manufacturing device operators. This paper describes implementation of concurrent information system which can active identify machine status and dispatch job orders to operators in a machine shop. Client and server environment for various machinery is implemented using OSI based network between shop floor control system and manufacturing devices. Portability and scalability are among many characteristics of the implemented system. The developed client and server system is expected to realize high productivity for manufacturing device.

1. 서론

전용기와 트랜스퍼 머신이 주된 생산 시스템이었던 소품종 다량생산체제는 CNC (Computerized Numerical Controller), DNC (Direct Numerical Controller), FMC (Flexible Manufacturing Cell) 등의 요소 및 운영기술 개발로 다품종 소량생산체제를 가능하게 했다. 다품종 소량생산체제에서 NC 공작기계로 구성된 가공 셀의 운영을 위해서는 전용 Cell Controller가 주로 이용되었으며(FANUC LTD, 1990), 공작기계가 이기종으로 구성될 때 발생할 수 있는 문제를 고려한 연구개발도 있었다(김선호, 이승우 외, 1995, 이승우, 김선호, 1995). 그 후, 정보화 및 네트워크 기술이 생산 시스템에도 적용되면서 CIM(Computer Integrated Manufacturing)이라는 생산체제가 등장했으나, 셀 레벨에서의 생산기계의 통합에 많은 어려움이 발생했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개방형 생산 시스템이 등장하고 이에 대한 표준도 제안되었다(김선호, 1997a; ISO/IEC 9506-4, 1992; Vincent, 1990).

그러나 90년대의 생산체제는 소품종 다량생산 또는 다품종 소량생산으로 특징 지을 수 없는 변종변량 생산체제라는 새로운 패러다임이 등장하고, 생산 시스템의 운용 측면에서도 개방형 시스템의 적극적인 도입이 요구되고 있다(김선호, 1997; Takara, 1997; 第1會 Osaca project symposium, 1996).

작업 스케줄이 수시로 변경되는 특성을 갖는 변종변량 생산

체제에서의 작업효율이나 생산성은 작업자시나 현장작업자에게 얼마나 효율적이고 빠르게 전달되는가에 영향을 받게 될 것이다. 또한 현장의 작업상황이 얼마나 빠르고 능동적으로 작업 관리자에게 전달되는가가 관리자의 의사결정에 영향을 미치게 될 것이다.

본 연구에서는 변종변량 생산체제에서 현장작업자가 필요로 하는 생산정보를 빠르고 능동적으로 현장 작업자에게 전달하고, 또한 기계의 상태정보를 기계로부터 직접 능동적으로 수집하여, 소 Machine Shop에서 동시성 공통 정보체계를 구축하고자 했다.

이를 위해 SFC(S Shop Floor Control System)와 생산장비를 네트워크화하여 Client-Server 환경을 구축했으며 이를 운용할 수 있는 시스템을 개발했다. Server가 되는 셀 컨트롤러 기능으로는 작업장 정보 입력 및 설정, 작업지시서 생성, 가동분석 및 실시간 모니터링, 실적정보 관리기능이 개발되었다(김선호, 송준엽 외, 1998). Client가 되는 생산장비에서는 작업지시서 조회, 문서보기, 기계상태 모니터링, DNC 시스템 운용기능이 개발되었다. 생산장비의 하나인 CNC 공작기계를 Client화하기 위해서는 특별히 제작된 DCT(Data Collection Terminal)를 적용하므로써 CNC의 모니터에서 NC 정보와 Server에서 제공되는 정보를 동시에 제공받을 수 있게 했다. 개발된 시스템은 개방형 생산 시스템과 연결이 용이하도록 설계된 특징도 갖는다.

이를 통해 Server에 저장되어 있는 생산정보를 LAN을 통해 Client에서 고속으로 검색(생산에 필요한 정보), 수신(NC Pro-

gram등), 송산(기계의 상태정보)이 가능하도록 했다. 본 논문에서는 이러한 연구결과를 소개한다.

2. 시스템 구성 환경과 Client-Sever 구조

생산시스템에 대한 사용자의 요구는 컴퓨터 기술과 네트워크 시스템의 발전에 기인한다. 사용자의 요구를 정리하면(김선호, 박경택, 이태억, 1997), 상하위 시스템과의 통합화에 대한 요구, 운전의 고기능화에 대한 기대, 그리고 급속히 발전하는 정보처리기술의 활용 등을 들 수 있다. 최근에는 이러한 요구를 바탕으로 개방형 시스템의 한 종류인 PC-NC를 적용한 공작기계가 등장하여 NC 컨트롤러에서 셀 컨트롤러의 직접 접근이 가능해졌다(김선호, 박경택, 이태억, 1997).

그러나 이러한 시스템의 경우 사용자의 요구를 어느 정도 만족시켰다는 점에서는 의의가 있으나 생산 시스템의 운용 측면에서는 많은 제한적 요소가 있다. 이러한 제한적 요소로서는 공작기계의 수명이 15~20년을 유지한다는 것과 공장환경이 이미 OA를 중심으로 네트워크화되어 있는 경우가 많다는 것이다. 본 연구에서는 이러한 몇 가지 현실을 고려하여 생산 시스템을 Client-Server화 하고자 했다. 그 방법으로서는 두 가지 측면에서 문제를 해결하고자 했다.

첫째, 현장 작업자에게 전표로서 작업지시를 하는 경우보다 대량의 정보를 고속으로 전달하기 위해, 공작기계를 네트워크화 하고자 했다. 그리고 사용종인 시스템의 DB와의 호환성 문제를 해결하기 위해 ODBC(Open database connectivity)를 적용했다.

둘째, Client 단말기로 NC 모니터를 이용하는 것이다. 일반적으로 CNC 공작기계에 부착된 모니터의 경우, 기계의 원점 설정이나 프로그램의 확인용으로 사용되며, 가공 중에는 거의 사용되지 않는다. 이러한 점에 착안해 가공 중에는 작업자가 이러한 모니터를 현장 단말기로 활용하는 시스템으로 구성했다(김선호, 1997b).

Client-Server는 Client의 Request에 대하여 Server의 Response로 구성된다. Client는 하위 레벨 장치들의 제어 및 모니터링 기능을 갖는 GUI(Graphic User Interface), 작업수행, 작업보고 로직을 가지며, Server는 상위 레벨에서의 작업정보 통합관리 기능을 갖기 위해 구축된 RDBMS와 운영 로직, 정보분석, 스케줄 로직을 갖는다. 정보처리 관점에서 보면, Client는 GUI와 작업수행 및 보고에 필요한 로직을 가지고, Server는 RDBMS를 통해 해당 데이터를 제공하는 2-Tier 구조를 가진다.

시스템 구성 예를 <그림 1>에 보였다. 서버 운용 시스템으로는 한글 Windows NT 4.0과 DB로는 SQL Server 6.0이 사용되었고, 클라이언트 운용 시스템으로는 한글 Windows 95가 사용되었다. SQL RDBMS를 access하기 위해, 일반적인 Open Database Connectivity인 ODBC driver가 사용되었다. 여기서 RDBMS의 정의는 공통정보체계 구축을 위해 활용한 관계형 데이터베이스 관리 도구로서, DB Table간에 공통 Index 설정 등의 기능을 제공하는 역할을 수행한다. 그리고 운용 소프트웨어 구현을 위해서는 Visual BASIC 4.0이, DB Access를 위해서는 SQL Query 그리고 기계제어를 위해서는 Boland C가 언어로서 사용되었다.

운용 시스템과 LAN을 통해 연결되는 공작기계는 특별히 고안해 개발된 DCT를 이용했다. 구성된 시스템은 현재의 생산 시스템을 최적으로 Client-Server화 하고 이를 이용해 MMS

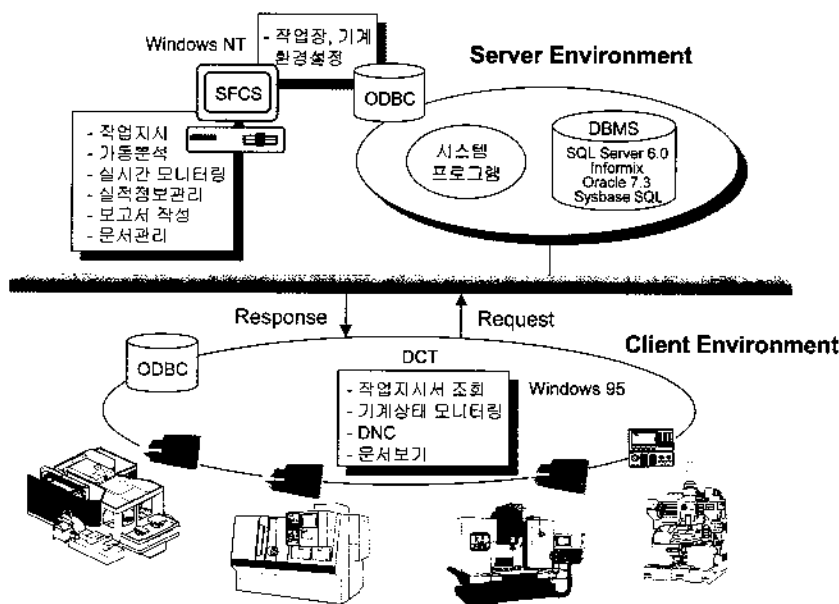


그림 1. DNC/SFDC 시스템 구성도.

(Manufacturing Message Specification) 표준을 준용하기 위한 VMD(Virtual Manufacturing Device)를 맵핑하기 용이하도록 설계했다(김선호, 박경택, 1997; ISO/IEC 9506-4, 1992).

3. Sever 운용 소프트웨어

운용 소프트웨어는 Server인 SFCS에서 운용되는 관리자(Administrator) 모듈과 DCT 모듈로 나누어 Client-Server 환경으로 개발했다. 초기 설치과정에서 ODBC 셀업, 각종 외부 파일 보기 등 소프트웨어 운용에 필요한 제반 환경설정을 하도록 했다. 관리자 모듈에서는 작업장설정, 기계정보입력, 문서등록, 작업지시서 생성, 모니터링, 실적정보 등 환경설정부터 계획, 통계, 조정 등의 작업을 하도록 되어 있고 DCT 모듈에서는 기계중심으로 DNC 기능과 모니터링 기능 등을 수행한다. 이에 대한 정보 흐름과 구조를 <그림 2>에 나타내었다.

2) 작업장과 기계 모듈

Client 환경에 있는 모든 기계들은 작업장 단위로 관리된다. 작업장은 공간적 단위의 의미도 되며, 관리대상의 비공간적 의미를 가질 수도 있다. 작업장을 선택하면 설정된 기계의 아이콘이 나타나며, 색으로서 기계의 가동 상황을 모니터링 할 수 있다. 작업장 선택 예를 <그림 3>에 나타내었다. 작업장의 주요정보는 작업장 이름변경, 작업장 추가, 작업장 삭제, 아이콘 변경, 최신정보로 구성된다. 작업장의 정보를 변경하면, DB의 모든 정보도 동시에 변경된다. 작업장 메뉴에서는 작업장에서 운용중인 기계정보도 관리가 되는데 주요 기계정보로는 기계코드, 기계명, 작업장명, 아이콘 파일 등이 있다.

3) 작업지시서 모듈

기계별로 작업지시를 내리는 모듈로서, Server의 작업지시서 모듈과 Client의 작업지시서 조회 모듈과 연결되어 있다. 작업장과 기계를 선택하여 작업지시번호를 부여하고 관련 작업정

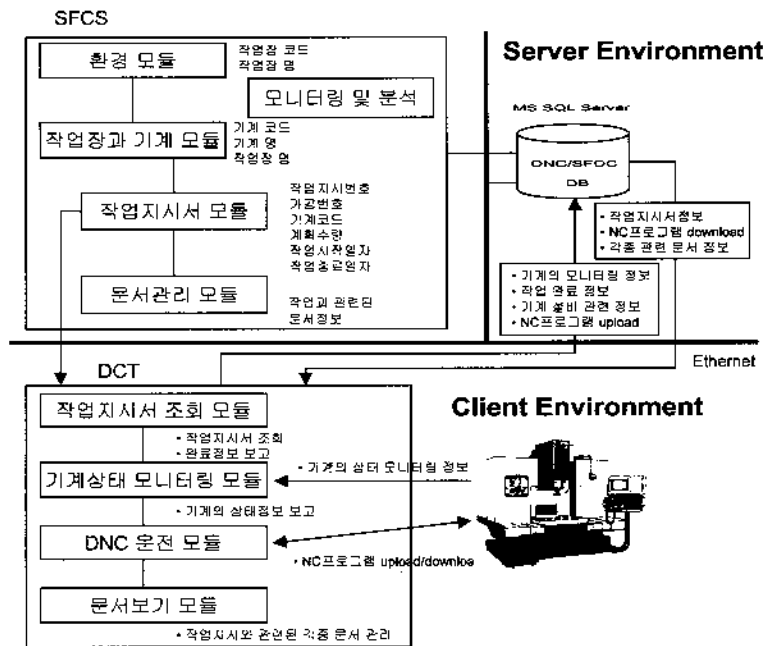


그림 2. Client-Server의 정보 흐름 구조.

3.1 SFCS 운용 프로그램

1) 환경설정 모듈

여기서는 <그림 2>와 같이 Client-Server 환경을 구축하기 위한 기본적인 환경을 설정한다. 작업장을 선택하고 작업장에서 운전되는 기계의 정보를 설정하거나 변경한다. 환경설정이 되면, 모든 기계는 작업장정보를 가지게 된다. 또한 환경설정에서 작업자에게 전달될 각종 문서, 그림 그리고 2차원 도면정보인 DXF 파일의 위치를 설정하게 된다.

보를 등록하게 된다. 주요 입력정보로는 작업지시번호, 가공번호, 계획수량, 작업시작일, 작업종료일 등이 입력된다. 이 정보는 서버에 등록되어 있다가 DCT에서 서버 접속을 통해 정보를 공유하게 된다. <그림 4>에 작업지시서 작성화면을 나타내었다.

4) 문서관리 모듈

작업장과 기계에 따라 지시된 작업지시번호에는 관련 문서가 함께 관리된다. 문서관리에서 등록되는 관련문서로는 가

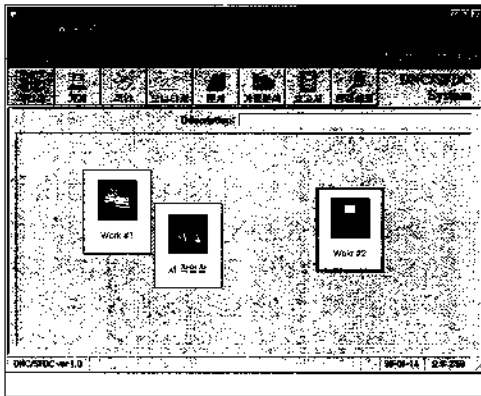


그림 3. 작업장 선택.

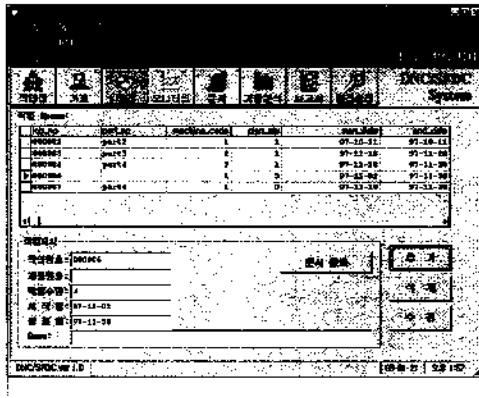


그림 4. 작업지시서.

5) 모니터링 모듈

각 작업장의 기계에 설치되어 있는 DCT는 수집된 정보를 이용해 관련 DB를 갱신하게 된다. 모니터링 모듈에서는 DB 내용을 실시간으로 모니터링하게 된다. 모니터링 내용으로는 기계상태와 작업상태로 분리하여 제공된다. 기계상태는 전원투입여부, 가동상태, 비상정지상태 그리고 고장여부가 실시간으로 제공된다. 고장원인은 사용환경에 따라 내용을 추가하거나 변경이 가능하도록 했다. 작업상태의 주요내용으로는 목표 대비 생산 및 불량실적 등이 있다. 이는 작업이 진행되는 상태를 표시하게 된다. 모니터링 결과는 DB로 관리되어 생산가동률 분석에 사용되게 된다. 모니터링 예를 <그림 6>에 나타내었다.

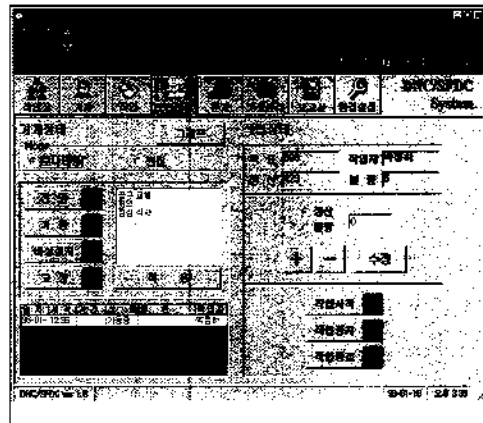


그림 6. 작업 및 기계의 실시간 모니터링.

공에 필요한 참조 도면, 필요 공구, NC 프로그램, 작업에 참조가 되는 사진 등이 있다. 이는 DCT의 문서와 데이터를 공유하게 된다. 문서관리 예를 <그림 5>에 나타내었다. 그림에 보듯이 이러한 정보들은 Filter에 의해 선택적으로 제공할 수 있다.

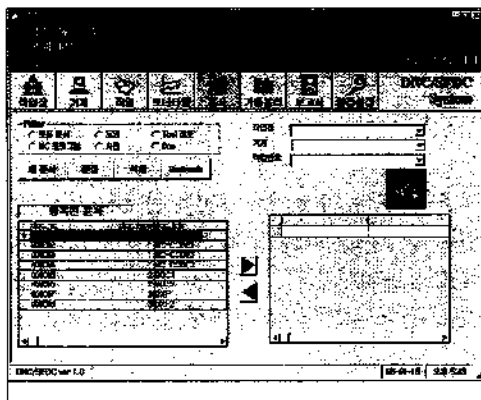


그림 5. 문서관리.

6) 실적정보 및 가동분석 모듈

모니터링 모듈에서 제공되는 정보를 이용해 설비 가동분석과 생산 가동분석을 하게 된다. 설비 가동분석에서는 간트 차트와 표를 이용해 시간대별로 설비운전상태를 나타낸다. <그림 7>은 분석 예를 나타낸 것이다.

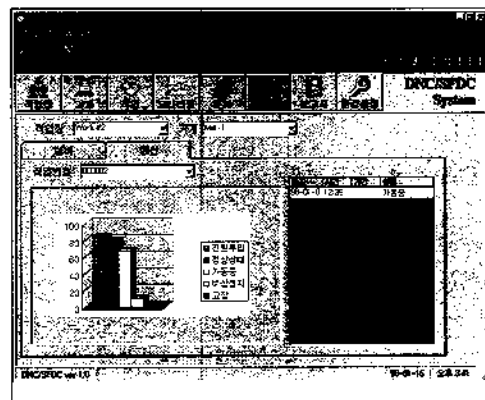


그림 7. 생산가동분석.

표 1. DB 테이블

DB 테이블	개수	주요내용
작업장정보	6	작업장 코드, 명, 아이콘, 설명, 아이콘 x, y좌표
작업자정보	3	작업자 번호, 명, 설명
기계정보	7	기계 코드, 명, 작업장명, 아이콘 파일, 기계의 작업장에서의 x, y좌표, 설명
원인코드정보	2	이벤트 코드, 명
작업지시서	8	작업지시번호, 가공번호, 기계코드, 계획량, 작업시작일자, 작업종료일자, 메모
기계상태정보	4	기계코드, 상태, 발생시각, 이벤트 코드
문서정보	7	문서번호, 형태, 제목, 작성자, 파일, 개정번호, 생성일자
작업상태정보	3	작업지시번호, 기계상태, 발생시각
기계에 할당된 문서	8	문서번호, 형태, 제목, 작업지시번호, 작성자, 문서파일, 개정번호, 생성일자
문서보기 프로그램	4	인덱스, 텍스트, 그림, DXF
작업자변경	3	작업자번호, 담당기계코드, 교체일자
작업진척정보	3	작업지시번호, 생산, 불량
트리거	2	기계코드, 플래그

7) 보고서 출력 모듈

모든 계획 및 생산실적 그리고 운전상태를 보고서로 출력하는 모듈이다. 운용 소프트웨어에 사용된 DB 테이블을 <표 1>에 나타내었다.

2) 네트워크 유닛 : Ethernet을 기본적으로 지원하도록 하여 고속으로 데이터 전송이 가능하다. 이를 통해 NC 프로그램은 물론 도면, 화상, 작업지시용 문서 등을 고속으로 송수신이 가능하다. 또한 LAN 지원에 어려움이 있는 환경에서는 RS485 방식을 이용한 Multi-Drop 방식의 네트워크 지원도 가능하도록 했다.

4. Client 운용 프로그램 및 모듈화 구조를 갖는 Client 구성

4.1 모듈구조의 Client 구성

Client 역할을 하는 DCT는 시스템 확장성, 상호운용성을 고려하여 <그림 8>과 같이 모듈화 구조로 설계 제작했다. 주요한 기능으로는 DCT를 상위 시스템과 연결하는 네트워크 유닛, DCT를 제어하기 위한 DCT 제어용 Key Pad I/F 유닛, 기계의 상태를 능동적으로 모니터링하여 SFCS로 전송하기 위한 디지털 입출력 유닛, NC 프로그램 송수신을 위한 RS232C 유닛, 그리고 상위 시스템으로부터 전송 받은 데이터를 NC 모니터에 Display 하기 위한 비디오 보드 유닛 등 5개의 모듈로 구성된다. 구성된 모듈은 필요에 따라 재구성어 용이하도록 설계되었다.

3) Key Pad I/F 유닛 : DCT를 외부 제어하는 기능을 하며, 주요 기능으로는 모니터가 NC 컨트롤러의 정보를 보여주는 기능과 SFCS 정보로 보여주는 기능으로 전환하는 기능, 그리고 SFCS 화면을 선택하거나 정보를 입력하는 기능을 갖는다.

1) 메인 보드 : 메인 프로세서는 Intel Pentium 166을 기본으로 하며 하드 디스크를 가진다.

4) 비디오 오버레이 유닛 : 비디오 오버레이 보드는 SFCS 으로부터 전송받은 정보를 NC 모니터에 Display하는 기능을 갖는다. 일반적인 NC 모니터는 EGA(Enhanced Graphics Array) 표준을 사용하는 것이 대부분이며, VGA(Video Graphics Array)를 사용하는 경우도 있다. 두 개의 신호체계는 해상도와 주파수 특성이 다르기 때문에, NC 모니터를 NC 및 DCT용 모니터로 병용하기 위해서는 두 개의 비디오 신호를 NC 모니터에 맞는 신호로 주파수 변환하는 기능, 그리고 두 개의 신호를 동기화하는 기술이 필요하다. 이를 위해 특별히 제작된 비디오 오버레이 유닛은 8051 프로세서를 기본 구동기로 사용했으며, 주파수 변환을 위해서는 TMS4C2942(Texas Instrument)가 사용되었다(김선호, 1997b).

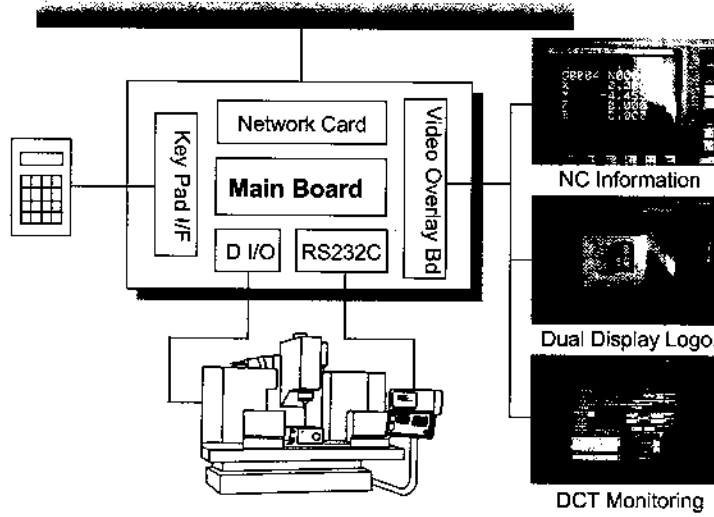


그림 8. 모듈화 구조를 갖는 Client 구조.

5) DI/O : DCT의 DI/O는 기계와 직접 연결되어 기계의 가동 상태를 능동적으로 수집하고 이를 SFCS로 전송하는 기능을 한다. DI/O는 각각 16점이 준비되어 있다.

4.2 DCT 운용 프로그램

Client인 DCT 운용 프로그램은 작업, 모니터링, DNC 그리고 문서기능을 갖는다. 모든 내용은 SFCS에서 등록된 정보를 조회하는 기능을 가지고 있는데, SFCS와 DCT는 DBMS를 통해 동시성 공통정보 체계를 갖는다. 주요기능은 다음과 같다.

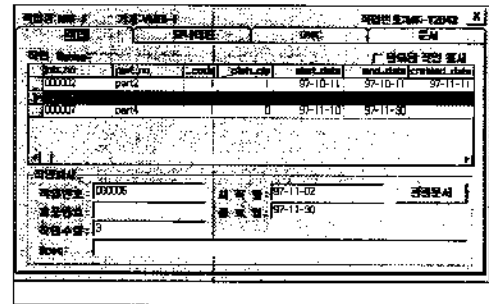


그림 9. DCT에서의 작업지시서 조회.

1) 작업지시서 조회 모듈

작업지시서 조회 모듈에서는 SFCS에서 등록된 작업지시 내용을 조회할수 있는 기능이다. 작업지시서 화면을 <그림 9>에 나타내었다. 그림에 보이듯이 Server에서 입력한 작업지시 모듈과 동일한 정보를 가지고 있다.

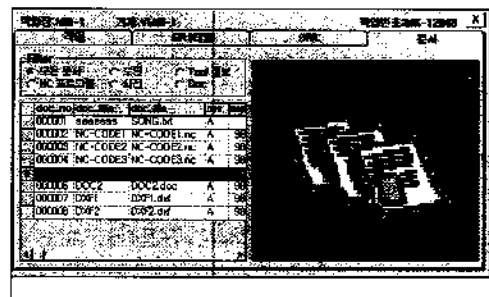


그림 10. DCT에서의 문서확인.

2) 기계상태 모니터링 모듈

DI/O에 의해 수집되는 정보를 SFCS와 동시에 모니터링이 가능하며 고장상태는 원인별로 입력하는 기능을 갖는다.

3) 문서보기 모듈

문서보기에서는 SFCS의 문서관리에서 등록된 정보를 조회하는 기능을 한다. 작업지시에 따른 문서 리스트 화면을 <그림 10>에 나타내었다. 문서목록에 보이듯이 확장자가 TXT, NC, DOC, DXF 등은 각각 문자정보, NC 프로그램, 사진정보, 도면정보를 나타낸다.

4) DNC 운전 모듈

작업지시 번호에 할당된 NC 프로그램을 공작기계에 전송하는 기능을 하게 된다. NC 프로그램의 용량이 큰 경우에는 SFCS로부터 네트워크를 통해 DCT로 전송한 후 DCT에서 NC로 전송하는 방법을 이용한다. DNC 운용 화면을 <그림 11>에 나타내었다.

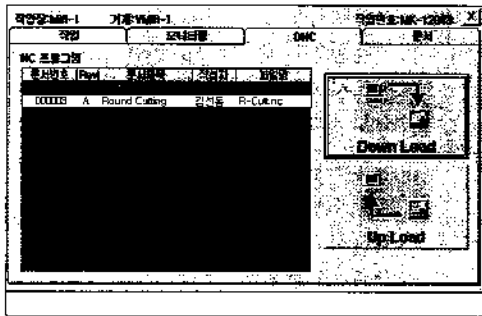


그림 11. DNC 운용.

5. 시스템 평가

개발된 시스템의 성능을 평가하고 문제점을 분석하기 위해, 시스템을 구성하고 운전평가를 실시했다. 서버는 Compaq Prosigna 300이 SFCS는 IBM 호환기종의 컴퓨터가 사용됐다. 평가에 사용된 공작기계는 DCT가 연결된 CNC 공작기계가 2대, DCT와 RS485가 동시에 네트워크로 연결된 일반기계 1대가 사용되었는데 DCT는 LAN으로 서버와 연결했다.

평가는 SFCS측과 DCT에서 기능평가와 통신시간 평가를 동시에 수행했다. SFCS에서는 작업장별 기계별 모니터링과 가동 분석 측면에서, 그리고 DCT에서는 SFCS에서 입력된 정보를 조회하고 기계를 가동하는 측면에서 평가되었다. 특히, DCT에서는 SFCS로부터 전송된 NC 프로그램을 CNC로 전송하고, 해당 기계를 운전했다. 운전중에는 DCT와 SFCS에서 가동률을 분석하는 기능도 평가를 수행했다.

평가결과, 운용 기능평가에서는 우수한 성능이 확인되었다. 용량이 비교적 큰 화상정보 또는, 도면정보의 경우에도 실시간으로 전달이 되었다. SFCS에서 DCT와 네트워크를 통한 생산장비의 모니터링의 경우에는, 약 1.5초의 주기로 각 기계정보를 Refresh 했을 때 가장 안정성이 있었다. 이는 시스템 환경에 따라 Client-Server의 운용속도가 다소 달라질 수 있음을 의미한다.

개발된 시스템을 종전의 DNC 시스템과 구조적인 측면에서 비교해 보면, Client-Server 구조가 갖는 장점인 RDBMS를 운영함으로써 공통정보체계 구축이 가능한 장점을 가지고 있다.

그리고 운용면에서 비교해 보면 네트워크를 이용함으로써 효율적인 통신관리가 가능해졌다.

6. 결론

본 연구에서는 셀 관리용 SFCS와 Shop Floor에서 운용되는 생산장비를 Client-Server화하여 변종변량 생산 시스템에 적합한 시스템을 구성하고자 했다. 이를 위해 가공 셀 컨트롤러인 SFCS 운용 시스템과 Client용 DCT를 개발 적용했다. 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 개발된 시스템은 모델 플랫폼을 이용한 시스템 구축 및 운영결과, 전 Machine Shop에서 동시성 공동 정보체계 구축이 가능했다.
- 2) 개발된 Client용 DCT를 생산장비에 적용함으로써 제작 벤더에 독립적으로 생산 시스템 운용이 가능하다. 즉, 공작기계의 객체화가 가능했다.
- 3) 개발된 DCT 시스템은 MMS용 VMD로서 매핑이 가능하며, 개방형 생산 시스템과 연결이 용이하다.

참고문헌

김선호 (1997a), 개방형 생산 시스템, 97 자동화부문 기술세미나, 한국정밀공학회, 3-32.
 김선호 (1997b), CNC에 장착된 CRT를 POP 터미널 모니터로 병용하는 장치, 특허출원(97-20255).
 김선호, 박경택 (1997), VMD(Virtual manufacturing device)를 이용한 공작기계 객체화, 한국정밀공학회추계학술대회는문집, 947-951.
 김선호, 박경택, 이태억 (1997), 개방형 구조를 갖는 CNC의 연구 동향, 제어·자동화·시스템공학회지, 3(5), 17-30.
 김선호, 송준엽외 (1998), DNC/SFDC 시스템 개발 보고서, 통상산업부.
 김선호, 이승우외 (1995), DNC 시스템 개발, 한국정밀공학회지, 12(12), 19-29.
 이승우, 김선호 (1995), Machining cell controller 개발, 산업공학회지, 8(4), 121-128.
 FANUC LTD B-61693E-1 (1990), FANUC MMS-II / FANUC SYSTEM F-MODEL D MATE.
 ISO/IEC 9506-4 (1992), Manufacturing Message Specification-Part 4.
 Takata, S. (1997), Open architecture controller, J. of JSPE, 63(5), 621-624.
 Vincent, C. J. (1990), MAP/TOP Networking, McGraw-Hill, New York.
 第1會 OSACA Project Symposium Report (1996), 生産システムオープン化フォーラム GO!.

**김선호**

부산대학교 기계공학과에서 학사(1984)·석사(1986)를 취득한 후, 1989년부터 한국기계연구원 자동화 연구부에서 선임연구원으로 근무중이며, 1997년에 부산대학교 정밀 기계공학과에서 박사학위를 취득했다.

현재: 한국기계연구원

관심 분야: 생산 시스템 특히, 가공 시스템의
지능화, 자동화, 개방화 분야

**김동훈**

경북대학교 전자공학과에서 학사(1990)·석사(1992)학위를 취득했다.

현재: 한국기계연구원 자동화 연구부

관심 분야: 생산시스템 자동화 · 개방화, 디지털
화상감시

**임주택**

부산대학교 생산기계공학과에서 학사(1990)·기계공학과에서 석사(1989), 박사학위(1993)를 취득한 후, 한국과학기술연구원 CAD/CAM실에서 Post Doctor 과정을 거쳤다. (주)택전자 부사장으로 재직중이다. 주된 관심분야로는 POP, CALS/EC 응용, 금형 공정계획 및 지능형 생산시스템 등이다.

현재: (주)택전자

관심 분야: POP, CALS/EC 응용, 금형 공정계획
및 지능형 생산시스템 등