

〈論 文〉

FMS 구축을 위한 DNC 시스템 통신기법

이석희* · 배용환**

(1992년 12월 21일 접수)

Method of DNC System Communication for FMS Construction

Seok-Hee Lee and Yong-Hwan Bae

Key Words : FMS(유연생산시스템), DNC(직접수치제어), Communication Protocol(통신프로토콜), BCC(블록체크 글자), CCL(CYBER제어언어), NC Program Download(NC프로그램 하향전송), Status Upload(상태 상향전송)

Abstract

The development of automatic production systems has a trend toward Computer Integrated Manufacturing System(CIMS) in recent years. In hardware configuration, CIMS are composed of intelligent CAD/CAM work stations, multifunction CNC machining centers including material handling systems. The DNC systems present the key element of automation hierarchy in a FMS. A DNC system is one which connects a number of numerically-controlled machines to a common memory in a digital computer for part program storage with provision for on-demand distribution of part program data to machines using communication in hierarchical structure of central computer, control computer and cell controller. This paper describes the development of Behind-the-Tape-Reader(BTR) type DNC system using CYBER 180-830 as a central computer and IBM PC-386 cell control computer and NC lathe with FANUC 5T NC controller. In this system, the connection between central computer and cell control computer is done via RS-232C serial interface board, and the connection between cell control computer and FANUC 5T controller is done via parallel interface board. The software consists of two module, central computer communication module for NC program downloading and status uploading, NC machine running module for NC operating.

1. 서 론

1970년대 이후의 전자공업의 빠른 발달은 기계공업에 많은 변화를 가져왔다. 특히, 공작기계 제어분야에서의 고성능 전자기술 도입으로 시스템의 성능

이 크게 진보 되었다. 초기 NC(numerical control) 공작기계의 제어방식은 하드웨어 자체에 의존하였으므로, 성능 향상과 응용에 많은 어려움이 있었다. 그러나 컴퓨터의 발달과 더불어 이러한 하드웨어 방식의 공작기계는 소프트웨어 방식으로 변경되기 시작하여, CNC(computer numerical control)공작기계가 등장하게 되었다. 초기 CNC공작기계는 현대의 컴퓨터가 현대의 공작기계를 제어하는 방식으로 이루어졌다. 다양한 소프트웨어와 제어알고리즘의

*정회원, 부산대학교 생산기계공학과

**정회원, 부산대학교 대학원 생산기계공학과

개발로 기존의 CNC공작기계를 하나의 그룹으로 제어함으로써 생산성 증대와 효율적 생산정보관리를 위한 제층적 DNC(direct numerical control)가 생겨났다.⁽¹⁾ 초기 DNC는 컴퓨터가 직접 동작기계의 축을 제어하는데 사용되었으나, 점차 생산시스템이 복잡해지고, 고정도 다기능의 제품요구에 부응하여 시스템의 규모가 점차 커짐에 따라 새로운 분산형 NC(distributed numerical control)가 도입되게 되었다.⁽²⁾ 이러한 DNC는 공장자동화를 위한 필수적인 FMS(flexible manufacturing system)의 핵심요소일 뿐만 아니라, 나아가 컴퓨터통합생산시스템(CIM: computer intergrated manufacturing) 구축을 위한 필수적인 요소이다.⁽³⁾ 또한 국내의 경우 대부분의 기계가공 중소기업들은 설비 도입시 이러한 통합을 고려하지 않았기 때문에 인건비의 증대와 생산성 측면에서 무인화와 자동화가 절실히 요구된다. 통상의 경우 DNC 구축은 중앙컴퓨터와 터미널이나 퍼스널컴퓨터 사이에 중앙컴퓨터 제조업체에서 제공되는 통신패키지나 기타 특수한 하드웨어를 이용하여 이루어지지만 이미 도입된 장비에서 이러한 통신수단이 제공되지 않을때 이것을 이용한 통합생산시스템을 구축할 때에는 사용자 목적에 맞는 통신프로토콜을 개발해야 한다. 국외의 여러 회사의 경우 주로 각 회사에서 자기들 실정에 맞는 통신프로토콜을 개발하여 이용하고 있고,^(4,5) 또한 기존의 근거리통신망을 사용하여 통신하고 있는 실정이다.^(6,7) 국내 기존연구⁽⁸⁾에서 NC공작기계의 CNC변환을 시도한 적이 있지만, 여기서는 중앙컴퓨터와의 통신에 필요한 프로토콜은 개발되어 있지 않고, 또한 국내에서 주로 개발한 DNC 시스템도 주로 중앙컴퓨터에서 제공하는 통신패키지를 이용하여 만들어 졌다.⁽⁹⁻¹¹⁾ 이와 같은 통신패키지는 다른 이기종과의 인터페이스시 프로토콜 변환에 많은 어려움이 있고, 또한 실시간 정보전달시 기존의 통신패키지 이용이 대단히 곤란한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 동작기계에 표준화된 통신프로토콜이 개발되지 않는 기계가공 자동화를 목적으로 각기 다른 중앙컴퓨터, 셀 제어컴퓨터, NC선반을 이용하여 BTR DNC시스템 형성하고 이들간의 통신과 제어를 위한 알고리즘을 개발하였다. 개발된 프로그램을 이용하여 중앙컴퓨터에서 셀 제어컴퓨터와의 통신을 통하여 실제 가공셀에서의 부품가공을 시도해 보았으며, 이를 통하여 본 통신기법의 성능을 검토하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 DNC

2.1.1 DNC의 정의

초기 DNC의 개념은 전용 NC 컨트롤러를 컴퓨터로 대체하여, 직접 동작기계축을 제어하는 개념에서 그후 중앙컴퓨터 메모리 상에다 파트프로그램 정보 및 제어정보를 저장했다가 여러대의 동작기계와의 통신을 통하여, 요구시 마다 정보를 분배하는 시스템으로 정의되었다.⁽¹²⁾ 현재의 개념은 위성컴퓨터로써 부품프로그램 전송, 자재흐름, 정보흐름을 제어하며, 중앙컴퓨터는 작업계획 및 정보수록 등을 할 수 있는 계층적이며, 분산화된 시스템으로 IMS(integrated manufacturing system)의 한 부분으로 정의할 수 있다.⁽¹³⁾

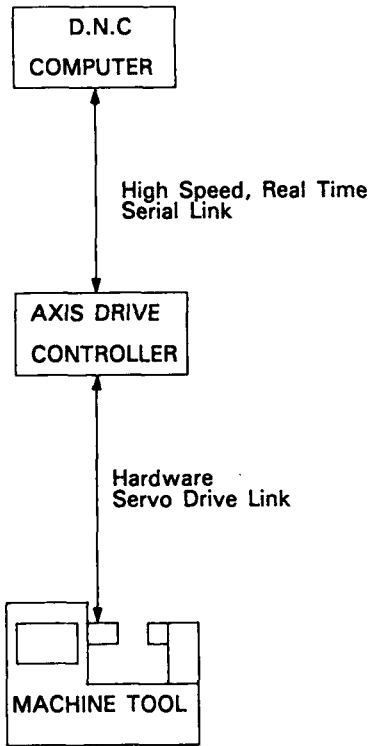
2.1.2 DNC의 구성

DNC 시스템은 중앙컴퓨터, NC프로그램 저장메모리, 통신라인, 동작기계로 이루어 진다.⁽¹⁴⁾ 컴퓨터는 각 동작기계의 상태를 체크하고, 요구시 부품프로그램과 제어정보를 보낸다. 이 두가지 정보흐름은 실시간제어로 이루어 진다. 이것은 각 기계의 명령요구가 동시에 만족되어야 한다는 것을 의미한다. 그리고 컴퓨터는 각 동작기계로부터 정보를 받을 준비를 해야하고 즉각 응답되어야 한다. DNC시스템의 두드러진 특징은 컴퓨터는 여러대의 동작기계에 실시간제어로 서비스한다는 점이다. 중앙컴퓨터에 부여된 계산능력과 동작기계가 작동에 지장을 줄 정도로 커지면, 위성컴퓨터가 필요하다. 이때 중앙컴퓨터는 각 위성컴퓨터에서 요구에 대응하여 생산정보를 하향전송하고, 생산공정에서 수집된 데이터를 저장한다. 그리고 위성컴퓨터는 부품프로그램을 중앙컴퓨터로부터 받아서 버퍼에 저장하며, 각 기계의 요구에 따라 전송되고, 기계에서 수집된 피드백 데이터는 위성컴퓨터의 버퍼에 저장하였다가 중앙컴퓨터로 상향전송한다.

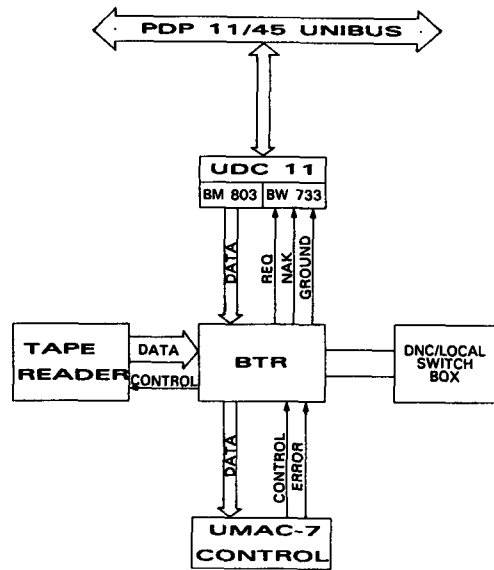
2.1.3 DNC의 분류

(1) Deep DNC

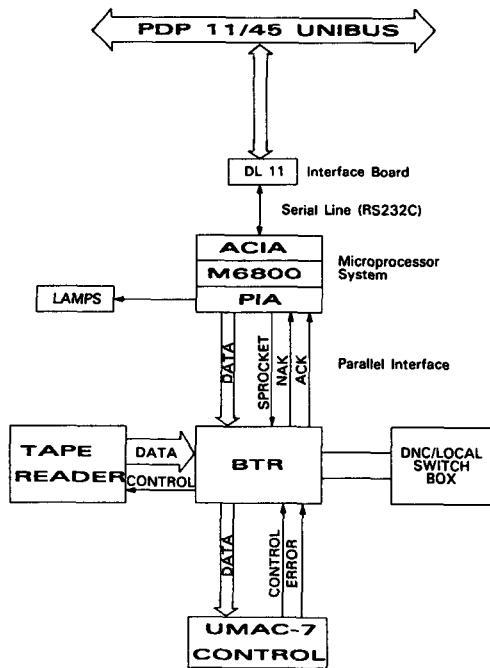
이것은 NC공작기계가 개발된 초창기에 제어반의 가격이 상대적으로 고가일때, 컴퓨터로써 제어반의 역할을 대신하는 것으로써 컴퓨터가 NC공작



(a) Deep DNC



(b) Parallel link BTR DNC



(c) Microprocessor-based serial link BTR DNC

Fig. 1 The type of DNC system

기계의 각 축을 직접제어하므로 Deep DNC라 한다. Fig. 1(a)는 Deep DNC의 예를 나타낸 것으로 컴퓨터와 공작기계 콘트롤러 사이는 고속직렬전송을 이용하고 있다.^(15,16)

(2) BTR DNC

기존의 NC공작기계 제어반을 그대로 사용하고, 컴퓨터에서 종이테이프 판독기(behind the tape reader)의 연결기로 직접 부품프로그램을 전송하는 형태를 BTR DNC라 한다. 이것은 공작기계 각 축의 제어는 콘트롤러가 수행하고, 제어컴퓨터는 부품프로그램만 보내주면 된다. BTR DNC의 주류를 이루는 마이크로프로세서 형태 BTR DNC는 시간분배형태 시스템으로 마이크로프로세서 BTR 유닛 내부에 버퍼를 둬으로써, 호스트 컴퓨터와 각각의 마이크로프로세서 사이의 시간공유 방식으로 데이터 전달을 허용한다. 마이크로프로세서의 용량증가로 저장된 공구의 계산, 편집능력, 오퍼레이터와 감독실 사이의 통신이 가능하다. 마이크로프로세서 형태 BTR DNC는 호스트 컴퓨터와 마이크로프로세서 사이의 통신방식에 의하여, 병렬통신 BTR과 직렬통신 BTR로 구분된다.⁽¹⁷⁾

① 병렬통신 BTR DNC : Fig. 1(b)는 병렬통신 BTR DNC를 나타낸 것이다. 여기서 보는 바와 같이 PDP-11/45컴퓨터와 UMAC7 콘트롤러 사이에 제안된 병렬연결 형태이다. 두개의 중요부분인 UMAC BTR-Unit와 UDC 11(universal digital controller)은 12가닥 케이블로 연결되어 있다. UMAC BTR유닛은 IC논리를 사용한 인터페이스이며, DNC/LOCAL 모드선택기능과 컴퓨터와 통신을 위하여 요구되는 전압레벨을 제공한다. UDC11은 컴퓨터의 UNIBUS에 연결된 디지털 입출력 서브시스템이고, 다른 주변기와 프로그램 콘트롤하에 인터페이스를 담당한다. UDC11 내의 하드웨어 논리는 사용자에게 의하여 쓰여진 소프트웨어로 디지털 스위치를 작동시키는데 사용되는 입력 모듈의 인터럽트를 감지한다. UDC11 내에는 UMAC BTR 유닛과 연결하기 위한 두가지 형태의 모듈이 있다. BW733은 접촉인터럽트 모듈로 BTR유닛으로부터 들어오는 제어신호를 읽고, BM803은 래칭릴레이로써, 데이터시그널을 BTR 유닛에 쓰는데 사용된다. DNC모드에서 UMAC 콘트롤러 위의 기계축의 스타트 버튼을 누르면 데이터 요구신호가(REQ)가 BTR유닛에서 상태변화로 발생된다. 이 변화는 BW733에 의하여 감지

되고, UDC11은 프로세서 인터럽트를 발생시킨다. 이것은 DNC 소프트웨어에 의하여 감지되고, 부품 프로그램 데이터를 공작기계에 전달하기 시작한다.

② 직렬통신 BTR DNC : Fig. 1(c)는 병렬통신 BTR유닛을 마이크로프로세서를 이용하여 시리얼 인터페이스로 개조한 것이다. 여기서 보는 바와 같이 병렬통신 UDC11인터페이스 대신에 모토롤라 M68000으로 대체시켰다. 이것은 병렬형식에서 직렬형태로 데이터 신호변환을 수행하며, PDP 11/45 UNIBUS로 데이터 전송을 위한 직렬제어문을 발생시키는 것이다.

2.2 FMS와 DNC 시스템

FMS는 플렉시블 오토메이션(flexible automation)의 개념에 의하여 여러가지의 자동화된 생산 고유기술과 생산관리기술을 총합적으로 관리 및 제어하는 컴퓨터와 운용소프트웨어를 하나의 생산시스템으로 총합화하여, 다품종 소량생산에서 생산성과 유연성을 동시에 달성할 수 있는 새로운 형식의 자동생산시스템이다.⁽¹⁸⁾ 일반적으로 FMS제어시스템은 실제현상이 일어나는 그 시간시간에 제어활동이 일어나야 하는 실시간 제어(real time control)가 이루어져야 하는 단계적 지배구조인 DNC(direct numerical control)로 구성된다. 따라서 이러한 단계적인 DNC시스템을 가공물 자동착탈장치, 자동 팔렛교환장치(APC), 자동 공구교환장치(ATC), 자동 물자취급시스템, 가공물 자동저장 등의 여러 셀제어 컴퓨터와 유기적으로 연결되기 위해서는 분산화되고 계층화된 컴퓨터 시스템이 필요하다. 따라서 초기 FMS 구축시 설계자는 이러한 분산화된 시스템을 효율적으로 제어하고, 시스템의 기능확장, 시스템 결합시 피해를 최소화 하고, 수정을 용이하게 하기 위하여 각 셀제어 프로그램을 모듈별로 작성해야 하며, 모듈을 상호 연결시키기 위하여 전언(message)전달방법을 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 주로 이 전언전달 방법 및 FMS 제어를 위한 분산화된 시스템 구축을 위한 첫 단계로 DNC시스템을 구성하여 기계가공 및 정보전달을 시도해 보고자 한다.

3. 실험장치

본 연구의 실험장치로는 생산정보 및 NC프로그램전달을 담당하기 위한 중앙컴퓨터로는 CYBER

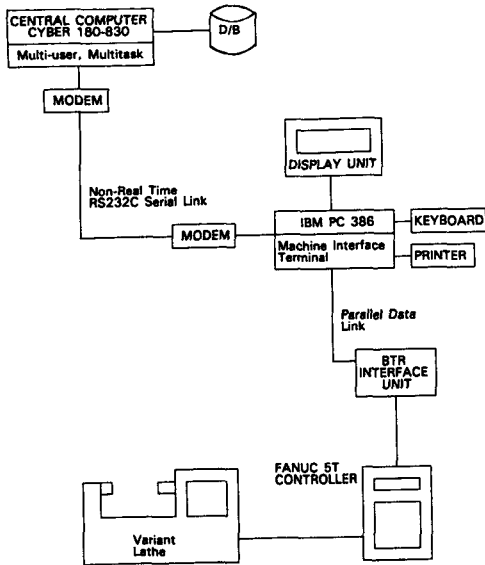


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus for DNC system

180-830, 셀 제어 컴퓨터(MIT : machine interface terminal)는 IBM PC 386이며, 이들 사이의 연결은 모뎀을 통한 비실시간 전이중 통신방식(full-duplex)을 이용한 RS-232C로 연결되고, NC공작 기계의 FANUC 5T 콘트롤러와 셀 제어 컴퓨터 사이에는 기존의 광학식 테이프 리더의 데이터 전송 콘넥터에 자체 제작한 BTR 병렬인터페이스 카드를 사용하였고, 기계의 자동상태정보는 디지털값을 읽어 들인다. 중앙컴퓨터에 저장된 정보는 기계연결 단말기인 셀 제어 컴퓨터 요구에 따라 전송되어 메모리에 저장되었다가 콘트롤러에 알맞는 NC코드(EIA)로 변환되어 NC콘트롤러에 입력된다. 또한 중앙 컴퓨터 소프트웨어는 FORTRAN 77을 사용하였고, 셀 제어 컴퓨터와 중앙 컴퓨터 정보전송 부분은 처리속도를 빠르게 하기 위하여 Assembler언어로 짜여진 프로그램을 컴파일시켜 실행파일을 만든 다음 Turbo C(Borland사 : Ver 2.0)로 작성된 공작 기계 제어 루틴에서 system명령어에 의하여 수행되도록 하였다. Fig. 2에 본 연구의 실험장치를 나타내었다.

4. 중앙컴퓨터 소프트웨어

4.1 중앙컴퓨터 프로그램의 개요

중앙컴퓨터는 각각의 생산공정을 통괄하는 작업

(task)을 만들어서 작업과 작업사이의 정보전달은 가상기억영역(virtual memory area)을 통하여 전언(message)을 전달하는 방법을 사용하며, 이 가상기억영역은 사용 컴퓨터의 기종에 따라 그 명칭이 다르나 예를 들면, VAX 11에서는 메일박스(mail box)라고 부르고, CYBER에서는 실질기억보존장치(physical disk storage area)를 제외한 사용자 영역안의 파일과 같다고 할 수 있다.⁽¹⁹⁾ 전언을 전달하는데 실질기억 보존장치를 대신하여, 이러한 가상기억영역을 사용하면 정보의 전달에 있어서 신속성을 유지하고, 불필요한 실질기억영역을 절약할 수 있다는 장점이 있다. 각각의 작업은 생산공정을 제어하는데 필요한 기능을 대표하며, 한 작업은 한개의 독립적인 프로세서가 된다. 실제 공정을 제어하는 경우 이 각각의 작업은 실제 기구에 직접 연결되는 하나의 독립적인 제어동작을 수행하게 된다. 여기서 이들 작업의 예를 들면 전채관리 작업, 생산관리작업, 운반작업, 작업분배작업, 가공작업, 정보연결작업, 화상화작업(video display task) 등이 있다. 중앙컴퓨터에서 FMS를 제어하기 위하여 위에서 언급한 여러개의 작업이 동시에 수행되어야 하므로 중앙컴퓨터의 운용시스템에 여러개의 작업이 동시에 수행될 수 있는 다작업(multi-task)기능이 있어야 한다. 본 연구에서는 중앙컴퓨터로 다사용자시스템(multi-user system)인 CYBER 180-380이 사용되었으며 주로 시간분배 방식의 DNC에 입각한 정보연결작업에 대한 프로그램을 개발하였다.

4.2 정보연결작업

대화형태로 컴퓨터작업이 이루어지는 다사용자 운용시스템에서 정보연결작업을 가능하기 위해서는 일반 사용자와는 달리 일련의 시스템 명령어를 조합하여 수행시키는 CYBER제어언어(CYBER control language, CCL)를 사용하여야 하며 본 연구이 사용한 몇 가지 중요한 CCL은 다음과 같다.⁽²⁰⁾

- PROC : CCL과정의 시작임을 나타내는 문
- REVERT : CCL과정을 호출한 제어문 다음으로 제어를 옮기는 명령어
- GET : 디스크영역(disk storage)에서 로칼 파일을 가져오는 명령어
- COPY : 중앙컴퓨터에서의 파일을 단말기로

시리얼 전송(serial communication)을 하여 화면에 나타나게 하는 명령어

Fig. 3의 CCL은 중앙컴퓨터에 저장되어 있는 부품 프로그램을 블록체크하여 저장하고 기계연결단말기로 전송하는 CCL 프로시저를 나타낸 것이다. 정보연결 작업에서는 실제 공작기계셀에서 필요한 부품 프로그램을 기계 연결단말기로 하향전송하는 작업과 실제 공작기계셀의 상태를 상향전송하는 작업으로 크게 대별할 수 있으며, 먼저 부품 프로그램의 하향전송순서는 다음과 같다.

① 중앙컴퓨터는 셀 제어컴퓨터에서 부품프로그램 하향전송 요구 글자열이 입력되면 필요한 부품프로그램을 중앙컴퓨터의 실질기억보존장치에서 사용자가상영역으로 옮긴다.

② 부품프로그램에 블록시작기호, 종료기호, 블록체크기호를 첨가시키고, 새로운 임시파일(temporary file)을 작성한다.

③ 새롭게 작성된 임시파일을 시리얼라인(serial line)을 통하여 전송한다.

④ 작성된 새로운 파일을 지운다.

다음으로 공작기계셀의 상태는 공작기계의 디지털 입력을 8bit 디지털값으로 이루어지며, 이들 중 상위 4bit는 공작기계의 스위치 ON/OFF상태를 나타내고, 하위 4bit는 공작기계를 제어하기 위한 신호선이다. 공작기계상태 상향전송은 다음과 같은 과정을 통하여 이루어진다.

① 중앙컴퓨터는 셀 컴퓨터에서 전송되어 오는 공작기계 상태상향 전송요구 글자열이 입력되면 공작기계상태 디지털값을 받아 해독하는 FORTRAN 프로그램을 사용자 가상영역으로 옮긴다.

② 옮겨진 프로그램을 컴파일링(compiling)하여 수행한다. 셀 제어컴퓨터는 공작기계 상태 글자열

```

PROC, DUMMY* 1, XXX ≠ FILE NAME TO
      DOWNLOAD* [S] : ≠>(*F)
*GET, NCDFOR, XXX, TERM.
GET, NCDEXE, XXX, TERM.
COPY, XXX, NCREAD.
REWIND, NCREAD.
*FTN5, 1=NCDFOR, L=0.
*LGO.
NCDEXE.
REWIND, NCTEMP.
COPY, NCTEMP.
COPY, TERM.
REWIND, TERM.
CLEAR.
*REWIND, XXX
*COPY, XXX.
REVERT.
    
```

Fig. 3 CCL procedure for NC program download

을 하위 4bit를 클리어하고 블록체크하여, 중앙컴퓨터로 보내면 컴파일된 프로그램은 블록시작기호, 종료기호, 블록체크기호를 제거한다. 이 내용으로 새로운 상태파일을 만든다.

③ 이전의 상태와 비교하여 변화가 없으면 FORTRAN프로그램에서 새로운 파일을 저장하는 기능을 생략한다.

일반적으로 하향전송과 상향전송은 역방향으로 수행되며, 중앙컴퓨터와 셀 제어컴퓨터 사이에 통신 프로토콜(communication protocol)을 Fig. 4에 나타내었다.

4.3 정보전송시의 블록체크

일반적으로 장거리 정보전송이나, 전자파 잡음이

FUNCTION	INITIATE STRING	PROMPT STRING	VARIABLE STRING	NODE NUMBER STRING	ABORT STRING 1	ABORT STRING 2	EOF STR	TERMINATE STRING
NC FILE DOWNLOAD	.,NC ↵	*[S] :	aaaaa ↵	.	CNTL-T	UNLOAD.↵*.↵	-	@<END OF FILE>>
REPORT STATUS	.,ST ↵	*[S]	.	.	CNTL-T	UNLOAD.↵*.↵	-	@<END OF FILE>>

Fig. 4 The communication protocols between IBM-PC and CYBER 180-830

CHARACTER	ASCII CODE
A	01000001
A	01000001
B	01000010
B	01000010
]	01011101
Result	01011101 (5DH)

Fig. 5 The example of block check characters

많이 발생하는 생산현장에서 정보전송시 데이터의 손실이 생길 우려가 있다. 이러한 데이터의 손실은 기계자체의 오동작과 생산공정에 장애를 초래하므로, 정보전송 완료 확인작업이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 부품프로그램을 하향전송하거나 공작기계설의 상태를 상향전송할 때 중앙컴퓨터와 셀 제어컴퓨터 사이에 정보전송이 바르게 되었는지를 확인하기 위하여 블록체크를 수행하게 된다. NC 공작기계의 부품프로그램의 블록은 보통 4줄을 한 블록으로 잡는다. 아래는 정보전송을 위해 각 블록에 첨가하는 기호들을 나타낸 것이다.

- 블록 시작기호 : ?
- 블록 종료기호 : '
- 프로그램 종료기호 :]

블록의 시작기호 다음의 글자부터 블록의 종료기호까지 혹은 프로그램 종료기호까지의 글자들을 아스키 코우드 값으로 차례로 XOR(exclusive OR)한 것을 블록의 종료기호 혹은 프로그램의 종료기호 다음에 두개의 16진수 글자를 송신하고, 수신측도 이와 같은 방법으로 글자열을 계속 수신한 다음 송신측과 수신측의 두 글자를 비교함으로써, 전송중에 생기는 에러를 검사할 수 있다. Fig. 5는 글자열 블록체크 과정을 나타낸 것이다.

5. 셀제어컴퓨터 소프트웨어

본 연구에서 셀 제어컴퓨터 소프트웨어는 중앙컴퓨터와 통신을 가능하게 하는 통신모듈은 Assembler언어로 작성하고, 기계어(machine code)로 변환하기 위해 어셈블하고, 다시 여기서 오브젝트 파

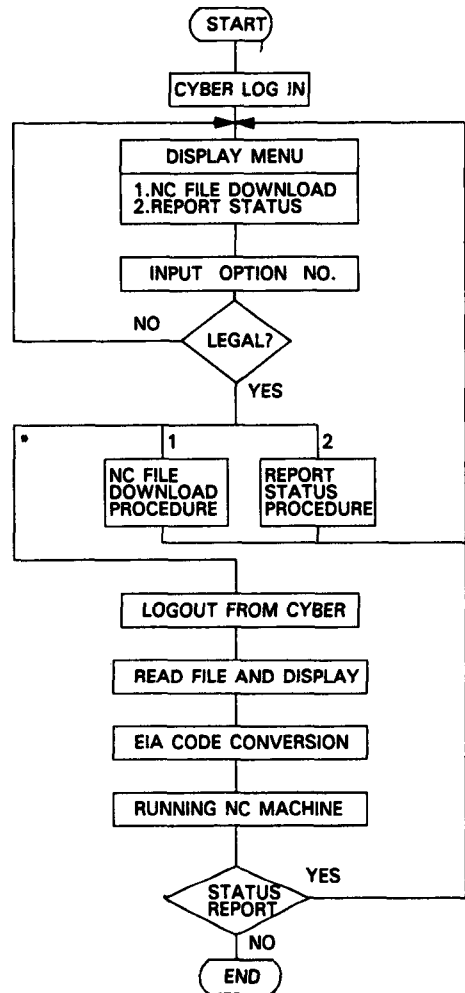


Fig. 6 Structure of software in IBM-PC

일(object file)을 링크(link)시켜 기계어 실행 파일을 작성하였다. 공작기계 제어모듈은 그래픽처리가 용이한 Turbo C 언어를 이용하였다. 셀 제어컴퓨터의 소프트웨어의 구성도는 Fig. 6과 같다.

5.1 통신모듈 소프트웨어

중앙컴퓨터와 정보전달 및 수수를 위하여 셀 제어컴퓨터에서 서로의 통신약정하에 각각의 글자열(string)을 보내고 받는데 있어서 그 각각의 글자열을 메모리상의 테이블로 만들어서 숫자로 지정하면 테이블의 포인터가 지정되어 원하는 글자열이 보내지거나 받게되는 방법을 사용한다. 통신모듈의 중요 서브루틴은 RS-232C보오드를 중앙컴퓨터 CYBER 180-830의 터미날 조건에 맞게 초기화하는

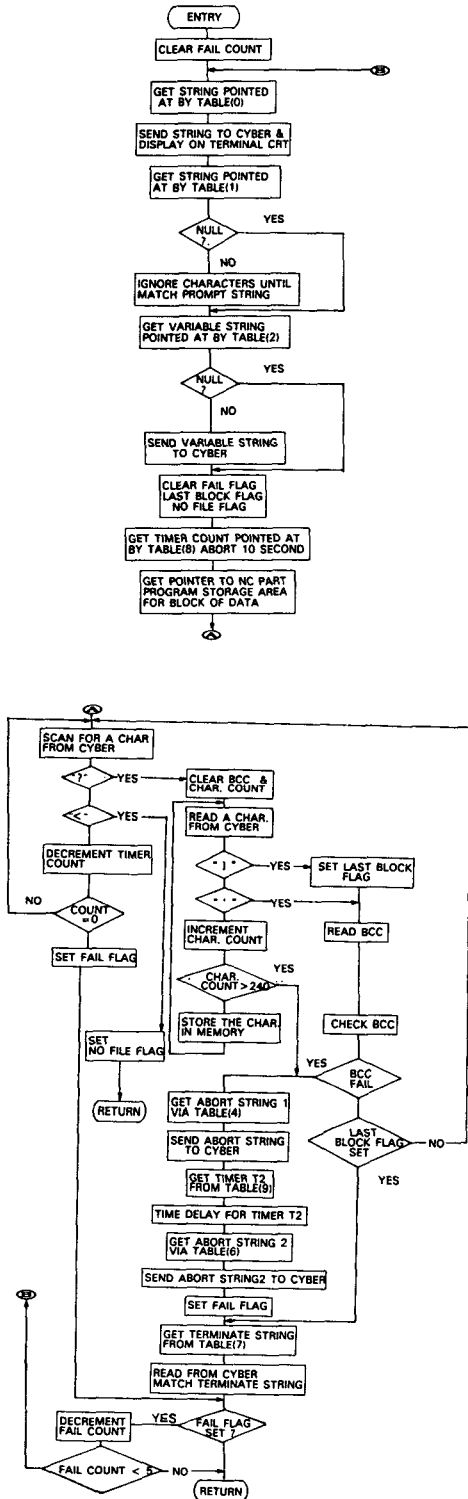


Fig. 7 Flowchart of subroutine for NC program download

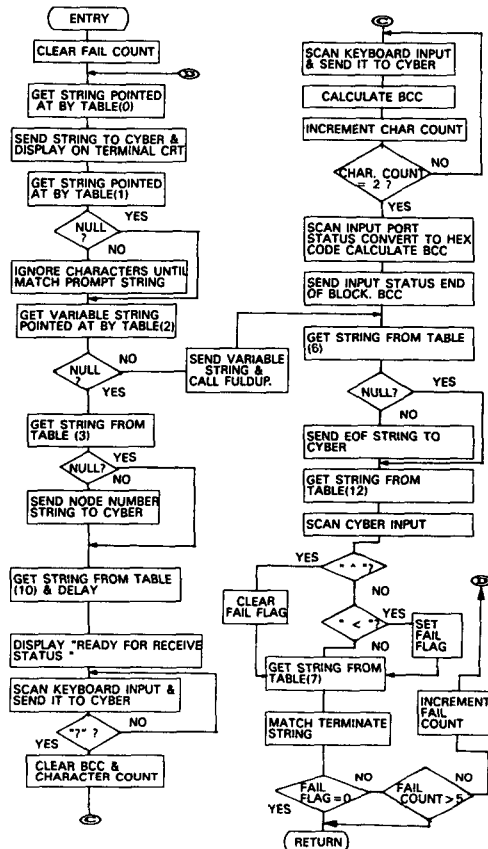


Fig. 8 Flowchart of subroutine for status upload

루틴, 중앙컴퓨터와 전이중통신으로 중앙컴퓨터에 로그인(login)하는 루틴, ROM상에 내장된 BIOS INT 10H를 이용하여 레지스터 속에 저장된 문자를 화면상에 디스플레이 하는 루틴과 중앙컴퓨터에서 부품프로그램이 하향전송될 때 전송에러 체크루틴, 중앙컴퓨터와의 대화식(interactive)통신을 중단하고자 할때 중앙컴퓨터에 특정 글자열(BYE)을 보내고 종료기호 로그아웃 메시지를 검색하는 루틴, 마지막으로 본 연구의 핵심을 이루는 부품프로그램 하향전송 절차를 Fig. 7에, 동작기계상태 상향전송 절차를 Fig. 8에 나타내었다.

5.2 동작기계 제어모듈 소프트웨어

셀제어컴퓨터가 하향전송된 프로그램을 블록체킹하여 유효하면 부품프로그램을 디스크에서 메모리 상에 로딩하여 기계에 맞는 EIA 코드(FANUC 5 T)로 변환하여 또 다른 메모리 공간에 저장하는

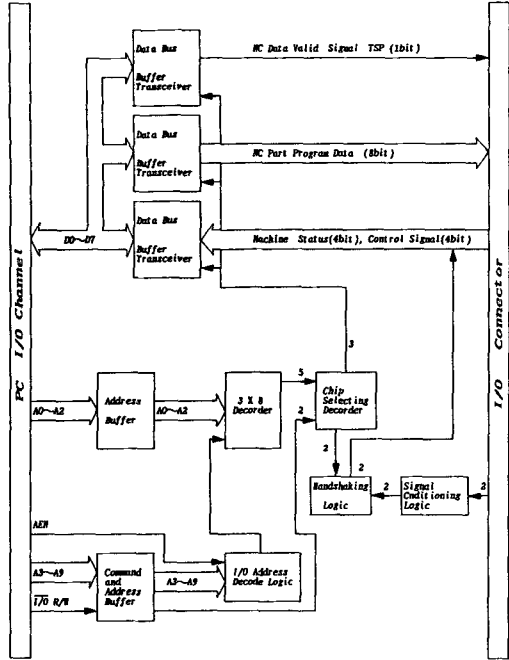


Fig. 9 The circuit for interface between IBM-PC and FANUC-5T controller

루틴, 다음은 변환코드를 NC 컨트롤러의 요구에 맞추어 동작기계로 전송하는 부분으로 컨트롤러로부터 데이터 요구신호인 FDT 신호 수신, 데이터 (D0-D7)를 컨트롤러에 전송 후 데이터 래치신호인 TSP 신호 송신, 그리고 동작기계의 각 상태 (ON/OFF)를 디지털로 입력하는 루틴, 컨트롤러와 셀컴퓨터와의 정보전송과 동작기계 자체의 이상유무를 파악하여 경고를 보고하는 ALM 신호등을 제어하고, 기존의 데이터선과 각종 신호선을 클리어시키는 하드웨어 제어루틴이 있다. Fig. 9는 셀컴퓨터에서 컨트롤러를 제어하기 위한 접속회로를 나타낸 것이다.

6. DNC 시스템의 운용

본 시스템을 운용하기 위해서는 프롬프트상에서 DNC.EXE 실행파일을 수행하면 Fig. 10과 같은 초기화면이 나타난다. 그 다음 중앙컴퓨터와 전송을 위한 Assembler 실행파일을 Turbo-C의 system 명령에 의하여 실행되면, 먼저 RS-232C 통신라인을 점검하고 이상이 있으면 에러 메시지를 출력하고 이상이 없으면, 사용자 패스워드 입력에 의하여 중

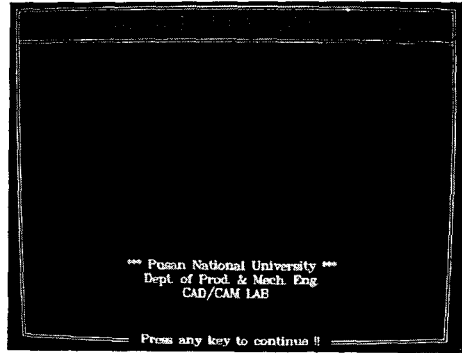


Fig. 10 Picture of initial screen at DNC system

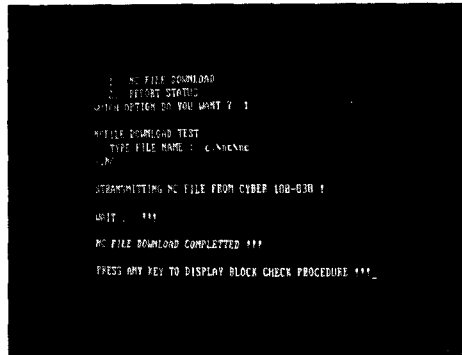


Fig. 11 Picture of download procedure on CRT

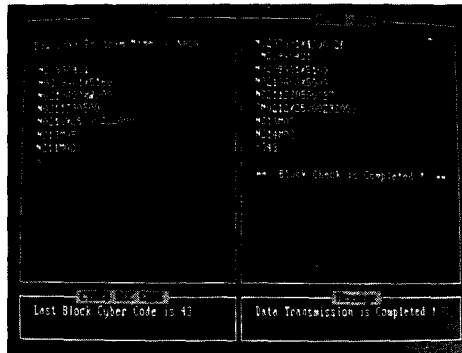


Fig. 12 Picture of NC program download BCC procedure

앙컴퓨터로 로그인 한다. 그 다음 사용자는 부품 프로그램 하향전송 및 상태정보 상향전송을 선택하게 된다. 여기서 부품프로그램 하향전송을 선택하면 Fig. 4의 initiate string이 통신라인을 통하여 중앙컴퓨터로 전송되어 Fig. 3과 같은 CCL과정을 4.2절에 기술한 순서대로 수행하고, 제어컴퓨터에

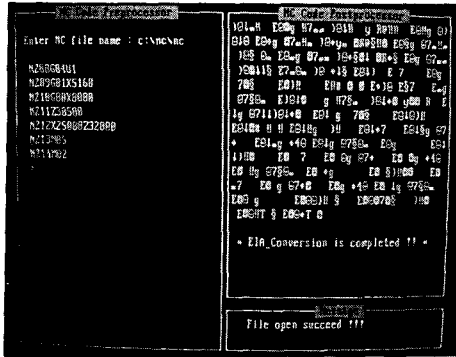


Fig. 13 Picture of NC program to EIA code conversion in MIT

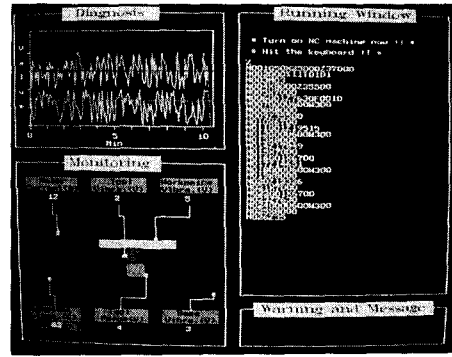


Fig. 14 Picture of running window for NC machine

서는 수신대기 상태에서 중앙컴퓨터로부터 정보가 전송되어오는 것을 기다린다. (Fig. 11) 이때 중앙 컴퓨터는 4줄마다 블록체크 한 두개의 16진수 글자를 송신하고, 수신측도 이와 같은 방법으로 글자열을 계속 수신하면서 블록체크를 하여 송신측과 수신측의 두 글자를 비교함으로써, 전송중에 생기는 에러를 검사한다. (Fig. 12) 이때 전송도중 에러가 일어나면 전송을 재시도한다. 그 다음 전송된 프로그램은 셀 제어컴퓨터상의 디스크에 저장을 한후 중앙 컴퓨터에서 로그아웃한다. 다음 NC공작기계 기동루틴이 system명령에 의하여 실행되면서 디스크상의 부품프로그램을 메모리에 로딩하고, 공작기계에 맞는 EIA 코드로 변환한 다음 (Fig. 13) 공작 기계에 소재를 세팅하고 작업준비가 완료되면 사용자 키보드 입력에 의하여 Fig. 14와 같은 실행 윈도우가 나타나게 된다. 여기서 Running Window 부분은 BTR 인터페이스 보드를 통하여 NC공작 기계로 전송되는 NC 프로그램을 디스플레이하고, Warning and Message 부분은 공작기계가동중 생긴 에러메시지를 출력한다. 그리고 현재 개발중인 Diagnosis 부분은 공작기계에서 사용자가 원하는 감시치를 윈도우를 통하여 2개 항목을 연속적으로 감시할수 있도록 설계되어 있고, Monitoring 부분에서 그값을 디지털로 출력하도록 되어 사용자가 정한 한계값을 넘어서면 디지털값이 표시되는 녹색바(bar)에서 붉은색으로 바뀌면서 경고음과 함께 메시지를 출력하도록 되어 있다. 향후 Diagnosis 및 Monitoring 부분은 각종 센서를 연결하여 가공중에 일어나는 신호를 연속적으로 감시하여 질삭상태를 감시할 예정이다. 기계가공이 끝난후 현재의 공작기계상태가 중앙 컴퓨터로 상향전송시키는데 그

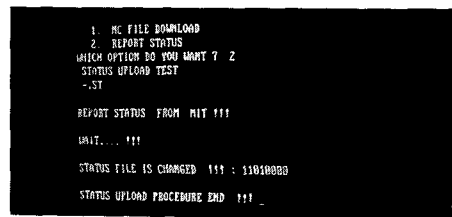


Fig. 15 Picture of report status procedure

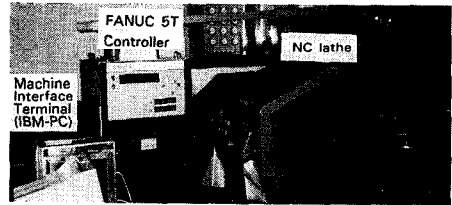


Fig. 16 Picture of interfaced NC lathe with machine interface terminal (IBM-PC)

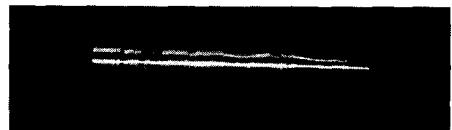


Fig. 17 Picture of test part machined in DNC system

과정은 Fig. 8의 과정에 따라 앞의 하향전송의 역순으로 이루어진다. (Fig. 15) 공작기계와 연결된 셀 제어컴퓨터의 모양을 Fig. 16에 나타내었고, Fig. 17은 본 시스템에서 가공된 제품의 모양을 나타낸 것이다.

7. 결론

본 연구를 통하여 다중작업자 방식의 중앙 컴퓨터

(CYBER 180-830)와 제어컴퓨터 간의 RS-232C 정보전송용 프로토콜을 작성하여, 이것을 이용하여 실제공작기계에서 중앙컴퓨터의 공작기계 NC 프로그램을 전송받아 가공을 수행하고 상태정보를 상향전송할 수 있었다. 또한 본 연구에서 작성된 프로그램은 중앙컴퓨터와 셀제어컴퓨터와의 상호간 정보전송에 기초하여 작성되었으므로 중앙컴퓨터 시스템 확장시 다른 제어컴퓨터에서도 이 프로토콜을 그대로 이용하거나, 약간 의 수정을 가함으로써 효율적인 정보 전달이 가능하므로 기본적 표준통신 하드웨어만 구비되면 시스템 확장이 용이하고, 전연전달 방법을 이용하면 유연성있는 실시간 제어에 유용하게 응용될수 있다. 또한 향후 중앙컴퓨터의 소프트웨어를 생산정보모듈 및 생산일정계획 모듈과 연결운용시 본 시스템을 실시간 다중작업이 가능하도록 하기 위하여 모듈사이의 정보전달을 위한 메일박스 운용방법에 따른 프로세서제어 알고리즘 개발이 필요하다. 기존의 재래식 장비를 보유한 기계가공 중소기업체에서 DNC생산시스템 설계시 기존장비의 전자적 신호특성 및 통신방식, 중앙컴퓨터 통신방식 등을 고려하여 통신프로토콜을 개발해야 한다.

참고문헌

- (1) Greenwood, N. R., 1988, *Implementing Flexible Manufacturing Systems*, Macmillan Education Ltd., pp. 9~10.
- (2) Warnecke, H. J. and Steinhilper, R., 1985, *Flexible Manufacturing Systems*, IFS Ltd. and Springer-Verlag, New York, pp. 29~36.
- (3) John Hartley, 1984, *FMS at Work*, IFS Ltd., pp. 235~248.
- (4) Paul Ranky, 1991, *Flexible Manufacturing Cells and Systems in CIM*, CIMware Limited, pp. 159~206.
- (5) 安井武司, 1987, "次世代 FMS," 大河出版, pp. 125~131.
- (6) Timersma, J. J. Curtis. W. and H. J. J. Kals, 1993, "Communication and Control in Small Batch Part Manufacturing," *Robotics and Computer-Intergrated Manufacturing*, Vol. 10, No. 1/2, pp. 123~129
- (7) Paul G. Ranky, 1990, *Computer Networks for World Class CIM Systems*, CIMware Limited, pp. 73~83.
- (8) 하성도, 김상국, 1987, "일반적인 NC공작기계의 CNC화에 관한 연구," '87년 한국자동제어학술회의논문집, pp. 237~241.
- (9) 김영기, 강무진, 이재원, 1991, "공장자동화를 위한 확장DNC시스템 개발에 관한 연구," 대한기계학회 춘계학술대회논문집, pp. 632~636.
- (10) 이승우, 김선호, 이춘식, 1991, "금형생산을 위한 통합시스템하의 DNC가공," 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 194~201.
- (11) 강철희, 1991, "Flexible Manufacturing System(FMS)의 개발," 한국정밀공학회지, Vol. 8, No. 4, pp. 7~22.
- (12) Kochan, D., 1986, *CAM Developments in Computer-Integrated Manufacturing*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 108~117.
- (13) 조규갑, 1982, "생산시스템공학," 탐출판사, pp. 273.
- (14) Groover, M. K. and Zimmers, E. W., 1984, *CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentic-Hall, pp. 210~215.
- (15) Lee, S.H., 1983, *Communication in a Robot Served NC Machine Tool Cell*, M. Sc. Thesis, UMIST pp. 31~34.
- (16) Crossley, T. R. and McCartney, D., 1978, "A Decade of Direct Numerical Control," *Annals of the CIRP*, Vol. 27, No. 1, pp. 405~408.
- (17) Crossley, T. R., McCartney, D. and Chisholm, A. W. J., 1979, "Microprocessor-Based Direct Numerical Control Systems," *Annals of the CIRP*, Vol. 28, No. 1, pp. 273~276.
- (18) Ranky, P., 1983, *The Design and Operation of FMS*, IFS Ltd., pp. 1~5.
- (19) Lee, S. H., 1985, *The Real Time Control of a Robot Based Flexible Manufacturing System*, Ph. D. Thesis, UMIST, pp. 51~64.
- (20) 부산대학교 전자계산소, 1986, "NOS 사용설명서," 부산대학교, pp. 86~221.
- (21) 배용환, 이석희, 1989, "CNC공작기계의 DNC형성에 관한 연구," 대한기계학회 추계학술대회, pp. 267~270.