

# DNC Network을 통한 Data Remote Control에 관한 연구

박영식<sup>\*</sup> · 김기혁<sup>\*\*</sup> · 오창주<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>동의대학교

<sup>\*\*</sup>기화정보시스템(주) 부설 정보기술연구소

## A Study on Data Remote Control of DNC Network

Young-sik Park<sup>\*</sup> · Ki-hyuk Kim<sup>\*\*</sup> · Chang-ju Oh<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dong-Eui University

<sup>\*\*</sup>Ki-Hwa Information Technology Laboratory

E-mail : cjoh@hyomin.dongeu.ac.kr

### 요 약

DNC(Direct Numerical Control) Network을 위한 프로그램을 효율적으로 하기위해 현재 많은 시스템들이 개발되어 사용되고 있다. 그러나 이 시스템들은 원거리 상의 컴퓨터와 머시닝 센터간의 상호 연결이 원만하지 않아 작업에 비효율적인 면이 있고, 또 머시닝 센터에서의 데이터 송·수신에서 일어나는 오류 문제에 대한 시스템으로의 적절한 대처를 할 수가 없다는 문제점이 있다.

그래서, 본 논문에서는 DNC Network을 통해 NC(Numerical Control) 선반 제어기에서 컴퓨터의 데이터를 오류 없이 수신 가능한 데이터 원격 제어 시스템을 새로이 구성하였다.

이 데이터 원격 제어 시스템의 주요 장점으로는 머시닝 센터에서 운영자가 쉽게 컴퓨터에 저장된 NC 데이터 호출과 송출이 자유롭고, 컴퓨터와 공작기계간의 상호 대화가 없이도 NC 기계상에서의 원격 제어(Remote Control)가 가능하다.

### ABSTRACT

At present, some evolutional system has been used to promote the efficiency of the DNC(Direct Numerical Control) Controller. However, these are many inconvenience to this operator because it lacks harmony in interaction between the computer and the NC(Numerical Control). Also, there are some controversial points when data error occurs at the Data Input/Output.

Accordingly, this thesis explores a new Data Remote Control System. In this study, the NC Controller of the DNC network has to get full data by removing data error in this system.

In this system, the main merits are easy manufacturing and the convenience of Data Input/Output. That is, remote control of the NC machine tool is possible without mutual interaction between the computer and itself.

### 1. 서 론

현재 산업현장에서나 일반 생활에서 원격 제어(Remote Control)를 통한 실시간 제어 기술이 많이 상용화되어 쓰이고 있다. 이에 반해 산업 현장에서는 정규 방식의 원격 제어가 실용화 되어있지만 오작동이나 제한적인 범주로 인해 제 구실을 못하고 있는 형편이다.

특히, 고가의 장비들(크레인, 공작기계 등)이 실제 사용자가 생각하는 것만큼 기대 효과가 없는 것은 제어할 수 있는 소프트웨어와 하드웨어 간의 상호 연결이 매끄럽지 못하기 때문이다. 그래서, 본 연구에서 그러한 문제점에 대한 것을 열거하여 편리한 컴퓨터 시스템의 인터페이스를 구축하려 한다.

일반적으로 산업현장에서 PC(Personal Compu-

ter)로 기계를 제어하는 경우를 알아보고, 최적의 컴퓨터 통신 시스템이 가능한 CNC(Computer Numerical Control) 공작기계를 선택하여 원격제어를 하였다.

우선, 첫째로 본 논문에서 적용하고자 하는 CNC 제어기에 대해 알아보고 포스트 프로세서가 내장된 CNC 제어기의 네트워크 데이터 전송에 있어서 불합리한 점을 보았다.

둘째로 공작기계상에서 메모리 부족으로 많은 데이터가 저장되지 못하는 점이 있었다. 매뉴얼 방식의 NC 장비의 경우 메모리 버퍼가 부족하여 작업의 연계성을 가져오지 못했고, 아울러 Upgrade시 많은 비용이 들었다.

셋째로 1MB이상의 데이터 전송시 Network에서 noise 발생으로 인한 Data 오류가 많은 실정이었다. 기존 CNC 제어기의 경우에 발생하는 문제점으로 하드웨어적으로 전송 케이블이 불안하여 생기는 문제점이었다[1].

넷째로 데이터의 입·출력 및 수정·편집에 많은 시간이 들고, Operator에게 복잡한 운용 환경을 제공하여 불편함을 가중시켜왔다. 그리고 Computer와 연계는 되었지만, 공작실의 NC Machining Tool의 운영자와 제어실의 운영자간의 상호 대화가 이루어져야만 하는 불합리한 공정방식을 채택해왔었다[2][3].

이런 문제점을 CNC 원격제어 프로그램으로 Network를 통해 제어하고, 데이터 송·수신 시 발생하는 오류와 시간 단축을 CNC 원격제어 시스템으로 해결하고자 연구하게 되었다.

본 논문에서는 하드웨어적으로 컴퓨터에서 NC Machining Tool로 데이터가 전송되어질 때 발생하는 오류를 케이블의 자체 제작을 통해 해결하고자 하며, 소프트웨어적인 면에서는 NC 측에서 바로 제어기로부터 NC 데이터를 가져와 작업할 수 있게끔 원격 제어 부분을 프로그램에 추가시켜 시스템을 구성하고자 한다.

본 논문에서는 총 5개의 장으로 이루어져 있으며, 1장은 서론, 2장은 Remote Control의 개요와 앞서 열거한 기존의 제어기가 가지고 있는 단점들에 관해 서술하였으며, 3장에서는 실제 구현한 하드웨어와 소프트웨어의 운용 방식에 대해 설명하였으며, 4장에서는 3장에서 설계된 것을 바탕으로 실제 하드웨어(RS232C Cable)와 소프트웨어를 연동시킨 실험 및 결과 고찰 부분으로 구성하였다. 마지막으로 5장에서는 이 시스템의 결론 및 향후 개발 방향을 제시하고 있다.

## II. Remote Control의 개요

### II.1 Remote Control의 정의

원거리의 공정 상태를 MONITORING하거나 CONTRCL을 하기위한 특수 목적을 두고 구성된

SYSTEM을 원격제어라고 하며, 일반적으로 적외선을 이용한 리모컨이나, 송신기, 자동제어 시스템 등이 원격제어 카테고리에 속한다. 크레인 충돌 방지 장치나 차량 충돌 방지책으로 리모컨이 쓰이고 있으며, 어느 정도 자리를 잡아가고 있다.

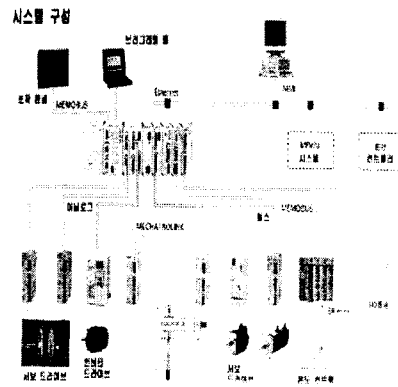
공작기계(NC)를 사용하는 중소기업체의 경우 일반적으로 원격제어가 아닌 Manual 방식으로 작업하고 있어 경쟁률에 있어서 많이 뒤쳐지고 있다. 그리고 CNC 시스템이 가동되고 있는 곳이라 할지라도, PC에서 NC Controller로 데이터를 송/수신 하기 위해서는 쌍방간의 통신(인터넷 등을 포함)이 이루어져야 하므로 이것 또한 반자동 방식에 불과하였다.

본 논문에서는 이러한 점을 감안하여 좀더 보완된 CNC Remote Controller를 설계하였다.

### II.2 DNC System과 Remote Control의 비교

기존에 나와있는 NC 공작기계의 원격제어를 위해 DNC System이 많이 쓰이고 있다.

예를 들어 일본 Yaskawa사의 머신 컨트롤러(MP920)의 경우 기계적인 면을 많이 강조하고 있다. 그리고 운용하기에 복잡한 단면도를 가지고 있으며 NC Controller에서 PC의 데이터를 직접적으로 송/수신하는 것이 어렵다[4][5].



<그림 1. 타사의 Remote Controller>

이에 반해 본 연구에서 실현하고자 하는 Remote Controller의 경우에, NC 측에서 바로 컴퓨터의 데이터를 송/수신이 가능하며, 사용자의 작업 환경을 고려하여 운용하기 쉽게 셋팅하였다.

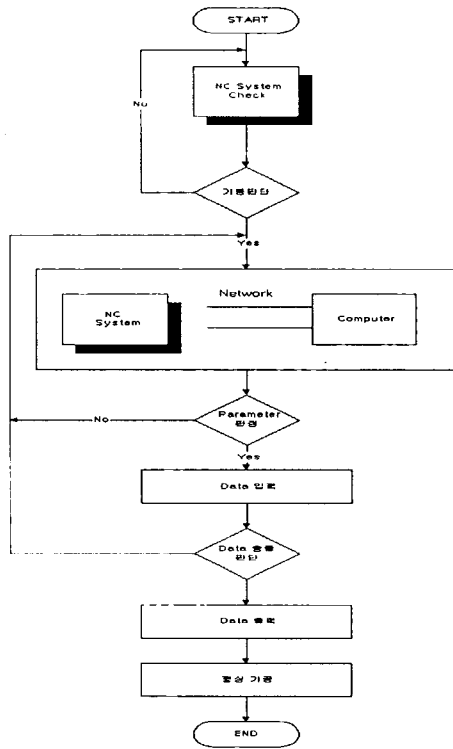
## III. Implementation

연구범위는 크게 하드웨어부분과 소프트웨어 부분으로 나뉘어지며 단계별로 흐름도(Flowchart)

로 도시하였다. 컴퓨터와 NC와의 통신은 RS-232C 통신 케이블을 연결함으로써 가능해지며, 공작기계상에서의 원격제어를 가능케하는 Remote S/W로서 공작기계의 CRT화면 상에서의 I/O가 가능해진다.

### III.1 Hardware Description

본 논문에서 적용하고자 하는 CNC 공작기계의 Controller와의 통신을 위해 RS-232C 케이블의 연결로서 가능해진다. 그리고 부가적으로 NC 측에 80286 Processor가 장착이 되어지며, remote buffer가 추가되어진다. 하드웨어적으로 구현시 단계별로 다음과 같이 거친다.



< 그림. 2 Network System Flow Chart >

- [단계 1] CNC Controller 기종별 분석을 한다. 예를 들면 일본 야마자기사의 MAZATROL, FANUC사의 CONTROL 등은 제작기 다른 요소를 가진다. 여기서는 FANUC사의 것을 사용하였다.
- [단계 2] 종별 Parameter 조사 분석 및 Setting이 이루어진다. 일반적으로 NC Controller에는 Parameter Table이 따라 나오게 되는데 CNC 원격제어 system에 맞게 수치를

조정한다.

- [단계 3] 앞서 Controller 기종별 분석시 선택한 FANUC사의 Controller의 통신 port를 조사한다. 예를 들면, 일반 PC의 경우 통신 port로 COM1, COM2 등이 있다.
- [단계 4] Computer Network System을 제작한다. 최적화된 설계를 위해서 제작·운용되어 질 장소로 가서 위치 선정을 하게 된다.
- [단계 5] 통신용 Cable(RS232C Cable)을 제작한다. 본 논문에서는 기존 네트워크 Cable과는 다른 결선도를 가지고 제작하게 된다.

위와 같이 운영되어지는 NC 장비와 컴퓨터 장비 사용자 프로그램들을 연결하는 통신 port를 찾아내고 매칭시키는 것이 아직 미숙하므로 이들을 구체적으로 분석하여 흐름도를 작성하면 <그림.4>와 같다.

### III.2 Software Description

그 다음으로 이루어지는 것이 소프트웨어 개발 및 분석 단계를 아래와 같이 수행한다.

- [단계 1] 1차적 소프트웨어는 Text Mode 형식으로 실행한다. G-Code로 작성 되어진 NC 프로그램을 받아들이기 위한 것이다.[6]
- [단계 2] Menu numbering 방식으로 일반 현장에서 손쉽게 사용할수 있게끔 구현 한다.
- [단계 3] CNC Monitoring 방식을 컴퓨터에도 사용할 수 있게끔 실행시킨다.
- [단계 4] 기존의 CNC에 보관되어 있는 모든 자료를 컴퓨터화 시켜 컴퓨터 저장매체(하드디스크 혹은 플로피 디스크)에 보관시킨다.
- [단계 5] CNC에서도 제어할 수 있도록 하는 Function Key를 부여하는 기능을 첨가시킨다.
- [단계 6] NC Data를 CNC 모니터만 제작할 수 있는 번거로움을 컴퓨터 Edit를 이용하여 NC의 편집 및 프로그램을 제작할 수 있도록 한다. (즉, 이 기능이 부여되면 CNC의 장비 효과를 2배로 늘일 수 있는 장점이 있다.
- [단계 7] 모든 Control은 컴퓨터와 CNC가 동시에 가질 수 있는 Network System으로 연동시킨다.

본 논문에서 사용되어진 S/W는 최상의 하드웨어 신뢰성과 운영하기 쉬운 소프트웨어 유연성의 실현을 목표로 하였다. 모든 채널의 안정된 고속 테이프 모드 기계가공을 실현하기 위하여 마이크로 프로세서 80286(8채널CNC)/TMS320-C25(32 채널 CNC)와 대용량 버퍼 메모리가 내장된 Intelligent 통신카드를 추가하여 성능을 향상

하도록 하였다.

Controller S/W는 CNC 공작기계의 제어기가 설치된 현장에서 설계실/전산실과 같은 먼거리에서 위치해 있는 CNC 시스템(PC)을 원격제어 하기 위한 합리적이며 사용하기 쉬운 원격제어 기능을 제공할 수가 있다. CNC 가공을 실행하기 위한 NC 프로그램은 CNC 에서 LOAD 커맨드 프로그램에 의하여 PC 를 조작하지 않아도 즉시 호출되며 CNC 시스템의 데이터 관리를 위하여 PC 에서의 DOS 명령어(TREE, DIR, TYPE, MD)를 현장의 CNC 제어기에서 직접 실행하도록 설계하였다. 이는 별도의 CNC 용 단말기 장치를 설치하거나 CNC 자체를 단말기와 겸용으로 사용하기 위하여 CNC의 모니터와 키보드 판넬등을 임의로 개조하지 않아도 CNC 운영이 가능하다[7].

CNC 제어기 S/W는 자체 내장 대용량 NC 데이터 편집기(EDITOR)를 사용하여 모든 채널의 데이터 송신, 수신 중에도 NC 데이터의 수정, 편집을 시간제한 없이 실행하도록 하였다. 특별한 메모리관리 프로그램(EMM386.EXE Himem.sys)을 사용하지 않고, 하드 디스크를 이용한 스왑핑(Swapping)방식으로 동작하므로 편집 가능한 파일 크기는 하드 디스크 여유 용량(Free Size)의 50% 크기까지 가능하며 자유로운 디스크 Copy가 가능하다[4].

상기 S/W는 발생가능한 모든 운영상의 오류에 대하여 충분한 안전조치를 취하여 조작 오류임을 알리는 경고 메시지를 CNC 운영자에게 보내게끔 설계된다. 예를들면 CNC로 부터 NC 데이터를 PC 에 저장할 경우 NC 데이터의 이름이 드라이브 내의 존재하는 화일이름과 동일하거나 CNC Parameter와 같이 파일이름이 없는 데이터는 새로운 화일 이름을 부여하여 저장합니다. CNC 오퍼레이타로부터 존재하지 않는 화일 호출 요구를 받으면 화일이 존재하지 않음을 나타내는 경고문을 CNC 로 전송합니다. CNC 오퍼레이타는 운영상의 오류에 관한 모든 정보를 CNC 모니터를 통하여 확인할 수 있으므로 현실적인 Remote Control이 가능하다.

이 S/W는 CNC 시스템용 PC 가 LAN과 같은 Network과 연결되어 있는 경우 CNC 공작기계의 Controller에서 CNC시스템 PC의 드라이브와 서브디렉토리를 변경하는 방법으로 데이터 서버 컴퓨터 또는 CAD/CAM 시스템의 데이터를 CNC에서 직접 호출하는 Network CNC 공작기계의 가공이 가능하다.

#### IV. 실험 결과 및 고찰

현 시스템에서 몇 가지 문제가 발생되었지만 그것은 실험 시 생기는 장소의 환경이 각기 틀리므로 반복되는 과정과 실험이 계속 필요하다. 실험의 동정으로는 환경이 아주 잘된 경우에는 충

들의 효과가 거의 빈소한 경우이지만 열악한 환경(전원 불안정 상태, 복잡한 설비) 등을 감안 할 경우에는 High Density의 Data를 전송하고자 할 경우에는 문제가 발생하는 간혹의 경우도 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Hardware와 Software로 구분해 볼 때에 먼저 CNC의 Controller Setting이 먼저 확인되어 이루어져야 하는 상황으로 일반적인 FANUC Controller에서는 제일 많이 사용하고 있는 ZERO System의 환경을 확인하여 Setting을 해보았다.

Hardware로는 컴퓨터와 CNC간의 케이블 문제로 일반적인 port(COM1-4)를 사용하더라도 Data 간의 전송이 맞지 않으므로 케이블 연결에 많은 문제를 야기해왔다. 일반적으로 2, 3, 7 번을 연결하여 Data를 전송하지만 CNC의 특성의 문제로 케이블 연결에도 많은 문제점을 내포하고 있었다. 그러나 Data 전송의 확인 현상을 체크할 수 있는 케이블을 제작하여 실험의 단계를 거쳤다.

##### 1) FANUC OM/OT에서 공통 파라메터 셋팅

0015							
CPRD	REP	PRWD	LM2	SKPF	RILK	NWCH	CBLNK
-	1	-	-	-	-	-	-

REP1 : Reader/Punch Interface로 Program 등록 시 Memory 내에 같은 Program 번호가 있는 경우 Alarm으로 하지 않고 치환한다. (번호가 같으면 메모리내의 프로그램이 지워진다.)

REP0 : Reader/Punch Interface로 Program 등록 시 Memory 내에 같은 프로그램 번호가 있는 경우 Alarm으로 한다.

\* 프로그램의 overwrite 가능상태 설정  
(프로그램 번호가 동일한 것이 NC의 메모리내에 존재할 경우 지워버리고 새 프로그램을 등록시키는 기능)

0055					
RMSTS	INPCNT	RS42	PROTCA	ETX	ASCH
-	-	-	0	-	-

NC Controller의 공통 파라메터 셋팅은 상기와 같이 이루어지고 NC의 I/O 0번으로 셋팅되어져 있다. 이에 해당하는 NC parameter Data table은 부록을 참조.

##### 2) CNC 측의 Remote 명령어의 설치

NC에서 컴퓨터를 제어하는 방식을 취하므로 NC 메모리에 명령어 파일을 설치한다.

CNC의 메모리에 00001 00002 00003 00004 00005 00006 00007 00008 00009 의 프로그램이

있으면 다른 번호로 변경한다. RS-232C Cable로 컴퓨터와 CNC 제어가 연결이 되면 CNC에서 MDI 모드로 Remote 명령을 작성하거나 PC에 준비된 Remote.cmd 파일을 Manual Mode로 CNC로 송신한다.

표 1. 리모트 명령어

명령어	설명
:0002(CHANGE) N0123	Drive 또는 SubDirectory 변경
:0003(LOAD) N0123	NC Data 호출
:0004(WORK) N0123	스케줄링된 NC Data 호출
:0005(READALL) N0123	Directory내의 모든 NC Data 호출
:0006(RMTBUF) N0123	Remote Buffer 채널로 NC Data 호출
:0007(TYPE) N0123	NC Data의 처음 및 마지막 부분 보기
:0008(MKDIR) N0123	새로운 Directory 만듦

1) 실험 결과

본 과제의 실험결과로 다음과 같은 시스템 분석과 흐름을 볼 수 있다.

Hardware적으로는 System이 제작이 완료되어 실험과정을 거친 후 실험 현황이다.

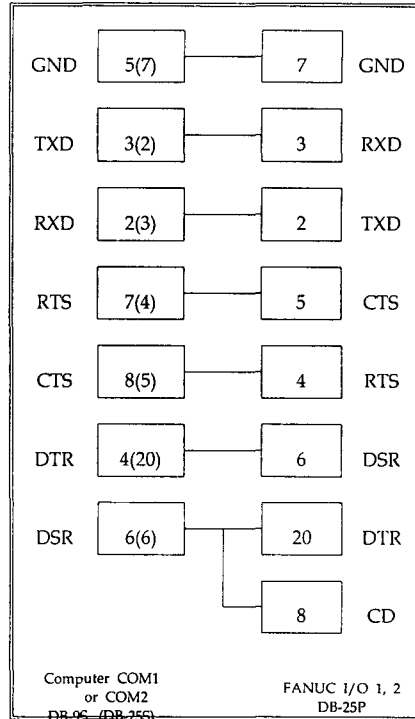
케이블 제작에 따른 현황 도면은 <그림.5>와 같이 이루어졌다.

케이블 연결도 : 컴퓨터와 NC와의 통신은 RS-232C 통신케이블을 연결하여 가능하게 된다.

RS-232C Cable은 반드시 <그림.5>와 같이 결선 하여야 한다. 추가적인 신호 명령의 정의는 다음과 같다.

1. TXD(Transmit Data; 데이터 전송, 2번 핀)에서 CNC 공작기계로 데이터를 전송하는 핀이다. Serial port는 데이터가 송신되지 않을 때 이 회로를 마크(논리 1, Stop bit)로 유지한다.
2. RXD(Receive Data; 데이터 수신, 3번 핀)에서 PC의 Serial port로 데이터가 수신되는 핀이다. 데이터가 수신되지 않을 때는 마크 상태를 유지한다.
3. RTS(Request to Send; 송신요구, 4번 핀) : DTE(Data Terminal Equipment)가 데이터를 수신하고 있는 도중 DCE(Data Communication Equipment)측에 보낼 데이터가 있다면 2번 핀이 데이터를 송신할 수 있도록 4번 핀에 신호를 보낸다. 이 신호는 데이터를 제어하기 위해 CTS(송신허가)신호와 함께 사용된다.

4. CTS(Clear to Send; 송신허가, 5번 핀) : DCE가 데이터를 수신할 준비가 되었다면 DTE에게 데이터의 전송을 허가하기 위해 5번 핀에 신호를 보낸다.



<그림 3. RS232C Cable 결선도>

- 통신거리 : 100 Meter 이내 가능
- 컴퓨터의 케이스와 NC의 케이스를 전기적으로 연결
- 속도 : 9600bps까지 가능

5. DSR(Data Set Ready; 통신기기 준비완료, 6번 핀); DCE가 올바르게 전화선에 연결되어 있고 데이터 송신 모드에 있어 통신 준비가 되어 있을 때 DTE에 보내는 신호이다.
6. SG(Signal Ground; 신호전압 공통, 7번 핀) : DTE의 통신회로와 DCE의 통신회로 사이에서 전압을 측정하는 기준점으로 사용된다. 즉, 다른 모든 신호에 대해서 0 volt가 된다.
7. DCD(Data Carrier Detect; 캐리어 검출, 8번 핀) : 통신하고 있는 CNC 공작기계 Controller의 준비완료 상태에 있다는 것을 PC측에 송신해 왔다는 것을 의미하는 신호이다. 이 신호는 네트워크 카드에 CD 표시등을 점등한다.
8. DTR(Data Terminal Ready; 터미널 준비 완료, 20번 핀) : DTE의 전원이 ON되어있고 LAN과 통신할 준비가 되었을 때 20번 핀에

신호를 보낸다. DTE에 고장이 없는 한 전원을 켜면 항상 이 편에 신호가 나타난다.

Software로서는 공정이 완료되어 있는 상태에서 프로그램의 세부적인 메뉴 도식도로 앞서 언급한 바 있는 Remote Control 명령어를 중심으로 열거하면 다음과 같다.

① CHANGE (드라이브 및 디렉토리 변경 명령어) : CNC 에서 디렉토리를 변경합니다 일반 PC에서의 CD 명령어와 같은 기능이다.

[단계 1] : [INPUT] 키를 눌러서 디렉토리 화면이 표시되면 변경할 드라이브 또는 디렉토리 번호를 기억하여둡니다.

[단계 2] : CNC 메모리에 있는 O0002 프로그램을 호출합니다.

[단계 3] : 변경하려는 디렉토리번호를 N 번호로 입력합니다

[단계 4] : O0002 를 [OUTPUT] 키를 눌러 출력합니다.

[단계 5] : [INPUT] 키를 눌러서 CRT 에 디렉토리 화면이 나타나면 올바르게 변경이 되었는지 확인합니다.

예) 현재의 CNC ( 7 번 ) 디렉토리를 RADIO ( 10 번 ) 으로 변경

```

%
O0002(CHANGE)--> 드라이브 또는
                서브디렉토리 변경 명령어
N0009          --> 변경하려는 드라이브
                또는 서브디렉토리번호
%
    
```

상기의 S/W가 Remote Controller System을 기반으로 실험을 거쳤다. 이것은 CNC장비에 컴퓨터의 O.S(Operating System)을 탑재하는 기능으로서 Full O.S라기 보다는 제어를 위한 프로그램이라 하기가 편리할 것 같다. 실험 결과로 볼 때 특수한 DATA를 제외하고 가동이 잘 되는 편이었다[4][2][5].

### V. 결론 및 앞으로의 과제

실험을 거친 후 이전에 사용되었던 Remote Controller인 DNC system과 많은 차이를 얻을 수가 있었다. 첫째로는, 데이터 전송시 NC Data의 충돌적인 문제가 Remote Controller S/W로 해결되었다는 점이다. 앞서 서술한 바와 같이 이전의 시스템에서는 데이터 전송시 모든 작업이 수 작업으로 하는 것이 원칙이었고 타 시스템으로부터의 간섭을 받지 않아야 되었지만 본 연구에서 데이터 가공시에도 컴퓨터의 이원자 체계로 충돌적인 문제가 생기지 않는다. 둘째로는, Network 자동화의 효율성 기대효과가 있다. NC 공작기계가 가동중이라도 데이터 저장을 원활히 할 수가 있었고, 일반 RS232C Cable을 이용하여

비용 절감의 효과를 가져올 수 있었다[5][1].

하드웨어적인 측면에서도 Long Data의 전송시 noise로 인한 오류 발생을 제거하여 추가적인 시간 손실을 방지와 NC 공작기계의 Interface Card 훼손을 방지할 수 있었다[3].

상기와 같은 처리 결과로 인하여 Network Remote Control로 이루어진 본 논문에서는 DNC 시스템 저비용, 시간적 절감 효과, 그리고 장비의 효과적인 기능 증대를 가져올 수 있으며, 다중화된 Multiple DNC System 방식을 채택할 경우에도 나은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] E.D.Tung, "Low velocity friction compensation and feedforward solution based on repetitive control", ASME Trans. J. of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 115, pp. 279-284, June, 1995.

[2] Alberto Isidori, "Nolinear Control System, Springer Verlag " Controller Structure, IEEE AC, vol.34, no.10, p1038/1046.

[3] M.Uchida et al, "Small Controller for an Ideal Transient Control Performance", IECON'95, vol.2, p898/901.

[4] 대우중공업(주), "머시닝센터의 개요 및 프로그래밍 설명서", 1992.

[5] Dasharath Ram, J.P.Yadav, A.K.Sangamker, I.K.Kaul, "DNC Management System" International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future, CAR & FOF '98.

[6] 安基順, "CNC 프로그래밍", 源和 출판사, 1993

[7] 변정민, "CNC 공작기계의 선형이송오차 보정시스템 개발에 관한 연구", 서울대학교 학위논문집, 1995.

[8] Steel, C. R., "The Finite Beam with a Moving Load", Journal of Applied Mechanics. TRANS. ASME, Series E, Vol. 89, Mar. 1967.