

DNC 시스템 개발

Development of Distributed Numerical Control System

김선호*, 이승우*, 안남식**, 김성복***, 최원준****, 안중환*****

* 한국기계연구원 자동화연구부, ** 터보테크(주), *** (주)회천기공
**** 울산대학교 산업공학과, ***** 부산대학교 정밀기계공학과

요약문

설계, 가공, 조립, 검사기술로 대표되는 생산시스템의 근간 기술은 공작기계에 의한 부품가공 소위, 기계 가공 기술이다. 가공에 필요한 NC 프로그램의 효율적인 관리를 위해 이용되던 종래의 DNC(Direct Numerical Control)는 가공 Cell의 효율을 높이기 위해, CNC 가공기 및 주변기기에 대한 실시간 감시/제어 기능을 가진 분산제어시스템(DNC(Distributed Numerical Control))으로 발전하고 있다. 본 연구에서는 이기종 CNC로 이루어진 가공 Cell에 적합하고, 경제성, 범용성 및 확장성을 고려하여 RS485 Network 및 RS232C를 이용하여 각 CNC 공작기계 및 주변기기와 연결해서 실시간(Real Time) 동시작업(Multi Tasking) 가능한 DNC 시스템을 개발하였다.

신하는 방법등이 있으나 이경우는 단지 NC 프로그램만 관리가 가능하며, 운용 시스템에 대한 감시/제어 기술이 결여 되어 있어 분산제어를 위해서는 부족함이 많았다. 이러한 문제점을 보완하고 FMS 요소기술로서 이용이 가능한 셀 제어기(Cell Controller)를 일본 FANUC사에서 개발해서 일본의 공작기계 회사(森精機, OKK)에서 상품화했으나(FANUC D Series), 시스템 구성상 FANUC 전용의 DNC1 인터페이스 보드 및 운용 소프트웨어가 범용성(FANUC Controller 중에서도 0 또는 15 시리즈 이상에만 적용이 가능)이 없고 확장성(최대 5대)에서 많은 단점을 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 이기종 공작기계로 이루어진 가공 Cell에 적합하고, 범용성, 확장성 및 통신 효율성을 고려하여, Multi Drop 방식의 RS485 Network과 확장 RS232C로 이루어진 2중 통신방법을 이용하여, 공작기계 및 주변기기등을 연결하고, DNC 주 컴퓨터와 다자간 고속통신이 가능한 분산제어시스템을 개발하였다.

개발된 DNC 시스템은 파일관리, 시스템관리, 스케줄운전, 시스템감시 및 공구관리등의 주 기능과 보조기능으로서 공구관리시스템, 스케줄러, 공구상태감시장치 기능을 가지고 있다.

1. 서론

FMS를 위한 가공 Cell 운용 기술로서 DNC(Distributed Numerical Control)는 상위단계에서 이루어 지는 생산계획 및 생산관리의 실행을 통해 제품을 생산하는 역할을 담당하며 주로 현장용 컴퓨터를 이용하여 Cell 단위로 공작기계 및 주변장치를 제어하기도 하고 감시하기도 한다. 이러한 DNC 기능은 좁게는 컴퓨터와 CNC 공작기계간의 데이터 통신(주로 NC 프로그램)으로 부터 넓게는 생산라인의 무인화, 가공계획, 공정관리까지 확대 된다.

초기의 DNC는 금형과 같이 장시간 가공을 요하는 NC 프로그램을 컴퓨터의 저장능력을 이용해 Tapeless 가공을 위해 이용되어 왔으나, 최근의 가공 시스템에서는 CNC 공작기계의 단독 운전보다는 복수대의 Cell 운전이 많아 지면서 잦은 프로그램 교환이 필요하고 또한 체계적인 Cell 관리 필요성에 의해 분산제어 시스템적인 면이 더욱 강조되고 있다. 즉, 소품종 대량 생산체제에서 다품종 소량 생산체제로의 변화에 대응하기 위해 이에 대한 생산규모나 생산형태에 적합한 군(Cell)관리 제어 시스템으로의 발전이 가속화 되고 있다.

이와 관련한 연구를 살펴보면, 호스트 컴퓨터와 LAN 구성에 의해 각 CNC 공작기계에 PC를 한대씩 두고 이를 단말기로서 이용하는 방법(단위 가공품 가공시간이 비교적 긴 금형공장에서 주로 이용) 및 독일 DLog사의 D-Net 시스템, 미국 Greco System사 Greco DNC, 미국 Highland사의 Shop Link DNC 시스템과 같이 전용 터미널(Remote Controller)을 각 기계에 부착하여 데이터를 통

2. DNC 기능 설계

2.1 개발환경

본 연구에서 개발된 DNC 시스템은 아래와 같은 목표와 개발환경을 설정하고 설계 되었다.

- 1) 각 공작기계별 최적 가공생산계획을 스케줄러에서 작성해서 DNC 시스템에서는 이를 참고해서 각 공작기계별로 가공계획을 할당(Dispatch)한다.
- 2) 실시간(Real Time), 동시작업(Multi-Tasking) 및 통신 신뢰성을 확보하기 위해 시스템의 감시/제어를 위한 통신 회선과 NC 프로그램 송수신을 위한 통신회선을 별도 운용한다.
- 3) 모든 작업은 DNC 시스템을 중심으로 운영자 없이 이루어지며, CNC의 별도 조작없이 프로그램의 송·수신, 가공상황을 감시하기 위한 데이터의 전송, 이상 발생시 자동 조치 기능을 가진다.
- 4) 시스템 구성은 가능한 최소화 하며, 대상 공작기계에 대한 범용성 및 확장성을 고려한다.

2.2 기능 구조 설계

개발된 DNC 시스템의 Sub Module 기능구조는 그림 1에서와 같이 화일관리, 스케줄관리, 스케줄운전, 시스템감시, 그리고 공구관리기능등 5개의 주 기능으로 설계했으며, 보조기능으로서 스케줄러, 공구관리시스템 그리고 공구상태감시 기능을 가지고 있다. 이에 대한 각 기능은 다음과 같다.

1) 화일관리

외부에서 작성된 NC 프로그램을 DNC 시스템에 등록, 수정, 편집, 삭제기능을 수행한다.

2) 스케줄 관리

상위의 생산시스템(예:MRP)으로 부터 Cell내의 다수의 NC 공작기계를 대상으로 하여 일정기간동안 생산해야할 작업품목과 생산량이 주어져 있는 경우, 스케줄러를 이용해 Cell내에서 적용 가능한 NC 공작기계를 대상으로, 가공해야할 작업들의 순서를결정을 수행한다. 각 공정선택 기준을 기초로 수행된 대안별 최적결과를 이용해 각 공작기계별로 작업할당을 수행하는 기능을 가지고 있다. 여기서 공작기계별로 할당하는 스케줄 화일은 한 공정을 수행하는데 필요한 복수개의 NC 프로그램으로 구성된다. 이러한 스케줄을 이용해 스케줄 운전에서 자동운전이 가능하다.

3) 스케줄 운전

각 공작기계에서 주어진 공작물을 가공하는데 필요한 NC 프로그램을 스케줄 화일에 등록시켜 화일에 등록된 순서대로 DNC 운전 및 호출운전을 통해 자동운전을 하게 한다. 본 시스템에서는 프로그램 번호가 O0001-O4999는 DNC 시스템의 기억장치에 있고 O5000-O9999는 CNC 메모리에 있는것으로 약속을 하고, 스케줄 운전시 프로그램 O0001-O4999는 DNC 운전을 수행하고 O5000-O9999는 호출운전을 수행한다.

4) 기계 상태 감시 및 제어

각 기계에 부착된 PLC를 이용하여 기계의 상태를 DNC 시스템으로 전송한다. 감시하는 중요 요소로는 기계의 현재 Mode 상태(Handle, Jog, Memory 등), 비상정지

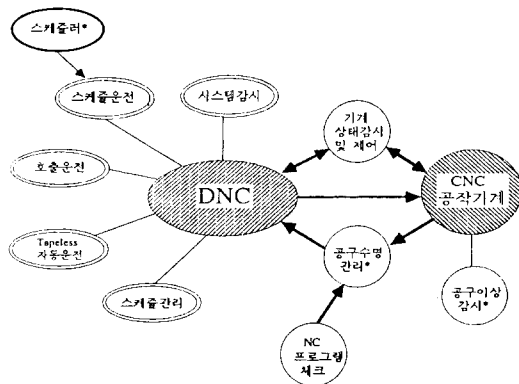


그림 1 DNC 기능구조

및 각종 Alarm등이다. 기계상태는 RS-485 통신선을 이용하여 모니터링 컴퓨터에 입력되며, 분석된 결과는 모니터링 결과로 출력한다. 모니터링 컴퓨터는 RS-232C를 이용하여 DNC 주 컴퓨터와 연결되어 있으며 이상상태가 발생하였을 경우에는 실시간으로 이상상태가 발생한 기계에 대응 조치를 하게된다. 제어의 중요 요소로는 비상정지, Feed Hold, CNC 외부 Reset 등을 들 수 있다.

5) 공구관리

공구관리 모듈은 기계별로 동일 메거진에는 동일공구를 사용하는것을 원칙으로한다. 본 모듈에서는 공구관리를

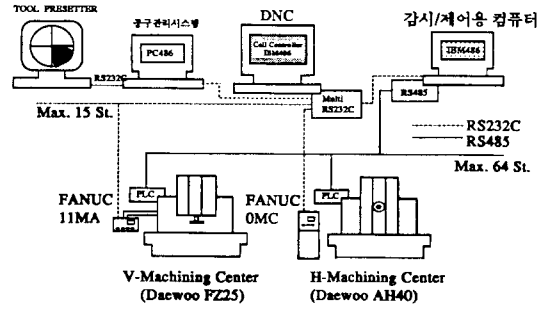


그림 2 하드웨어 구성도

표 1. Model Plant에 사용된 기기 사양

구분	기능	비고
DNC 주 컴퓨터	CPU: i80486 DX2/50 RAM: 36Mbyte OS: HANIX R4.2(Unix) 통신장치: Multi Serial Port(8Port)	삼보컴퓨터
DNC 감시 제어 컴퓨터	CPU: i803486 RAM: 8Mbyte OS: DOS 통신장치: RS485 Network	IBM 7537
수직형 머시닝 센터	대우 FZ25 수직형 머시닝센터 Controller: FANUC 11MA Stroke: 750X400X500mm ATC: 공구 24본, 공구홀더 BT40	
수평형 머시닝 센터	대우 AH40 수평형 머시닝센터 Controller: FANUC 0MC Stroke: 750X400X500mm ATC: 공구 24본, 공구홀더 BT40	
Tool Presetter	Zoller V420 Measuring Range: X150, Z400 Controller: Heidenhain VRZ742C	
PLC (Programmable Logic Controller)	삼성항공 SPC 300 입력 MDI-DBH 출력 MDO-DBH 명령어 처리방식 : Stored program Cycle 방식 처리속도: 0.75Micro Sec/1 Step 기억용량: 8084 Word 통신속도: 최대 9600bps	통신거리 1.2Km까지 가능함
통신 Protocol	-RS232C : NC 프로그램의 송수신에 사용 -RS485 : 각 기계의 상태 모니터링 및 제어에 사용	

시스템과 Tool Presetter가 및 공작기계가 통신회선으로 연결되어 공구교환시 공구경 및 공구길이 Offset이 자동으로 갱신된다.

3. DNC 시스템 구성

3.1 시스템 구성

개발된 DNC 시스템의 실험, 성능평가 및 문제점 파악 등을 위해 모델 플랜트를 구성하였는데 이는 수평형 머시닝센터(대우 AH40, FANUC OMC), 수직형머시닝센터(대우 FZ25, FANUC 11MA), Tool Presetter(ZollerV420, Heidenhain VRZ742C)와 개발된 DNC 시스템이 탑재된 주 컴퓨터 그리고 기계의 상태감시 및 제어를 위한 감시/제어용 컴퓨터로 구성되어 있으며 구성기계의 사양을 표 1에 나타내었다. 공구의 재결정보 관리를 위해 Tool Presetter와 DNC 시스템은 공구관리시스템을 통해 연결되어 있으며 그림 2에 DNC 시스템의 하드웨어 구성을 나타내었다.

개발된 DNC 시스템이 탑재된 컴퓨터는 범용성을 고려해 IBM 486호환기종 PC를 사용하였으며, 시스템 운용상 실시간 처리 및 동시작업이 되기 위해서는 어떠한 경우에도 정보의 흐름이 단절되면 안되기 때문에 NC 프로그램 송/수신을 위한 RS-232C 통신회선과 시스템의 감시/제어를 위한 RS-485 통신회선으로 이원화된 하였다. 이를 위해 본 DNC 시스템에서 CNC로의 NC 프로그램 송/수신에는 8채널의 인텔리전트 Multi RS232C 인터페이스 연결기가 사용되었으며, 프로그램의 송/수신 및 이상상태 발생시에 작업자가 CNC를 별도로 조작하는 일을 제거하기 위해 CNC의 PMC 프로그램은 수정하여 PLC와 연결하였다. 연결된 PLC들은 RS-485 통신선을 이용한 Multi-Drop 방식으로 제어/감시 전용컴퓨터와 연결되어 있다.

3.2 PLC를 이용한 분산제어 및 통신성능 실험

각 공작기계의 상태를 능동적으로 수집하고 필요한 제어를 수행하기 위해 각 공작기계에는 범용성을 가진 PLC(PLC 프로그램의 1 Block 처리시간이 0.75 Micro Sec.)를 부착하고 감시 및 제어가 가능하도록 미리 수정된 공작기계의 PMC와 1:1로 연결하였으며 이는 RS-485에 의해 감시/제어용 컴퓨터와 1:N 방식으로 연결되어 연속적으로 각 PLC의 CPU 레지스터 내용이 실시간으로 감시가 가능하며 필요한 경우 레지스터 내용을 수정함으로써 각 기계의 실시간 제어가 가능하다. 각 기계당 입력은 32점, 출력은 48점으로 하였다. 연결된 PC와 PLC의 궁극적인 목적은 CNC의 상태를 감시하거나 제어하는 역할을 한다. 본 시스템에서 대상으로한 감시 제어내용을 표 2에 나타내었다. 즉, 기계의 상태를 PMC와 연결된 PLC의 입력부분에 보내고 이 값을 제어/감시 컴퓨터로 보낸다. 감시/제어 컴퓨터는 모니터링된 기계의 상태를 연속적으로 나타내고 이 값은 필요한 경우 RS-232C를 통하여 주 컴퓨터로 전송된다.

기계의 상태를 감시하고 제어하기 위한 RS-485의 Multi-Drop 방식의 통신은 Query(Q), Query Acknowledge(QA), Response Request(RR), Response(R) 4

단계로 이루어지며 그 순서는 다음과 같다.

PC가 통신하기를 원하는 CPU 모듈의 고유번호(CPU ID:Address)를 지정하여 Q를 송신한다. 해당 고유번호를 가지는 CPU가 Q를 예러 없이 수신을 완료하면 Q에 대한 인식 정보 QA를 낸다. PC는 CPU모듈이 송신한 QA를 확인(수신)한 후 RR을 송신한다. CPU 모듈이 RR을 수신하면 Q에 대한 응답(R)을 낸다. PC는 CPU 모듈이 송신한 응답을 수신하여 필요한 정보를 취하며 이러한 통신 규약(Protocol)은 모니터링이나 제어일때도 같다. Q나 RR을 수신한 CPU 모듈이 QA나 R을 송신할 때의 최대 지연시간(통신 위치독(Watch Dog)시간)은 3초 이다. PC가 Q나 RR을 송신 개시한 시점에서 3초이내에 QA나 R이 수신되지 않으면 송신 Frame에 이상(CPU 고유번호 불일치 또는 CRC 계산이 잘못됨)이 있거나 기타 통신 에러(선로이상, 통신속도 불일치 등)아므로 재송신(Q나 RR)을 한다. 또한 통신 Frame이 예러없이 전송되었는지 여부를 확인하기 위하여 송신 Frame에 대한 일종의 Check Sum Code인 CRC를 Information의 끝에 추가로 전송한다. 이러한 통신 Frame의 구조를 그림 3에 나타내었다. 이러한 통신규약을 이용하여 PC와 PLC는 통신을 하며 모니터링된 정보가 PLC를 통하여 PC로 수신하는 경우 예에 대한 Frame을 그림 4에 나타내었다..

표 2. 감시 및 제어정보 내용

구 분	제 어 / 감 시 내 용
제 어 PC→ PLC	. Mode 선택(Edit, Tape, Memory)
	. Power On/Off
	. Cycle Start(외부 Start)
	. Spindle On/Off
	. 비상정지
	. 비상해제
	. Feed Hold
	. 외부 Data 입력(Program Search, 공구 Data 등 기타외부 입력)
	. CNC Memory Protect 해제
	. Data 외부 입력 기동
	. CNC 외부 Reset
	감 시 PLC→ PC
. Power On/Off SG.	
. Cycle Start(외부 Start) SG.	
. 자동운전중 SG.	
. Spindle On/Off SG.	
. 비상정지 SG.	
. 비상해제 SG.	
. Feed Hold SG.	
. 외부 Data 입력(프로그램 찾기, 공구 Data 등 기타외부 입력) 완료 SG.	
. 외부 Data Read Strobo SG.	
. Search 완료 SG.	
. CNC Memory Protect 해제 SG.	
. Data 외부 입력 기동 SG.	
. CNC 외부 Reset SG.	
. Machine Ready SG.	
. Servo Ready SG.	
. NC Ready SG.	
. Over Travel Alarm	
. Over Heat Alarm	
. Servo Alarm	
. 제어 장치 이상 Alarm	
. 프로그램정지 SG.	

이러한 시스템의 성능을 확인하기 위해 통신 에러와 통신시간을 측정하였다. 통신속도는 9600bps이며 측정시간은 DOS의 Clock Time을 이용하였으며 측정 단위시간은 1/100초로 하였다. 실험결과를 사용한 PLC 4 입력모듈(32 점접)을 읽어 처리하는데 평균적으로 약 245±30msec.로 측정되었으며 이를 표 3에 나타내었다. 읽는 방법에 있어서는 1입력모듈을 읽을때의 처리시간과 4입력모듈을 읽을때의 처리시간은 비슷하였다. 이러한 실험결과를 DNC 시스템의 확장에 따라 송/수신할 점접수가 크게 증가하더라도 통신에 소요되는 시간은 급속히 증가하지 않음을 의미하며 이는 통신 부하를 크게 고려하지 않아도 시스템 확장이 용이하다는 것을 의미한다. 또한 실험중 통신에러는 전혀 발생하지 않았으며 따라서 PLC를 이용한 공작기계의 상태감시 및 제어는 신뢰성이 있는 감시 시스템으로 평가된다.

4. 운영 S/W 개발

다수의 공작기계를 대상으로한 DNC 시스템을 운용하기 위해서는 동시작업(Multi-Tasking), 실시간(Real Time)이 가능한 운용 시스템이 반드시 필요하다. 이를 위해 Multi-Tasking, Multi-User, LAN등을 지원하는 운영체제(OS, Operating System)인 Unix를 운용 시스템의 OS로 선택했으며 본 연구에서는 Unix 시스템 중에 PC에서 운영이 가능하고 한글지원이 가능한 HANIX R.4.2(쌍용컴퓨터)를 기본 운영체제로 정하고 DNC시스템을 개발하였다.



그림 3 CRC(Cyclic Redundancy Code-16)의 계산

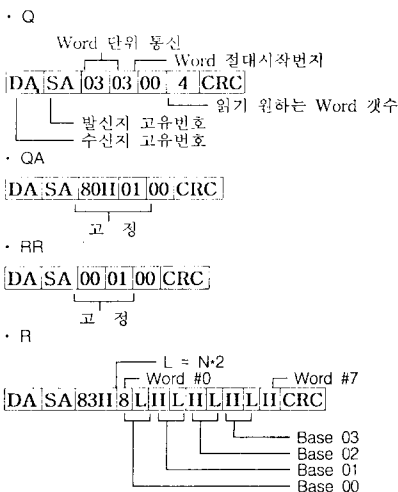


그림 4. RS-485 통신 프로토콜(모니터링 경우)

며 주요기능은 다음과 같다.

- X Window System을 기반으로 하는 데스크탑 환경 제공
- OSF/Motif와 Open Look 그래픽 사용자 인터페이스 제공
- Ethernet/Token Ring 방식의 Network Card 지원
- 다른 운영체제와의 응용 프로그램 호환성 제공(System V 계열 (SCO Unix, ISC Unix), DSD 4.x 계열 (Sun OS, Solaris), XENIX 계열)
- KSC5601 완성형/조합형 한글 코드 지원

DNC 운영 S/W는 운영자 요구에 의해 스케줄 화일을 작성하고, 작성한 스케줄 화일에 따른 DNC 운영을 중심 기능으로 하여 화일관리, 스케줄관리, 스케줄 운전, 기계 상태 감시 및 제어, 공구관리 및 보조기능으로 구성된 window system이다. 그 구성도는 그림 5와 같다. S/W의 내부적인 설계는 기능별 특성을 최대한 살리고, 현장에서 발생하는 다양한 기능요구에 보다 유연하게 대응하기 위해 기능별로 각각의 프로세스를 두었고, 각 프로세스간 통신은 message queue와 semaphore를 사용하여 구현하였다. 프로세스 블록도는 그림 6과 같다. 또한 공구와 화일의 경우에는 Btree 구조를 사용한 간략한 DBMS(Data

표 3 통신단계별 소요 시간

PC	통신단계	(통신방향)	PLC
0	Query	(⇒)	190
\	Query Acknowledge	(⇐)	\
\	Response Request	(⇒)	\
210	Response	(⇐)	190
210	Finish	(⇒)	260

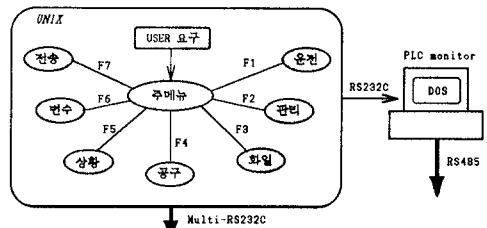


그림 5 운용 시스템 구조

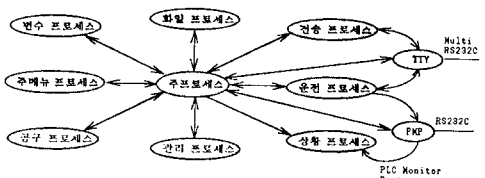


그림 6 운용 S/W 프로세스 흐름도

Base Management System)을 가지고 있다. DNC 시스템은 다음과 같은 8개의 메뉴로 구성되었으며 각 기능은 다음과 같다. 각 기능별 몇가지 화면 및 사진을 그림 7-9에 나타 내었다.

- 운전 : 스케줄 화일에 의한 DNC 운전을 행한다.
- 관리 : 스케줄 화일을 관리한다.
- 화일 : NC 프로그램을 시스템에 등록, 관리한다.
- 공구 : 공구정보를 관리한다.
- 상황 : 기계 및 시스템 상태를 나타낸다.
- 변수 : 통신 변수를 변경하고, 기계 이름을 지정한다.
- 전송 : 기계와 RS232C 통신을 행한다.
- 종료 : 시스템을 종료한다.

1) 운전

각 공작기계에 할당된 순서대로, DNC 운전 및 호출운전을 이용해 자동운전을 하게 한다. 본 시스템에서는 스케줄 운전시 프로그램 O0001-O4999는 DNC 운전을 수행하고 O5000-O9999는 CNC 메모리에 있는 프로그램을 호출해서 운전한다.

- DNC 운전

가공시간이 상당히 긴 경우, NC 프로그램의 크기는 보통 수 Mbyte를 차지하기 때문에, 이를 CNC 메모리에 저장한다는 것은 비경제적이다. DNC 운전은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 DNC 시스템 컴퓨터의 주 기억장치(Hard Disk)에 NC 프로그램을 저장 해 두고, 저장되어 있는 NC 프로그램을 순차적으로 RS-232C 통신선을 이용하여 전송하면서 가공을 수행하는 방법이다.

CNC 종류에 따라 차이가 있지만, DNC 운전을 하기 위해서는 일련의 제어 동작이 필요한데 이는 RS485를 이용한 PLC 제어에 의해 이루어 진다. FANUC 0M의 경우 순서는 다음과 같다.

- ① STL(Cycle Start)이 아닌것을 확인
- ② KEY Protect 해제
- ③ MINP DATA 외부입력 기동(STL 확인요)
- ④ ERS(CNC 외부 Reset)
- ⑤ NC 상황 Check

- 호출 운전

빈번히 가공 혹은 조작하는데 쓰이는 NC 프로그램의 경우에는 DNC 운전보다는 CNC 메모리에 저장해 두고 필요시 기억장치에 있는 단위 프로그램을 호출하여 운전하는 것이 훨씬 효율적이다. 호출운전도 DNC 운전과 같이 일련의 제어 작업들이 필요한데 FANUC 11MA의 경우는 다음과 같다.

- ① ERDRQ 접점 모두 0
- ② EIA 0 - 7 모두 0
- ③ EID 0 - 14 를 Binary 로
- 호출 NC 프로그램 번호 입력-
- ④ EISTB 1
- ⑤ EISTB 0

호출 NC 프로그램 번호의 표현방법은 11MA는 이진수 15자리를 이용하여 NC 프로그램 O0000에서 O9999까지 표현한다. 0M의 경우는 BCD(Binary Coded Decimal) 코드를 이용한다. 이 방법은 0M의 ED0에서 ED15까지의 16자리를 4개씩 4등분하여 이들을 0에서 9까지의 숫자를 표현하여 NC 프로그램의 번호를 표현한다.

2) 관리

스케줄러로부터 얻은 각 공작기계별 자(了) 일 정계획을

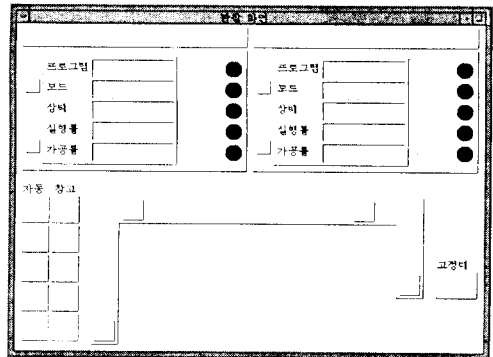


그림 8 운용 시스템 예(상황 화면)

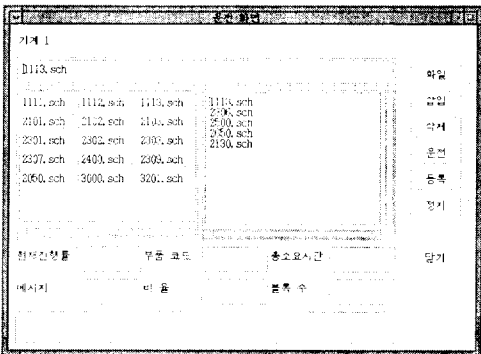


그림 7 운용 시스템 예(운전 화면)

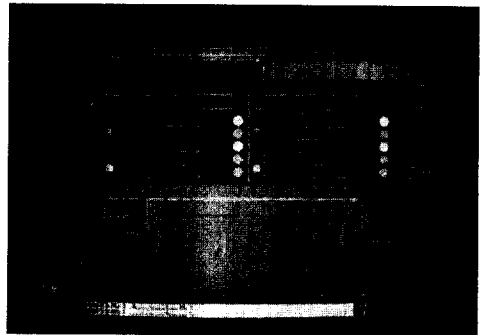


그림 9 운전 동작 사진

이용하여 공작기계별로 자동운전을 위한 스케줄링을 계획한다.

3) 화일

NC 프로그램을 외부로부터 등록한다. 이 등록은 NC 프로그램 등록을 수행하는 새로운 Window를 만드며, 등록 데이터의 요소는 아래와 같다. 등록은 각 기계별로 수행하며 등록된 데이터를 이용해 관리에서 스케줄을 수행한다.

- 프로그램 : 등록하는 프로그램 번호
- 부품코드 : 프로그램이 가공하는 부품의 코드
- 등록일 : 프로그램을 등록한 날짜
- 납기 : 부품코드에 해당하는 제품의 납기
- 블록수 : 프로그램의 블록수

4) 공구

공구관리 모듈은 기계별로 동일 매거진에는 동일공구를 사용하는 것을 원칙으로 하며 매거진 번호, 공구명, 공구수명, 사용시간, 공구경, 길이 Offset, 공구경 Offset으로 구성되어 있다. 본 모듈에서는 공구관리시스템과 Tool Presetter 및 공작기계가 통신회선으로 연결되어 공구교환시 공구경 및 공구길이 Offset이 자동으로 경신된다. 이를 위해 각 공구가 사용하는 공구 Offset은 T01~T24를 길이 Offset의 경우 01~24(매크로 변수 #2001~#2024), 공구경 Offset의 경우 25~48(매크로 변수 #2025~#2048)번으로 각각 할당했다. T15 공구를 교환하는 경우 공작기계의 해당 Offset이 변경되는 순서는 Tool Presetter에서 공구 매거진 번호와 함께 공구길이값과 공구경값이 전송된다. DNC 시스템에서는 수신된 값을 D_Offset=(Old_D-New_D) 및 L_Offset=(Old_L-New_L)을 계산한다. 계산된 결과를 이용해 DB를 갱신한다. 계산된 결과는 #2015=L_Offset, #2039=D_Offset의 매크로 프로그램으로 작성되어 DNC 운전을 하게되면 Offset 번호 15와 39가 각각 L_Offset 및 D_Offset 값으로 자동 변경된다.

5) 상황

공작기계에 부착된 PLC가 RS485를 통해 감시 제어 컴퓨터로 상태 데이터를 보내면 여기에서 상태 데이터를 해석하고, RS232C PMP 프로세스로 결과 데이터를 주 컴퓨터로 송신한다. PMP 프로세서는 프로세스간 통신을 통해 상황 프로세스로 데이터를 전달하고, 상황 프로세서는 각각의 상태를 정해진 양식에 따라 표현한다.

5. 스케줄러 개발

다수의 공작기계로 구성된 가공 Cell에서 일정기간 동안 생산해야할 작업품목과 생산량이 주어져 있는 경우, 각 공작기계에서 가공해야할 작업들의 가공순서를 설정한 대안을 이용해 결정해주는 시스템으로서 중기의 생산계획을 달성하기 위하여 작업장의 상태, 작업내용, 사용사원등에 대한 정보를 고려하여 효율적인 단기 세부 일정계획을 작성하여 줌으로서 DNC 시스템의 효율을 높여주는 시스템이다.

이러한 스케줄러는 상위의 생산 시스템(예, MRP)으로부터 장기 생산계획정보를 받아 주어진 단기 계획 기간 동안의 각 공작기계의 세부적인 생산계획을 세우기 위해 이용된다. 이러한 결과는 DNC 시스템에서 가공 스케줄을 세우는데 참조 데이터가 된다. 스케줄러에 대한 입력 정보와 출력정보는 다음과 같다.

1) 입력정보

- 생산계획 시스템으로부터의 생산계획
- 각 작업을 구성하는 공정에 대한 정보
- 각 공구정보
- 공구 매거진별 공구배정 상태
- 공장의 작업 윌력
- 현재의 일정계획

2) 출력정보

- 각 기계에서 처리할 공정목록
- 각 기계에서 처리할 공정들의 작업순서 및 작업시각
- 각 공작기계에서 집행될 세부일정계획된 자 일정의 생성

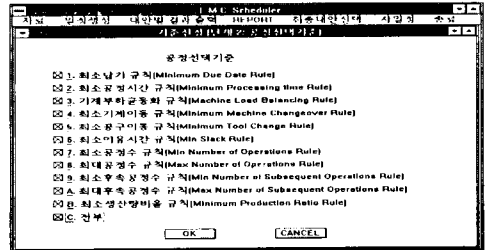


그림 10 공정 선택 기준 예

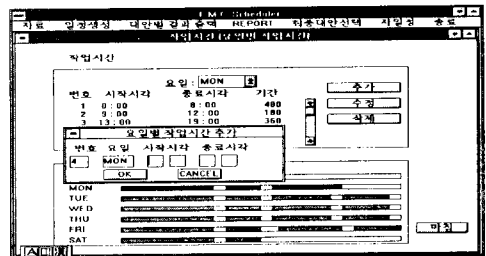


그림 11 작업시간 할당 예

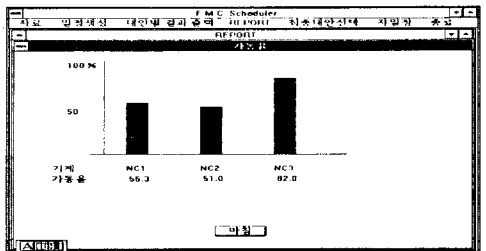


그림 12 각 대안별 기계 가동률

이를 위한 S/W는 MS 한글 Window 3.1에서 MS Visual C를 이용해서 작성했다. 스케줄러의 주 기능은 다음과 같다.

- 자료 : 일정작성에 필요한 정보들을 제공
- 일정생성: 일정작성 Rule 선정과 선정된 Rule하에서 일정 작성 및 수정
- 대안별 결과출력: 작성된 일정들에 대한 Performance Measure 값에 대한 값들과 각 일정들의 상대적인 비교를 제공하여 최적일정을 선정하는데 도움을 제공
- Report: 각 일정대안별 스케줄러 목록과 기계가동율, Gantt Chart 제공
- 최종대안선택: 작성된 일정중에서 실제 적용 일정안을 선정
- 자일정 항목: 최종적으로 선정된 일정을 기계에 할당 (Dispatching)할 자일정으로 나누어 자일정을 관리

일정생성을 위한 공정선택 기준예를 그림 10에, 선택된 일정 및 대안에 대한 특정 공작기계에 대한 일정목록을 그림 11에 그리고 이러한 일정 및 대안을 선택 했을 경우에 대한 기계 가공율 출력예를 그림 12에 나타 내었다.

6. 공구수명 및 상태감시

본 연구에서는 공구수명 및 상태 관리를 정상적인 가공 및 비정상적인 가공이 발생하는 경우로 분리해서 감시를 수행했다. 정상적인 가공이 수행되는 경우에는 NC 프로그램의 모의실험(Simulation)을 통해 각 매거진에 할당된 공구에 대한 사용 시간을 추적하거나, NC 프로그램에 공구사용시간 산출 코드를 부여하여 가공후 CNC로부터 사용시간을 전송받는 방법을 이용했다. 비정상적인 가공, 즉 공구가 돌발적으로 파손이 일어나는 경우에 대한 공구상태를 관리하기 위해서는 별도로 공구상태 감시 시스템을 제작했다. 공구상태 감시시스템의 경우에는 본 연구에서는 드릴공정감시에 국한했다.

6.1 정상적인 가공의 경우

1) NC 프로그램 Simulation에 의한 공구 사용시간 감시
 정상적인 가공이 이루어지는 경우에 대한 공구 사용시간 감시를 위해, NC 프로그램 Simulation을 수행했다. 각 NC 프로그램 단위로 공구가 교환된 후(T Code가 바뀐 후) G01, G02, G03 코드와 F 코드를 이용해 각 공구별 사용시간을 산출하고 이를 DNC 시스템의 공구 항목에 보내 DB를 갱신한다.

2) Monitoring Code에 의한 공구 사용시간 감시
 정상적인 가공이 이루어지는 경우에 대한 공구 사용시간 감시의 또 다른 방법은 NC 프로그램에 공구 사용시간 Count On(M151)/ Off(M152) 코드를 사용하는 방법이다. 이 경우는 미리 공구수명 Count On/ Off 및 공구사용시간 누적 및 송신용 매크로 프로그램을 작성한후 M151, M152, M153으로 설정한후 각 프로그램에 아래와 같이 코드를 부여한다.

```
O1385;
G90G40;
G00X0.Y0.Z200.;
M03S3000;
M06T03;
➔M151
G01X100.Y200.F300
G02X300.T400.R300.
➔M152
M05;
M06T21;
➔M151
G01X200.Y500.F100;
➔M152
M05;
➔M153
M30;
```

위 프로그램을 수행 했을때 3번 공구가 16분 사용했고 16번 공구가 13분을 사용했다면 M153 매크로 프로그램에 의해 CNC에서 PC로 전송되는 정보는

```
[MACHIN02] [03000016] [21000013] ENDOTOOL.
```

와 같이 된다. 이를 PC에서 분석해서 공구 사용시간으로 환산한다.

6.2 비정상적인 가공이 발생하는 경우

가공중 돌발적으로 발생하는 공구파손 및 마멸상태를 감시하기 위해 공구상태 감시 시스템을 개발했다. 본 시스템은 주축 및 이송축 모터전류 신호를 이용하는데 감시 장치의 최소화를 위해 프로세서는 인텔 8096 단일칩 컨트롤러를 기본으로하여 개발하였다. 인텔 8096은 최대 45KHZ의 샘플링 주파수를 가진 10비트 A/D 변환기를 내장하고 있고 16비트 데이터 버스를 가지고 있으므로 실시간 처리에 적합하다. 시스템 개발 언어로는 인텔에서 제공하는 전용 개발 언어인 C96 언어와 ASM96 어셈블리어를 사용하였다.

감시장치의 구성은 신호의 검출 및 조정을 담당하는 전처리부, NC 데이터 및 감시정보를 주고 받는 데이터 전송부, 감시 진단을 행하는 감시부 그리고 감시 결과를 처리하는 후처리부로 구성되어 있다. 개발된 감시장치를 그림 13에 나타내었다.

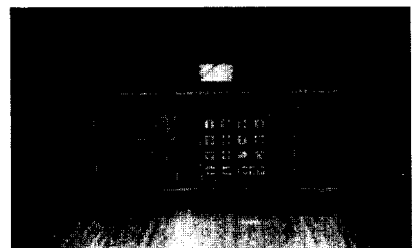


그림 13 공구상태 감시 장치

1) 전처리부

모터전류 신호를 검출하는 곳으로 센서, 증 기, 모터 전류의 합성회로로 구성된다. 모터전류 검출센서로는 NC 장치내에 내장되어 있는 센서를 이용했다. 이송축 모터전류의 경우, NC 장치로부터 2상 전류를 검출하고 모터전류 합성회로를 이용하여 3상 전류를 구한 이를 합성하여 합성전류를 검출한다.

2) 데이터 전송부

감시장치와 NC 사이의 정보전달 및 DNC 호스트 컴퓨터와의 정보전달을 담당하는 곳으로 RS232C와 디지털 입력부(Digital Input)로 구성되어 있다. 디지털 입력부는 NC 장치와 연결되어 감시 모드 Enable 여부, 사용 공구 번호와 같이 감시에 필요한 정보를 전달 받는다.

3) 감시부

전 처리된 신호를 샘플링하여 신호처리를 통해 공구상태를 감시하는 곳으로, A/D변환기, 실시간 감시부로 구성되어 있으며, 인텔 8096 단일 칩 컨트롤러를 이용하여 구성한다. A/D 변환한 후 공구상태에 대한 특징 벡터를 추출하고, 추출된 특징 벡터를 이용하여 현재 공구상태를 감시한다.

4) 후 처리부

감시 결과 및 현재의 부하상태를 표시하는 곳으로, LCD 디스플레이, 디지털 출력, 레벨미터(Level Meter)로 구성되어 있다. 감시 결과를 LCD에 나타내며 레벨 미터로 현재의 절삭부하 크기를 나타낸다. 디지털 출력은 NC 장치내의 PLC접점으로 현재의 공구상태에 대한 정보를 제공한다. 감시 결과 공구파손 및 공구마멸이 발생하게 되면 NC 장치에 기계 급정지, 이송정지, 경보와 같은 제어지령을 보낸다.

7. 결론

본 연구에서는 이기종 CNC로 이루어진 가공 Cell에 적합하고, 경제성, 범용성 및 확장성을 고려하여 RS485 Network 및 RS232C를 이용하여 각 CNC 및 주변기기와 연결해서 실시간(Real Time) 동시작업(Multi Tasking) 가능한 DNC 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템이 갖는 특성은 다음과 같다.

- 1) 시스템 운용의 Multi Tasking 구현
- 2) 실시간(Real Time) 시스템 제어 및 감시
- 3) 범용성: 적용 Controller에 제한이 없음
- 4) 확장성: 최대 64대까지 확장 가능
- 5) 한글화: 모든 운용 프로그램 메뉴의 한글화

참고문헌

- [1] 得律勇, "パソコンを利用したDNCシステム", 應用機械工學, 3, 1988
- [2] Kopp, A. N., "FMS Work Center Management", SME MS90-149, 1990

- [3] Harriger, B. C., "Implementing CNC Communications", SME MS90-377, 1990
- [4] Buckley, C. P., "DNC: The First Step Towards Factory Floor Data Communications", SME MS90-342, 1990
- [5] "The Advantages of Advanced DNC", Machinery and Production Engineering, June, 1993
- [6] 김선호의 "DNC 시스템 개발", 한국기계연구원, 상자부, 1, 1995
- [7] 김선호, 이승우, "이기종 CNC로 구성된 가공 Cell 감시 제어", 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp.366-370, 1994
- [8] 김선호, 이승우, "분산제어(DNC) 실현을 위한 빠른 기계 상태 정보수집 및 제어방법", 대한산업공학회춘계학술대회논문집, pp.232-235, 장원 창원대, 1994
- [9] 김선호, 김동훈, 이춘식, "Bar Code를 이용한 공구 관리 시스템 개발", 한국정밀공학회지, 제10권, 제2호, pp.48-53, 1993
- [10] 김선호, "머시닝센터의 공구 수명 관리 시스템 및 그 방법" 발명특허 제94 20663, 1994. 8