

# SFC/POP 연계형 DNC 시스템 구현

## The Development of the DNC System for SFC/POP

최정희\* · 김재균\* · 조정훈\*\* · 최인집\*\*\* · 이지형\*\*\*

\*울산대학교 수송시스템공학부( junghee@uou.ulsan.ac.kr )

\*\*현대중공업(주) 중전기사업본부 T/G가공부

\*\*\*현대정보기술(주) 중공업IT실

### Abstract

DNC(Distributed Numerical Controller)는 제품을 생산하기 위해 현장용 컴퓨터를 이용하여 공작기계 및 주변장치를 제어하고 감시한다. 본 논문에서는 SFC/POP(Shop Floor Control/Point of Production) 시스템과 연계시키기 위한 DNC 시스템의 구조를 제시한다. 본 시스템은 도면 정보를 유기적으로 연결하여 작업절차서를 조회하고, 작업절차서 및 NC 프로그램/공구 보정 데이터를 인덱스 데이터베이스화하고, 소재·지그·공구를 연계한다. 또한 생산정보를 빠르고 능동적으로 현장 작업자에게 전달하고, 기계의 상태정보를 기계로부터 직접 수집함으로써 실시간 모니터링이 가능하다. 분석 및 설계 단계에서는 실시간으로 발생하는 이벤트를 처리하기 위해 상태전이도(State Transition Diagram)를 사용한다. 서버 DBMS(Database Management System)로 관계형 데이터베이스를 채택한 Oracle을 사용하였고, 프로그램 개발도구로는 Developer 2000, Microsoft Visual C++ 5.0을 사용하여 구현한다.

### 1. 서론

가공을 위한 운용 기술로서 DNC(Distributed Numerical Controller)[1,2,3,6,7]는 상위단계에서 이루어지는 생산계획 및 생산관리의 실행을 통해 제품을 생산하는 역할을 담당하며, 주로 현장용 컴퓨터를 이용하여 공작기계 및 주변장치를 제어하기도 하고 감시하기도 한다. 이러한 DNC 기능은 좁게는 컴퓨터와 CNC(Computersized Numerical Controller) 공작기계간의 데이터 통신(주로 NC 프로그램)으로 넓게는 생산라인의 무인화, 가공계획, 공정관리까지 확대 된다[3].

초기의 DNC는 금형과 같이 장시간 가공을 요하는 NC 프로그램을 컴퓨터의 저장능력을 이용해 Tapeless 가공을 위해 이용되어 왔으나, 최근의 가공 시스템에서는 상위시스템에서 제공하는 계획정보를 이용한 가공 데이터를 CNC 공작기계로 전송함으로써 갖은 프로그램 교환이 필요하고 또한 체계적인 관리 필요성에 의해 분산제어 시스템적인 면이 더욱 강조되고 있다. 즉, 소품종 대량 생산체제에서 다품종 소량 생산체제로의 변화에 대응하기 위해 이에 대한 생산규모나 생산형태에 적합한 판

리 제어 시스템으로의 발전이 가속화 되고 있다.

DNC에 관련한 연구를 살펴보면, 과거에는 호스트 컴퓨터와 LAN 구성에 의해 각 CNC 공작기계에 PC를 한 대씩 두고 이를 단말기로서 이용하는 방법[3]을 사용하였다. 이 방법은 NC 프로그램 관리가 주된 기능이며, 단위 가공품 가공 시간이 비교적 긴 금형공장에서 주로 적용되었다. 최근에는 상위시스템에서 제공하는 계획정보를 이용한 가공, 제어기능과 생산현장에서 발생하는 생산정보를 추출하여 관리하고 상위시스템에 제공할 수 있는 분산형이며 독자적 운영이 가능한 방법[7]을 사용한

다. 이러한 기존의 논문에서는 RS-232C와 PLC(Programmable Logic Controller)에 대한 통신 방법 및 DNC 시스템 그 자체의 기능에 대한 문제를 주로 다루었고, 상위 시스템과 연계되는 DNC에서 발생하는 이벤트를 처리하는 동적 모델링 관점에 대해서는 다루지 않고 있다.

본 논문에서는 동적 모델링 관점에서 터빈·발전기(T/G: Turbine and Generator)[5] 가공 공장의 상위시스템인 SFC/POP내의 계획정보와 하위시스템인 DNC 시스템과의 연계성을 분석하고, SFC 시스템과의 연계가 용이한 PAC(Production Activity Control)[11,12] 구조를 기반으로 하는 시스템 아키텍처를 제시 및 구현한다. 본 시스템에서는 도면정보를 유기적으로 연결하고, T/G 가공에 필요한 작업절차서(LINE-UP Sheet)와 NC 프로그램/공구 보정 데이터를 인덱스 데이터베이스화 한다. 또한 NC 공작기계의 가동율에 중요한 영향을 미치는 것이 공구[4]이므로 소재·지그(jig)·공구와의 연계를 위해 데이터베이스화 한다. 생산정보를 빠르고 능동적으로 현장 작업자에게 전달하고, 또한 기계의 상태정보를 기계로부터 직접 수집하여 실시간 모니터링을 할 수 있는 시스템을 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 분석 및 설계 단계에서는 SFC/POP과 연계된 DNC 시스템에서 발생하는 이벤트를 분석하고 모델링하여 상위 시스템에서 제공하는 생산계획정보를 이용한 가공과 생산현장에서 발생하는 실적정보를 실시간으로 직접 수집하고, 처리·분석하여 상위 시스템에 피드백시켜 시스템 운영에 반영한다. 모델링 도구로는 실시간으로 발생하는 이벤트(event)를 처리하기 위해 상태

전이도(STD: State Transition Diagram)를 사용한다. 구현단계에서는 관계형 데이터베이스인 Oracle과 Developer 2000, Microsoft Visual C++ 5.0을 사용한다.

## 2. 시스템 분석 및 설계

### 2.1 시스템 분석

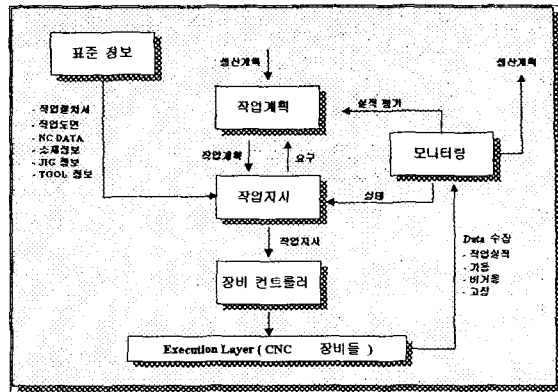
연구대상 업체는 전적으로 주문에 의해 이루어지는 수주생산방식(Make-to-Order)이며, 일반적으로 한번의 주문에 대해 주문량은 하나인 경우가 대부분이다. 생산되는 제품의 종류로는 스팀 터빈(steam turbine), 가스 터빈(gas turbine), 박용 터빈, 발전기 등이 있다[5]. 본 연구대상 업체에서는 다음과 같은 문제점들이 있다.

- 1) 현재는 도면정보가 유기적으로 연계된 작업절차서 및 NC 프로그램을 전송하는 온-라인이 부재하므로 Paperless화가 어렵고 수정이 발생하면 현장에 다시 배포해야 하는 문제가 있다.
- 2) 또한 실시간 장비 가동 상태를 알 수 없어 정확한 장비의 정미 가동을 분석이 어려워 고가장비를 효율적으로 사용하기 힘들다.
- 3) 현재 공구는 작업자가 작업일에 공구 신청을 하여 공구 대여를 함으로 공구가 없는 경우 작업이 어렵다.
- 4) 작업지시 전 작업절차서, NC 프로그램, 지그·소재·공구의 유·무를 체크 할 수 없어 공정중 대기시간이 길어진다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 필요하다. 1) 도면정보와 유기적으로 연계된 작업절차서 및 NC 프로그램을 위한 인덱스 데이터베이스의 구축; 2) 작업지시 전 관련 정보 확인을 위한 연관 데이터베이스의 구축; 3) 공구의 효율적인 관리를 위한 현행 업무 개선 및 공구정보의 표준화; 4) 관련 정보들의 인덱스 데이터베이스화를 위한 별도의 파일 관리 체계.

### 2.2 시스템 구조

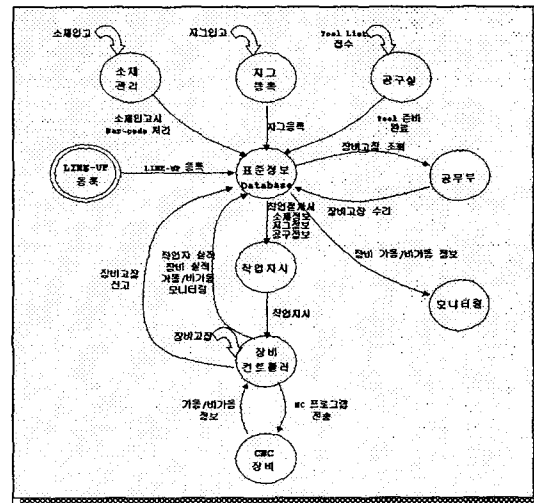
SFC/POP과 연계된 DNC 시스템의 구조는 <그림 1>과 같이 구성할 수 있다. 생산계획에서 수립된 공사별>부품별>단위작업별 착수 및 완료 일정을 기반으로 작업계획을 수립한다. 작업계획에서는 공사별>부품별>단위작업별>일자별로 일정이 수립된다. 작업계획에서 수립된 정보를 가지고 작업지시를 할 때 해당 단위작업의 작업절차서, NC 프로그램, 지그·소재·공구의 유·무를 표준정보로부터 확인하여 모두 있는 경우는 작업지시가 가능하도록 하고, 없는 경우는 작업지시가 불가능하도록 조치함으로써 공정중 대기시간을 줄일 수 있다. 현장용 컴퓨터를 이용한 장비 컨트롤러는 작업자가 장비별 작업지시 내용을 조회하고 해당작업의 작업절차서가 있는 경우는 엑셀(Excel) 파일로 작성된 작업절차서를 조회하여 작업절차에 따라 작업을 한다. NC 프로그램이 있는 경우는 NC 프로그램을 조회하여 CNC 장비에 NC 프로그램을 전송한다. 모니터링은 CNC 장비의 가동/비가동/고장 정보를 실시간 수집하여 장비의 가동 상태 및 고장 현황을 파악한다. 표준정보는 작업절차서 및 NC 프로그램/공구 보정 데이터의 인덱스 데이터베이스, 소재·지그·공구의 관련 정보 등을 포함한다.



<그림 1> SFC/POP과 연계된 DNC 시스템의 구조

### 2.3 시스템 설계

DNC 시스템에서 발생하는 이벤트는 1) 소재가 입고되면 무선 단말기를 통해 바코드(Bar Code) 처리; 2) 새로운 지그가 입고되면 지그 등록 후 바코드 부착; 3) CAD/CAM실에서 공구실로 전송한 공구 리스트의 공구가 준비되면 공구실에서는 바코드를 통해 공구 완료 처리; 4) CNC 장비의 컨트롤 패널로부터 10초 간격으로 장비 가동/비가동 모니터링; 5) 5분 단위의 CNC 장비 가동/비가동 실적 처리; 6) 장비 고장시 장비 고장 신고로 공무부 고장 수리, 장비 고장시 대체 장비로 재 작업지시; 7) RS-232C을 통한 CNC 장비에 NC 프로그램 전송 등이 있다. 이와 같이 DNC 시스템에서 실시간으로 일어나는 이벤트의 STD 모델링은 <그림 2>와 같이 사용한다.

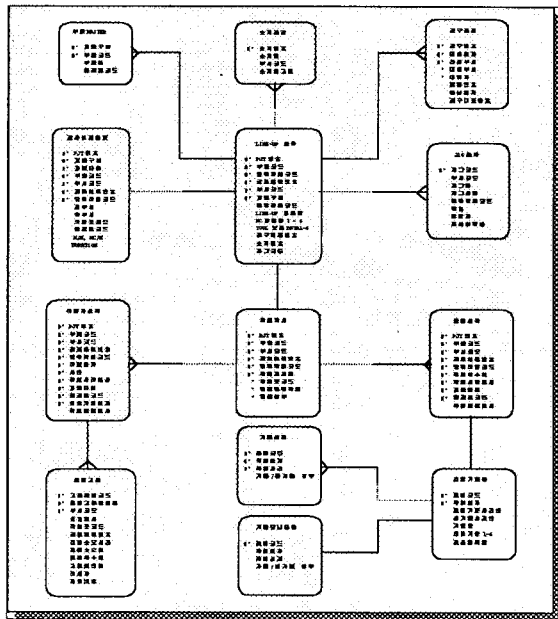


<그림 2> 시스템의 상태전이도

시스템의 흐름은 <그림 2>와 같이 표준정보, 즉 소재, 지그, 공구대표번호, NC 프로그램명, 작업절차서 파일명등을 등록하여 표준정보 데이터베이스에 저장하고, 소재가 입고시 바코드로 소재 데이터베이스에 저장하고, 지그 입고시 지그 데이터베이스에 저장하고, 공구실에서 공구 리스트가 완료되면 바코드로 작업절차서 등록 데이터베이스의 공

구대번호의 상태 필드를 'Y'로 업데이트 한다. 작업지시는 표준 정보의 데이터베이스로부터 확인하여 <공사별><부품별>단위작업별로 작업지시를 한다. 장비 컨트롤러에서는 단위작업별 작업절차서, NC 프로그램, 지그, 소재, 공구의 유·무를 데이터베이스로부터 확인하여 작업지시된 내용을 조회하여 가공 데이터가 필요한 경우는 NC 프로그램을 RS-232C를 통해 CNC 장비에 전송하고, 작업절차서를 화면을 통해 조회하여 작업하고, CNC 장비의 릴레이 접점으로부터 장비의 가동/비가동 상태를 RS-232C를 통해 수집하여 데이터베이스에 업데이트 하고, 작업자는 작업실적 정보를 입력한다. 장비 모니터링 화면에서는 장비의 릴레이 접점으로부터 수집된 데이터베이스를 통해 장비의 가동/비가동 상태를 모니터링 한다. 장비고장이 발생하면 장비 컨트롤러의 장비고장 신고 화면을 통해 입력하면 공무부에서 장비고장 내역을 출력하여 즉시 고장장비를 수리한다. 고장이 발생할 경우 작업지시 시스템에서는 대체 장비를 통해 재작업지시 한다.

공사별공정표, 소재, 지그, 공구, 작업절차서, 작업자실적, 장비실적등 DNC 시스템과 연결하기 위하여 논리적 관계를 ERD(Entity Relationship Diagram)[10]로 표현하면 <그림 3>와 같다.



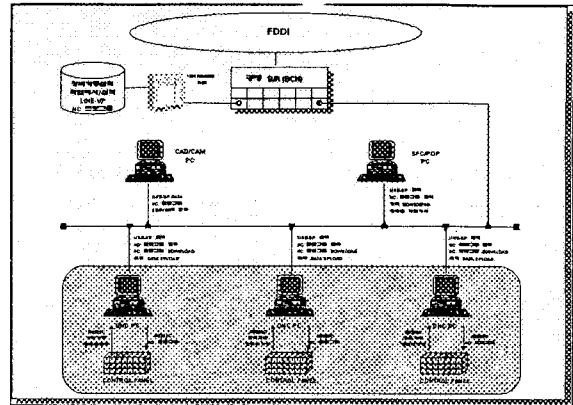
<그림 3> DNC 시스템과 연계된 ERD

### 3. SFC/POP 연계형 DNC 시스템 구현

#### 3.1 시스템 구성

시스템 구성은 <그림 4>와 같다. 하드웨어 구성을 보면 서버는 IBM RS/6000이고, 클라이언트는 펜티엄이며, 네트워크 프로토콜은 TCP/IP이고, PC와 CNC간의 통신 프로토콜은 RS232C이다. 소프트웨어 구성은 서버에는 관계형 데이터베이스인 Oracle을 사용하고 클라이언트는 Windows 95 기반의 Developer 2000, Visual C++로 구성된다.

#### 3.2 시스템 기능



<그림 4> 시스템 구성도

상위 시스템과 연계된 DNC 시스템의 기능으로는 작업지시 내용을 조회, 작업절차서 조회, NC 프로그램 조회 및 전송, 지그 정보 조회, 환경 설정, 장비 고장 신고, 작업자 실적 시간 입력, 장비의 가동 모니터링 등이 있다. 작업지시 조회, 작업자 실적 입력, 작업절차서 조회 등의 POP 기능과 NC 프로그램 조회 및 전송, 장비 고장 신고, 장비 모니터링등의 DNC 기능을 수행하도록 되어 있다.

#### 3.3 프로그램 구현

<그림 5>과 같은 DNC의 메인(main) 화면을 통해 작업자는 <공사별><부품별><단위작업별>공정순번별로 지시된 작업지시 내용을 조회한다. 단위작업의 작업절차서, NC 프로그램, 소재, 지그, 공구가 있는 경우 그림의 하단 부분과 같이 체크 상태가 파란색으로 된다. 작업절차서 및 NC 프로그램이 있으면 작업절차서 및 NC 프로그램 조회 버튼은 활성화 된다. 작업절차서의 버튼이 활성화되면 작업절차서의 엑셀 파일을 인덱스 데이터베이스화에 의해 조회가 가능하고 NC 프로그램 조회 버튼이 활성화되면 NC 프로그램을 인덱스 데이터베이스화에 의해 조회가 가능하고 CNC 장비에 NC 프로그램을 전송한다. 또한 단위작업별 작업 진척현황을 볼 수 있다.

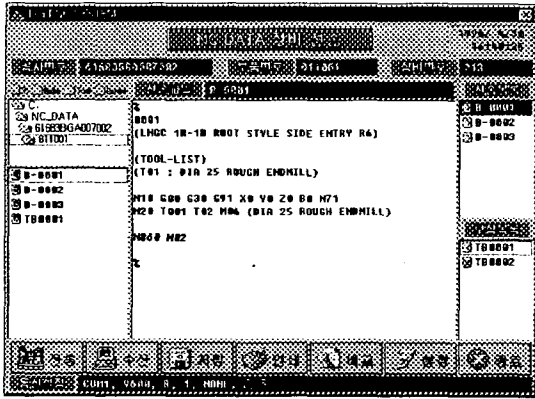
<그림 6>은 NC 프로그램 및 공구 보정 데이터



<그림 5> DNC 메인 화면

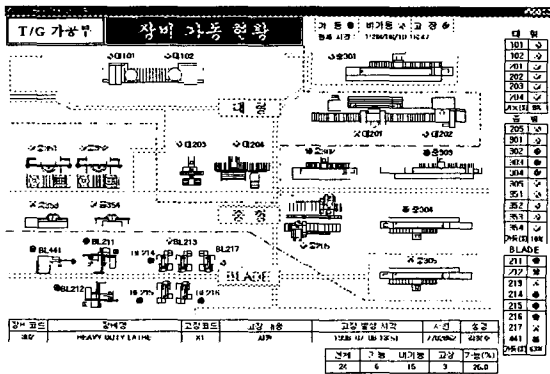
를 조회 및 전송하는 화면이다. 화면의 우측 목록에는 CNC 장비에 전송할 NC 프로그램과 공구 보정 데이터를 표시하고 화면의 좌측에는 특정 NC 프로그램을 장비에 전송할 경우 직접 디렉토리를

선택하여 전송할 수 있다. 전송 버튼을 누르면 장비 컨트롤러 컴퓨터에서 CNC 장비에 NC 프로그램을 전송할 수 있고, 설정 버튼을 누르면 사용자는 통신 포트에 대한 전송률, 데이터 비트, 패리티 등의 파라미터를 변경할 수 있다.



<그림 6> NC 프로그램 조회/전송 화면

<그림 7>은 CNC 장비의 릴레이 접점으로부터 장비의 가동/비가동 상태를 RS-232C를 통해 실시간 모니터링하는 화면이다. 가동인 경우는 파란색으로 표시되며 비가동인 경우는 고장 신고 데이터베이스를 확인하여 고장인 경우 빨간색으로 고장을 표시하고 고장이 아닌 경우는 노란색으로 비가동을 표시한다. 마우스를 움직여 고장 표시인 빨간색 근처로 이동하면 그림 하단에 장비번호, 장비명, 고장코드, 고장내용, 고장발생시각, 사번, 설명등이 표시되어 고장 상황을 알 수 있다.



<그림 7> 장비 가동 모니터링 화면

#### 4. 결론

본 연구에서는 CNC로 이루어진 가공 공장에 SFC/POP과 연계되는 DNC 시스템의 구조를 제시하고, 시스템에서 발생하는 이벤트를 처리할 수 있도록 STD를 사용하여 모델링을 하고, 이에 따라 DNC 시스템을 구현하였다.

개발된 시스템의 특징을 기능별로 요약하면, 설계 정보를 유기적 연결하여 작업절차서를 인덱스 데이터베이스화에 의한 온-라인 조회, NC 프로그램

및 공구 보정 데이터를 장비에 온-라인 전송, 작업 지시 전 소재·지그·공구, NC 프로그램, 작업절차서 유·무 확인, 정보의 공유화를 위한 표준 데이터베이스 구축하였다. 또 현재의 작업 상황을 실시간으로 모니터링하고, 어느 시간에 집중적으로 비가동되었는지를 파악하여 정미 가동율을 분석하여 장비의 가동율을 높이고, 가공실적을 생산계획 수립하는데 제공한다. 상위시스템에서 제공하는 계획 정보를 이용한 가공과 생산현장에서 발생하는 실적 정보를 실시간으로 직접 수집하고, 처리·분석하여 상위시스템에 피드백하여 시스템 운영에 반영하고 실시간 발생하는 이벤트를 처리하였다.

#### [ 참고문헌 ]

- [1] 김선호외, DNC 시스템 개발(최종보고서), 한국기계연구원, 통상산업부, 1, 1995.
- [2] 김선호, 송준엽, 박정하, 임주택, "생산장비의 Client-Server화 연구," '98 춘계 IE/MS 공동 학술대회 논문집, 경성대학교, Session C 13.5, 1998.
- [3] 김선호, 이승우, 안남식, 김성복, 안중환, "DNC 시스템 개발," 한국정밀공학회지, 제12권, 제12호, pp.19-29, 1995.
- [4] 김철한, 김은엽, 김광수, 김선호, 이춘식, "선반 가공자동화를 위한 공구관리 시스템의 개발," 산업공학, 제3권, 제2호, pp.13-22, 1990.
- [5] 정용길, 문치웅, 최경희, 이동현, 김재균, 터빈·발전기 생산계획 시스템 개발(최종보고서), 울산대학교 생산성연구소, 1, 1998.
- [6] 서기성, "교육용 DNC 시스템의 운영 소프트웨어 개발," 산업공학, 제10권, 제1호, pp.135-143, 1997.
- [7] 송준엽, 구평희, 임주택, "가공shop의 MES/DNC 시스템 개발," '98 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 경성대학교, Session B 07.3, 1998.
- [8] 이승우, 이재중, "Shop Floor 연계형 공구관리시스템 개발," 산업공학, 제8권, 제4호, pp. 191-200, 1995.
- [9] 이창수, 김선호, "Workflow Management를 위한 분석 및 설계," '98 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 경성대학교, Session B 07.3, 1998.
- [10] Barker, R., Longman, C., Barker, B., CASE\* METHOD : Function and Process Modelling, R.R. Donnelly & Sons, U.S.A, 1992.
- [11] Bauer, A., Bowden, R., Browne, J., Duggan, J., and Lyons, G.J., Shop Floor Control Systems : From Design to Implementation, Chapman and Hall, London, 1991.
- [12] Duggan, J., and Browne, J., "Production Activity Control : A Practical Approach to Scheduling," International Journal of FMS, Vol 4, pp.79-103, 1991.
- [13] Langer, G., Shop Floor Control(SFC) Basics.http://www.pps.ipt.dtu.dk, 1997.