

# CIM 구축을 위한 FMC 운용 소프트웨어 개발<sup>\*)</sup>

이경휘, 김의석, 정무영, 서석환, 고병철  
포항공과대학 산업공학과

## Progress on the Development of FMC Control Software for CIM

Kyung-Huy Lee, Eui-Suk Kim, Mooyoung Jung, Suck-Hwan Suh, Byoung-Cheul Ko  
Department of Industrial Engineering, POSTECH, Pohang, Korea, 790-600

### ABSTRACT

This paper presents an architecture and control logic of a Flexible Manufacturing Cell (FMC) which is one of the important elements under Computer Integrated Manufacturing (CIM) environment. To implement FMC, it is very important to develop a software which can control and monitor the overall system in an integrated environment. Our primary concern in this research is not to develop individual systems, but to integrate them in the hierarchical control level. Progress on the research of integrating CAD/CAM, Process Planning, Off-line Robot Programming and Simulation module into FMC control system is reported. FMC hardware system used here has an Automated Storage & Retrieval System (AS/RS), a conveyor system, a transfer robot, a CNC milling machine, a bar-code system, and an IBM PC/AT as Cell Control System (CCS). In order to demonstrate the operational result, the name plates, text-carved aluminium plates, are manufactured by this system.

### 1. 서론

CIM에 대한 선진 제국의 연구가 매우 활발히 진행되고

<sup>\*)</sup> 본 연구는 한국과학재단의 일부 지원에 의하여 수행되었음.

있는 가운데 국내에서도 이에대한 관심이 점차 높아지고 있다. 특히 개별 자동화기기들 (예를들어 CNC 공작기계, 산업용로봇, 자동창고 등) 을 통합하고 이를 컴퓨터로 제어 감시하는 유연생산시스템 (FMS, Flexible Manufacturing System) 은 batch 형태의 생산환경에서는 가장 효과적인 생산기술로 인식되고 있다 [2]. FMS의 기본요소인 FMC를 개발하기 위해서는 하드웨어의 설계, 셀의 구성요소들간의 인터페이스기법 개발, 셀컨트롤시스템 (CCS) 의 개발이 필요하다.

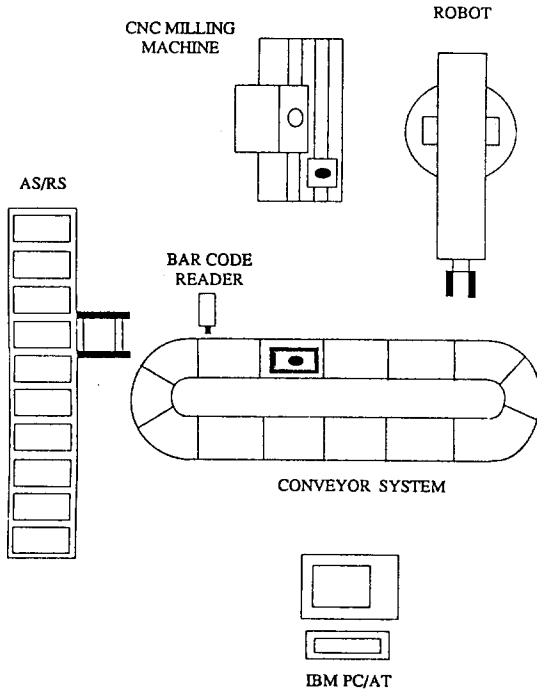
개별 자동화기기는 달리 FMC와 같은 통합환경에서는 이를 효과적으로 제어하고 관리할 수 있는 소프트웨어의 개발이 무엇보다 중요한 역할을 담당한다. 계층적 구조를 가진 셀에 있어서의 CCS는 각 기기의 컨트롤러를 실시간으로 제어하고 작업상황을 모니터링하며 생산정보를 관리해야 한다. 그런데 CCS의 개발에는 일반적으로 상당한 어려움이 수반되는 데 이는 CCS가 서로 다른 특성 (구동방식, 운용소프트웨어 등)을 가진 개별기기의 컨트롤러들을 제어해야 할 뿐만 아니라 전 제조과정의 복잡하고 다양한 자료들을 처리해야 하기 때문이다.

본 연구는 CAD/CAM, 공정계획, Off-line 로봇 프로그래밍, 그래픽 시뮬레이터를 통합한 FMC 제어 소프트웨어 개발의 중간결과로서 하드웨어 시스템의 구성, 소프트웨어의 구조 및 컨트롤 로직등을 제시한다. 여기서 구축한 FMC는 자동창고, 컨베이어, 로봇, CNC 밀링머신, 바코드시스템으로 구성되어 있으며 CCS용으로 IBM PC/AT 를 사용한다. 본 연구의 유효성과 실용성을 검증하기 위해 알루미늄 판재에 간단한

문장과 signature를 가공한 결과가 제시된다.

## 2. FMC의 하드웨어 구성

본 연구에서의 FMC는 [그림-1]에 나타난 바와 같이 부품의 저장을 위한 자동창고시스템, 부품적재 pallet를 운반하는 컨베이어시스템, pallet로부터 가공대상품을 밀링머신에 load 및 unload 하는 4축 다관절형 유압서보로봇, 가공작업을 담당하는 CNC 밀링머신, 부품코드를 식별하기 위한 바코드시스템, 그리고 CCS에 사용되는 IBM PC/AT로 구성되어 있다.



[그림-1] FMC의 하드웨어 구성도

IBM PC/AT는 각 기기와의 인터페이스를 위해 2개의 RS-232C 통신포트를 사용하는데, 한개의 포트는 8개의 채널을 가진 통신망접속장치를 통해 자동창고, 컨베이어, 로봇의 컨트롤러와 연결되며 다른 포트는 바코드시스템과 직접 접속된다. 각 구성요소에 대하여 간략하게 설명하면 다음과 같다.

### ◆ 셀컨트롤시스템 (CCS)

CCS는 인간의 두뇌에 해당하는 부분으로 각기기의 컨트롤

러와 정보를 교환하면서 FMC를 실시간으로 제어한다. 또한 작업진행과정을 모니터링하여 사용자에게 필요한 정보 (기계 가동상태, 가공수량, 가공시간 등)를 제공해 준다. 이를 위해 IBM PC/AT를 사용한다.

### ◆ 자동창고시스템

자동창고는 제한된 공간속에서 여러개의 물품들을 인·출고하는데 적합한 시스템이다. 본 연구에 사용된 창고는 하나의 랙에 10행, 7열 총 70개의 bay와 한 대의 stacker crane으로 구성되어 있으며, DC servo 와 Non-Servo 공압 제어방식을 채택한 전용의 컨트롤러를 갖추고 있다.

### ◆ 컨베이어시스템

각 기기간 pallet를 이송하는 역할을 담당하며 PLC (Programmable Logic Controller) 가 이를 제어한다. 컨베이어 위의 pallet 위치를 파악하기 위해 여러개의 근접센서가 설치되어 있으며 각 스테이션에서 pallet를 이동시키기 위해 positioner, 멈춤용 핀, 진입방지용 핀을 솔레노이드 밸브와 타이머로 제어한다.

### ◆ 로 봇

pallet 위의 가공대상품을 집어서 CNC 밀링머신에 전달하여 주거나 작업이 끝난 가공품을 집어서 pallet 위에 얹어 주는 load/unload 기능을 맡는다. AMATROL사의 4축 다관절형 로봇이 사용되며 작동방식은 유압서보제어방식으로 전용의 컨트롤러에서 위치와 속도를 제어한다. 로봇의 동작계획에는 teach pendant 와 CCS를 이용한다.

### ◆ CNC 밀링머신

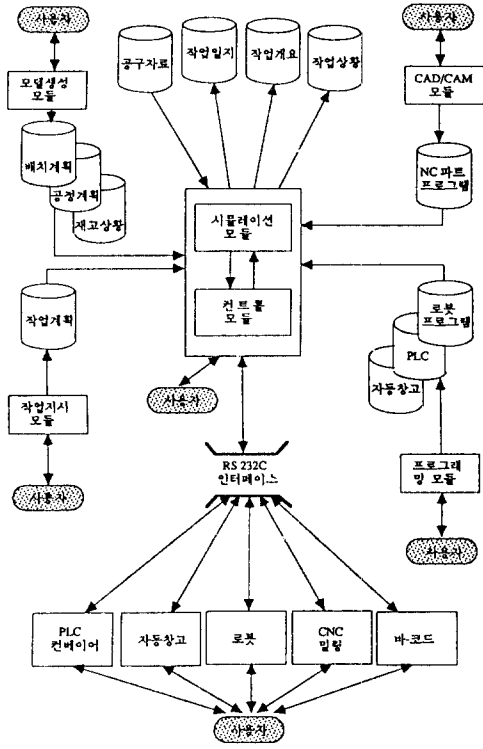
각각의 가공대상품을 지정된 가공 프로그램에 따라 알맞은 형상의 가공품으로 변환시켜주는 기능을 한다. 3 자유도를 가진 DENFORD사의 CNC 밀링머신이 사용되며 CCS의 CAD/CAM 모듈로부터 생성된 가공물의 NC 파트 프로그램이 CCS로부터 밀링머신의 메모리로 download 된다.

### ◆ 바코드 시스템

제조과정에서의 가공대상품에 대한 정보수집과 재고추적을 담당한다. INTERMEC사의 레이저 1600 기종을 컨베이어 시스템에 부착하여 사용한다. 근접스위치를 이용하여 물품 pallet 접근을 탐지하여 레이저로 바코드를 읽는다.

### 3. FMC 컨트롤시스템의 설계

본 시스템에서 가장 핵심인 FMC 컨트롤시스템은 크게 6개의 프로그램 모듈과 12개의 데이터베이스 (DB, Data Base)로 구성되어 있다. 이들 프로그램 모듈과 DB들의 유기적인 관계가 [그림-2]에 나타나 있다. 각 모듈에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다.

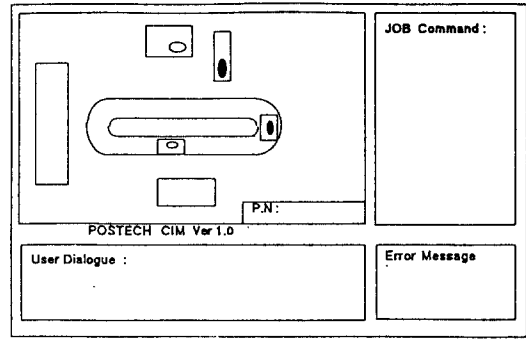


[그림-2] FMC 컨트롤 시스템의 구조

#### ◆ 컨트롤 모듈

컨트롤 모듈은 FMC가 작업을 진행하는 동안 벌어지는 모든 활동을 제어하고 모니터링한다. 이를 위해 컴퓨터 화면을 기능에 따라 4 부분으로 나누어 각각 애니메이션, 작업상황, 사용자 dialog, 그리고 에러메시지 화면으로 사용한다. 이들 화면의 구성은 [그림-3]에 나타난 바와 같다.

컨트롤모듈은 작업초기 모든 요소들을 초기화하고 작업시 작신타호를 보내며 Off-line 모듈들 (모델생성모듈, 작업지시 모듈, CAD/CAM 모듈, 프로그래밍 모듈)로부터 필요한 자료를 읽어들이어 각 컨트롤러로 download 한다. 그후 컨트롤 모듈은 각 기기의 컨트롤러와 기기의 상태 (BUSY/IDLE)를 모니터링 하면서 작업진행상황을 작업상황 DB에 기록한다. 작업계획



[그림-3] 컨트롤 모듈 화면

시 해당공구정보를 공구 DB로부터 출력하여 사용자에게 알려 주며 작업이상상황 (재고부족, 통신 에러, 프로그램 에러 등)이 발생할 경우에도 이를 사용자에게 알려준다. 작업이 완료되었을 경우에는 작업명, 시작시간, 완료시간을 작업일지 DB에 기록하고 작업명, 가공수량, 각기기별 작업소요시간, 대기시간, 이상상황정보를 작업개요 DB에 기록하는 역할도 동시에 수행한다. [그림-4]는 이상에서 설명한 CCS의 제어순서를 나타내고 있다.

#### ◆ 시뮬레이션 모듈

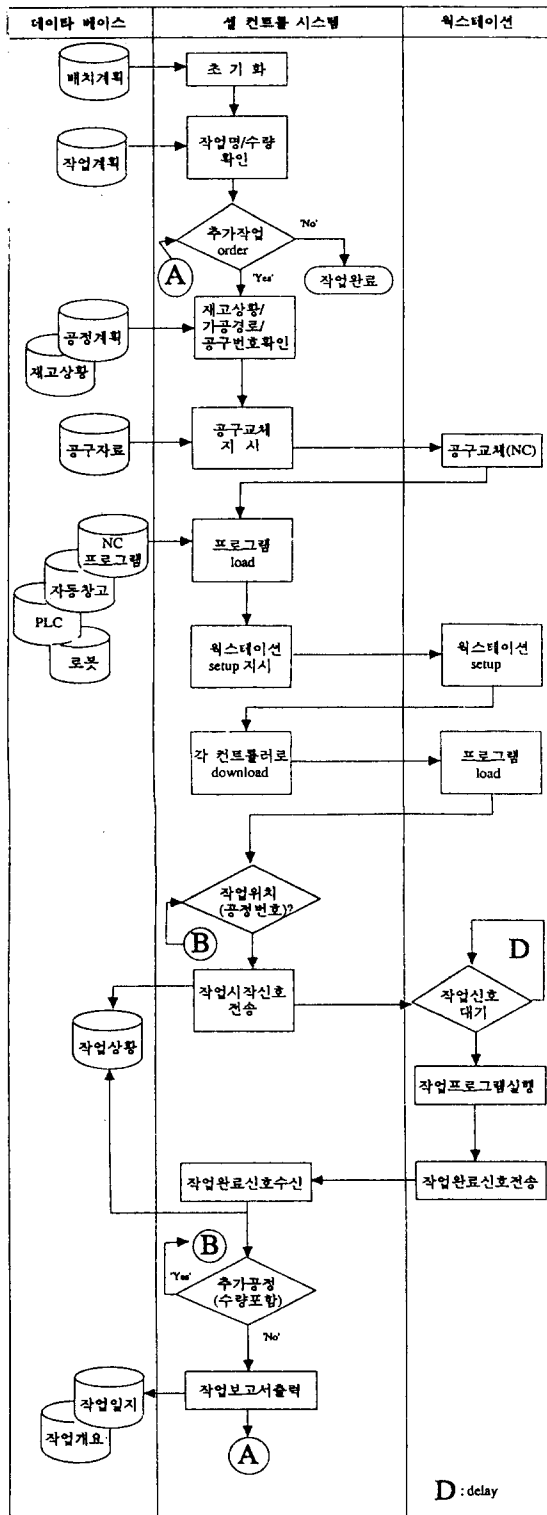
FMC에서 실제 가공작업을 하기 전에 필요한 자료들을 입력하여 이의 적합성과 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션을 행하는 모듈이다. 이 모듈의 컴퓨터 화면은 [그림-3]의 컨트롤 모듈과 동일하며 시뮬레이션 과정을 그래픽 애니메이션으로 보여주는 그래픽 모드와 작업진행상황을 설명해주는 text 모드의 dual 모드로 구성되어 있다. 시뮬레이션 결과는 컨트롤 모듈과 동일한 DB에 그 내용을 저장한다.

#### ◆ 모델생성모듈

컨트롤 또는 시뮬레이션모듈의 Preprocessor 역할을 담당하고 있는 모듈로서 FMC 배치계획, 자동상고의 재고상황, 그리고 각 작업별 공정계획에 관한 DB를 생성하는데 필요한 editor와 compiler로 구성되어 있다. 배치계획 DB는 FMC의 하드웨어 구성을, 재고상황 DB는 현재 각 부품들이 자동상고의 어느 bay에 위치해 있는가를 보여주며, 공정계획 DB는 각 작업의 가공경로 및 사용공구에 관한 정보를 제공한다.

#### ◆ 작업지시모듈

작업계획 DB를 생성하는 모듈로서 FMC가 수행해야 할 작업명이나 가공수량에 관한 주문정보를 컨트롤모듈에 제공한다



[그림-4] 컨트롤시스템의 제어순서도

다. 작업지시모듈은 현 시스템에서는 단순히 작업주문에 관한 정보만을 제공하고 있으나 추후 최적의 작업계획을 수립할 수 있는 scheduler로 확장시켜야 한다.

◆ CAD/CAM 모듈

가공하고자 하는 물품의 형상을 정의하고 이로부터 사양에 맞는 공구경로를 얻어 이를 file 형태로 저장하여 NC 파트프로그램 DB를 구축한다. CAD 모듈에서는 사용자가 원하는 형상을 입력하여 형상데이터를 만들고 file 형태로 저장하여 도면 DB를 구축한다. 또한 CAM 모듈에서는 워크스테이션의 기계적특성, 공작물의 재질과 공구의 재질로부터 결정되는 가공조건에 맞추어 공구경로를 산출한다. 이의 타당성을 입증하기 위하여 시뮬레이션을 수행한 다음 이를 파트프로그램 DB에 저장한다. 이 모듈은 본 연구팀의 대학에서 개발한 INCS (Integrated NC System) 를 사용한다 [1].

◆ 프로그래밍 모듈

프로그래밍 모듈은 FMC를 구성하고 있는 각 기기를 구동하는데 필요한 프로그램들을 작성하기 위한 모듈로서 자동참고, 로봇, 그리고 컨베이어 프로그래밍 메뉴로 구성되어 있다. 각각은 editor와 compiler로 구성되어 있는데 자동참고와 로봇은 유사한 언어구조를 가지고 있으므로 동일한 에디터를 사용한다. 여기서 compile된 프로그램들은 컨트롤 모듈에서 각 컨트롤러로 download된다.

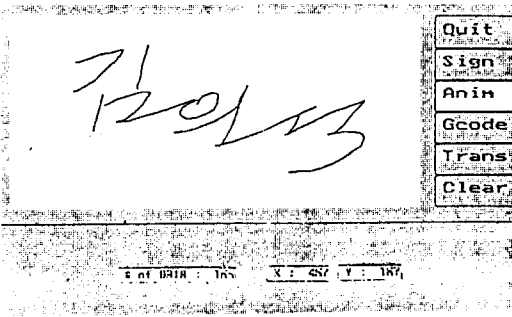
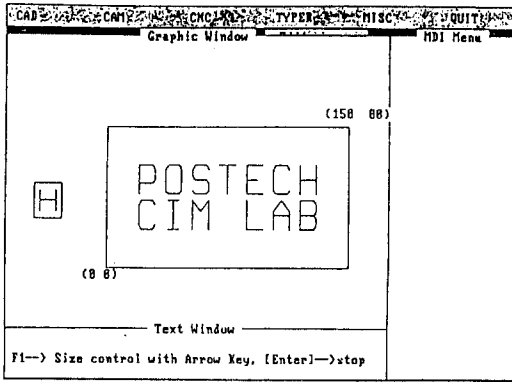
4. 시험 가공

본 연구의 유효성과 실용성을 검증하고 가공 가능성을 증명하고자 [그림-5]와 같은 간단한 글자와 signature를 대상으로 실험을 하였다. 시험가공을 위한 형상은 CAD/CAM 모듈의 TYPER와 NC-SIGN 모듈에서 작성한 것이며 반경 2mm의 HSS 엔드밀을 사용하여 가공하였다. 칩수 126×76×6(mm) 알루미늄 재질의 판재에 가공된 모양은 [그림-6]에 나타난 바와 같다.

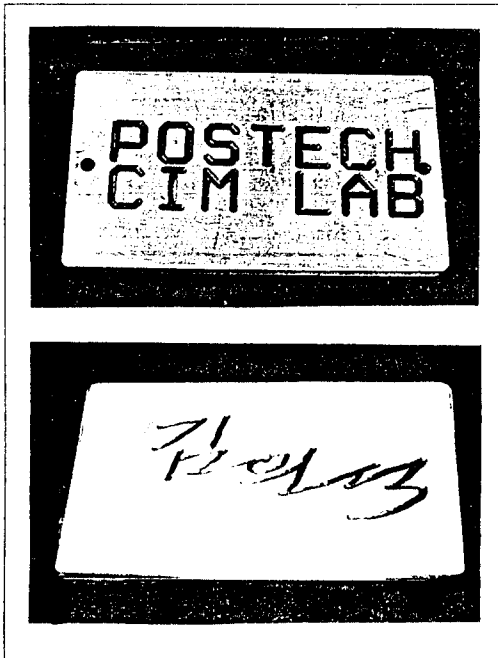
5. 결론

CIM 시스템의 기본단위라 할 수 있는 FMC를 구축하는데 있어서 가장 큰 난점은 특성이 서로 다른 기기들간의 인터페이스가 어렵다는 것과 다양한 정보들을 통합적 관점에서 구현해 시스템을 실시간으로 제어할 수 있어야 한다는 것이다.

본 논문에서는 자동참고, 로봇, CNC 밀링머신, 바코드시스템, 그리고 컨베이어로 구성된 FMC를 IBM PC/AT 상에서 실



[그림-5] 에디팅 화면 a) TYPER 모듈 b) NC-SIGN 모듈



[그림-6] 가공 예

시간으로 제어할 수 있는 컨트롤시스템을 제시하였다. 이 시스템은 단순히 각 기기의 컨트롤러를 제어하고 감독하는 기능뿐만 아니라 전체를 통합적 관점에서 파악하려는 CIM 개념에 맞게 시뮬레이션, CAD/CAM, 공정계획, 작업계획, 로봇 프로그래밍 기능을 모듈화해서 하나의 시스템으로 통합하였다. 이 시스템은 연구용 prototype으로 개발한 것으로 보다 실용적인 시스템으로 발전시켜 나가기 위해서는 생산관리기능(MRP 등)과의 통합, 이상상황(공구파손, 불량작업, 시스템작동 에러 등)의 실시간 검출 및 처리, 병렬제어구조에 대한 연구가 추가적으로 수행되어야 한다. 또한, 가공 중에서도 가공형상의 제어를 도모한다든가 작업 scheduling을 바꿀 수도 있는 지능형 컨트롤시스템의 구현은 향후의 연구과제로 남아 있다.

### 참고 문헌

- [1] 서석환, 노성기, 최용중, "다기능의 통합 NC 제어시스템 개발", '91 한국자동제어학술회의, 1991
- [2] 정무영, 이문석, "FMS(유연생산시스템)의 현황과 전망", 경영과학 제4권, 1987.
- [3] Bakker H, "DFMS : A New Control Structure for FMS", Computers in Industry Vol.10, 1988.
- [4] Bilberg A, Alting L, "A Flexible and Integrated Control Concept", Annals of the CIRP Vol.39, 1990.
- [5] Chaar J.K, Volz R.A, Davidson E.S, "An Integrated Approach to Developing Manufacturing Software", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1991.
- [6] Devries M.F, Duffie N.A, Kruth J.P, Dauw D.F, Schumacher B, "Integration of EDM within a CIM Environment", Annals of the CIRP Vol.39, 1990.
- [7] O'Grady P.J, Bao H, Lee K.H, "Issues in Intelligent Cell Control for Flexible Manufacturing Systems", Computers in Industry Vol.9, 1987.
- [8] Ranky P, "The Design and Operation of FMS", IFS Ltd, 1983.
- [9] Sani E.T, Bao H, Lee K.W, "Flexible Manufacturing System at North Carolina State Univ.", AM86 Conf. Proceedings, 1986.
- [10] Taylor H, "Overall control within a Flexible Manufacturing System and the Development of a Cell controller", Robotica Vol.3, 1985.