

밀링 작업계획에서의 생산정보 통합

노형민* · 이충수*

Integration of Production Information in the Milling Operation Planning

Hyung-Min Rho · Choong-soo Lee

〈요 약〉

사용자 고유의 공정설계 노하우는 설계 도면정보에서 가공정보로의 변환의 일관성 유지를 어렵게 하고 또한 그 기술획득에 많은 시간을 필요로 한다. 가공방법과 가공기계가 결정된 후, 세부 작업내용, 작업순서, 절삭공구, 절삭조건, 공수 등을 결정하는 밀링 작업계획 모듈을 공작기계 부품을 대상으로 개발하였다. 설계 도면정보를 특징형상에 따라 입력하여 최적절삭조건 모듈 및 I/MILL 상용 프로그램의 도움을 받아 작업지시서와 NC 프로그램을 출력한다. 특징형상을 중심으로 작업계획 생산정보의 입/출력 내용과 작업계획 항목을 결정하는 본 시스템 개발을 통해 생산정보 통합 기술에 대한 이해를 기대한다.

중심 단어 : 생산정보 통합, 공정설계, 특징형상

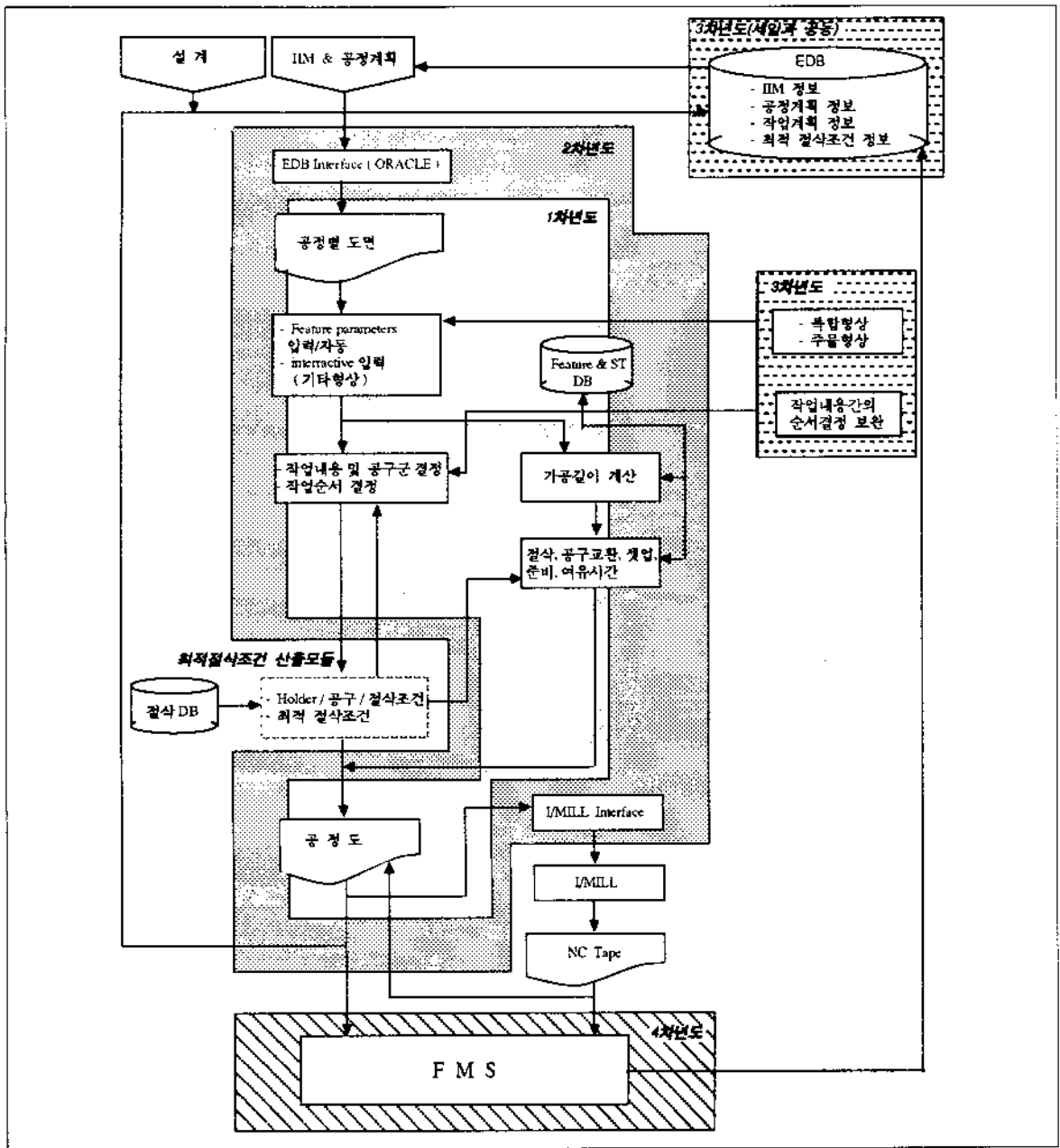
1. 서론

CAD와 CAM은 각각 모델링 기술과 수치제어 기술의 개발로 많은 발전을 이룩하였으나 설계와 가공 사이의 공정설계 자동화 (CAPP) 기술의 개발이 상대적으로 미흡하다. 따라서 CIM 실현을 위한 이 기술 개발에 대한 중요성이 증대하고 있다. 일반적으로 공정설계의 기능은 공정, 공정순서, 가공기계를 결정하는 공정계획과 가공방법, 공구, 절삭조건, 공수를 결정하는 작업계획으로 분류하여 논의되고 있다.[1] 이러한 공정설계의 자동화 기술에는 설계 시스템으로부터의 도면정보 입력과 가공 및 일정계획 시스템으로의 생산정보 출력을 컴퓨터를 통하여 자동으로 수행케하는 생산정보 통합 (integration) 기술이 필요하다.

자동 공정설계로의 정보 입력을 위해서 부품의 기

하형상 (geometrical shape)을 미리 정의한 특징형상 (feature)으로 자동 인식하려는 연구가 앞서 진행되었다.[2, 3] 그리고 자동 공정설계를 수행하여 결정된 가공기계, 공구, 절삭조건 등은 NC 프로그램 작성을 위해서, 그리고 공정 또는 기계별 공수는 일정계획 작성을 위해서 그 출력 정보를 각각 필요 시스템에 연계하려는 연구도 그후 진행되었다.[4, 5] 설계정보로부터 공정설계를 통하여 가공 및 일정계획 정보로 이어지는, 즉 생산정보를 부품별로 표현할수 있는 개념인 Product Model 개발로까지 발전하고 있다.[6] 세계적으로 이렇게 개발된 상가 분야의 기술들은 산업체가 사용자 환경에 맞게 개선하고 있으나, 사용자 환경 및 데이터베이스 구축에 따른 제약이 많이 있어 ICEM PART[7, 8]와 같은 상용시스템의 출현은 아직 초기 단계로 볼 수 있다. 국내에서는 회전형상 부품

* 한국과학기술연구원, CAD/CAM 연구실



〈그림 1〉 연차별 세부 연구내용

에 제한하여 설계정보를 자동으로 인식하는 연구[9] 및 사출금형 공정설계 기능 개발에 대한 연구[10, 11] 등이 있다. 개발된 기술의 산업계 활용을 위해서는 사용자가 보유하고 있는 CAD/CAM 시스템 환경과 어떻게 설계 및 가공 정보를 통합시킬수 있을 것인가에

대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 지직공정계획 기술개발 과제 [12]의 하나로 진행중인 '밀링 작업계획 모듈 개발' 과제를 통해서 공작기계 부품을 대상으로하여 작업내용, 절삭조건, 공수 등을 자동으로 작성하는 시스템 개발을 목

적으로 한다. <그림 1>과같이 총 4차년도 개발 기간 중 2차년도의 결과로써, 입력정보는 EDB (engineering database)에 저장된 IIM (item information manager), 공정계획 결과 및 설계도면 정보이고, 출력정보는 작업지시서 및 NC 가공용 프로그램이다. 본 논문에서는 1차년도 과제에서 개발한 49개의 특징형상을 중심으로 밀링 작업계획의 각 기능과 관련 프로그램과의 연계를 중심으로 소개한다. 개발환경으로써, Intergraph Workstation에서 설계용 프로그램 I/MDS (mechanical drawing system)[13], NC 프로그램용 I/MILL[14] 및 데이터베이스용 Oracle[15]을 사용하며 각 프로그램 사이의 연계 프로그램은 C와 PPL[16] 언어를 사용한다.

2. 밀링 작업계획과 타 모듈과의 연계

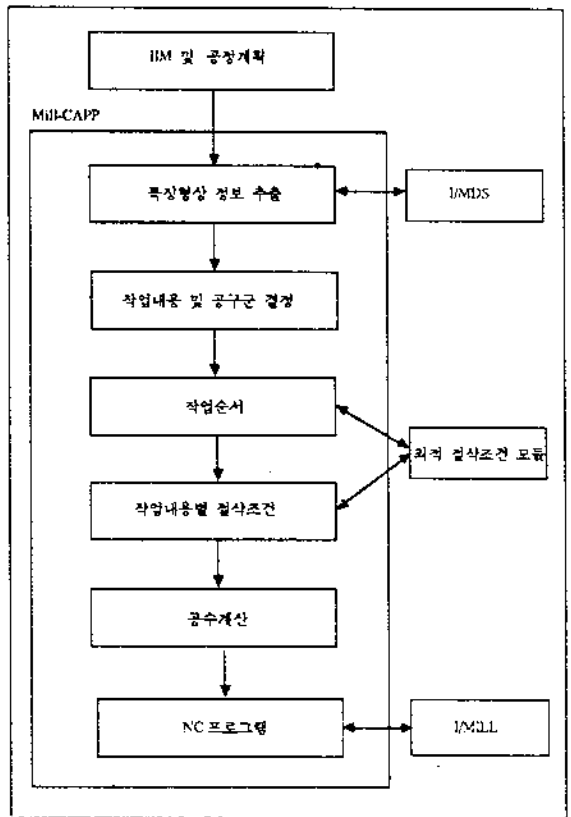
2.1 밀링 작업계획의 개요

밀링 작업계획(Mill-CAPP)은 <그림 2>에 보이는 바와 같이 공정계획이 끝난후 I/MDS, '최적 절삭조건 모듈', I/MILL과의 연계를 통하여 작업계획을 수행하는 모듈이다. 본 연구에서는 설계용 I/MDS와 연계하여 특징형상 정보를 사용자가 메뉴 형식에 따라 필요정보를 입력한다. 이 정보를 이용하여 Mill-CAPP은 작업내용과 공구군을 결정하고, 공구사양과 절삭조건은 '최적 절삭조건 모듈'로부터 제공 받는다. 선택된 공구사양으로부터 작업내용간의 순서를 결정하고, 또한 공구사양과 절삭조건을 이용하여 공수를 계산한다. 그리고 결정된 공구사양과 절삭조건을 I/MILL의 셋팅화일에 저장한 후, I/MILL을 실행시켜 NC 프로그램을 생성한다.

2.2 타 모듈과의 연계

2.2.1 EDB와 연계

EDB는 설계, 가공 및 관리 정보 공유를 목적으로 현재 개발중인 데이터베이스이다. IIM과 공정계획 결과들은 모두 EDB에 저장된다. Mill-CAPP 모듈 실행과 관련하여 EDB에서 검색할 정보와 Mill-CAPP 실



<그림 2> Mill-CAPP의 흐름 및 관련 모듈 연계

행후 EDB에 저장할 정보들은 다음과 같다.

* EDB로부터의 검색 정보

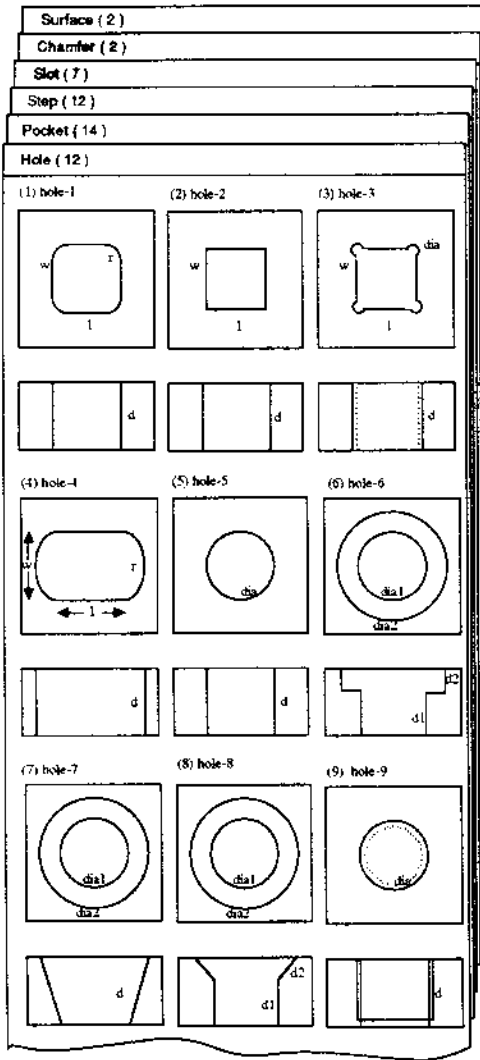
- IIM의 결과 : 품번, 품명, 기종명 등
- 공정계획의 결과 : 공정 번호, 가공기계, Jig & Fixture 등

* EDB에의 저장 정보

- : 작업내용, 공구명, 공구재질, Holder 규격, 절삭조건, 공수 등

2.2.2 설계정보와의 연계

설계도면 정보를 가공 정보로 변환하기 위해 본 연구에서는 특징형상을 이용한다. 따라서 이 특징형상은 작업방법, 공구, 절삭조건, 공수 등을 결정하는 작업계획 수행에 필요한 정보를 지녀야한다. 이를 위해서 동작기계부품의 설계도면들을 분석한 후, 특징형상을 12개의 Hole, 14개의 Pocket, 12개의 Step, 7개의 Slot, 2개의 Chamfer, 2개의 Surface 등으로 분류하여 모두



(그림 3) Mill-CAPP에서 정의한 특징형상의 종류

49개의 특징형상을 (그림 3)과 같이 정의하였다.[10] 이 49개의 특징형상들은 크기, 기하공차, 거칠기 등 특징형상별로 각각 다른 파라미터를 가지고 있다.

2.2.3 최적 절삭조건과의 연계

Mill-CAPP에서 결정한 작업내용과 공구군은 '최적 절삭조건 모듈'에 전달되어 공구사양, 홀더, 절삭속도, 스펀들 회전수, 이송속도, 절삭깊이, 절삭폭 등의 절삭조건을 생성하며 이는 다시 Mill-CAPP에 전달된다.

2.2.4 NC 프로그램과의 연계

Mill-CAPP과 I/MILL을 연계하여 NC 프로그램을 생성하는 과정이 (그림 4)에 있다. Mill-CAPP의 수행 결과인 작업내용별 공구, 공구경, 절삭깊이, 절삭폭, 이송속도를 I/MILL에 전달하고, I/MILL은 그 결과로써 CLP(cutter location point) 화일을 출력한다. 이 CLP 화일은 MLO(machine language output)를 통하여 NC 프로그램으로 변환된다.

3. 밀링 작업계획

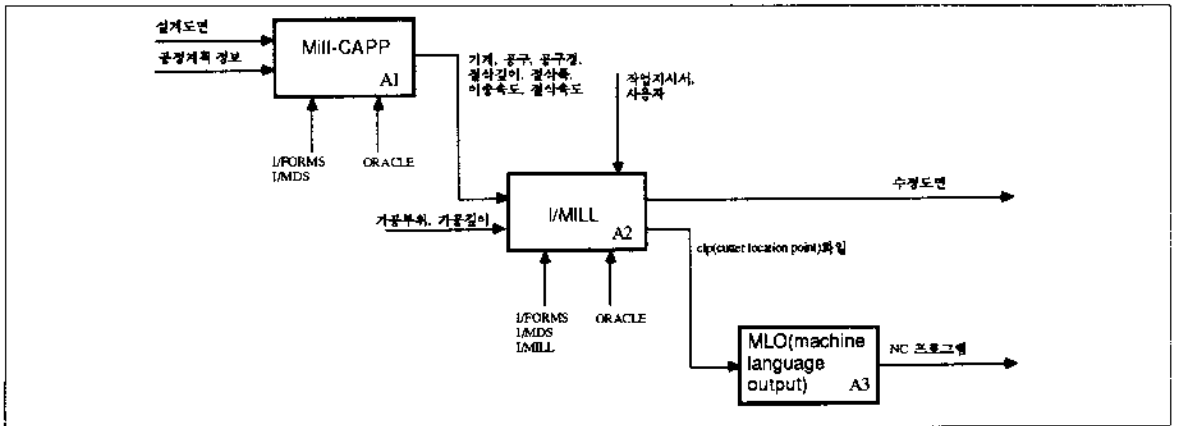
3.1 특징형상정보 입력

특징형상의 파라미터중에서 크기와 같은 기하학적 정보는 자동으로 추출하여 입력하고, 기하공차, 표면 거칠기 등은 사용자가 직접 입력한다. 입력과정의 정확도 향상을 위해서 화면 상에 나타난 설계도면에서 사용자가 가공부위 (특징형상)를 마우스로 지정하여 그 크기 정보를 자동으로 추출할수 있도록 연계 프로그램을 PPL언어로 작성하였다. PPL에서 제공하는 매크로 함수를 이용하여 도면정보를 추출하는 예가 그림 5에 있다. 즉, `ci$locate()`와 `gr$get-conic()`을 이용하여 원의 지름을 추출하는 예 및 `ci$locate()`와 `gr$get-endpoint()`를 사용하여 직선의 길이를 추출하는 예가 나타나 있다.

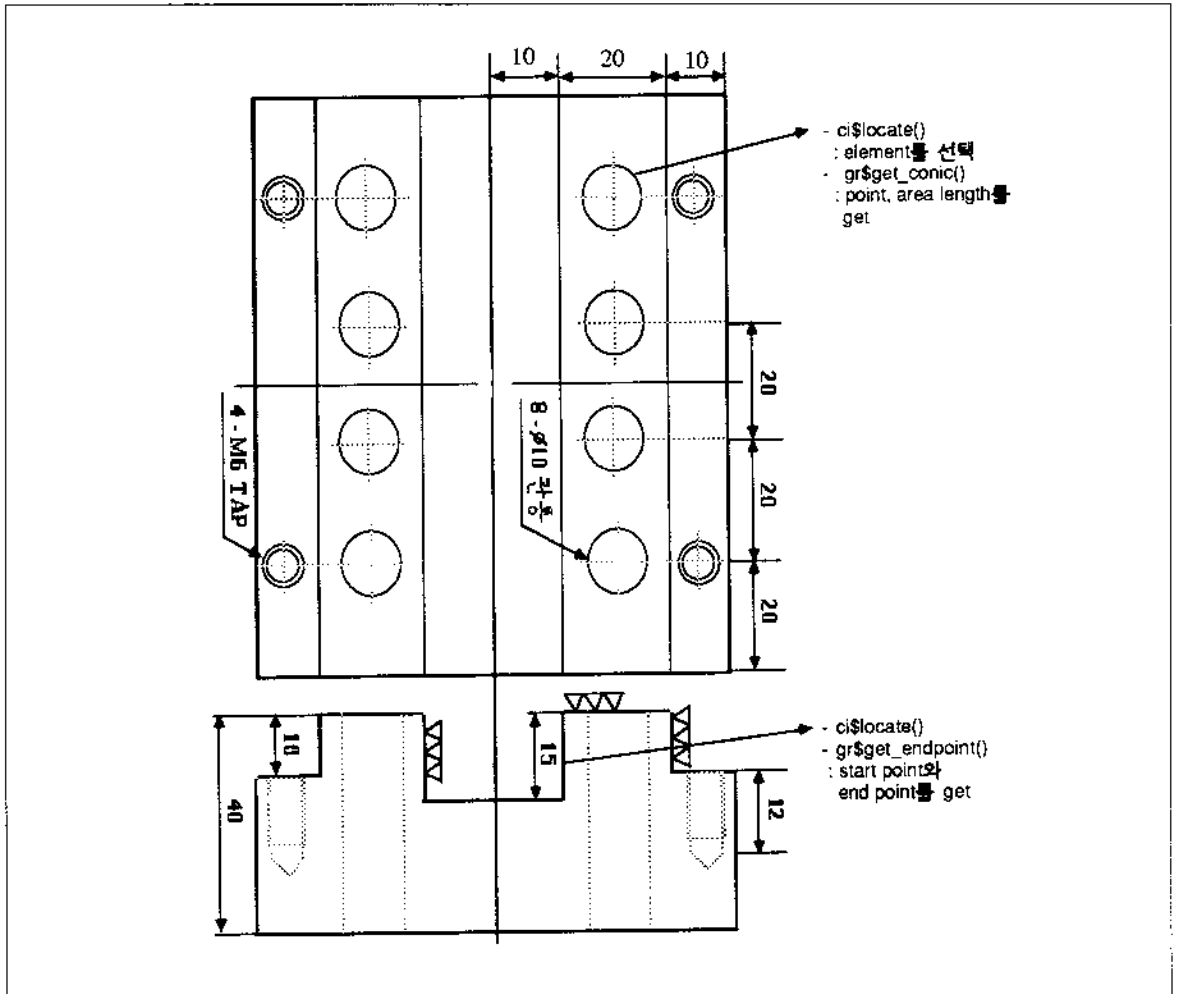
(그림 3)에 정의한 49개 특징형상 이외의 기타 형상에 대해서는 사용자가 가공방법을 직접 입력한다. 이렇게 입력된 파라미터 값들은 작업내용 결정, 공구 결정, 절삭조건 결정, 공수계산 등의 수행에 필요한 정보로써 데이터베이스에 저장하여 이용한다.

3.2 작업내용 및 공구군 결정

작업내용은 가공방법, 가공부위의 특징형상 명칭, 가공부위 위치, 가공 갯수를 포함한다. 이 중 가공방법은 특징형상과 공구의 특성을 조합하여 Center Drilling, Drilling, Boring(황), Boring(정), Reaming 등 15가지로 정의한다. 여기에서 (황)과 (정)은 황삭과 정삭의 약어이며, 황삭과 정삭의 분류기준은 기하공차의



〈그림 4〉 Mill-CAPP과 I/MILL의 연계를 통한 NC 프로그램 생성



〈그림 5〉 PPL 매크로 함수를 원과 직선의 크기를 추출하는 예

유무와 거칠기 기호의 갯수이다. 입력된 특징형상정보와 가공방법 및 공구군의 관계가 <그림 6>에 있다. 예를 들어 가장 많은 가공방법과 관계하는 Pocket의 경우, Center Drilling-Center Drill, Drilling-Drill로부터 특수 Endmilling(정)-특수 Endmill 까지의 가공방법 및 공구군과의 관계가 가능하다.

3.3 절삭조건과 작업순서 결정

작업내용과 공구군은 '최적 절삭조건 모듈'에 전달되어 상세 공구 및 홀더를 결정한다. 그리고 Mill-CAPP은 가공방법간의 선행관계를 만족하면서 공구의 교환 횟수를 최소화하는 작업내용간의 순서를 결정한다. 작업순서가 결정된 후 '최적 절삭조건 모듈'은 절삭속도, 스피indle 회전수, 이송속도, 절삭깊이, 절삭폭 등의 절삭조건을 결정한다.

3.4 공수계산

공수는 공장 전체의 생산관리 시스템에서 부하관리, 일정계획, 원가견적 등을 위한 기본자료로 사용되므로 정확한 공수를 계산하는 것은 중요하다. Mill-CAPP에서는 공수를 준비시간, 셋업시간, 정미시간, 여유시간으로 분류하여 계산한다.

3.5 NC 프로그램 생성

Mill-CAPP의 실행 결과로 작업내용 및 그에 따른 공구, 홀더, 절삭조건 및 공수 등이 결정된다. 이 중 한 작업내용을 사용자가 선택하면, 선택된 작업내용의 공구, 공구경, 절삭 깊이, 절삭 폭, 이송속도 등을 I/MILL 셋팅화일에 저장한다. 그리고 I/MILL 프로그램을 실행하여 선택된 작업내용의 CLP 화일을 생성하고, MLO를 통하여 NC 프로그램을 생성한다.

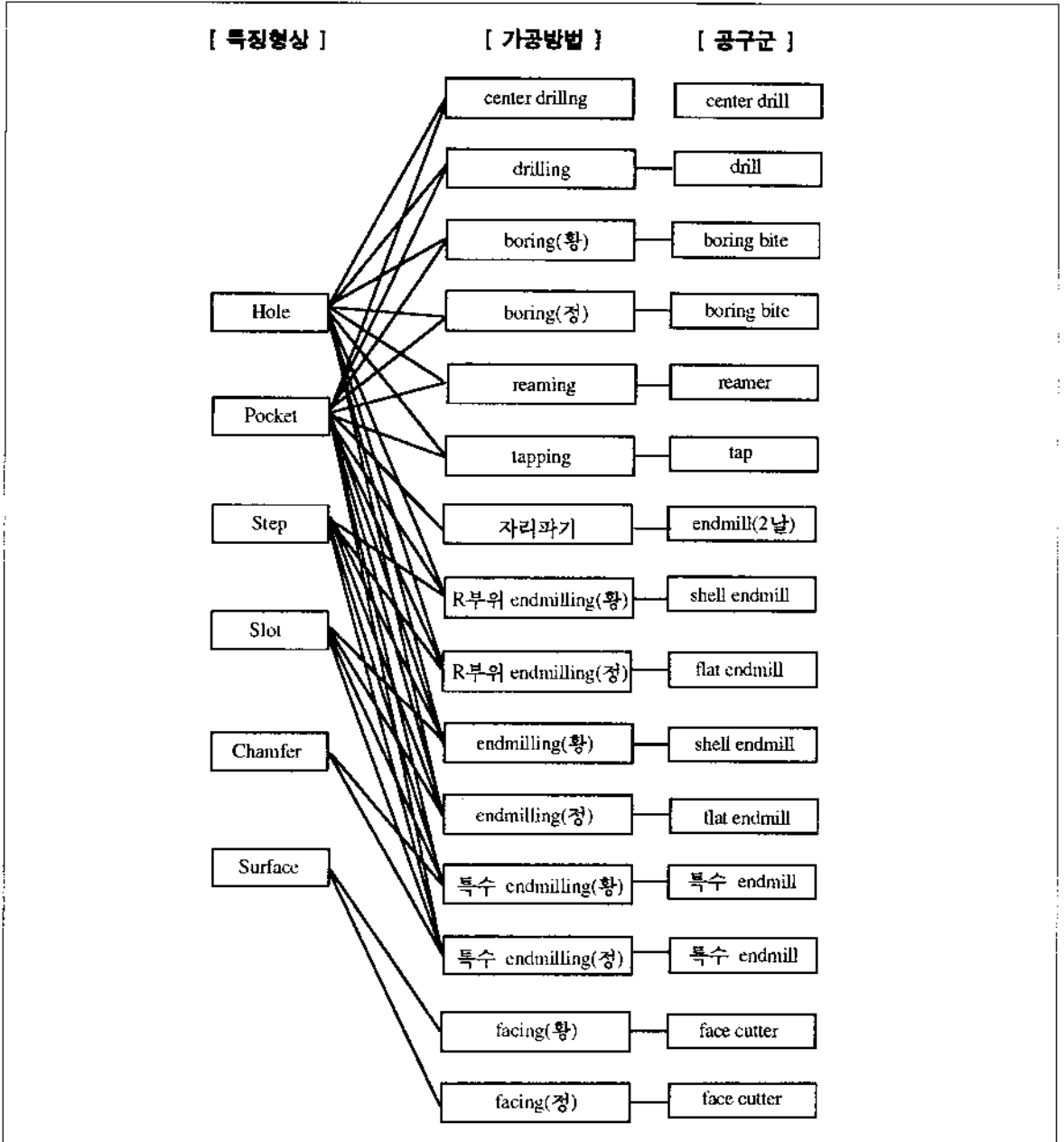
4. 적용사례

본 연구의 사례연구로써 공작기계 부품 지지대 (support element)를 선정하였다. 선행단계인 공정계획

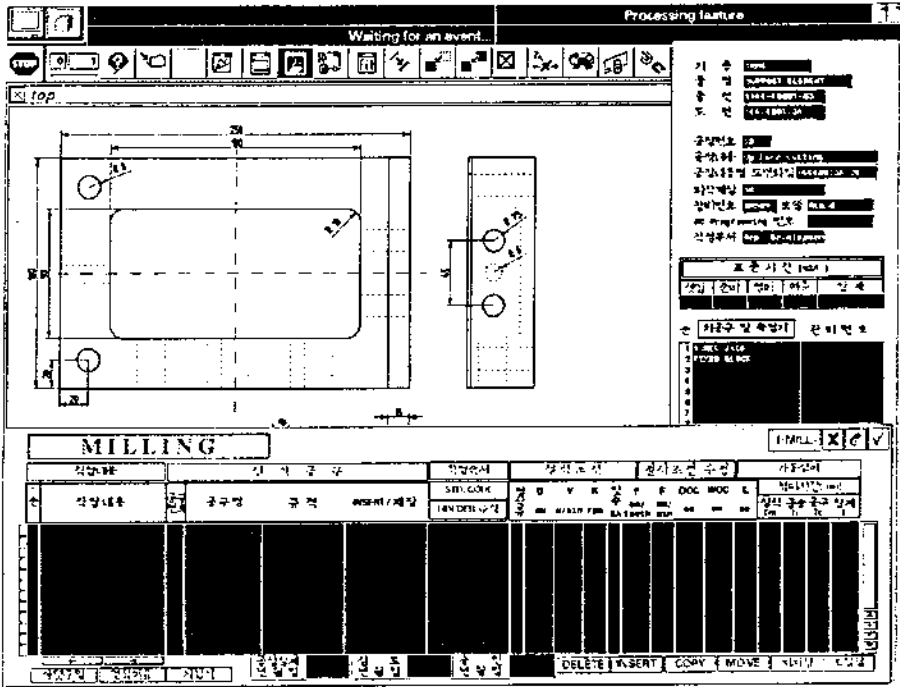
을 수행한 결과 입재, 밑면가공, 상면가공, 4측면가공, 검사 등의 5개 공정으로 분할되었으며, 이 중에서 상면가공을 Mill-CAPP에 적용시켜 작업계획을 수행한다. IIM과 공정계획에서 상면가공에 대한 가공 장비로 MCH30, 치공구로 SCREW JACK, FIXED BLOCK을 결정하였다.

Mill-CAPP 모듈에서는 부품 지지대의 설계도면을 읽어 화면에 출력한다. 그리고 <그림 7>과 같은 작업지시서 양식을 출력하여 메뉴 방식 작업계획을 시작한다. 상면가공 설계도면에는 특징형상 Pocket-1, Step-1, Surface-1이 각각 1개씩 존재하고, Hole-5가 2개 존재한다. 우선 특징형상 Pocket을 메뉴로부터 선택하면 <그림 8>과 같은 Pocket의 종류가 화면에 나타나고 그중 Pocket-1을 선택하면 관련 파라미터가 우측에 나타난다. 특징형상 크기 값은 화면상의 가공부위를 마우스로 선택하여 자동입력하고, 정밀도는 사용자가 직접 입력한다. 이 입력으로부터 Mill-CAPP에 내재한 알고리즘은 다음과 같은 5개 작업내용을 출력한다: Center Drilling/POCK1/160×90×38, Drilling/POCK1/160×90×38, Endmill-Positioning/POCK1/160×90×38, Endmilling(R)/POCK1/160×90×38, R-Endmilling(R)/POCK1/160×90×38. 도면상의 모든 가공부위에 대해서 이러한 특징형상 정보 입력을 되풀이한다. 그리고 절삭공구사양, 작업순서, 절삭조건, 공수 등에 대한 Mill-CAPP의 기능을 수행한 결과 <그림 9>와 같은 작업지시서를 출력한다.

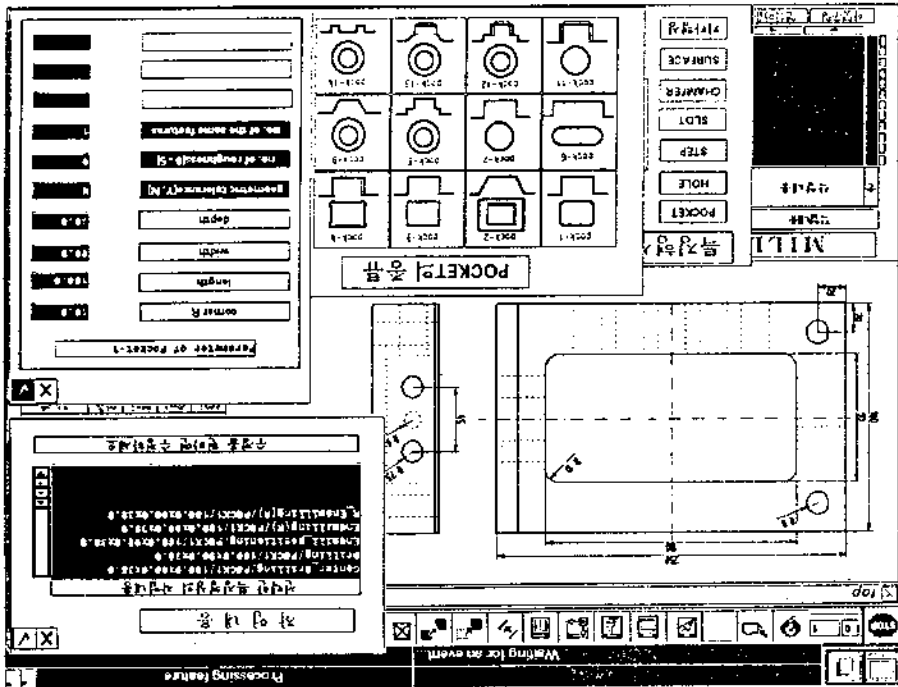
I/MILL 연계를 위하여 작업지시서 상의 한 작업내용인 Endmilling(R)/POCK1/160×90×38을 선택하면, 관련 공구와 절삭조건 정보가 I/MILL 셋팅화일에 저장된다. 이 작업내용에 대해 I/MILL을 실행시키면 <그림 10>과 같은 가공경로를 얻는다. 이 가공경로에 대한 CLP화일은 MLO를 통해 NC 프로그램을 생성한다.



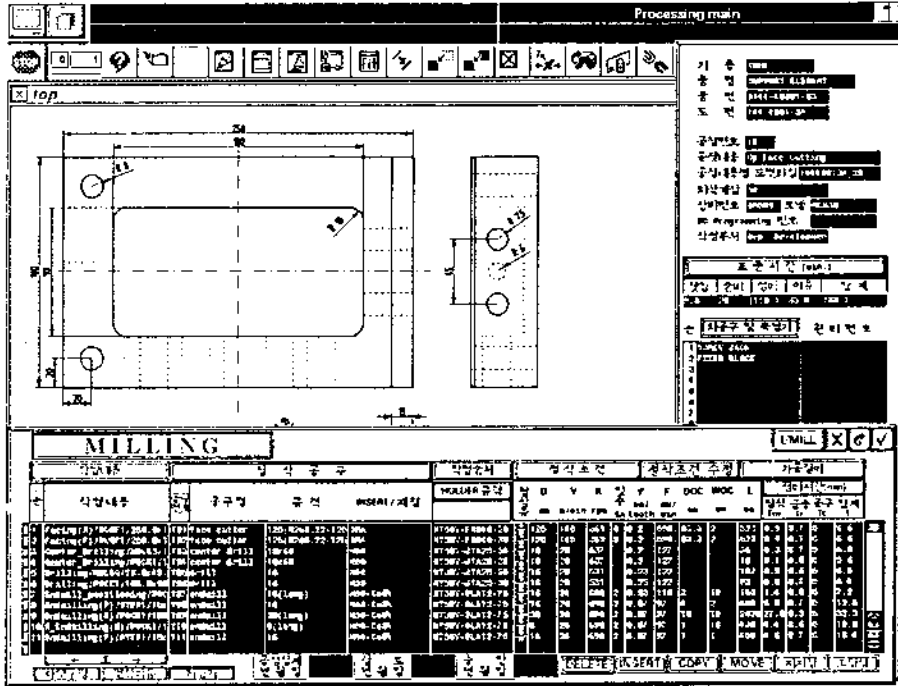
〈그림 6〉 특징형상, 가공방법, 공구군의 관계



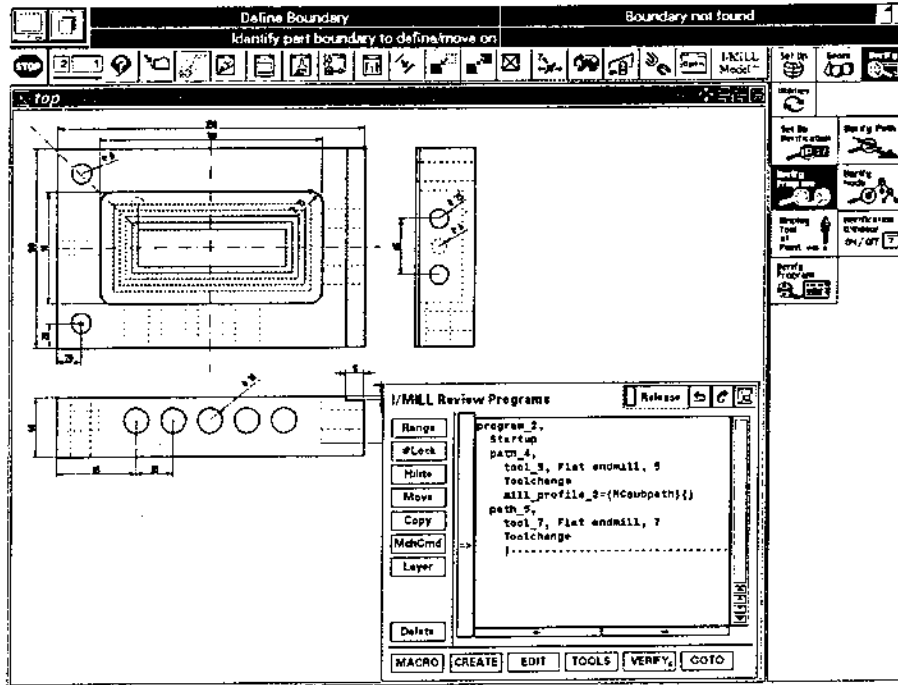
〈그림 7〉 MIII-CAPP의 초기화면



〈그림 8〉 Pocket-1을 선택하여 파라미터 값을 추출한 후 결정된 작업내용



〈그림 9〉 상면가공의 작업계획 결과



〈그림 10〉 작업내용 Endmilling(R) / POCK1 / 160x90x38의 가공경로

5. 결론

Intergraph 환경하에서 밀링 작업계획 모듈인 Mill-CAPP을 개발하였으며, 개발된 모듈은 타 모듈 및 상용 시스템과 생산정보를 교환할 수 있는 특징을 갖고 있다. 생산정보의 통합 측면에서 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

-타 모듈과의 연계

설계정보를 입력하기 위하여 I/MDS, 공구, 홀더 및 절삭조건을 제공받기 위하여 '최적 절삭조건 모듈', 그리고 NC 프로그램 출력을 위하여 I/MILL과 연계하는 프로그램을 작성.

-특징형상

작업내용, 공구, 공수 등의 결정을 위하여 Pocket, Hole, Step, Slot, Chamfer, Surface 등으로 분류된 49개의 특징형상을 정의하였으며, PPL 매크로 함수를 이용하여 특징형상의 파라미터를 자동으로 입력받는 프로그램을 개발.

-작업지시서 작성

작업내용, 절삭조건, 작업순서, 공수계산 기능을 수행하여 결과를 작업지시서로 출력.

-GUI

사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 안내기능 및 참조기능을 두었으며, 시스템 내부에서 자동으로 결정된 내용이라도 사용자가 수정할 수 있도록 GUI (graphic user interface)를 설계하여 프로그램 작성.

Mill-CAPP은 설계정보로부터 가공정보로의 변환이 시스템의 안내기능 (메뉴)에 따라 대화형으로 이루어지기 때문에 초보자도 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 상용시스템인 I/MILL과의 연계에서 두 가지 문제가 발생하였다. 첫째, I/MDS와 I/MILL의 환경을 바꿀때 Mill-CAPP의 실행이 중지되는 현상이 발생하여, Mill-CAPP과 I/MILL의 셋팅화일에 공구 및 절삭조건을 입력하는 프로그램은 독립적으로 실행하였다. 둘째, 3D 솔리드 모델러인 I/EMS(engineering modelling system)를 사용하면 도면의 수정/추가없이 I/MILL을 직접 사용할 수 있음에도 불구하고, 2D drafter인 I/MDS 환경에서 I/MILL을 사용하기 때문에 가공부위를 I/MILL에 알려주기 위하여 가공부위와 가공깊이를 폐쇄곡선

과 포인트로 만들어 주는 추가작업이 필요하였다.

향후 연구에서는 빈도수가 높은 복합특징형상 (compound feature)을 현재의 49개 특징형상에 추가하고, 주물 원소계에 대해서도 자동으로 가공방법을 결정할 수 있는 기능을 개발할 계획이다.

후 기

본 연구과제 수행을 위해 현장 작업계획 현황자료를 제공한 세일중공업 이종문 과장과 박배석 대리께 감사드린다.

【참고문헌】

- [1] Tulkoff, J., "Process Planning : An Historical Review and Future Prospects", Proceeding of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Pennsylvania State Univ, 1987.
- [2] Henderson, M. R., and Anderson, D. C., "Computer recognition and extraction of form features: A CAD/CAM link", Computers in Industry, Vol. 5, pp.329-339, 1984.
- [3] Joshi, S. and Chang, T. C., "Graph-Based Heuristics for Recognition of Machined Features from a 3D Solid Model", Computer Aided Design Vol. 20, No. 2, pp. 56-58, 1988.
- [4] Eversheim, W., Marcuzinski, G., Cremer, R., "Structured Modelling of Manufacturing Processes as NC-Data Preparation", Annals of the CIRP, Vol. 40/1, 1991.
- [5] Zhang, H. C., "IPPM - A Prototype to Integrate Process Planning and Job Shop Scheduling Function", Annals of the CIRP Vol. 42/1, 1993.
- [6] Kjellberg, T., and Schmekel, H., "Product Modelling and 'Information-Integrated' Engineering Systems", Annals of the Vol. 41/1, 1992.
- [7] "ICEM PART White Paper", Alex Fuchs Control Data Frankfurt, 1992.
- [8] van Houten, F.J.H.M., "PART : A Computer Aided

Process Planning System”, Ph.D. Thesis, University of Twente, 1991.

- [9] 조규갑, 김인호, “선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템 개발에 관한 연구(II) : 작업준비계획의 자동화”, 대한산업공학회지, 제18권(1), pp. 155-168, 1992.
- [10] 노형민, 이진환, “사출금형의 CAD/CAPP 통합을 위한 가공형상 데이터베이스”, 대한기계학회지, 제16권(2), pp. 259-266, 1992.
- [11] 노형민 외, “사출금형의 가공 자동화를 위한 공정설계 시스템 개발”, 한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구실, 과학기술처 국책 연구 보고서, UCN879(2)-4631-2, 1992.
- [12] 노형민 외, “지적공정계획기술 개발에 관한 연구 - 밀링 공정설계 모듈 개발(1)”, 한국과학기술연구원, 세일중공업, 1993.
- [13] “Intergraph/Mechanical Drawing System (I/MDS) Operator Training Guide”, Intergraph, 1991.
- [14] “Intergraph / 2.5-Axis Milling Option (I/MILL) Reference Manual”, Intergraph, 1992.
- [15] “SQL Language Reference Manual”, ORACLE, 1991.
- [16] “Intergraph Parametric Programming Language (PPL) User’s Guide”, Intergraph, 1991.



노형민(盧榮民)

1977년 서울대학교 기계설계학과 학사
 1979년 한국과학기술원 생산공학 석사
 1985년 미국 펜실바니아 주립대학 산업공학과 박사
 1989~1990년 네델란드 Twente대학 방문연구원
 현 재 고려대학교 산업공학과 객원 부교수
 현 재 한국과학기술연구원 기전연구부 CAD/CAM팀/책임연구원
 관심분야 : 생산정보 통합기술, 공정설계 자동화



이충수(李忠洙)

1987년 한양대학교 산업공학과 학사
 1989년 한양대학교 산업공학과 석사
 현 재 고려대학교 산업공학과 박사 과정
 현 재 한국과학기술연구원 기전연구부 CAD/CAM팀 연구원
 관심분야 : 공정설계 자동화, 일정계획