

CNC Shop Floor 조업지원용 다능형 CAM시스템 (PosCAM) 개발

서석환*, 지우석**, 김성구***, 홍희동***, 조정훈***, 정대혁***, 김창남**

Development of Versatile CAM System (PosCAM) Supporting CNC Shop Floor Operation

Suk-Hwan Suh*, Woo-Suk Jih**, Sung-Ku Kim***, Hee-Dong Hong***, Jung-Hoon Cho***
Dae-Hyuck Chung*** and Chang-Nam Kim**

ABSTRACT

The purpose of this paper is to introduce the comprehensive CAM system (called PosCAM) supporting various functions requested from shop floor operators. PosCAM is composed of two subsystems (PosCAM I and PosCAM II) which are designed to make up for the contemporary CAD/CAM systems. PosCAM I is mainly for: a) verifying the part programs written in both custom macros and standard G-codes, b) enhancing machining productivity and quality with built-in cutting conditions and feedrate optimization algorithm. PosCAM II is for: a) efficiently managing the numerous part programs and tool data stored in CNC memory, and b) integratively controlling and monitoring various CNCs from the control center through RS-422 with DNC 2 protocol. The developed systems have been tested via various experiments, and can be applied for the industrial CNC machine shop as a means for enhancing productivity. The PosCAM system has been implemented and successfully used in the Machine Shop Department of POSCO since march 1998.

Key words : Part-programming and verification, Shop floor control and monitoring, Custom macro, DNC 2, Machinability DB, Feedrate optimization

1. 서 론

CNC 공작기계는 가공공정의 핵심하드웨어로서 산업체 현장에 널리 사용되고 있다. CAD/CAM 시스템은 형상의 설계에서부터, 공정계획 및 파트프로그램의 작성을 지원하는 소프트웨어로서 국내외적으로 많은 제품이 개발되어 거의 모든 현장에서는 한 두 개씩은 보유하고 있으며, 이를 부분적으로 조업에 활용하고 있다. 그러나, 개발된 대부분의 상용제품은 일반적인 환경을 대상으로 보편적인 기능을 지원하고 있기 때문에 비록 제공하고 있는 기능은 방대하지만 실제로 조업에 활용되고 있는 기능은 소수에 불과하다. 반면에 상용제품에 없는 기능은 수작업으

로 대체할 수 밖에 없기 때문에 CAD/CAM 시스템의 의의가 퇴색하게 된다.

예컨대, 본 연구의 대상이 되었던 POSCO 공작정비공장의 경우, SMARTCAM, AUTOTROL, AUTOCAD 등을 이용하여 파트프로그램의 작성에 부분적으로 활용하고 있으나, 기능상의 한계로 인해 절삭 조건, 가공순서 및 가공경로의 설정 등은 작업자의 경험에 의해 수작업으로 이루어지고 있음에 따라 가공시간의 최소화, 가공품의 정확도, 파트프로그램의 작성(특히 Custom Macro로 작성된 것) 및 검증에 드는 시행착오 및 경제적 손실 측면에서 보완책이 시급한 실정이다. 아울러, 프로그램의 실행 및 관리 측면에서도 기계단위의 전속작업자에 의해 수작업으로 이루어짐에 따라 시스템 자원의 합리화 측면에서도 보완이 필요하다. 이를 위해서는 NC 프로그램의 작성/검증과 작성된 파트프로그램의 실행/관

*정회원, 포항공대 산업공학과
**포항제철 기계설비부
***학생회원, 포항공대 산업공학과

리 기능을 갖는 종합 CAM 시스템의 개발이 필요하다. 흔히 일컬어지는 CAD/CAM 시스템은 전자의 기능에 국한되고 있으며, 후자의 기능은 DNC 시스템에 의존한다. 실제의 조업측면에서 보면, 아직도 현재 개발된 CAD/CAM 시스템 및 DNC 시스템은 자기 보완되어야 할 기능들이 산재하고 있으며, 양자의 시스템의 통합화가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 실용성 차원에서 기존의 CAD/CAM 시스템의 취약기능과 DNC 기능과의 통합화에 초점을 맞추었다. 이는 본 연구의 동기가 되었던 POSCO 현장에서 사용중인 상용 CAM 시스템도 병행하여 사용하는 것을 전제로 하되, 상용 CAM 시스템에서 제공하지 않고 있는 조업에 필수적인 기능의 개발요구에 부응한 것이기도 하다. 구체적으로, 본 연구에서 개발된 PosCAM 시스템은: 1) NC 가공을 정확하게, 가공시간의 최소화(절삭조건 DB 및 feedrate optimization)를 기할 수 있는 NC 파트프로그램(G-code 및 FANUC Custom Macro B)의 작성, 2) CNC Controller의 실제 데이터에 기반한 정확한 검증, 3) 작성된 파트프로그램을 원거리에서 집행, 4) 중앙집중식 CNC 메모리(파트프로그램 및 각종 데이터) 관리, 5) 조업현황의 모니터링 기능을 원거리에서 수행할 수 있는: 이른바 파트프로그램의 작성/검증/실행/관리/모니터링 기능을 통합적으로 수행할 수 있는 통합 CAM 시스템이다.

2. PosCAM 시스템 설계 및 구조

2.1 산업현장의 문제점 분석

본 연구에서는 POSCO 공작정비공장을 대상으로 CNC 공작기계 및 CAD/CAM시스템 활용시 당면하고 있는 문제점들을 분석하고, 기존 CAD/CAM 시스템으로 해결하기 힘든 문제점들에 중점을 두고 시스템을 설계하였다. CAD/CAM시스템 활용시 당면하고 있는 문제점들은 크게 파트프로그램 작성 및 검증과정에서 발생하는 것과 기계가공 수행 및 관리시 발생하는 것으로 분리할 수 있는데 이는 비단 POSCO 공작정비공장의 경우만 해당되는 것이 아니라 국내 NC가공업체가 당면하고 있는 보편적인 문제점이다.

파트프로그램 작성 및 검증과정에서 발생하는 현장 주요 문제점들은: 1) CAM 시스템의 그래픽 검증이 공작기계의 동작을 그대로 반영하지 못하고 있어서 수작업 과정이 존재한다는 점, 2) 커스텀 매크로의 검증이 off-line에서 불가능함에 따라 기계작동을

통한 확인 과정을 거쳐야 한다는 점, 3) CNC controller의 내부 데이터를 사용한 파트프로그램은 가공 전 검증이 불가능하다는 점, 4) 절삭조건의 선정이 작업자의 경험에 의존하고 있어 표준화 되지 않고 있다는 문제점들이 있다.

NC가공 수행 및 관리시 발생하는 문제점들은: 1) CAM 시스템의 검증이 끝난 파트프로그램도 공작기계에서 수행할 때 error 및 alarm이 발생하는 경우가 많은 점, 2) CAM 시스템에서 생성된 파트프로그램은 유사한 제품 가공시 재사용할 수 없는 점, 3) 파트프로그램이 각 기계별로 관리됨에 따라 통합적 관리가 어려운 점, 4) 자동 가공 중에도 작업자가 작업 상황을 수시로 감시해야 함에 따라 진정한 자동화가 어려운 문제점 등이 있다.

2.2 시스템 설계 요지

상기 산업현장의 문제점들을 분석해 보면 기존 CAD/CAM 시스템의 취약기능 보완 및 DNC 기능과의 통합화가 시급하다는 결론을 얻을 수 있으며 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 시스템 설계시 반영해야 하는 사항들은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 파트프로그램 검증의 정확성 도모: 커스텀 매크로 해석, 특수 G code 해석
- 2) "Real Simulation" 구현: CNC controller 데이터 access
- 3) 절삭조건 및 가공경로 최적화 구현: 표준 절삭조건 정립, 이송속도 최적화
- 4) 가공작업의 효율성 도모: 파트프로그램 작성, 검증, 전송 단계의 일원화 구현
- 5) 다수기계의 통합적 관리: CNC 파트프로그램 통합 관리, 다수 CNC 중앙 모니터링
- 6) 조업방식의 개선: 기계단위별 작업자 배치 R 기계 group별 작업자 배치

2.3 시스템 Architecture

상기 설계 고려 사항들을 반영하기 위하여 POSCO 공작정비공장을 적용 대상으로 하여 약 2년 3개월에 걸쳐 Fig. 1과 같은 architecture를 갖는 PosCAM이라는 종합 CAM 시스템을 개발하였다. PosCAM 시스템은 파트프로그램의 작성 및 검증을 담당하는 PosCAM I과 파트프로그램 관리 및 기계 모니터링을 담당하는 PosCAM II로 나뉘어 설계되었는데, 이는 FANUC DNC library가 구동되는 OS 환경이 제약되어 있다¹⁷⁾는 점에도 기인하지만, 오히려 빠르고 정확한 검증 기능을 추구하는 PosCAM I

- < PosCAM I >**
- 1. Hardware configuration**
-Pentium II PC(586)
 - 2. Software configuraton**
-OS: Windows NT 4.0
-Programming: VC++ 4.0
-Parsing: Lex, Yacc
- < PosCAM II >**
- 1. Hardware configuration**
-Pentium PC(586)
-FANUC milling machines
-Multiplex
-DNC2 option board
 - 2. Software configuraton**
-OS: Windows NT 3.51
-Programming: VC++ 4.0
-FANUC DNC library

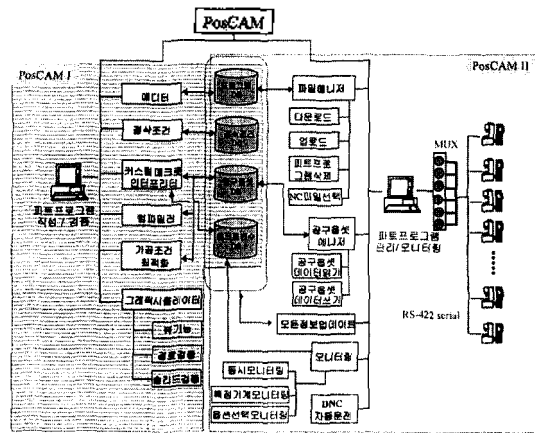


Fig. 1. PosCAM system architecture.

Fig. 1의 시스템 architecture를 구현하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 개발환경은 다음과 같다.

3. PosCAM I 주요 모듈별 기능

PosCAM I은 기존 CAM 시스템이 가지고 있는 그래픽 검증 모듈과 유사한 기능을 가지고 있으나 기존 CAM 시스템에서 해결할 수 없었던 커스텀 매크로 해석, CNC controller 데이터를 이용한 시뮬레이션, 최적 절삭조건 선정, 최적 이송속도 산출 등의 주요 기능들을 제공함으로써 기존 CAM 시스템과는 차별화 된다. 다음에서는 일반적인 검증 기능 보다는 특수 기능들을 중심으로 간략하게 그 특징 및 의의에 대해서 기술한다.

3.1 커스텀 매크로 킵파일러

커스텀 매크로는 Fortran, C와 같은 프로그래밍 언어로서 프로그램 길이가 짧고 유사한 작업에 대해 반복적으로 사용할 수 있는 장점 등으로 인해 현재 많이 사용하고 있는 파드프로그램 형태이다¹⁾. 그러나 off-line에서 커스텀 매크로를 해석할 수 있는 소프트웨어가 없어 syntax, logic 검증을 작성자가 직접 해야 하고, CNC에 입력하여 동작을 확인해야 하는 등 부정확하고 비효율적인 작업과정을 거쳐 왔는데, 본 모듈은 이러한 커스텀 매크로의 off-line 해석 기능을 제공함으로써 그 동안 불가능했던 커스텀 매크로의 off-line 시뮬레이션을 가능케 하였으며, CNC 시스템과의 직접 interface를 통해 공구정보 및 시스템 변수 저장값들을 시뮬레이션시 그대로 반영함으로써 파드프로그램 검증의 정확성을 도모하는 이른

과CNC interface를 담당하는 PosCAM II가 각각 독자적인 시스템으로서도 의미를 가질 수 있기 때문이다.

시스템 구조의 특징을 전체적으로 살펴보면; 1) CNC controller 내부 데이터들을 저장하고 있는 DB들을 중심으로 PosCAM I, II가 서로 맞물려 있으며, 2) PosCAM I은 이러한 공통 DB들의 정보를 근간으로 하여 simulation시 동작기계의 동작을 그대로 구현하도록 되어 있고, 3) PosCAM II는 CNC controller와의 interface를 통해 각종 정보들을 공통 DB에 저장하며, 4) 독자적인 파드프로그램 및 공구정보의 관리 기능 등을 갖고 있다.

PosCAM I은 파드프로그램 작성/검증 기능을 수행하기 위해 1) 파드프로그램을 편집/저장하는 에디터 기능, 2) 절삭조건 DB로부터 적정 절삭조건을 선정하는 기능, 3) 커스텀 매크로 해석 및 킵파일 기능, 4) 이송속도 최적화를 통한 가공조건 최적화 기능 및 5) 최종적인 가공결과를 시각적으로 확인해 볼 수 있는 그래픽 시뮬레이터 기능 등을 구현하였다. PosCAM II는 파드프로그램 실행/관리/모니터링 기능을 수행하기 위해 1) 파일매니저를 통한 파드프로그램의 효율적 관리 기능, 2) 정확한 공구 보정 정보를 활용하기 위한 공구유효 매니저 기능, 3) 중앙집중관리 도모를 위한 모니터링 기능 등을 주요 모듈로 설계하였다. 특히 PosCAM I시스템은 단순 시뮬레이션 기능뿐만 아니라 PosCAM II와의 유기적인 연결을 통한 커스텀 매크로 해석, 최적 절삭조건 선정, 최적 이송속도 산출 등의 기존 CAM 시스템에서 가지고 있지 못한 현장 적용성이 높은 고기능들을 구현하도록 설계되었다.

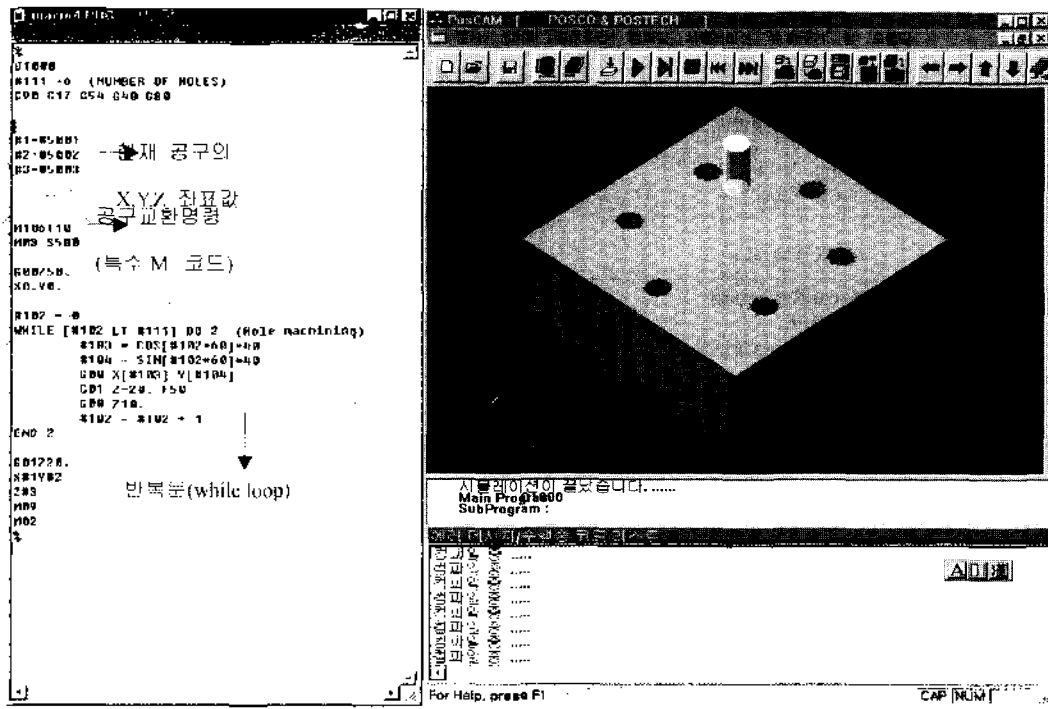


Fig. 2. An example custom macro program for hole machining.

바 “Real Simulation” 구현하였다. 본 연구에서는 Lex, Yacc 등의 개발 tool¹⁾을 이용하여 커스텀 매크로 컴파일러 개발에 적용하였다. Fig. 2는 반복적인 hole 가공을 수행하는 커스텀 매크로 해석 예로서 현재의 공구 위치를 나타내는 시스템 변수(#5001, #5002, #5003)의 해석 및 M106와 같은 특수 M 코드 해석, while loop과 같은 logic 언어의 해석 등은 기존 CAM 시스템에서는 처리가 불가능 했던 사항으로서 커스텀 매크로 컴파일러 및 CNC controller 데이터 해석을 통하여 off-line에서 구현된 결과를 보여주고 있다.

3.2 그래픽 시뮬레이터

기존 CAM 시스템에서 제공하고 있는 그래픽 검증 기능과 유사하나 1) CNC controller 데이터를 사용하여 시뮬레이션의 정확성을 높이고, 2) 피삭재 초기 형상 정의를 통해 소재에서 최종 가공형상까지의 과정을 단계적으로 보여주며, 3) 가공형상 단면보기 등 다양한 display 기법을 통해 가공 결과의 심도 있는 검증이 가능하며, 4) 공작물상에 좌표계를 설정하는 과정을 도입하여 실제 가공현장에서와 동일한 과정을 거치게 하는 등 단순한 그래픽 검증보다는 기

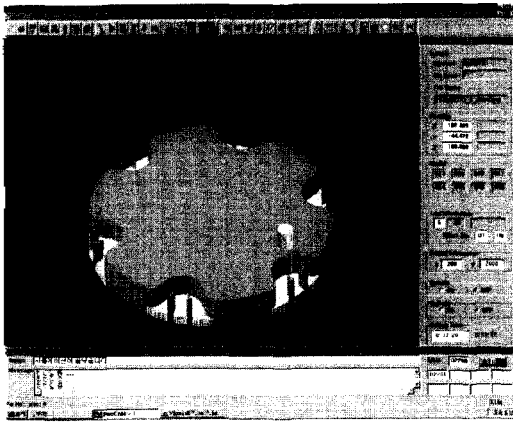
계가공시 발생할 수 있는 가능한 모든 상황들을 검증할 수 있도록 함으로써 기존 시뮬레이터와는 구별된다.

Fig. 3은 공구경 보정값의 선택에 따른 가공결과를 보여주고 있는데 사용공구의 적정성 여부를 가공 전에 확인해봄으로써 기계가공 시 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있다. Fig. 4는 가공형상의 단면 절단 부위를 볼 수 있는 기능으로써 가공깊이의 적절성 등 심도 있는 검증이 가능하며, Fig. 5와 같이 일정 간격의 그리드를 최종 가공형상 위에 display함으로써 개략적인 가공 치수를 확인해 볼 수 있다.

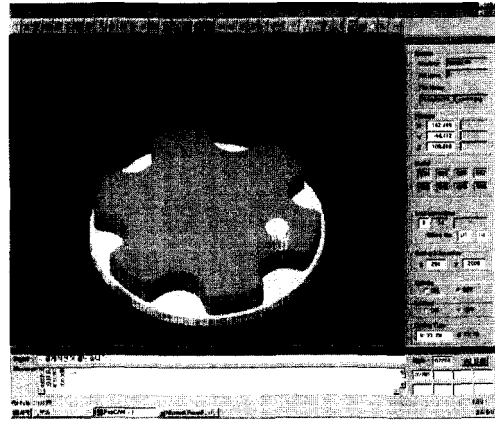
3.3 절삭조건 Database

절삭조건은 가공품질 및 생산성을 결정하는 중요한 요소로서, 그동안 이론 및 실험에 기반하여 국내외 연구기관, 공구메이커, 산업현장에서 추천 절삭조건들이 공표되어 왔다²⁾. 그러나, 이들 추천 절삭조건 들은 실제 현장의 다양한 가공환경(공작기계의 강성, 공작물 고정상태, 주축 파워 등)을 반영하고 있지 못하기 때문에 현장에 적용할 수 없을 정도이다.

따라서 대부분의 현장에서는 작업자의 경험에 의존하여 절삭조건을 선정하는 것이 일반화 되어 있는



(a) Inappropriate tool size (2φ).



(b) Appropriate tool size (3φ).

Fig. 3. Verification of tool size.



Fig. 4. Dimensional verification with cross-sectional view.

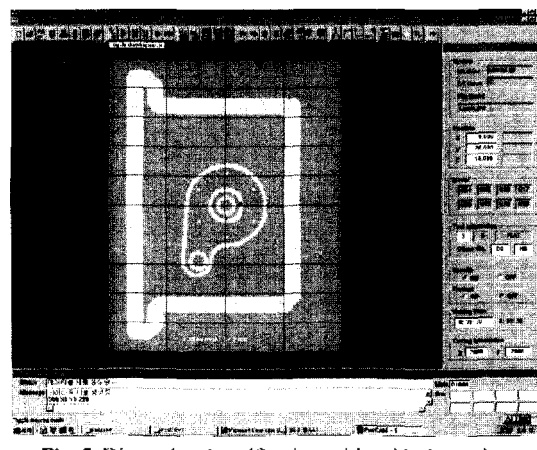


Fig. 5. Dimensional verification with grid-plane view.

데 이는 CAD/CAM 시스템의 도입에도 불구하고 가공효율의 저하와 수작업이 발생하는 주요 원인이 되고 있다. 그렇다고 해서 사용자 환경에 맞는 모든 가공조건 들의 조합에 따른 최적 절삭조건을 일일이 실험에 의해 도출하는 것은 방대한 시간과 노력을 요구하는 만큼, 본 연구에서는 차선책으로서, 1) 주요문헌의 절삭조건 데이터를 분석하고, 2) 현장 절삭 조건 data중 사용빈도가 높은 주요 가공환경을 발췌하여 data sheet를 작성하고, 3) 이들 환경에 대해서만 실제 실험을 통해 확정하고, 4) 여타의 가공환경에 대해서는 interpolation algorithm을 이용하여 현장 절삭조건표가 완성되도록 하였다.^[2] 이렇게 작성된 절삭조건 표는 어디까지나 시스템에서 제공하는 초기치로서 이후에 사용자가 실제 사용결과를 바탕으로 update할 수 있는 channel을 열어 놓음으로서

현장적용성에 만전을 기하였다.

Fig. 6은 2날 HSS 엔드밀을 사용한 측면절삭시의 절삭조건들을 보여주고 있는데 35φ 공구를 실험대상으로 하여 표준 소재제거량을 산출하고 이를 직경이 다른 공구에 적용한 결과이다. 이러한 과정을 거친 data들은 현장적용시 매우 양호한 결과를 나타내었으며 지속적인 실가공을 통하여 data의 신뢰도를 확보해 나갈 수 있다. 또한 절입량이 data sheet의 기준값과 다를 경우에도 자동적으로 절삭조건을 계산하는 기능을 부여함으로써 가공조건에 따른 대처 능력을 갖도록 하였다.

3.4 이송속도(feedrate) 최적화

추천 절삭 조건표에서 제시하는 값들을 파트프로 그래머가 가공조건에 따라 일일이 반영하는

ENDMILL(2날, HSS, HSS Co 8%, 축면절삭) DEPTH OF CUT = 1.00, PDC = 0.10

공구번호: 30 피삭재: 1 절입깊이: 10 축면절입깊이: 4 RPM: 191 FEED: 220

공구번호	공도	조건명	공구절입(D)												표준속도 (Cut/min)				
			5			10			15			20							
V	N	F	V	N	F	V	N	F	V	N	F	V	N	F					
S541(1)			18	1146	0.028	85	10	579	0.057	85	19	382	0.095	65	19	268	0.114	65	12
S450(2)	132-179	ANEALING	30	1911	0.025	98	20	1078	0.075	159	32	678	0.100	130	32	570	0.100	102	8
S450(3)	183-189	NOANALING	20	1278	0.017	43	20	637	0.058	10	20	425	0.075	64	21	339	0.096	64	7
S450(4)	296-183	QUENCHED & TEMPERED	12	784	0.010	15	12	392	0.040	31	11	224	0.070	33	11	175	0.090	32	2
SUS(5)	181		20	1274	0.020	170	20	637	0.096	70	20	425	0.075	64	51	331	0.096	54	6
PC20(6)	817-188		30	1911	0.025	98	20	1078	0.075	153	32	679	0.100	130	30	570	0.100	102	9
AL(7)			40	2548	0.025	127	42	1936	0.078	217	42	892	0.085	186	40	857	0.120	153	18
AL(8)			140	8917	0.02	357	140	4459	0.080	535	155	2988	0.075	470	115	2150	0.100	470	42

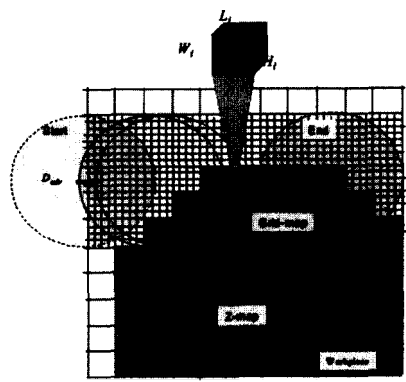
V: TDM/1000(MM/MIN), N: RPM, F: 절삭이송률(NMM/TOOTH), F: TABLE이송률(MMM/MIN) * 절삭속도

Fig. 6. An example cutting condition DB.

것은 현실적으로 어렵기 때문에 현장에서는 일정값을 일괄적으로 적용하게 된다. 따라서, 절삭조건은 보수적일 수밖에 없으며, 이에 따라 가공시간이 필요이상으로 길어지는 비효율성이 존재한다. 따라서, 가공조건을 파트프로그램의 진행에 따라 분석하고 이에 맞는 가변적인 이송속도, 이른바 이송속도의 최적화가 기능이 필요하다. 이송속도 최적화는 off-line adaptive control 분야의 주요 연구테마로서, 그 동안 많은 연구결과가 발표되었다(예: [6]). 이들 방식은 주로 절삭력 예측 및 실험에 기반한 것으로서, 현장 적용에 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 절삭력에 영향을 미치는 소재 제거율을 근간으로 하는 알고리

즘을 개발하여 적용함으로써 구현성을 높였는데, 실험에 의하면 정확도 측면에서도 크게 뒤지지 않는 것으로 나타났다.

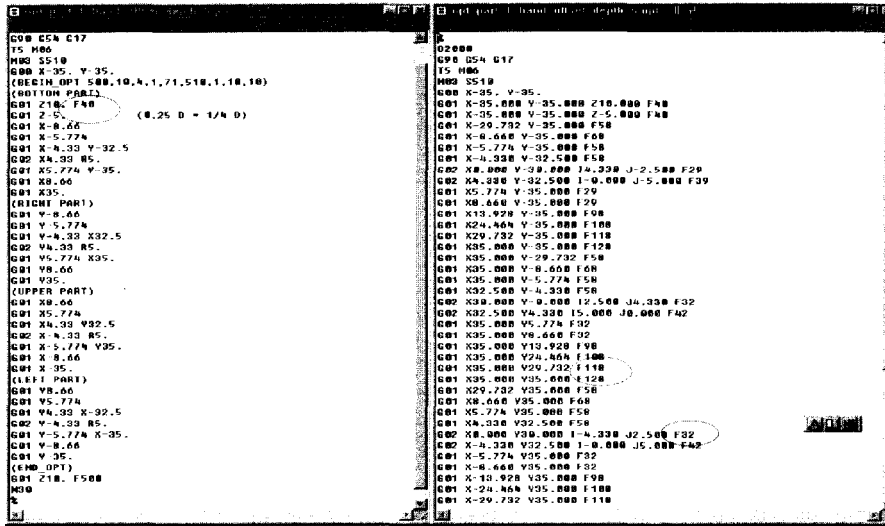
구체적으로, 본 연구에서는 솔리드 시뮬레이터의 Z-map 구조를 이용하여 Fig. 7과 같이 낱당 소재제거율을 구하고, 입력된 파트프로그램을 미소 블록으로 분해한 후, 각 블록에 낱당 소재제거율이 일정한 값이 되게하는 이송속도를 할당함으로써 가공부하가 일정하게 유지되는 새로운 파트프로그램을 생성해준다. 이때 이송속도의 변화가 크지 않는 블록들은 한 블록으로 합쳐 줌으로써 블록이 과도하게 분할되는 것을 막을 수 있다(자세한 내용은 참고문헌 [2]참조). 본



$$MRRT = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} W_i L_i H_i F}{D_{adv} S N_f}$$

- MRRT: Material removal rate per tooth
- NR: Number of removed grid
- Dadv: tool moving distance (mm)
- F: feedrate (mm/min)
- S: spindle speed (RPM)
- Nf: number of tooth

Fig. 7. Material removal rate per tooth.



(a) Before applying feedrate optimization. (b) After applying feedrate optimization.

Fig. 8. Part programs with and without feedrate optimization programs.

모듈을 통해 절삭량이 과도한 부분에서는 이송속도가 줄어들고 절삭량이 적은 부분에서는 이송속도를 크게 해줌으로써 가공부하가 균등하게 되고 가공시간은 줄어들 수 있다. Fig. 7에서는 Z-map구조를 사용하여 MRRT를 구하는 과정을 보여준다. 식에서 $\sum_{i=1}^N W_i L_i H_i$ 는 공구가 조금씩 이동할 때마다 공구의 circle에 포함되는 Grid의 갯수에 Grid의 부피를 곱하여 제거량을 계산한 값이며, D_{min}/F 는 공구가 D_{min} 만큼 진행할 때까지 걸리는 소요시간을 나타낸다. SN는 분당 통과한 날수이다. 따라서, MRRT는 날당 소재제거율을 나타낸다.

Fig. 8은 일반가공과 최적화된 가공과의 차이를 보여주고 있는데 일반가공의 경우 일정한 이송속도로 가공이 이루어지는데 반해 최적화된 가공은 이송속도가 가공량의 증감에 따라 적응적으로 조정(adaptive control)되는 것을 볼 수 있다. Fig. 8의 파트프로그램 가공시간을 비교해보면 최적화된 가공이 약 30% 정도 절감됨을 확인할 수 있었는데 이는 가공품의 성격에 따라 다소 가변적인 결과가 나올 수 있다.

4. PosCAM II 주요 모듈별 기능

PosCAM II는 기존 DNC 시스템이 가지고 있는 기능과 유사한 기능을 가지고 있으나 기존 DNC 시스템 기능 이외에 CNC controller interface, CNC 통합 관리, 기계상황 모니터링 등의 주요 기능들을

제공하고 있으며, 특히 기존 CAD/CAM 시스템의 서브모듈로서의 역할이 아닌 CAD/CAM/CNC/모니터링의 일체화를 추구하고 있다는 측면에서 기존 시스템과는 차별화 된다. PoSCAM II의 주요 기능인 CNC controller interface를 위해 본 연구에서는 FANUC CNC 15M series 및 interface용 board, DNC2 library¹²⁾등을 사용하였다. 주요 모듈별 특징을 살펴보면 다음과 같다.

4.1 파트프로그램 manager

본 모듈은 현대의 PC와 다수의 CNC상에 있는 파트 프로그램을 효율적으로 관리하고 집행하는 것을 목적으로 개발되었는데, PC에서 NC로 혹은 NC에서 PC로 파트 프로그램을 자유롭게 쉽게 전송할 수 있는 기능 뿐만 아니라, PC 또는 CNC상의 파트 프로그램을 온라인으로 확인, 수정, 저장할 수 있는 기능도 제공한다. 특히 CNC 대비 PC가 가지고 있는 장점들을 충분히 활용하여 다수 CNC상에 들어있는 파트프로그램을 효율적으로 관리할 수 있는 구조를 갖추고 있다. 또한 기계모드에 관계없이 조업중이라도 상기 기능들을 수행할 수 있어 기계 비가동 시간을 단축할 수 있다. 본 모듈을 통하여 다수 CNC의 중앙집중 관리가 가능해져 파트프로그램 작성에서 집행까지 소요되는 인력 및 시간을 대폭 줄일 수 있다.

Fig. 9의 좌측은 PC 상에 구현된 파트 프로그램

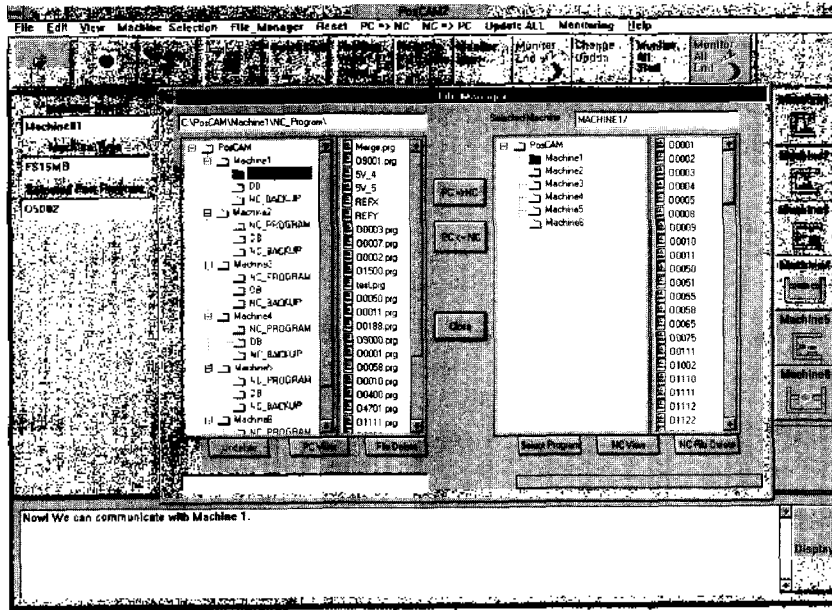


Fig. 9. Part program manager.

관리 구조이며 우측은 CNC 상에 구현된 파트 프로그램 관리 구조를 보여주고 있는데 파트프로그램 수정/저장/전송 과정이 PC Window File Manager를 다루는 것과 유사하게 설계되어 중앙에서 손쉽게 다수의 CNC 메모리를 통합적으로 관리할 수 있다.

4.2 공구오프셋 manager

PosCAM 시스템이 추구하고 있는 “Real simulation”이 되기 위해서는 현장의 CNC 정보를 자동적으로 반영해 주어야 하는데 본 모듈은 CNC 정보 중 공구관련 정보들을 별도로 모듈화 하여 사용자가 쉽

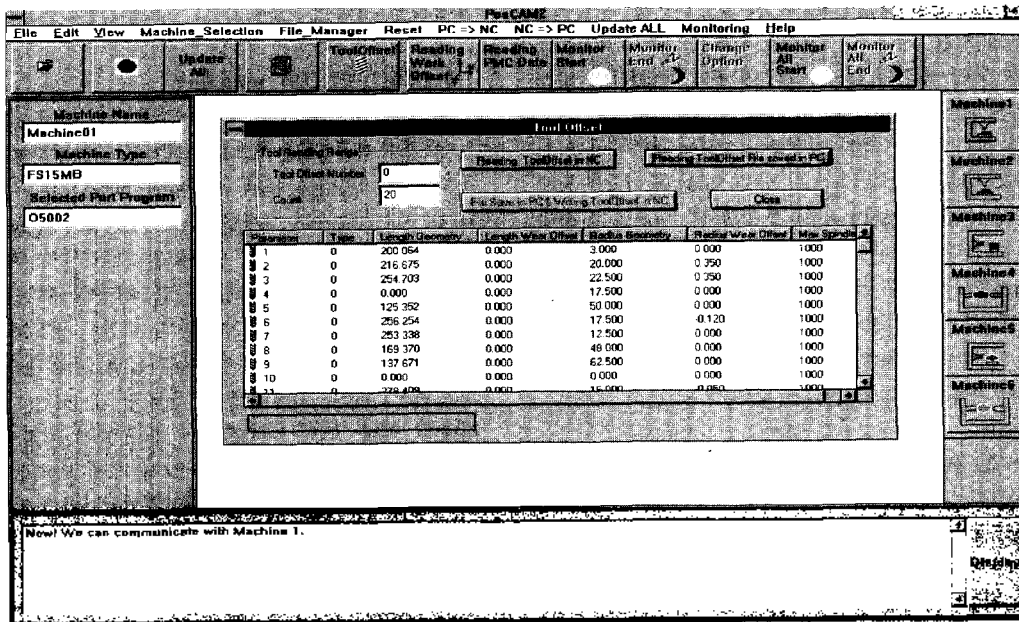


Fig. 10. Tool offset manager.

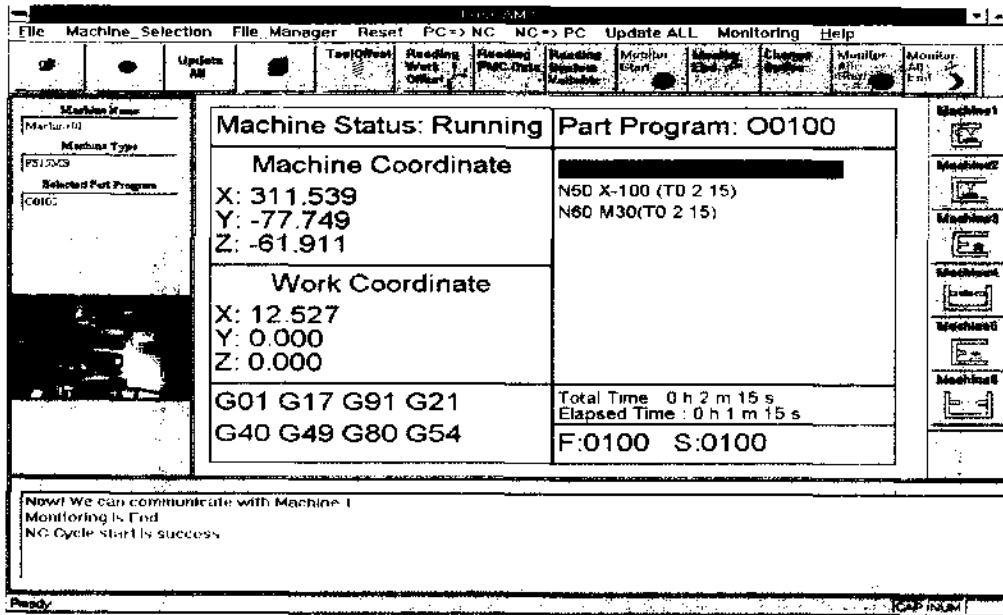


Fig. 11. Monitoring a machine.

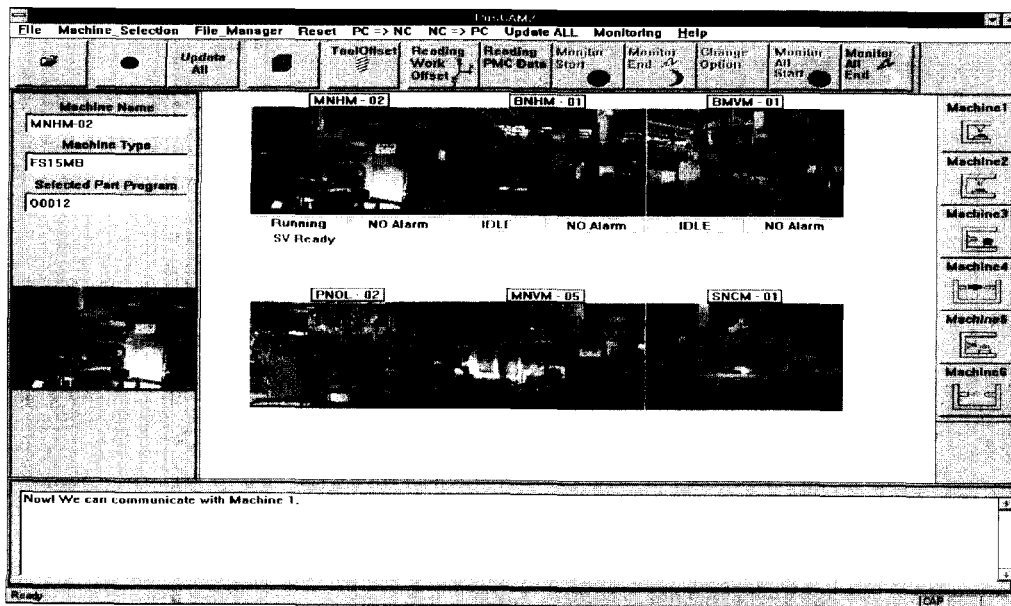


Fig. 12. Monitoring multiple machines.

계 확인, 수정, 저장 할 수 있는 기능들을 제공한다. 구체적으로 본 모듈은 PosCAM I의 솔리드 시뮬레이션과 이송속도 최적화 모듈 수행시 각 기계의 공구 움직임들을 실시간으로 제공함으로써 PosCAM I 시스템이 off-line에서도 공작기계의 동작을 그대로 반영해 줄 수 있게 한다. 아울러 본 모듈은 다수

CNC 공구정보들의 통합적 관리뿐만 아니라 공구종류, 규격 등도 추가하여 관리할 수 있도록 함으로써 다수 기계의 통합적 공구관리까지도 가능케 하였다. Fig. 10은 선택된 기계의 CNC 공구정보를 보여주고 있는데 이러한 정보들은 주기적으로 공동 DB에 저장되며 필요에 따라서는 CNC 상에서 수정/저장 할

수도 있어 중앙에서 현장 기계에서 수행했던 일들을 총괄하여 실행시킬 수 있다.

4.3 기계 가동 상황 모니터링

본 모듈은 off-line에서 기계의 작동상황을 파악하여 다수 기계의 효율적 중앙관리 구현을 도모하고자 개발되었는데, 사용자는 이 모듈을 통하여 Fig. 11과 같이 현장 공작기계의 CNC콘솔상에서 볼 수 있는 각종 정보(현재 실행중인 NC block, 공구위치, 이송 속도, 현재 effective한 G-code 등) 뿐만 아니라, 현재 파트프로그램의 예상 잔여 가공시간(PosCAM I의 파트프로그램 분석 기능 이용), 주축모터의 전류 시그널, 기계의 이상유무를 나타내는alarm signal 등의 정보를 제공할 수 있으며, 공작기계의 전원을 소프트웨어적으로 원격지에서 on/off시킬 수 있다. 이를 이용하면 중앙 제어실에서 현장 기계 조업 현황을 실시간으로 파악하고 조업에 효율적으로 대처할 수 있다. 또한 Fig. 12와 같이 다수 기계에 대한 작동 상태 및 알람 정보를 한 눈에 볼 수 있어 다수 CNC 공작기계의 중앙관리가 가능하다.

5. 결 론

본 연구를 통해 개발된 PosCAM 시스템은 PosCAM I의 파트프로그램의 작성 및 검증기능과 PosCAM II의 파트프로그램 실행, 관리 및 모니터링으로 구성된 통합 CAM 시스템으로서, 기존의 CAD/CAM 시스템의 취약 기능과 현장 문제점 분석을 통해 설계되었다. 2년 3개월에 걸쳐 개발된 PosCAM 시스템은 98년 3월 부터 POSCO 공작정비공장에 설치되어 시험적용 및 보완 기간을 거쳐 이제는 정상 조업에 활용되고 있다. 현재의 활용상태는 FANUC OM 이상의 CNC 6대를 network으로 엮어 다음과 같은 효과를 얻고 있다.

- 1) 파트프로그램 작성 및 검증시간 단축; 대형 가공품의 경우 50%~60% 단축
- 2) 최적화된 가공으로 가공시간 단축; 평균 20~40% 단축
- 3) 효율적인 파트프로그램 관리
- 4) CNC trouble shooting 용이
- 5) 표준 절삭조건 DB 구축

6) 현장감 있는 simulation 검증으로 공구 및 설비 파손 예방

- 7) 가동상황 on-line 모니터링 체제 구축
- 8) 기계 비가동 시간 단축
- 9) 현장 이상상황 조기탐지 및 신속 대체
- 10) 다수 CNC의 중앙집중관리로 인력운영 효율화 (기계전속인원 대체)

또한 현장(POSCO 공작정비공장)에서 사용중에 발생하는 문제점을 해결하고, 사용자 편의성을 증진 하기 위해 정기적인 upgrade작업을 수행해 오고 있으며, 아울러 조업의 효율성 측면에서 현재 2대의 PC에 구현된 PosCAM I과 II를 1대의 PC에 통합하는 작업도 검토중에 있다.

이상의 효과를 기반으로 하여 현장에서는 조업방식 자체를 PosCAM 시스템을 기반으로 한 setting반신설, 기계 group별 인력배치 등의 장기적인 인원 합리화 계획도 추진 중에 있다. 상기의 효과는 POSCO 현장에 적용해서 검증된 결과로서 유사한 형태의 NC가공 shop에 확대 적용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 POSCO 연구비지원으로 1995년 10월부터 1997년 12월까지 수행되었다. 특히 시험적용 및 정상조업 활용에 도움을 주신 기계설비부 직원들에게 감사 드린다.

참고문헌

1. Fanuc Korca, *Fanuc Series 15 사용자 취급설명서*, 1992.
2. 서석환 외, "CNC 및 CAM의 효율적인 운영을 위한 최적작업시스템 개발 (2)", 포항공과대학교 보고서, 1997.
3. John R. Levine, Tony Mason, Doug Brown, *Lex & Yacc*, O'Reilly & Associates, Inc., 1995.
4. (주) 세일중공업, *Capp Cutting Condition*, 1991.
5. Machinability Data Center, *Machining Data Handbook*, 1972.
6. Wang, W. P. "Solid Modeling for Optimizing Metal Removal of Three-dimensional NC End Milling", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 7, No.1, pp. 57-65, 1988.
7. Fanuc Ltd. *Fanuc Dnc2 Descriptions*, 1991.



서 석 환

1976년 고려대학교 산업공학과 학사
 1978년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 1986년 Ohio State Univ. 공학박사
 1986년~1987년 University of Michigan
 Center for Research on Integrated Manufacturing 연구원
 1987년~현재 포항공과대학교 교수
 관심분야: STEP-NC, 지능형 CAM시스템, 자율가공시스템, 개방형 수치제어기, VMS (URL: <http://camab.postech.ac.kr>)



조 정 훈

1992년 인하대학교 자동화공학과 학사
 1994년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1994년~현재 포항공과대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야: STEP-NC, 지능형 CAM 시스템, 제품정보환(STEP), 개방형 수치제어기



지 우 석

1991년 포항공과대학교 산업공학과 학사
 1993년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1993년~현재 (주)포항중합제철 기계설비부 전문대리
 관심분야: CAD/CAM



정 대 혁

1997년 한국과학기술원 산업공학과 학사
 1999년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1999년~현재 포항공과대학교 산업공학과 박사
 관심분야: CAD, 개방형 수치제어기, 제품정보환(STEP)



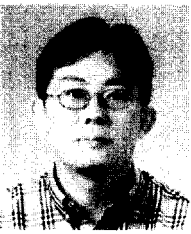
김 성 구

1995년 포항공과대학교 산업공학과 학사
 1997년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1997년~현재 포항공과대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야: CAD/CAM, Reverse Engineering



김 참 남

1992년~1998년 포항제철 기계설비부 정비 공장장
 1999년~현재 포항제철 기계설비부 열연후관 기계장비과장
 관심분야: 공장 자동화 정단생산 시스템



홍 회 동

1996년 한국과학기술원 산업공학과 학사
 1998년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1998년~현재 포항공과대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야: CAM, STEP-NC, VMS