

# 선삭가공용 CAM 시스템의 개발에 관한 연구 A study on the development of CAM system for turning

양민양(한국과학기술원 기계공학과), 이성찬\*(한국과학기술원 기계공학과),  
최종률(현대정공), 강성균(현대정공)

## ABSTRACT

Recently, manufacturing industries are doing their best to increase productivity and to reduce production time. One of the efforts is to develop user-friendly and effective CAM systems. For this purpose, a CAM system for turning was developed. In the developed system, user interacts with the CAM system using graphical user interface (GUI) and manufacturing support functions to make NC programs effectively. Manufacturing support functions include cycle decoder, interference check between tool and workpiece, bar turning without air cut and dynamic/wireframe simulation. In the cycle decoder, basic options are provided to novices for their convenience, and advanced options are provided to help expert to modify the program using their knowledge. Interference check has been an issue in the CAM system for turning. In this paper, when a user selects a tool, interference check between selected tools and workpieces is done automatically. Moreover, remaining shapes are calculated automatically. Then, the CAM system requests user to input an additional tool and generates NC codes to cut the remaining shapes. In bar turning of forged raw material, air cut should be prevented for effective machining. For this purpose, a new algorithm for bar turning was developed. Dynamic and wireframe simulation was used to verify the generated NC code.

**Key Words:** CAM system (CAM 시스템), turning(선삭가공), NC Programming (NC 프로그래밍), interference check(간섭 체크), air cut (에어컷)

### 1. 서론

NC 공작기계의 효율적인 이용을 위해서 가장 중요한 사항 중의 하나는 쉽고 강력한 CAM 시스템의 도입 및 활용이다. 최근에 선삭가공에 있어서 많은 CAM 시스템이 도입되고 있으나 사용자가 사용하기 쉬우면서도 현장에서 반드시 필요한 기능들을 제공하는데 있어서 부족한 면이 있는 것이 사실이다. 그러나 많이 도입되고 있는 시스템들은 대부분 외국에서 개발된 시스템들이다. 최근 공작기계에 탑재되는 NC 프로그래밍 시스템은 형상정의 기능 및 공정계획 기능이 강화 되는 이른바 CAM 시스템으로 발전하는 경향을 보이고 있다. 공작기계에 탑재되는 CAM 시스템의 개발은 내장된 소프트웨어의 개발뿐 아니라 공작기계의 개발에 있어서 반드시 확보해야 하는 기술 중의 하나이다.

선삭가공에 있어서 NC 프로그래밍 시스템의 유형을 살펴보면 크게 다음과 같이 분류할 수 있다. 첫째, 사이클(Cycle)을 기반으로 하는 시스템으로서 공

정계획을 사용자가 입력 함으로써 NC 프로그램을 생성하는 방식이다. 이 방법은 아직까지 자동 공정계획 시스템이 실용적으로 쓰일 만큼 발전하지 않았기 때문에 사용자에게 공정계획을 일임하는 것으로서 전문가의 경우에 자신의 경험과 지식을 이용하여 프로그램을 생성할 수 있다는 장점이 있다. 두 번째 방식은 자동 공정계획 기능이 추가된 CAM 시스템이다. 이 방법은 초보자의 경우에 공정계획을 할 수 있을 만큼 경험이 많지 않기 때문에 이러한 자동 공정계획 기능을 사용할 경우에 쉽게 프로그래밍을 할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 시스템의 경우에 대부분 시스템에서 자동 결정된 공정계획을 수정할 수 있는 기능이 있으나 그 범위가 제한적인 경우가 많다. 이런 한 시스템에서는 시스템에서 자동결정되는 내용 및 범위는 CAM 시스템에 대한 사용자의 편의성에 중요한 영향을 미친다.

기존의 시스템은 세 가지 방식으로 대별될 수 있는데 첫째, Mazatrol<sup>[1]</sup>, Yasnac, Supercap<sup>[2]</sup> 등의 시스템과 같이 가공하는 부위에 한하여 가공 정보와 형상

을 입력하는 방식이다. 이러한 방식은 전문가의 경험을 살릴 수 있다는 장점이 있는 반면 초보자의 경우에는 숙련이 필요하다는 단점이 있다. 두 번째 방식은 WOP<sup>[3]</sup>에서 채택하고 있는 방식으로서 부품의 전체 형상을 먼저 기술하고 각 가공 부위를 선택하고 선택된 가공 부위에 대한 가공 정보를 입력하는 방식이다. 이 경우에는 전체 형상을 파악할 수 있다는 장점이 있는 반면 추가적으로 형상을 가공별로 분할 하는 작업을 작업자가 해야 하는 단점이 있다. 세 번째 방식은 Okuma<sup>[2]</sup>등에서 사용되는 것으로서 자동 공정 계획 기능을 사용하여 초보자가 쉽게 NC 프로그램을 작성할 수 있는 장점이 있는 반면 전문가의 경우에는 시스템에서 결정된 사항을 변경할 수 있는 범위가 제한 된다는 단점이 있다.

본 연구에서는 기존의 시스템의 분석을 통하여 이들의 장점을 살려서 다음과 같은 기능을 가지는 프로그래밍 방식을 설계하였다. 첫 째, 반드시 입력해야 되는 내용과 시스템에서 자동으로 결정되는 내용을 사용자의 편의성을 고려하여 구분하였다. 둘째, 시스템에서 자동으로 결정되는 부분에 대해서 사용자가 이를 자신의 경험에 맞게 수정하여 프로그래밍을 할 수 있는 기능을 제공한다. 셋 째, 미절삭 처리와 같이 사용자가 복잡한 계산을 해야 하는 추가적인 부담이 있을 경우 이를 시스템에서 자동으로 미절삭 형상을 계산함으로써 사용자는 추가적인 공구만을 지정하면 미절삭 부분에 대한 공구경로를 자동으로 생성하는 기능이 제공된다. 넷 째 단조소재의 외, 내경 가공에 있어서 에어컷이 발생하지 않도록 공구경로를 생성하는 기능을 제공한다. 다섯 째, 공구 경로의 검증에 있어서 와이어 프레임 방식과 동적 시뮬레이션 방식을 함께 제공한다.

## 2. 시스템의 구조

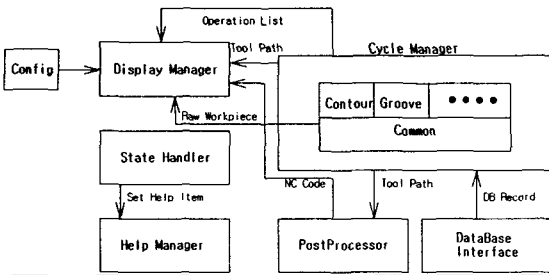


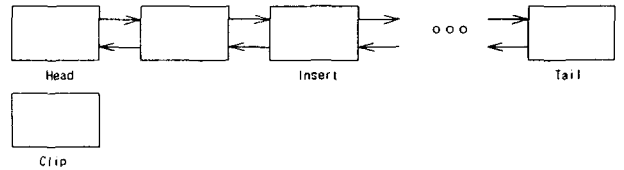
Fig. 1 System structure

Fig. 1에 나타난 바와 같이 전체 시스템은 화면 설

정을 관리하는 설정(Config) 관리자, 유저 인터페이스를 관리하는 화면 관리자(Display manager), 프로그래밍 상태를 관리하는 상태 관리자(State handler), 도움말을 관리하는 도움말 관리자(Help Manager), 사용자로부터 입력된 사이클을 관리하는 사이클 관리자(Cycle manager), 생성된 공구경로에서 NC 프로그램을 생성하는 포스트 프로세서, 그리고 데이터 베이스를 관리하는 데이터 베이스 관리자(Database manager)로 구성되어 있다.

## 3. 사이클 관리자

본 연구에서는 사이클(Cycle)을 다음과 같이 정의하였다. 사이클은 NC 프로그래밍에서 단위가 되는 형상과 그 형상을 가공하기 위한 가공 옵션들로 정의된다. 예를 들면, 드릴 가공의 경우에 가공 형상은 구멍(hole)으로서 깊이와 구멍의 넓이로서 정의되며, 가공 옵션으로는 이송량, 스핀들 회전속도, 후퇴거리, 가공 시작점 등이 있다. 사용자가 입력한 사이클은 시스템 내부 데이터 구조에 저장되어 있으며 사용자의 프로그래밍 작업을 쉽게 하기 위하여 편집(복사, 이동, 삭제)이 가능하여야 한다. 편집을 위한 데이터 구조를 Fig. 2와 같이 설계하였다.



```

MoveNext() : move Insert position to the next of current position
MovePrev() : move Insert position to the before of current position
Add(T add) : add new object to the end
              increase tail
              Insert = Tail
Copy()      : delete Clip object
              copy object of Insert position
              save to Clip
PasteBefore() : copy Clip object which is before insert position
              save to Clip
PasteAfter() : delete Clip object after insert position
              copy Clip object
              save to Clip
Cut()        : Copy()
              delete object (before Insert position)
Insert()     : Add new object before insert position
  
```

Fig. 2. Data structure of cycle manager

## 4. 외,내경 황,정삭 가공 알고리즘

본 연구에서 개발된 외,내경 황,정삭 알고리즘은 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

### 1) 다중 홈을 가진 형상의 가공

다중 홈을 가공하는데 있어서 본 연구에서는

깊이 우선 방식을 사용한다. 즉, 하나의 홈이 완전히 가공이 끝난 후에 다음의 홈이 차례로 가공되는 방식이다.

2) 단조 소재의 에어컷 방지 기능

단조 소재의 경우에 공구 진입 시점이 원통 소재의 경우와 다르므로 공구 진입 시점을 계산하여 에어컷이 발생하지 않도록 한다.

3) 진입 방법 및 탈출 경로 지정 가능

가공 시작 시 진입 경로와 가공 중 재 진입 경로는 공작물의 위치와 공구의 위치에 있어서 차이가 발생하므로 이에 따라 진입 방법을 변경해 주어야 한다. 탈출 경로의 경우에 사용자가 이를 지정할 수 있도록 할 수 있도록 하였다.

공구경로의 계산과정은 Fig. 3 과 같다. 사용되는 데이터는 S1 과 S2 의 두 곡선으로 이루어지며 각 곡선은 직선과 원호의 집합으로 정의된다. 가공 시작점에서 수평으로 직선을 생성하여 S1, S2 곡선과 만나는 점들을 계산하여 가공 시작점 S1'와 가공 종료점 S2', 탈출 경로점 S3'를 계산한다. 이에 따라 가공 옵션으로 주어진 진입 방식과 탈출 방식에 따라서 공구경로를 생성하면 된다.

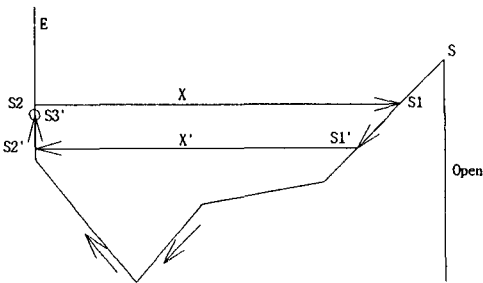


Fig. 3 External and Internal roughing and finishing

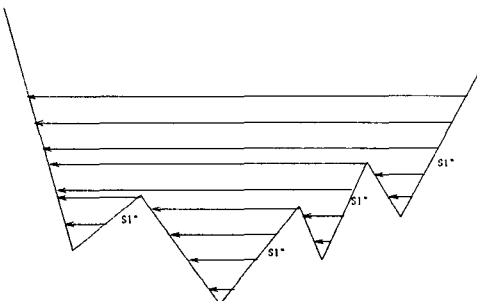


Fig. 4 Multiple valley

다중 홈이 있는 경우에는 Fig. 4 와 같이 하나의 홈이 있는 경우로 분리해서 공구경로를 생성한다. Fig. 4 에서 S1'곡선은 S1 곡선에서 X 축 좌표가 감소하는 부분에 해당되며 S2'곡선은 S1 곡선의 나머지 부분과 S2 곡선을 이은 곡선으로 재 지정된다. 각각에 대하여 하나의 홈이 있는 경우의 알고리즘을 적용한다.

5. 공구 간섭 체크

공구 간섭 체크는 보통 Fig. 5 에서와 같이 외, 내경 가공에 있어서 공구 각도에 따라서 미절삭 부분이 생기게 되는 경우에 필요하다. 간섭의 유무와 미절삭이 생기는 부분의 형상에 대한 계산이 가능하여야 한다.

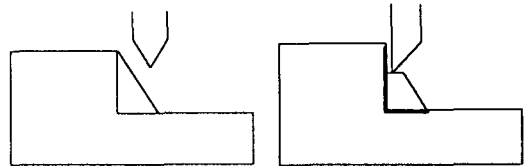


Fig. 5 Undercut and machining with an additional tool

미절삭을 처리하기 위한 알고리즘의 전체적인 순서도는 Fig. 6 과 같다.

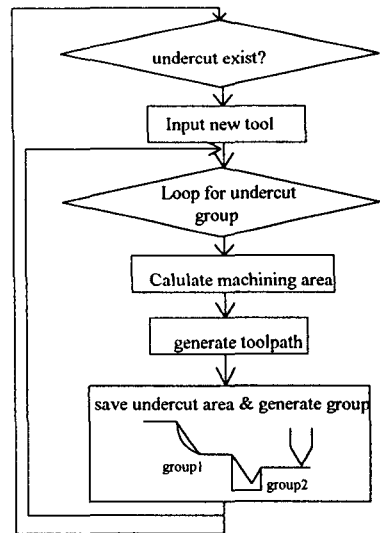


Fig. 6 machining of an undercut area

초기의 입력은 초기 형상, 사용자가 선택한 첫 번째 공구이다. 알고리즘의 각 단계에 대해서 살펴보면 먼저 미절삭 부분이 생기는 가에 대한 체크를

하고 미절삭 부분이 있으면 추가적인 공구를 사용자에게서 입력 받는다. 미절삭이 발생하는 영역에 대하여 가공 가능한 형상과 미절삭 부분을 계산하고 공구경로를 생성한 후에 알고리즘의 처음으로 되돌아간다. 더 이상 미절삭 부분이 발생하지 않으면 미절삭 처리를 종료한다. 외, 내경 황, 정삭 알고리즘은 미절삭 검사 알고리즘에서 공구경로 생성 단계에서 호출된다.

## 6. 적용례

본 연구에서 개발된 CAM 시스템은 Windows 95 환경하에서 동작하도록 설계되었으며, MFC version 4.0<sup>[4]</sup>을 이용하여 개발되었다. 단조 소재 형상을 입력한 화면이 Fig. 7에 나타나 있다. 하단의 메뉴는 키보드 상의 기능키(Function Key)에 대응되므로 키보드만으로 시스템의 모든 기능을 이용할 수 있다.

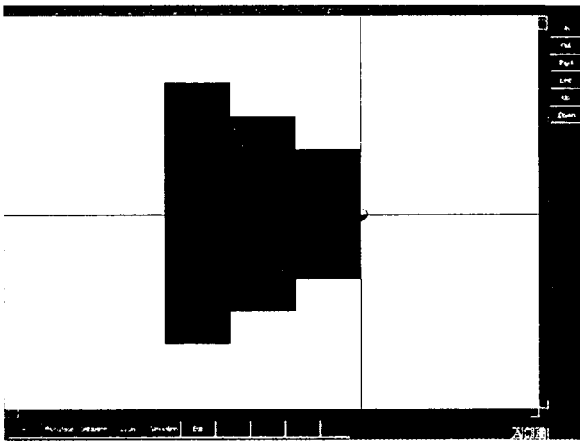


Fig. 7 단조 소재 형상

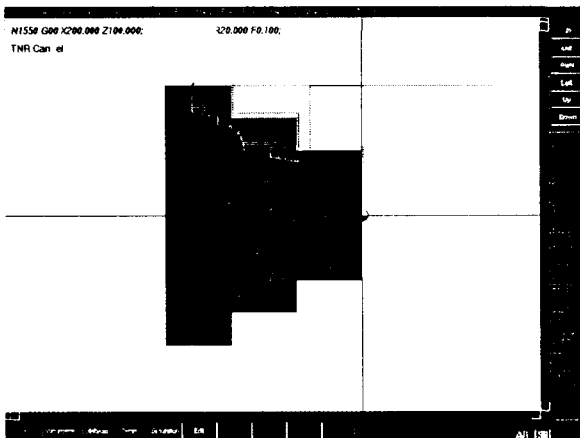


Fig. 8. Tool path without air cut

부품에 1은 원통 소재에 적용되는 황, 정삭 알고리즘을 수행할 경우에 에어 컷이 발생하는 문제가 발생한다. Fig. 8에서는 에어컷이 방지되는 공구경로를 생성한 화면이다.

Fig. 9는 부품에 1에 대한 공구경로 검증화면이다.

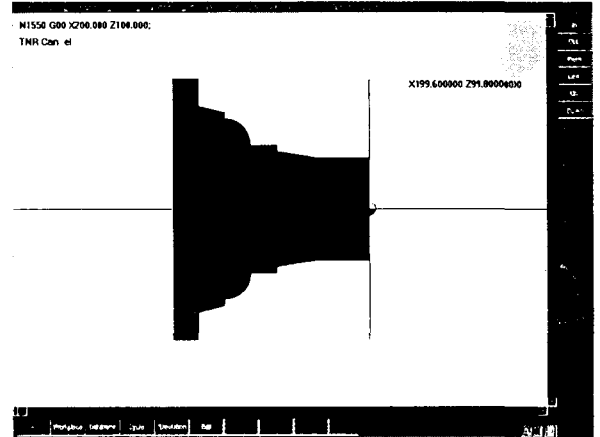


Fig. 9. Dynamic simulation of example #1

미절삭이 생기는 부품에 2가 Fig. 10에 나타나 있다. 이 부품의 형상에서 볼 수 있듯이 외경 부위에 홈을 가지고 있으며 초기의 공구선택에서 미절삭이 발생하는 공구를 선택하도록 하였다. 초기에 입력된 공구에 대해서 미절삭이 발생하므로 Fig. 11에 나타난 바와 같이 추가적인 공구를 입력하라는 화면이 디스플레이 된다. 공구를 선택하면 미절삭 부분에 대한 가공 옵션은 시스템에서 자동으로 계산되며 사용자가 이를 수정할 수 있다.

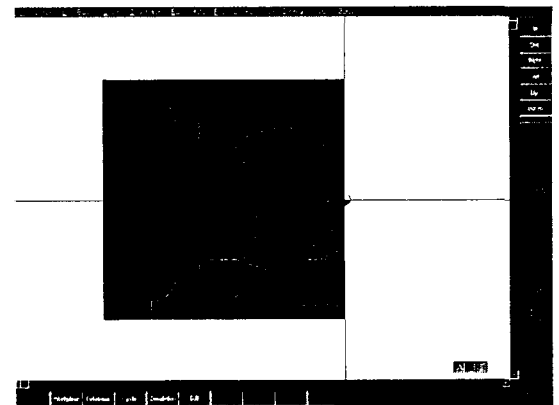


Fig. 10. Example #2

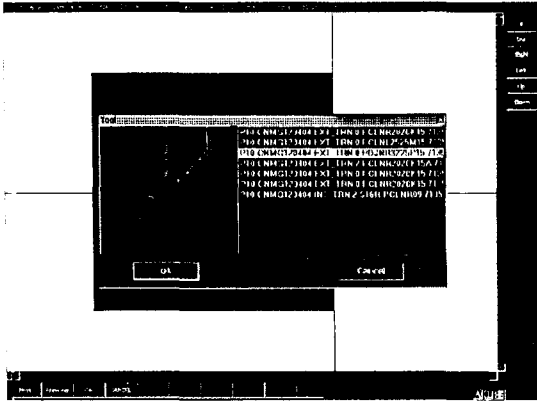


Fig. 11 Input of an additional tool

미 절삭 부분까지 처리된 공구경로가 Fig 12 에 나타나 있다.

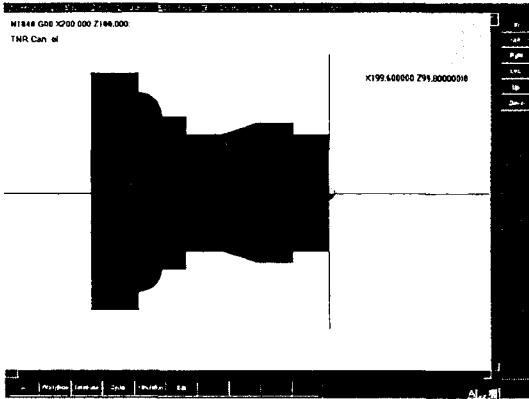


Fig. 12. Dynamic simulation of example #2

## 7. 결론

- 1) 그래픽 메뉴 방식을 이용하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 함과 동시에 가공옵션을 초보자 용과 전문가 용으로 구분함으로써 초보자와 전문가 양자가 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.
- 2) 미 절삭 부분에 대한 형상을 자동으로 계산하고 사용자의 추가적인 공구 선택 만으로 가공 방향, 가공 시작점, 가공 방법 등의 가공 옵션을 자동으로 결정하여 공구 경로를 자동으로 생성하였다.
- 3) 다중 홈을 가진 부품의 가공뿐 아니라 단조 소재의 가공에 있어서 에어컷이 방지되는 공구 경로를 생성하는 황, 정삭 알고리즘을 개발하였다.

- 4) NC 프로그램의 검증에 있어서 와이어 프레임 방식과 동적 시뮬레이션 방식을 사용하여 프로그램의 오류를 쉽게 검증할 수 있다.

## 참고문헌

1. Mazatrol T32 programming manual, MAZAK Corp.
2. 강성균, 이지석, 최종률, “대화형의 그래픽을 이용한 선삭용 고기능 작업장 프로그래밍 시스템”, 정밀 공학회 추계 학술대회, pp. 707-712
3. Siemens 840C programming manual, Siemens Corp.
4. Microsoft Visual C++ Programmer's guide, Microsoft Corp. 1995
5. P. G. Maropoulos, “Intelligent tool selection for machining cylindrical components Part I: logic of the knowledge-based module”, Proc. Instn. Mech. Eng. Vol. 209, pp. 173-182, 1995
6. C.H.Yeh and G.W.Fischer, “A structured approach to the automatic planning of machining operations for rotational parts based on computer integration of standard design and process data”, Int. J. Adv. Manufacturing Technology, pp. 285-298, 1991
7. 양민양, 이성찬, “선삭가공용 CAM 시스템의 개발”, 기계기술 산학협의회, 1994