

# 멀티 툴 조각기 및 기계 제어 소프트웨어 개발

김응곤\*

Development of a Multi-tool Carving Machine and a Machine Control Software

Eung-Kon Kim\*

요약

본 논문은 기존 열선조각기, 열선 커팅기, 스피들을 통합한 멀티 툴 조각기 개발을 통해 복잡한 구조의 형상도 손쉽게 빠르게 제작할 수 있도록 하였다. 또한 G-Code가 단일 툴에만 적용되는 문제점을 해결하고 기존 3D 모델링 툴로써 관리할 수 없는 기계의 세부 동작들을 제어할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다.

ABSTRACT

In this paper, we developed the multi-tool carving machine which integrates the existing hot-wire carving machine, hot-wire cutting machine and spindle so that the shape of complex structure can be produced easily and quickly. We have also developed software that solves the problem that G-Code applies only to a single tool, and controls the details of the machine's operations that can not be managed with existing 3D modeling tools.

키워드

Carving Machine, Coding, G-Code, Machine Control, Software  
조각기, 코딩, G-Code, 기계 제어, 소프트웨어

## 1. 서론

국내외 조형물 시장은 경제력 향상으로 미술 저변이 확대하면서 시장의 규모가 커지고 지속적으로 성장하고 있다[1]. 1995년 문화예술진흥법에서 건축물 미술 장식제도가 의무화되면서 지난 20년간 건물내외에 조성된 공공미술품이 크게 늘었다. 지난해까지 국내에 1조850억 원 가치의 공공조형물 1만3517점이 설치됐으며 매년 500억 원대 규모의 시장이 형성돼 있다.

조형물은 미술의 한 분야로서 단순히 건축물의 미관을 장식해 주는 역할 뿐만 아니라, 도시 환경과의 친밀감과 상징적인 장소로서의 지표적 기능을 지니고 있다. 주변 환경 또는 자연을 미술작품과 동일시하는

새로운 분위기 속에서 조형물이 건축물에 결합되어 건축의 조형미까지도 극대화시키는 새로운 이미지의 도시경관을 만들어 내고 있다. 또한 광고와 홍보매체가 다양하게 발전하면서 남보다 좀 더 독특하고 특별한 광고수단의 필요성이 증대되어 왔다[2-4]. 여기에서 조형물이 큰 역할을 하고 있다[5].

앞서 언급된 이유로 조형물의 다작이 요구되지만 조형물 제작은 수작업의 의존이 크고, 많고 복잡한 작업 공정 때문에 제작비용이 높다. 기존에 존재하는 조각기들은 과도한 제작 시간, 심각한 소음, 별도의 공정이 필요로 하는 등의 여러 문제점을 안고 있다 [6-7]. 또한 기존의 3D 모델링 툴은 기계 조작 기능

\* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과  
• 접수일 : 2019. 07. 21  
• 수정완료일 : 2019. 08. 02  
• 게재확정일 : 2019. 08. 15

• Received : Jul. 21, 2019, Revised : Aug. 02, 2019, Accepted : Aug. 15, 2019  
• Corresponding Author : Eung-Kon Kim  
Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.  
Email : kek@snu.ac.kr

이 제한되어 있다. 따라서 새로운 종류의 조각기와 제어 시스템을 필요로 한다[8-11].

본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위해 멀티 툴 조각기와 통합 제어 소프트웨어를 개발하였다.

## II. 하드웨어 개발

### 2.1 다축 프레임 개발

다축 조각기는 X, Y, Z축의 움직임을 기본으로 하고, A, B의 회전축으로 구성되어 4면의 입체가공이 가능하도록 구성된다. C축의 회전축은 열선장치와 스핀들장치가 연결되어 자동으로 툴을 바꾸어 조각이 가능하도록 개발했다.

Z축은 기둥에 따라 통째로 움직이게 하여 툴과 몸체의 멀어짐으로 떨림 현상을 최소화하였다. 회전축인 A, B축은 선택이 가능하도록 하여 효율적인 가공 방법을 선택하여 적용할 수 있도록 했다. A축의 맞은편에 있는 고정 장치는 거리 조절이 가능하도록 하여 1800mm까지 가공할 수 있도록 했다. 그림 1은 다축 프레임의 모형이다.

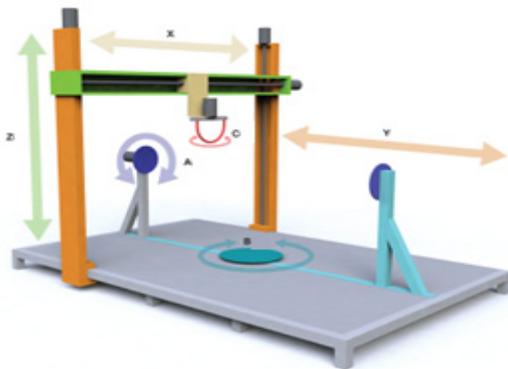


그림 1. 다축 프레임 모형  
Fig. 1 Multi-axis frame model

### 2.2 가공 툴 개발

기존의 조각 방식은 스핀들 방식과 열선 커터기 방식이 있다.

스핀들 방식은 스핀들이라는 긴 막대를 빠르게 회전시켜 재료를 깎아내는 방식이다. 재료의 세부묘사가 가능하며 매우 정밀하나 비산먼지와 소음 문제가 심

하며 비트 흔적이 남는다. 또, 가공 시간이 길어 생산성이 다른 여러 방식들보다 좋지 않다.

열선 커터기 방식은 열선을 이용해 재료를 자르는 방식이다. 시간이 빠르고 먼지가 없다는 장점은 있으나 직선으로밖에 움직이지 못하기 때문에 세부묘사가 거의 불가능하여 작업 후 별도 공정이 요구된다. 또한 가공 과정 중에 유해가스도 발생한다.

본 조각 장치는 열선에 의해 덩어리를 떠내는 방식으로 스핀들 방식과 열선 커터기 방식의 단점을 보완하는 것이 핵심 아이디어다. 열선에 의해 덩어리를 떼내기 때문에 먼지와 소음이 없으며, 가공 시간을 단축할 수 있다. 열에 의한 코팅막이 형성되게 하여 가공된 재료에 튼튼한 표피막을 입힌다. 또한 열선의 모양변형과 탈부착이 가능하기 때문에 거의 모든 형태의 조각이 가능하다. 그림 2는 기존 툴의 장점을 결합시킨 방식을 보여준다. 그림 3, 4는 각각 열선 조각 툴의 개념도와 응용도이다.

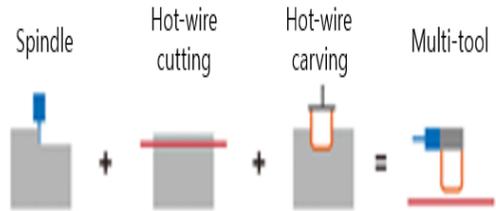


그림 2. 툴 결합법  
Fig. 2 Way to combine tools

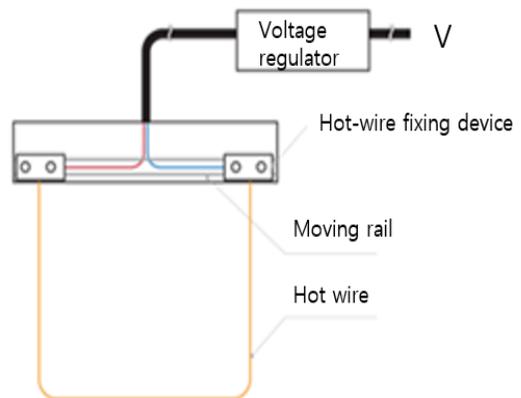


그림 3. 열선 조각 장치 개념도  
Fig. 3 Concept of the hot-wire carving tool

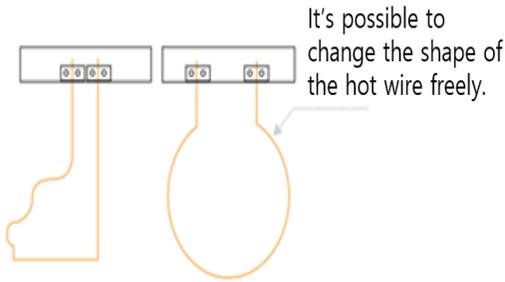


그림 4. 열선 조각 장치 응용도  
Fig. 4 Application of the hot-wire craving tool

### 2.3 툴 자동교환 헤드 개발

가공 시 효율적인 가공 방법을 선택할 수 있도록 툴 자동교환 헤드를 개발했다. 필요에 따라 열선 조각 장치와 스피ndl을 교환하여 작업의 효율성을 높일 수 있다.

회전 장치는 스피ndl과 열선 조각 툴을 연동하여 360° 회전할 수 있도록 했다. 열선 장치는 X축의 가이드와 연동 할 수 있도록 하고 열선의 길이를 1m 이상 펼칠 수 있도록 했다. 열선을 감는 장치와 스프링 장치를 갖추었기 때문에 열선이 열에 의해 늘어나거나 끊어지는 현상을 방지하였다. 그림 5는 툴 자동교환 헤드의 모형도이다.

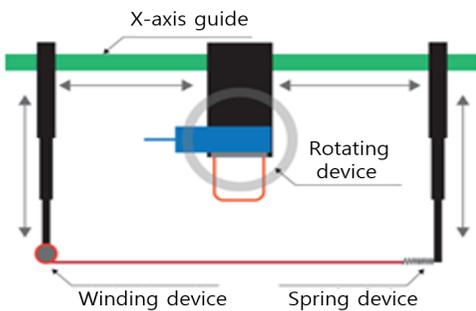


그림 5. 툴 자동교환 헤드의 모형도  
Fig. 5 Model of automatic tool exchange head

### 2.4 유해가스 저감 장치 개발

열선장치의 열로 스티로폼을 녹이는 과정에서 유해가스가 발생하여 환경오염 및 작업자의 건강에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 유해가스 저감 장치를 통해 유해가스를 외부로 빼내는 장치를 만들어 문제를 해

결하고자 하였다. 열선 조각장치 위에 탈부착이 가능하고, 주름관을 사용하여 길이조정이 가능하다. 흡입구는 열선장치의 연기를 흡입할 수 있도록 구성했다. 흡입된 가스는 에어필터나 활성탄을 거쳐서 외부로 배출된다.

## III. 소프트웨어 개발

### 3.1 개발 도구 및 운영 환경

멀티 툴 조각기를 위한 G-Code 조작 프로그램의 개발 환경과 운영 환경은 표 1과 같다.

표 1. 프로그램 개발 도구 및 운영 환경  
Table 1. Program development tools and operating environment

	Content
Development tool	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Microsoft C# 2015</li> <li>· .NET Framework 4.7</li> <li>· Windows Forms</li> </ul>
Operating Environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>· .NET Framework 4.0</li> <li>· RAM 200M</li> <li>· HDD 150M</li> <li>· CPU 750MHz</li> </ul>

### 3.2 인터페이스 구현

인터페이스는 윈도우 폼을 이용하여 구현하였다. 윈도우 폼은 마이크로소프트 닷넷 프레임워크의 일부로서 인터페이스를 만들기 위해 많은 기능을 제공한다.

프로그램의 인터페이스는 직관적으로 구성되어 있어 사용자가 빠르게 기능을 익혀 사용할 수 있다. 작업 실행 속도는 입력되는 데이터의 크기에 비례하기 때문에 1GB 크기의 데이터를 처리하는 데, 0.01초 이하의 작업 시간을 보장한다. 대부분의 기계 제어 코드는 100MB보다 작기 때문에 사용자는 실질적으로 작업 수행 시간을 인지하지 못한다. 그림 6는 소프트웨어 인터페이스이다.

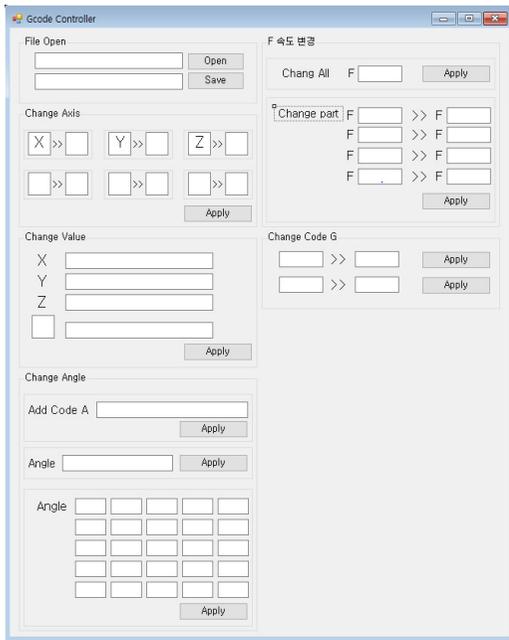


그림 6. 소프트웨어 인터페이스  
Fig. 6 Software interface

### 3.3 파일 입출력 구현

파일 입출력은 크게 세 부분으로 구성하였다. 파일을 읽어오는 기능, 읽어온 파일을 임시 파일에 저장하는 기능과 수정 사항을 모두 반영하여 최종적으로 저장하는 기능이다.

파일 입력을 읽어오는 기능은 OpenFileDialog 함수를 이용하여 구현하였다. 사용자가 파일을 찾을 때 윈도우에서 제공하는 기본 기능으로 별개의 창을 띄워 사용자가 원하는 파일을 선택하는 방식이다. 파일 필터를 이용하여 기계 제어 코드 파일과 다른 확장자를 가진 파일을 모든 파일을 무시하며 경로는 윈도우 사용자가 설정한 기본 드라이브에서 시작한다. 사용자가 선택한 파일이 적절하면 Open버튼 옆의 텍스트 상자에 파일 경로를 표시하고 파일의 데이터를 읽어와 임시 파일에 저장한다. 그 후 사용자가 선택한 파일을 실행하여 그 내부 코드를 새로운 창을 생성하여 표시한다. 선택한 파일이 적절하지 않을 경우엔 오류 메시지를 띄운다.

임시 파일은 사용자가 수행한 작업이 파일에 모두 반영되거나 또는 전혀 반영되지 않도록 하기 위한 파일이다. 원본 파일 보호와 중간 단계까지 실행되고 실

패하는 일이 없도록 하기 위함이다. 프로그램에 구현된 기능들은 실제로 임시 파일과 상호작용하며 사용자가 의도한 작업을 모두 수행한 뒤에 새로운 파일로 저장할 수 있다.

저장 기능은 SaveFileDialog 함수를 이용하여 구현하였다. 기본적으로는 제어 코드에 해당하는 확장자로써 파일을 저장한다. 그러나 사용자가 원할 경우에 어떤 확장자든 사용할 수 있다. 기본 확장자로 저장됐을 경우 사용자가 작업한 내용이 제대로 적용되었는지 확인할 수 있도록 새로운 윈도우 창을 띄워 내용을 표시해 준다. 그림 7은 프로그램 구조도를 보여주는 도해이다.

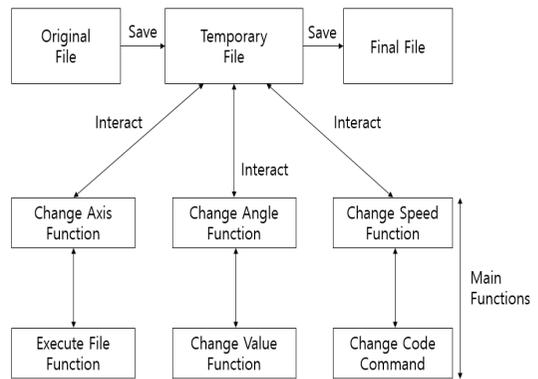


그림 7. 프로그램 구조도  
Fig. 7 Program structure chart

### 3.4 주요 기능 구현

실제 기계를 제어하는 코드는 G-Code이고 G-Code는 하나의 텍스트 파일로 간주하여 다룰 수 있다. 따라서 기계 제어 기능을 구현하는 문제는 텍스트 파일을 처리하는 문제로 치환할 수 있다.

G-Code는 크게 세 부분으로 구성된다. 행위 코드, 축 코드, 그리고 세부 설정을 위한 코드이다. G-Code는 반드시 한 줄 내에 세 종류의 코드를 모두 포함해야 하고 각 코드들은 공백 문자로 구분되어 있다. 따라서 한 줄의 명령을 읽고 공백 문자를 기준으로 나눈 뒤 변수에 저장하면 명령을 조정할 수 있게 된다.

StreamReader 클래스의 객체를 선언하여 임시 파일에 저장된 데이터를 먼저 읽어와 객체에 저장한다. 그 후 인터페이스와 통신하여 사용자가 원하는 작업 명령을 읽어와 변수에 저장한다. 사용자가 요구하지

않는 작업들과 관계된 텍스트 박스에서는 공백 문자열을 보내오는데, 타입이 다른 변수에 저장되면 문제가 발생하므로 타입의 적절성을 검사하는 함수를 구현해 두어야 한다.

StreamReader 클래스의 객체에 저장된 내용을 한 줄씩 읽어오면서 사용자가 변화를 주고자 하는 코드를 읽었을 때 해당 코드에 변형을 주면 된다. StreamReader로 읽어오는 모든 내용은 문자열 변수이므로 코드 각각도 문자열 변수이다. 그런데 인터페이스로부터 받은 변수는 축이나 행동 등을 표시하는 문자열 변수와 수치를 표시하는 정수형 변수이므로 서로 비교가 불가능하다. 따라서 객체에서 읽어오는 코드를 분리하여 각각 문자열 변수와 정수형 변수에 저장해야 한다. 이는 정규 표현식을 이용해 처리 가능하다.

각 코드에 사용자가 요구한 것들을 적용한 뒤에 다시 한 줄의 명령으로 합치면 사용자의 요구가 완벽히 반영된다.

현재 인터페이스로 조정할 수 있는 것은 좌표축, 각도, 속도, 행위 명령이다. 좌표축은 코드로 X, Y, Z 이며 각도는 A, 속도는 F, 행위는 G이다. 사용자가 더 많은 기능을 요구할 경우 요구에 해당하는 코드를 찾은 뒤, 위와 같은 방식으로 구현하면 된다. 그리고 좌표축을 표시하는 코드는 순서가 바뀌어도 같은 명령으로 인식한다. 그림 8은 주요 기능들의 중심 알고리즘을 순서도로 나타낸 것이다.

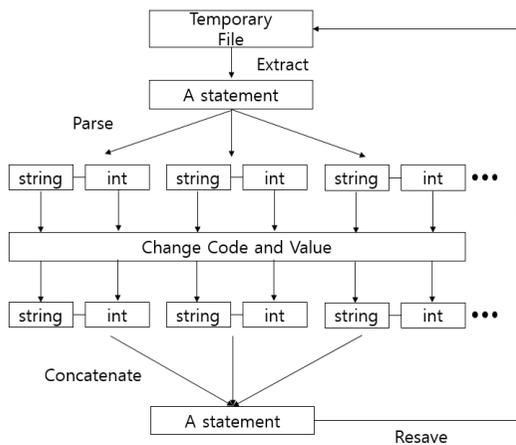


그림 8. 주요 함수 알고리즘  
Fig. 8 Main function algorithm

#### IV. 결론

개발된 멀티 툴 조각기는 기존 제품의 열선조각, 열선 커팅, 스펀들 방식의 기능을 한 제품에서 모두 사용할 수 있게 개발하여 복잡한 구조의 형상도 손쉽고 빠르게 제작할 수 있다. 기존의 조각기는 각 방식마다 소음과 오랜 제작 시간 등의 문제점이 있었다. 그러나 이 멀티 툴 조각기는 각 방식의 장점만을 취해 통합한 결과, 비용을 상당히 절감할 수 있을 것으로 보인다. 이를 통해 고품질 저가격의 조형물을 영세 자영업자에게도 공급할 수 있을 것으로 보인다.

또한 여러 개발도상국들의 조형물 시장이 커지면서 조형물을 제작하는 조각기 시장도 커지고 있다. 멀티 툴 조각기는 커져가는 조각기 수요를 충족시킬 수 있을 것으로 보인다.

개발된 소프트웨어는 기계의 동작을 더욱 세밀하게 제어할 수 있게 도와주어 좀 더 빠른 제작과 세밀한 표현을 가능하게 한다. 기존 3D 모델링 툴은 물품의 제작 기준점 제어, 물품 제작 시 구간별 속도 조정과 자유로운 축 변경 등의 기능이 제한된다. 이 소프트웨어는 이를 극복하여 기기의 성능을 향상시킬 수 있다.

#### 감사의 글

본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2018년도 산학연협력 기술개발사업(No. S2658281)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

본 논문은 2019년도 한국전자동신학회 봄철 학술대회 발표논문을 확장한 것입니다.

#### References

- [1] D. Cho, "A Study on the Influence of Macroeconomic Variables of the ADF Test Method Using Public Big Data on the Real Estate Market," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 3, 2017, pp. 499-506.
- [2] G. Boo and S. Lee "An Experimental Study on the Effects of Chief Officer Endorsements in Ads for Local Governments : by Product and Proposition Types," *J. The Korean Journal of*

*Advertising*, vol. 23, no. 6, 2012, pp. 107-131

- [3] Y. Cha, H. Lee, and M. Shin, "A Study on the perception and demand for Advertising Education to foster advertising personnel and to improve understanding about advertising," *J. The Korean Journal of Advertising*, vol. 23, no. 5, 2012, pp. 255-276.
- [4] P. Moon, "The Comparison and Analysis of Mobile Advertising Platform," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 3, 2012, pp. 515-520.
- [5] J. Kim, "A Study on Necessity of Symbolic Sculpture According to City Image -Focused on Symbolic Sculpture of Gwangju," *J. The Treatise on The Plastic Media*, vol. 14, no. 4, 2011, pp. 45-54.
- [6] W. Lee, T. Kim, and H. Jang, "An Inter-floor Noise Prevention System using an Open-source Controller," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 5, 2017, pp. 899-906.
- [7] J. Kim and W. Oh, "A design method of the active noise controllers for the perceived noise reduction," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 179-184.
- [8] E. Kim, "Design of Integrated Control System for Combustion Type CO2 Generator with Solar Radiation Sensitiveness and Irrigation Supply," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2018, pp. 239-240.
- [9] J. Seo and C. Kim, "Design and Implementation of Realtime Things Control System Using MQTT and WebSocket in IoT Environment," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2018, pp. 265-266.
- [10] M. Yang, "A Development of CNC Engraving Machine System for Non-experts," *J. Transactions of the Korean Society of mechanical engineers*, vol. 41, no. 7, 2017, pp. 673-682.
- [11] B. Kim and E. Kim, "The Development of a Multi-Tool Carving Machine and a Machine Control Software," *J. of the The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Busan, South Korea, June 2019, pp. 265.

## 저자 소개



### 김응곤 (Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 공학사  
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사  
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수  
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI