

영상처리를 이용한 웹기반 명판 가공시스템 개발

김기범[†]

서울산업대학교 기계설계 · 자동화공학부

A Development of Web-based Nameplate Production System by using Image Processing

Gi-Bom Kim

School of Mechanical Design and Automation Engineering, Seoul National University of Technology, Nowon-ku, Seoul, 139-743

In this research, a nameplate engraving system for images and texts downloaded through Internet on nameplate is developed. The system consists of two subsystems: thinning algorithm and NC code generation module. In the thinning algorithm, the concept of connectivity is used and center lines of images and texts, which will be used as NC tool paths, can be obtained successfully. Because the center lines are composed of a lot of pixels, NC code would be too long. In the NC code generation module, many useless pixel data are removed and linear interpolation algorithm is applied to only the remaining pixels. By performing actual experiments, the thinning algorithm and the NC code generation module are verified.

Keywords: image processing, thinning, machine vision, NC machine, internet, network

1. 서론

인터넷의 광범위한 보급에 따라, 모든 산업분야에 걸쳐 인터넷과 통합된 시스템에 많은 연구가 되고 있다. 데이터베이스와 인터넷의 결합, CAD시스템과 인터넷의 결합, 가공시스템과 인터넷의 결합 등 예전 기계시스템 고유의 역할과 인터넷을 결합하여 새로운 산업분야를 창출하고 있다. 최근 생산시스템과 인터넷을 결합하여, 원격제어생산 시스템, 원격감시시스템 등에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

인터넷기반 생산시스템은 기존의 생산시스템에 제어기 접속모듈 및 카메라를 연결하여 원격지에서 제어 및 감시할 수 있다. 최근 가상생산시스템(Virtual Manufacturing System), 가상공장 등에 대한 연구가 발표되고 있으며, 시스템 하드웨어 및 운영알고리즘을 모델링하여 컴퓨터상에 구축하고 있다. 공정 전체가 컴퓨터상에서 이루어지는 가상생산시스템과는 달리,

본 논문에서는 인터넷을 통하여 사용자가 원하는 문자 및 이미지를 업로드하면, 이를 실제 공작기계에서 가공하는 시스템을 구축하고자 한다.

영상처리(Image Processing) 분야는 제품검사, 영화산업, 보안산업, 측정, 감시 등 적용분야가 확대되고 있으며, 시스템 지능화를 위하여 음성인식 분야와 더불어 중요성이 더해가고 있다. 본 시스템에서는 사용자가 업로드한 문자 및 이미지를 가공하기 위하여, 이진화된 문자 및 영상정보를 세선화(thinning, 중심선추출) 작업과 NC Code 생성모듈을 통하여 NC 밀링머신에 입력될 프로그램으로 작성한다. 온라인상에서 가공이 가능하고, 가공을 위한 문자나 이미지를 사용자가 웹을 통한 GUI(Graphic User Interface)를 통하여 쉽게 입력할 수 있으며, NC가공을 자동으로 수행할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 가공시스템과 인터넷을 결합하여, 입력된 이미지 및 문자정보를 처리하여 NC 밀링머신에서 가공하며, 이를 원격지에서 인터넷으로 감시하는 시스템을 개발하

본 논문은 서울산업대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

[†]연락처: 김기범 교수, 139-743 서울시 노원구 공릉동 172 서울산업대학교 기계설계 · 자동화공학부, Fax : 02-977-5981, e-mail : gbkim@duck.snut.ac.kr

2001년 10월 접수, 2회 수정 후 2002년 1월 게재 확정.

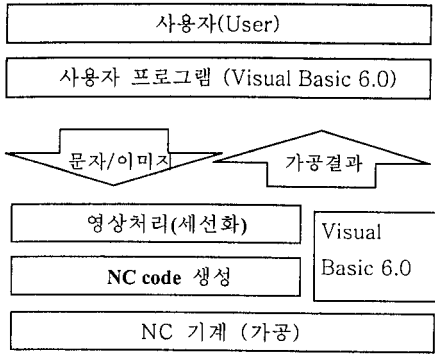


그림 1. 시스템 구조.

고자 한다. 이를 위하여, 이미지 정보로부터 좌표를 추출하기 위한 세선화 알고리즘과 가공에 필요한 NC code를 생성하는 방법을 제시하였으며, 이를 실험을 통해 검증하였다.

2. 시스템 구조

본 연구에서 개발한 시스템은 <그림 1>과 같은 구조를 가지고 있고, 각 계층에 대한 내용은 다음과 같다.

2.1 Internet 접속환경

본 시스템에서는 오프라인(Off-line)이 아닌 온라인(On-line) 상에서 사용자로부터 가공하기 위한 문자 및 이미지 정보를 받는다. 인터넷 시스템은 원거리에서도 사용이 가능하고 다중의 접속이 가능한 장점이 있으므로, Visual Basic 6.0을 이용하여 개발한 사용자 프로그램으로 접속할 수 있도록 개발하였고, 장소, 운영체제, 시간 등에 구애 없이 접속이 가능하도록 가공 서버를 구축하였다.

2.2 영상처리(세선화)

인터넷을 통하여 전송받은 이미지 및 문자의 중심선을 추출하기 위하여 세선화(thinning) 알고리즘을 적용한다. 이미지 및 문자의 중심선을 추출함으로써 가공에 필요한 공구경로를 정확히 찾아내며, 발생할 수 있는 노이즈(noise) 등의 영향을 최소화할 수 있다. 단, 본 연구에서는 문자 및 이미지의 가공은 공구가 중심선을 이동하며 절삭하는 간단한 절삭공정에 국한한다. 즉 문자의 외곽선을 추출하여, 외곽선 내부를 절삭하는 복잡한 공정은 제외시킨다. 본 연구에서 제시한 세선화 알고리즘의 기본 개념은 문자 및 이미지의 외곽선 에지를 검출한 후, connectivity 개념을 이용하여 중심선이 아닌 외곽선 에지의 삭제를 반복하여 최종으로 이미지의 중심선(세선)을 추출한다. <그림 2>는 에지를 검출하여 삭제하는 모습을 각각 명도의 차이로 구분해 놓은 것이다. 여기서 가장 밝은 부분이 이미지

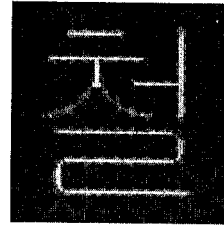
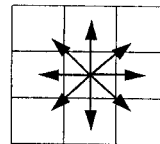


그림 2. 중심선(세선)의 표현.

의 중심선(세선)이다. 이와 같이 일련의 작업은 아래와 같이 다섯 단계를 수행하면서 반복되는데, 이는 주변 픽셀의 형태나 위치 등을 고려하여 최적의 중심선 픽셀(세선)을 추출한다.

2.2.1 에지 검출(Edge Detection)

이미지의 에지 검출에는 단순하고 빠른 유사연산자(homogeneity operator)를 사용하였다. 유사연산자는 <그림 3>과 같이 3x3 마스크의 중심 픽셀값에서 주변의 8픽셀값을 각각 감소한 후, 각 차이의 절대값 중 가장 큰 값을 중심픽셀값으로 결정한다. 이에 대한 결과를 사용자가 정한 임계값(threshold)과 비교하여 임계값 보다 큰 값을 에지로 검출한다. 문자 및 이미지 정보에서 명도가 균일하지 않은 경우에도 에지를 검출할 수 있도록 임계값을 조절한다.



11	13	15
16	11	11
16	12	11

$$\text{New pixel} = \max \text{ of } \{ |11-11| |11-13| |11-15| |11-16| |11-11| |11-16| |11-12| |11-11| \} = 5$$

그림 3. 유사연산자를 이용한 에지검출.

2.2.2 Connectivity 계산

임계값을 이용하여 검출된 에지에 대하여 최소 픽셀값을 부여하고, 에지 이외의 픽셀에 대하여는 최대 픽셀값을 부여한다. 지금부터 에지로 검출된 픽셀값을 0, 에지가 아닌 픽셀값을 1로 정하고 connectivity 개념을 진행한다. Connectivity는 3x3 mask에서 중심 픽셀 주위를 회전하면서 픽셀의 값이 0(black)에서 1(white)로 변화하는 수를 말한다.

Connectivity값은 에지를 검출할 때, 검출된 에지가 중심선 여부를 판단하는 데 이용된다. 즉, <그림 4(a)> Connectivity = 1인 경우에는 중심픽셀이 세선이 아닌 에지이므로 삭제하여야

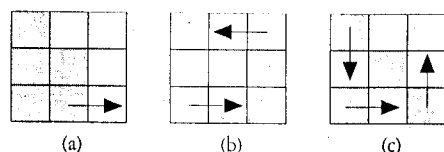


그림 4. (a) Connectivity = 1, (b) Connectivity = 2, (c) Connectivity = 3.

한다. 그러나, <그림 4(b)> 및 <그림 4(c)>의 경우처럼 Connectivity가 2 이상인 경우에는 중심픽셀이 가공경로를 구성하는 세선이므로 삭제해서는 안 된다. 또한, <그림 4(c)>의 경우에는 중심픽셀이 가공경로의 분기점임을 알 수 있다.

2.2.3 Pixel Count 계산

<그림 5>와 같은 경우는 Connectivity가 1이라 하여도 중심 픽셀을 삭제할 수 없는 경우를 보여준다. 이럴 경우에는 중심 픽셀을 제외한 주변 픽셀에서 픽셀값이 0인 픽셀의 수(이하 Pixel Count)를 이용해서 구분을 하는데, Pixel Count가 1인 경우에는 가공경로의 끝을 의미하므로 삭제해서는 안 된다.

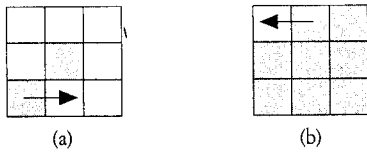


그림 5. Connectivity = 1인 경우.

<그림 5(b)>의 경우처럼 Pixel Count가 7인 경우에는 주변 픽셀의 형태에 따라 삭제가능 여부가 결정된다. <그림 6(a)>에서, 중심픽셀인 13번 픽셀의 경우, connectivity = 1, pixel count = 7이다. 단계 2에서 connectivity에 의한 삭제 및 이 경우의 삭제를 수행하면, (2, 7, 12, 17, 22), (3, 8, 13, 14, 19, 24)번 픽셀을 삭제하게 된다. 삭제한 후에, <그림 6(b)>와 같이 잘못된 결과가 나타난다. 이러한 경우에는 Connectivity = 1이라도 그 중심 픽셀을 삭제하지 않는다.

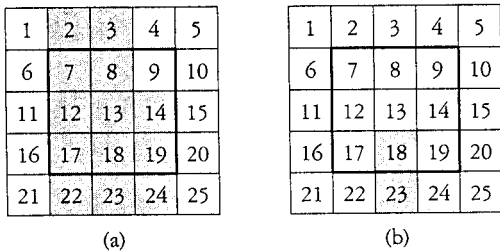


그림 6. Connectivity = 1, Pixel-count = 7인 경우의 중심픽셀 삭제시 문제점.

2.2.4 Double Pixel 계산

Double Pixel은 <그림 7>과 같이 에지로 검출된 픽셀들이 두 줄로 존재하는 형태이다. 이미지의 에지를 삭제하며 이동할 때, 이미지 폭의 픽셀의 수가 짝수이면 Double Pixel이 발생하게 된다. 이때 심도는 이미지의 중심을 기준으로 에지 픽셀의 위치가 얼마나 떨어져 있는가를 의미한다. <그림 8>에서 에지 외곽픽셀부터 중심 픽셀까지의 심도를 간략하게 표현하였다. 이와 같은 Double Pixel을 고려하지 않고 세선화를 진행한다면 이미지 에지를 구성하는 두 줄 픽셀 모두 삭제되는 현상이 발생한다. <그림 7(a)>와 같은 형태는 일반적인 Double-Pixel의 형태로, 이 경우에는 위에 있는 픽셀을, 수직인 경우에는 오른

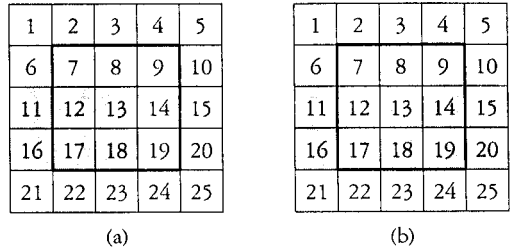


그림 7. Double-Pixel의 경우 중심픽셀 삭제방법.

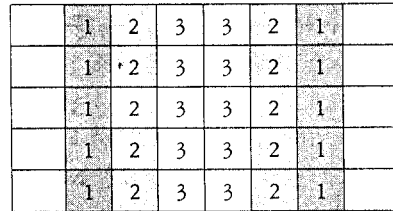


그림 8. 두께 6픽셀인 경우의 심도.

쪽에 위치한 픽셀을 세선으로 선택하여 처리한다. Double-Pixel을 검출할 때에는 3x3 mask 외에 5x5 mask가 같이 사용되는데, <그림 7(a)>와 같은 형태의 경우 3x3 mask안에 픽셀 (13, 12, 17, 18)의 심도가 같고, 그 주변의 픽셀(7, 8, 14, 19, 23, 22)이 1일 때는 라인의 끝을 표시하므로 18번 픽셀을 삭제하고 중심 픽셀을 삭제하지 않으며, <그림 7(b)>의 경우에는 13번 픽셀을 기준으로 18번 픽셀이 0값을 가지고, (12, 17)번, (14, 19)번 픽셀의 심도가 같으면, 중심 픽셀인 13번 픽셀은 삭제하지 않고, (17, 18, 19)번 픽셀을 삭제한다.

2.2.5 Pixel Count=2, Connectivity = 1 계산

<그림 9>와 같은 경우 Connectivity = 1이므로 중심픽셀을 삭제해야 하지만, 5x5 mask로 확대해서 보면, 두 가지 경우가 발생한다. 첫번째 경우, <그림 9(a)>와 같이 중심선의 끝일 경우와 두번째 경우, <그림 9(b)>와 같이 세선의 끝이 아닌 경우가 존재한다. 이는 Pixel Count = 2 이면서 Connectivity = 1일 때 발생하는 문제이며, 3x3 mask를 둘러싸고 있는 주변 픽셀을 조사하여 <그림 9(b)>에서와 같이 픽셀 c, d가 모두 값을 가지면 이는 세선이 아니므로 중심픽셀을 삭제하며, <그림 9(a)>와 같이 둘 중 하나만 값을 가지거나, 둘 다 값을 가지지 않으면 세선의 끝을 나타내므로 삭제하지 않는다.

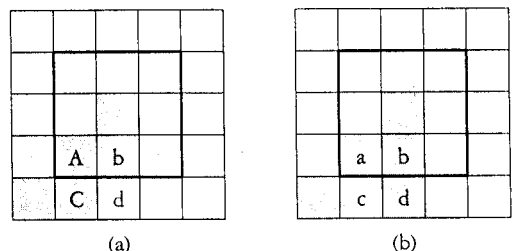


그림 9. Pixel Count=2, Connectivity=1인 경우 픽셀삭제 방법.

이상과 같은 중심선 추출 알고리즘을 흐름도로 작성하면, 다음과 같다.

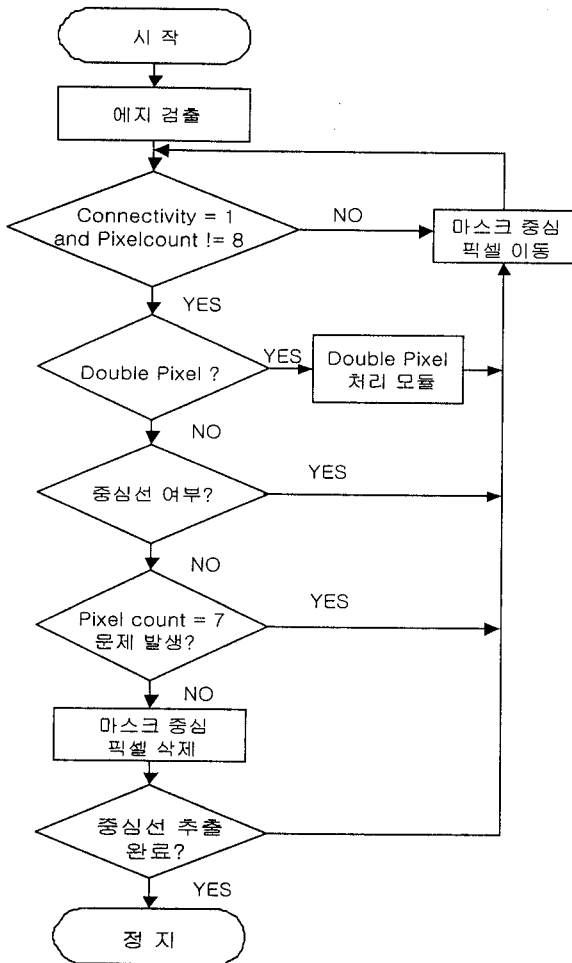


그림 10. 중심선 추출 알고리즘의 흐름도.

2.2.6 NC code 생성

본 연구에서 대상 가공시스템으로 NC 밀링머신을 선정하였으므로, 가공프로그램을 NC code로 작성한다. 즉, 이미지의 중심선을 추출한 후 NC 가공을 위해 NC 파트프로그램을 생성한다. 이미지는 세선화를 통하여 이미 단일 픽셀로 변형되어 있기 때문에 가공을 위한 공구경로를 정확하고 빠르게 추출할 수 있다. 세선화를 통하여 얻은 중심선 픽셀 데이터는 수많은 픽셀로 이루어져 있으므로, 바로 NC 프로그램을 생성하면, 프로그램의 크기가 매우 커지게 된다. 그러므로, 중심선을 구성하는 픽셀들 중 일부를 추출하여, 추출된 픽셀을 연결하는 직선보간(Linear Interpolation) 코드를 사용하여 가공하게 된다. 세선화된 이미지 픽셀로부터, 공구경로를 검출하기 위한 방법은 아래와 같은 단계를 거쳐서 진행된다.

- 가. 중심선 끝을 검색(Connectivity = 1, Pixel Count = 1인 지점)
- 나. 폐곡선인 경우에는 '가'의 조건으로 검색할 수 없으며,

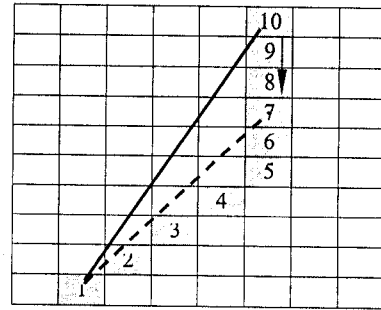


그림 11. 직선 가공경로를 추출하기 위한 방법.

이런 경우 비폐곡선을 먼저 처리한 후 남아있는 pixel이 있을 경우 임의의 지점을 끊어 비폐곡선으로 만든 후 처리한다.

- 다. 시작점을 찾으면, 그 점을 시작으로 10개 pixel의 좌표를 구한다. 교차점을 만나는 경우에는 이전에 픽셀들의 방향과 같은 방향의 점을 먼저 구한다.
- 라. 10개의 pixel을 구하면, 시작점과 끝점을 이용하여 기울기를 구하여 이를 잇는 직선을 그린다. 이 직선과 실제 사이 pixel들 간에 위치가 2(pixel)차이가 나면 끝점을 하나 줄여 다시 비교한다. 이에 대한 내용은 <그림 11>과 같다.
- 마. 만약 '라'에서 직선이 구해지지 않고, 최종 2 pixel이 남으면 바로 직선보간 코드를 부여한다.
- 바. '라'를 만족하는 직선이 구해지면 시작점과 끝점을 저장하고, 끝점을 다시 시작점으로 정하고, 다시 '다', '라'를 반복한다.
- 사. '마' 및 '바'의 조건에 적용되지 않는다면, 이는 한 직선이 끝났음을 말하는 것이므로 다른 직선의 끝점을 검색하여 위의 방법을 반복한다.

이렇게 검출된 공구경로를 G-code의 명령어로 생성하여 완전한 가공 프로그램을 생성할 수 있다. 입력된 이미지의 좌상 모서리 픽셀을 NC 머신의 공작물좌표계 원점으로 설정하여 NC 가공프로그램을 생성하였으며, 본 연구에서는 이미지의 중심선을 따라 공구경로를 추출하였다.

3. CNC Machine을 이용한 가공 실험

NC code 생성 모듈에서 생성하는 G-code를 이용하여, 실제 가공을 수행하였으며 이를 위하여 Denford의 TRIAC VMC CNC 밀링머신을 사용하였다. Denford TRIAC VMC는 교육을 위해 제작된 Vertical Machining Center로서 기계에 부착되어 데스크탑 컴퓨터를 이용하여 지능적인 CNC 제어가 가능하고, 직접 프로그램의 작성 및 시뮬레이션이 가능할 뿐만 아니라 RS232C 통신을 이용해 다른 컴퓨터에서 작성된 프로그램을 전송 및 가

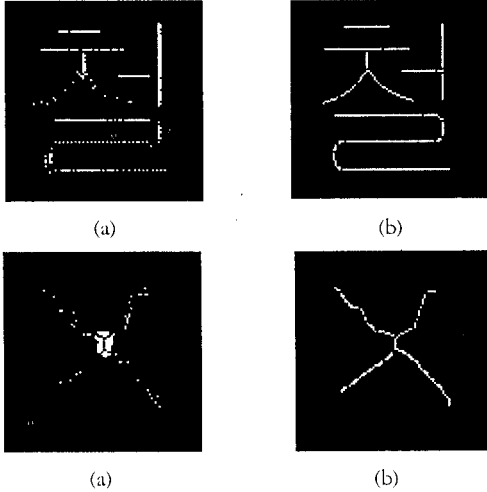


그림 12. (a) 원본 이미지 1, (b) 세선화 이미지 1, (c) 원본 이미지 2, (d) 세선화 이미지 2.

공이 가능하다. 본 연구에서는 인터넷을 통해 이미지 정보를 받아 이를 세선화한 후, 추출해낸 G-code를 TRIAC VMC와 연결하여 가공을 하였다. 본 연구에서는 NC 파트프로그램을 밀링 머신으로 전송하는 기능만을 사용하였으며, 인터넷으로 밀링 머신을 제어하는 기능은 구현하지 않았다. 사용한 재료는 두께 10mm PE판을 사용하였고, 직경 5mm 엔드밀을 사용하여 가공하였다. <그림 12(a)>와 같이 직선이 많은 이미지는 <그림 12(b)>와 같이 거의 완벽하게 중심선이 추출되었지만, <그림 12(c)>와 같이 곡선이 많은 이미지는 <그림 12(d)>에서와 같이 추출된 중심선이 매끄럽지 못한 결과를 보여주었다. 매끄럽지 못한 중심선에 대하여 NC 프로그램을 생성하였을 경우, 곡률반경이 작은 곡선의 경우에는 가공물이 매끄럽게 가공되지 못하는 단점이 있다. 이는 B-spline, Hermite 곡선 등을 이용하여 매끄러운 곡선으로 변환할 수 있으나, 중심선에서의 제어점 설정 등에 대한 연구가 필요하므로 추후 연구과제로 남겨두었다. <표 1>은 <그림 9(b)>를 가공하기 위한 NC 파트프로그램을 보여준다. 가공경로를 추출하여 G-code를 생성하고, 보조기능은 TRIAC VMC CNC 밀링머신에서 가공할 수 있도록 자동생성하여, 전체 파트프로그램을 생성하였다. <그림 13>은 가공한 후의 모습을 촬영한 모습이며, 이미지상의 문자를 그대로 가공하였음을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 인터넷으로 전송하는 데이터를 가공할 수 있는 웹 기반 가공시스템을 구현하였다. 인터넷을 통하여 접속할

표 1. <그림 11(b)> 이미지에서 생성한 G-code

```

(Mill CAM Designer - ch.MCD)
(10/8/2001)
(Triac PC (metric))
(Post fanucm:1.20 24 June 1994)
G21
[BILLET X150 Y150 Z10]
[EDGEMOVE X0 Y0]
[TOOLDEF T1 D4]
G91G28X0Y0Z0
M6T1
G43H1
M3S1500
G90G0X40Y73
Z2
G1Z-1F100
X49Y76
X58Y83
X63Y90
X63Y99
X71Y100
X85Y100
GOZ2
    
```

그림 13. <표 1>의 G code를 이용하여 PE판에 가공한 모습.

수 있는 가공서버를 비주얼 베이직 6.0을 이용하여 개발하였으며, 입력한 이미지 정보의 세선화를 수행하는 세선화 알고리즘을 제안하였다. 추출된 세선에 대한 NC 파트프로그램을 작성하는 모듈을 개발하였으며, 실제로 가공하여 개발된 알고리즘에 대한 검증은 수행하였다. 추후 연구 과제로는 가공경로 생성에 있어 곡률의 자연스러운 처리 및 이미지 프로세싱의 속도 향상 등이다.

참고문헌

Emanuele Trucco and Alessandro Verri (1998), Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice hall.
Mikell P. Groover, Emory W. Zimmers, Jr. (1984), CAD/CAM Computer Aided

Design and Manufacturing, Prentice hall.
Vera B. Anand (1993), Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers, Wiley.
Milan Sonka (1999), Vaclav Hlavac Roger Boyle, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, International Thomson Publishing Inc.



김기범

서울대학교 기계설계학과 학사
KAIST 기계공학과 석사
한국원자력연구소 연구원
서울대학교 대학원 기계설계학과 박사
고등기술연구원 책임연구원
현재: 서울산업대학교 기계설계 · 자동화공
학부 교수
관심분야: 머신비전, FMS, CAPP