

# 이미지처리를 통한 레이저 가공경로생성에 관한 연구

박정호(전북대 대학원), 이희관, 양균의(전북대 자동차부품·금형기술혁신센터),  
김공목(전북기능대학)

## A Study on Laser Cutting Path Generation by Image Processing

J. H. Park(Mech. Eng. Dept., CNU), H. K. Lee, G. E. Yang(CAM-TIC)

### ABSTRACT

This paper presents a laser cutting of 2D image. 2D image in pixel graphic format is converted into vector graphic image by image processing. Bitmap graphics are made easily, but can not being used in application works for geometry transition. The Sobel's Edge detection method is used to find boundary points on 2D image. The points are fitted into curves with sampling and filtering. Sampling can provide efficient computation and filtering. reconstuct features in image. The NC code is generated on NURBS curve of the points. Also, the offset of contour and cutting conditions are considered.

**Key Words :** English Key Word: Laser cutting (레이저가공), Image processing (이미지처리), Edge detection(모서리 탐색), NURBS curve fitting (NURBS 곡선 생성)

### 1. 서론

엠블렘, 로고, 마크, 버튼, 기념품과 악세사리 등 심미성이 요구되는 패션용품 제작 산업에서 벡터라이징 시스템을 적용해 가고 있다. 비트맵 방식은 디자인하기가 용이하지만 크기 변화 등의 기하학적 변환시에 본래 형상과 다르게 나타난다.[1,2] 또한 디자인이 정교하고 복잡한 것은 그 데이터 양이 너무 커서 다루기에 불편하다.[3] 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 2차원 영상을 비트맵 그래픽에서 벡터 방식으로 변환하여 레이저 가공 경로를 생성하는 연구를 수행하였다. 본 연구의 전과정은 크게 세 부분으로 나눌 수 있는데 우선 BMP파일의 해석, SOBEL'S EDGE DETECTION에 의한 이미지 파일에서 윤곽점의 추출 및 연결, NC code 변환 및 가공으로 이루어진다.

### 2. BMP 파일

비트맵 파일은 bitmap file header, bitmap information header, color table 그리고 이미지 데이터를 저장하는 곳으로 구성되어 있고 파일 구조는 표 1과 같다.

bitmap file header는 종류, 크기, DIB 파일의 배치에 대한 정보를 포함한다. bitmap information header는 압축여부, 비트맵을 위한 색정보를 가지고 있다.

### 제 3 장 모서리 탐색

이미지 처리는 크게 점처리, 구역처리, 프레임처리, 기하학적 처리 4가지 분야가 있고 경계선을 추출하는 것은 구역처리에 속한다.[1,2,4] 구역처리는 영상에 관한 정보를 추출하기 위해 대상 픽셀의 인근 픽셀들을 사용한다. 구역처리에서 사용되는 픽셀들을 인근지역(neighborhood)이라 한다. 인근지역은 일반적으로 픽셀의 2차원 매트릭스인데 각 차원은 홀수의 요소를 갖는다. 대상 픽셀은 인근지역의 중심에 존재한다.

### 3.1 소벨 에지 탐색

모서리(edge)에지 탐색은 영상의 모서리부위를 찾는 것이다. 소벨 에지 검출 알고리즘은 1차 도함수를 사용하는데 적은 계산량을 가지며 높은 정확도를 가지고 있다.[1]

대상 픽셀과 인근지역이 그림 1과 같이 배치되어 있다. 위의 픽셀을 4개의 선분으로 나눈다. 선분 LINE1은 a-e-i, LINE2는 b-e-h, LINE3은 c-e-g, LINE4는 d-e-f이다. 각 선분은 픽셀영역을 2개의 영역으로 분할하게 된다. 예를 들면 LINE1은 d-g-h와 b-c-f의 2개 영역으로 픽셀영역을 나눈다. 2개 영역의 평균값  $V_1, V_2$  을 각각 구한 후 평균차의 절대값을 구한다. 이러한 평균차의 절대값은 4개의 선분 때문에 4개의 값을 가지게 되고, 최대값을 사용하게 된다. 평균차의 최대 절대값과 스트레스홀딩 값과 비교하여 모서리를 검출하게 된다.

$$V_1 = \frac{d+g+h}{3}$$

$$V_2 = \frac{b+c+f}{3}$$

$$\nabla V = |V_1 - V_2| \quad (1)$$

식 (1)은 LINE1에 대한 인근지역간의 모서리를 탐색하는 식이다.  $\nabla V$ 가 스트레스홀딩 값보다 픽셀 e는 모서리 점으로 추출된다.

소벨 에지 검출로 얻어진 점들은 효율성과 형상의 특징을 살리기 위해 샘플링과 필터링을 해야한다. 곡선 생성에 이용될 점 수가 적어야 계산이 빠르며 매끄러운 형상을 얻을 수 있다. 또한 날카로운 윤곽 모서리 점 등은 제거 되지 않아야 형상에 변화가 없다.

그림 2에서 Pi점은 이미지 처리로 구한 점들이고 Si는 샘플링과 필터링 처리하고자 하는 점들이다. 곡선이 유연하게 생성되려면 S1의 범위에, 각진 형상이 되려면 S2의 범위에 있어야 한다. S3의 범위는 형상과는 무관한 점이며 삭제되어야 한다. 점선연속이상의 곡선이 생성되려면 곡선의 최고점이 점들이 이루는 삼각형의 중점보다 낮아야만 한다. 중점보다 높고 P3보다 낮은 점은 각진 형상이나 불연속 형상을 나타나게 될 것이다. 이러한 특성에 의해서 S3범위의 점들은 삭제하여 형상의 변형을 방지하고, S1상의 점들도 삭제하여 계산 효율성을 높인다. 그리고 S2의 범위의 점들은 모서리에 해당하는 점인지 형상특징을 추출하는데 사용

하여 필터링 여부를 결정하면 된다.

### 3.2 곡선 생성

점 처리를 통해서 점을 구한 후 점들을 연결하여 곡선을 생성한다. 곡선은 NURBS 곡선식을 이용하였고, 각 점에 부과되는 가중치  $w_i$ 는 1로 하였다.

$$P(t) = \frac{\sum_{i=1}^{r+1} B_i w_i N_{i,k}(t)}{\sum_{i=1}^{r+1} h_i w_i(t)} \quad (2)$$

여기서  $w_i = 1$  이다.

주어진 점데이터에서 곡선을 생성하는 절차는 다음과 같다.[5]

- 1) Chord Length로 각 점의 매개변수를 구한다.
- 2) 역행렬을 이용하여 곡선 생성에 필요한 조정점(control points)를 구한다.
- 3) 위의 NURBS 곡선식을 이용하여 곡선을 생성한다. 다음의 그림 3과 그림 4는 모서리상의 점과 그 점을 필터링하여 곡선으로 생성한 것이다.

## 제 4 장 레이저 가공 이론과 특성

### 4.1 레이저 가공의 특성

레이저 광선은 일반적인 전자파의 성질을 가지고 있다. 레이저 광선은 시간에 따라 변하면서 공간을 통하여 전파되는 전기장과 자기장이 결합된 특성을 지닌 횡파(transverse wave)의 전자기 방사선이다. 레이저는 자연방출, 유도방출, 여기상태, 레이저 가공 등 4 단계를 거쳐 가공이 이루어진다.[6,7]

레이저 광선은 우수한 지향성과 고출력을 이용하여 열가공을 할 수 있다. 즉 레이저광을 렌즈, 반사경 등으로 집속하여 그 초점위치에 가공물을 가지고 가면 그 부분은 빛의 흡수에 의해 국부적이고 순간적으로 고속 가열되고 증발 또는 용해제거에 의해 가공되는 것을 레이저가공(laser machining)이라 한다. 이 원리에서 보면 전자빔과 마찬가지로 기계적 성질에 입각한 각종의 난삭재의 미세가공에 적합하며 또한 대출력 광원의 개발과 함께 일반 열가공으로서도 적용되고 있다.

## 4.2 레이저 가공

레이저 광선을 이용한 가공을 할 경우 레이저 광원의 지름과 깊이를 결정해야 하며 파장  $\lambda$ , 비입지름  $D$ 의 레이저광을 집점거리  $f$ 의 렌즈로 집광할 때 집점면에서의 집광스폿지름  $d$ 는 회절이론에서 다음과 같이 구해진다.[7]

$$d = \frac{4\lambda}{\pi D} f \quad (3)$$

식(3)에 실용조건을 대입하여 계산하면  $d \approx 1\mu\text{m}$  정도를 얻을 수 있지만 이론적 발전이 되지 않고 있기 때문에 실제로는 10배 이상이 된다. 펄스당의 파워밀도가 충분히 커지면 지름에 가까운 구멍이 뚫린다. 특히 ms이하의 펄스상에 충분한 에너지를 조사하면 열전도에 의한 손실이 적으므로 흡수에너지의 모두가 가공에 사용된다고 보고 가공깊이  $h(\text{cm})$ 는 식(4)와 같이 구한다.

$$h \approx \frac{aE}{J_e \frac{\pi d^2}{4} \rho (H + CT_b)} \quad (4)$$

여기서  $E$ : 1 펄스당의 레이저광의 에너지(J),  $a$ : 가공물 표면에서의 레이저광 흡수율,  $d$ : 스폿지름(cm),  $J_e$ : 열의 일당량(J/cal),  $P$ : 가공물의 밀도(g/cm<sup>3</sup>),  $H$ : 증발열( ) 용해열) (cal/g),  $C$ : 비열(cal/g),  $T_b$ : 점(°C)이다.

## 제 5 장 레이저 가공 구현

가공에 사용된 CNC 레이저 가공기의 사양은 표 2의 내용과 같다. 그림 5는 레이저 가공기이며 그림 6은 아크릴을 가공한 것이다.[8, 9]

가공 결과가 잘 나오기 위해서는 가공계획이 잘 세워지고 프로그램이 잘 작성되어야 하며 기술적인 가공 조건과 변수를 최적으로 설정하여야 한다. 재료는 5mm 두께의 아크릴판을 사용했으며 가공시 이송속도는 저출력 가공기기이기 때문에 최대 이송속도는 20m/min이다. 빔 직경은 3mm였으며 읍셋량은 1.5로 하여 가공 경로를 생성하였다.

## 제 6 장 결론

2D 비트맵 영상을 소벨에지탐색법을 이용하여 모서리 점을 추출하였고, 샘플링과 필터링을 통하여 형상 복원에 필요한 점들만을 구한 후 NURBS 곡선으로 연결하였다. 샘플링과 필터링을 통한 점 추출과 형상 복원이 효과적이었다. 레이저 광의 직경과 가공깊이 등의 절삭조건에 따른 레이저 가공 경로를 생성하고 레이저 가공을 수행하였다.

## 참고문헌

1. Baxes, Gregory A., Digital Image Processing, A Practical Primer, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984
2. Castleman, Kenneth R., Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1979
3. Conrac Division, Conrac Corp., Raster Graphics Handbook, CA, 1980
4. Gonzalez and Wintz, Digital Image Processing, Addison-Wesley, Reading, MA, 1977
5. David F. Rogers and J. Alan Adams, Mathematical Elements For Computer Graphics, McGraw-Hill, New York, 1990
6. 김도훈, 레이저가공학, 경문사, 1990
7. 스벨토 오라치오, 레이저의 원리, 대한교과서(주), 1984
8. LASER INTRODUCTION, 한광(주), 1996
9. BYSTRONIC Division, Description of NC Data For Control Systems, BYSTRONIC Corp, 1999

	구 성 요 소	의 미
BITMAPFILEHEADER	bftype	file의 type
	bfsz	이미지의 크기
	bfReserved1	사용하지 않음
	bfReserved2	사용하지 않음
	bfOffBits	이미지 데이터
BITMAPINFOHEADER	bisze	구조체의 크기
	biWidth	가로크기
	biHeight	세로크기
	biPlanes	평면의 수
	biBitCount	각 pixel의 bits의 수
	biCompassion	bitmap의 압축 type
	biSizeImage	이미지의 크기
	biXPelsPerMeter	미터당 가로 픽셀
	biYPelsPerMeter	미터당 세로 픽셀
	biClrUsed	컬러 사용 유무
	biClrImportant	자주 사용하는 색
RGBQUAD		
BYTE		

표 1 비트맵 파일의 구조

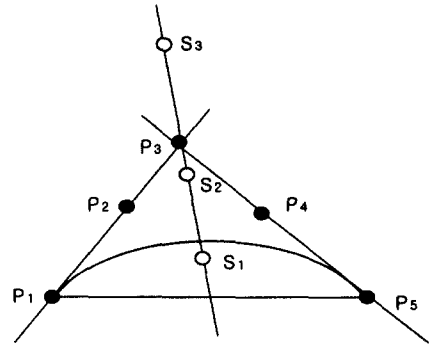


그림 2 추출점의 필터링 및 샘플링



그림 3 모서리탐색에 의해 구해진 점

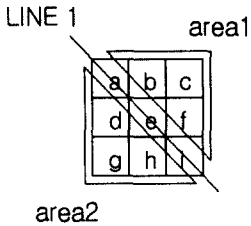


그림 1 추출점과 인근지역

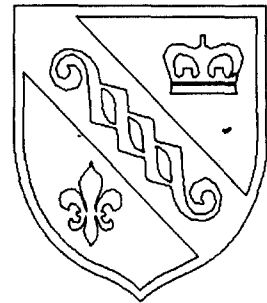


그림 4 곡선 생성

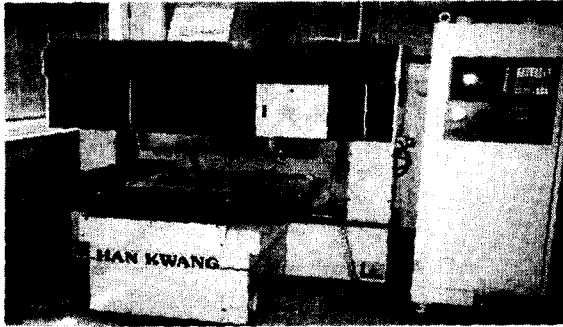


그림 5 CNC 레이저 가공 시스템

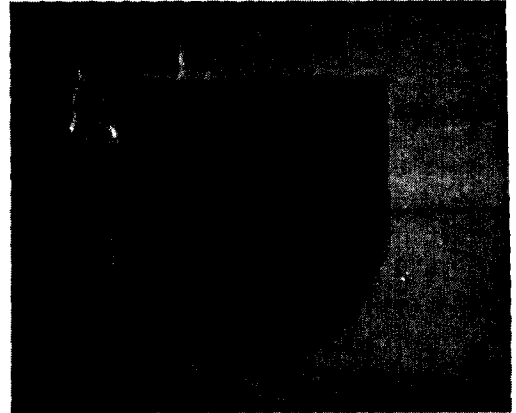


그림 6 레이저 가공한 형상

종 류	가공기	발전방식	CW/PULSE
최대출력	300W	이송속도	20m/min
발전파장	10.6 $\mu$ m	출력안정도	$\pm 0.5$
빔직경	3mm	펄스 폭	0.5~3
빔발산각	1.5mrad	가공범위	절단, 마킹

표 2 레이저 가공 시스템 사양