

# 레이저 센서를 이용한 물체의 형상인식 모듈 개발

곽성환\* · 이승규\* · 이승재\*\* · 김영식\*\* · 최중경\* · 박무훈\*

\*창원대학교 · \*\*평화기전(주)

A Development of Object Shape Recognition Module using Laser Sensor

Sung-hwan Kwak\* · Seung-kyu Lee\* · Seung-jae Lee\*\* · Young-sik Kim\*\* · Joong-koung Choi\*

Mu-hun Park\*

\*Changwon National University · \*\*Pyung Hwa System & Engineering Co.,Ltd

E-mail : meddugi723@nate.com

## 요 약

무인 운반설비의 자동화 시스템 개발의 한 부분으로써 여러 Vision 센서 중 레이저 센서를 이용하여 작업공간상에 있는 판재류와 코일류의 경계부분을 인식한다. 다음으로 인식한 물체의 경계를 이용하여 3차원 공간상의 위치좌표를 추출하여 무인크레인에 이동해야할 위치좌표를 전달한다. 본 연구에서는, 첫 번째 레이저 센서를 이용한 물체의 경계 추출, 두 번째 레이저 센서의 z축 기울기 각 추출, 세 번째 인식한 경계를 이용하여 물체의 2차원 위치좌표 추출, 네 번째 레이저 센서를 이용하여 판재와 코일의 판별, 다섯 번째 물체 판별의 결과에 따른 판재와 코일의 3차원 위치좌표 추출을 목적으로 한다. 본 연구의 결과는 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 상당한 도움이 될 것으로 기대된다.

## 키워드

레이저 센서, Slat, Coil, 경계, 3차원 위치좌표, 자동화 시스템

## I. 서 론

레이저 센서는 레이저를 이용하여 센서에서 레이저를 발생 시킨 후 목표물에서 반사되어 되돌아오는 파장을 측정하여 목표물까지의 거리를 측정하는 센서이다. 과거에는 레이저 거리 측정 기술이 장비 및 부품의 가격이 비싸고 기술적인 난이도 때문에 주로 군사용으로 사용되었다. 최근에는 레이저 거리 측정 기술이 군사용뿐만 아니라 산업용으로도 널리 사용되고 있다. 레이저 거리 측정 기술이 산업용으로 사용되기 위해서는 정밀도, 신뢰도, 소형화와 경량화가 필수적이다. 레이저 센서는 산업 현장의 자동화 무인 시스템, 선박 접안 시 배의 파손을 막기 위한 거리 측정, 무인 과속 감지기, 차량 충돌 방지 시스템 등에 적용 가능하며, 그 밖에도 여러 분야에서도 적용 가능하다. 산업용 레이저 센서의 경우는 군사용에 비해 측정 거리가 1km 이내로 짧고 측정오차도 1~15mm 이내를 요구하고 있다.

레이저 센서는 빛의 직진성과 높은 반사율의 특성 때문에 정밀한 거리 측정이 가능하다. 그러나, 반사되어 돌아오는 빛의 세기는 거리 및 반사

물체의 표면 상태에 따라 변화가 심하여 빛의 세기의 강약에 의한 측정 오차 변동 폭이 크게 나타난다. 이런 경우 측정횟수를 늘려 그 평균값을 구하여 오차 폭을 감소시킬 수 있으나, 측정횟수에 비례하여 측정시간이 증가하여 고속측정이 요구되는 설비에서는 적절치 않다.[1]

본 논문에서는 SICK사의 LMS-200 레이저 센서를 이용하여 작업공간상에 있는 Slat와 Coil의 3차원 위치좌표 추출방법을 제시한다. 이 과정에서 레이저 센서에서의 경계추출과 z축 기울기 각 추출, 2차원 위치좌표 추출, Slat와 Coil의 판별방법에 대해서도 거론한다.

통신방식은 RS232와 RS422 두 방식이 모두 가능하지만 RS232 시리얼 통신 방식을 이용하여 Data 값을 받고 물체의 형상인식 모듈은 Visual Basic 6.0(이하 VB)을 통해 구현한다.

## II. 시스템 구성

본 연구에서의 시스템은 다음과 같은 구성을 가진다. 아래에서는 전반적인 Layout과 레이저

센서, 인식 물체 및 Tilting 장치, 시현 공간에 대해서 설명한다.

**2.1 Layout**

“무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발”의 전반적인 Layout은 아래의 그림 1과 같다.

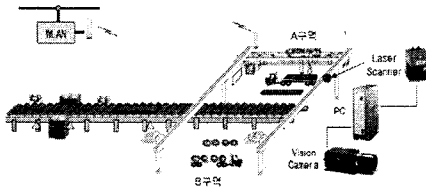


그림 1. Layout

작업공간은 A구역과 B구역 두 공간으로 나누어져 있고 두 종류의 Vision 센서가 눈이 되어 작업공간상의 물체를 인식한다. A구역에는 한 대의 레이저 센서가 설치되고 B구역에는 2대의 CCD(Charge Coupled Device) 카메라가 설치된다. 여기서는 두 개의 Vision 센서 중 레이저 센서에 관해서 다룬다.

**2.2 Laser Sensor 구성 및 원리**

연구에서 사용하는 레이저 센서는 SICK사에서 생산하는 2차원 레이저 센서로 2차원 물체 인식을 목적으로 생산된 제품이다. 하지만 3차원 위치좌표의 추출이 본 논문의 목적이기 때문에 2차원 레이저 센서인 LMS-200로 3차원 위치좌표를 추출하기 위해서 Tilting 장치를 레이저 센서에 부착해 주어야 한다. Tilting 장치에 관해서는 2.4에서 다룬다. 아래의 그림 2는 LMS-200의 외형을 보여준다.



그림 2. LMS-200

SICK사의 레이저 센서는 Size뿐만 아니라 센서의 Color에 따라 사용용도가 다르다. 크게 나누어 세 가지 Color를 나뉘지는데 Blue, Gray, Yellow이다. Blue Color의 경우는 실내에서 주로 사용되며 Gray Color에 비해 측정 거리가 상대적으로 짧지만 오차범위가 더 작다는 특성이 있다. Gray Color의 경우는 항만 및 제철소 같은 실외에서 형상인식 및 물체 감지에 주로 사용된다. Yellow

Color의 경우는 안전 관리와 관련된 산업 현장에서 주로 사용된다.

본 연구에서 사용한 레이저 센서는 Blue Color의 LMS-200으로 표 1은 그 특징을 나타낸다.

표 1. LMS-200의 특징

제품명	LMS-200(실내)
제품크기(mm) (가로×세로×높이)	155×210×156
하우징재질	Aluminum
작동전압	24V DC
보호구조	IP 65
사용온도	0℃~+50℃
무게	4.5kg
감지각도	180도
감지거리(m)	검정색: 10m, 하얀색: 30m
각도 분해능	0.25/0.5/1도
반응속도(ms)	53.33/26.33/13.33
거리 분해능	10mm
정확도	±15mm
인터페이스	RS232/422
데이터 처리속도	RS232: 19.2KBd RS422: 38.4/500KBd
광원형태(Laser)	Infra-red(905nm)
사용장소 및 특징	보안/주행/로봇제어용

**2.3 인식 물체**

레이저 센서를 통하여 인식해야 하는 물체는 두 종류로 첫 번째가 Slat이고 두 번째가 Coil이다. 그림 3과 그림 4는 Slat과 Coil의 외형을 보여준다.



그림 3. Slat의 외형

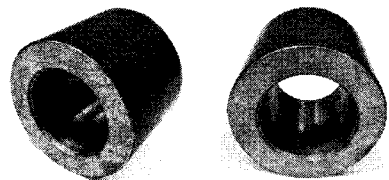


그림 4. Coil의 외형

Slat는 두께를 달리하며 Test를 하였고 Coil은 놓는 방향을 달리하여 Test를 하였다. LMS-200의 오차범위가 ±15mm인 걸 감안하여 Slat의 Test에는 최소 20mm의 두께를 사용하였다.

**2.4 Tilting 장치**

틸팅(tilting) 장치는 레이저 센서의 뒷면에 부

착되어 센서의 z각을 변화시켜주는 장치를 말한다. SICK사에서 제공하는 것은 Tilting 장치가 아니라 Mounting 장치로써 3차원 위치좌표를 추출하기에는 적합하지 않았다. 그래서 별도의 Tilting 장치를 제작할 필요가 있었다. Tilting 장치는 단순히 레이저 센서를 고정해주는 Mounting의 기능에 센서를 상하로 움직여주는 Tilter의 기능을 더한 것으로 보면 된다. Tilting 장치의 상하 운동은 스텝 모터를 사용하여 제어한다.

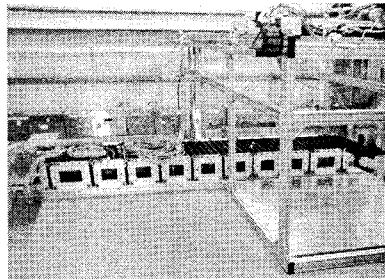


그림 7. 프로토타입의 시현공간

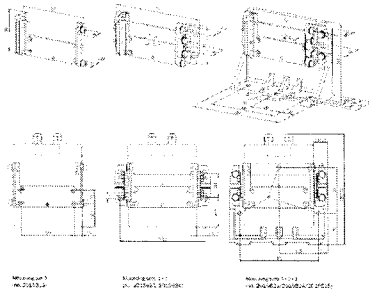


그림 5. SICK사의 Mounting Set

그림 5는 SICK사에서 제공하는 Mounting Set를 보여주고 표 2는 Tilting 장치 제작 시 고려해야 할 사항을 나타낸다.

표 2. Tilting 장치 제작 시 고려사항

고려 사항
Laser 센서의 Centre of the mirror wheel과 Tilting 장치의 Rotation Point가 동일 직선상에 있어야 한다.

### 2.5 시현공간

시현공간은 Slat과 Coil을 놓고 실험을 할 공간이다. 프로토타입으로 분리와 조립이 가능하여 이동이 용이하다. 그림 6은 시현공간의 CAD도안이고 그림 7은 제작된 시현공간이다.

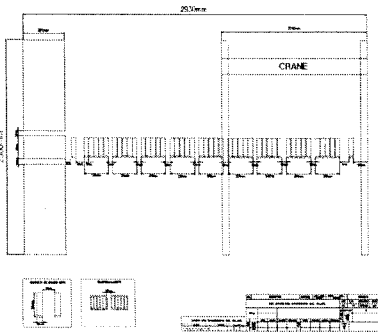


그림 6. 시현공간의 CAD도안

## III. Slat과 Coil의 3차원 위치좌표 추출방법

### 3.1 물체의 경계 추출방법

레이저 센서를 이용하여 물체의 3차원 위치좌표를 추출하기 위해서는 우선 물체의 경계부터 추출해야 한다. 여기서의 경계는 일반 영상이미지에서 말하는 Edge와 같은 의미를 가지지만 추출 방법은 다르다.

0도에서 180도까지의 스캔 영역 중 범위 내에 물체가 존재하지 않는다면 그림 8의 B영역과 같이 나타나고, 물체가 존재한다면 A영역처럼 나타난다. 우리는 A영역과 같은 경우에서 경계를 추출한다.

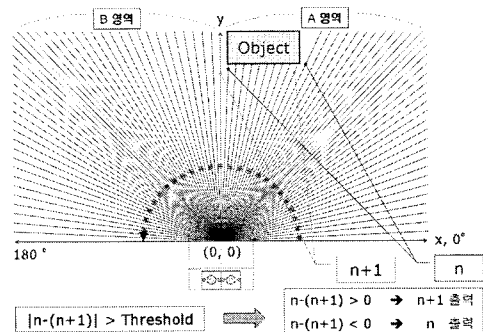


그림 8. 물체의 경계 추출

그림 8을 보면 A영역에서 물체(Object)가 인식되었다. 물체가 있으면 물체가 없을 때보다 거리 값이 짧게 추출된다. 이 같은 상황에서 물체의 경계는 물체가 처음 인식되었을 때의 거리 값과 맨 마지막에 인식되었을 때의 거리 값이 된다. 우리는 두 개의 거리 값을 비교하여 물체의 경계를 추출할 것이다. 두 거리 값 중 첫 번째를 n이라고 하고 두 번째를 n+1이라 가정을 한다. 물체의 경계를 추출하기 위해서 2가지 과정을 거친다. 우선적으로 n과 n+1의 차의 절대 값이 세팅 시 설정한 Threshold 값보다 큰지를 확인한다. 다음으로 n과 n+1의 부호를 확인하여 그 값이 양이면 n+1을 음이면 n을 경계로 추출한다. 이와 같은 방식



음과 같다.

x좌표  $\overline{OD}$ 는  $\triangle ABC$ 에서  $\overline{AB}$ 의 길이와 같다.

$$\overline{OD} = \overline{AB} = \overline{AC} \cos(\theta_x) \quad (1)$$

여기서  $\overline{AC}$ 는 센서에서 경계까지의 거리를 나타내고  $\theta_x$ 는 경계의  $x$ 각을 나타낸다.

y좌표  $\overline{CD}$ 는  $\triangle BCD$ 에서 센서의  $z$ 각을 이용하여 구한다.

$$\overline{BC} = \sqrt{AC^2 - AB^2} \quad (2)$$

$$\overline{CD} = \overline{BC} \sin(\theta_z) \quad (3)$$

여기서  $\overline{BC}$ 는 x좌표에서의 경계까지의 거리 값으로 피타고라스의 정리를 이용하여 구하고  $\theta_z$ 는 센서의  $z$ 축 기울기 각을 나타낸다.

그림 13은 Slat과 Coil 이외의 물체인 휴지통을 통한 2차원 위치좌표 추출 예를 보여주고 그림 14는 그 결과를 보여준다. 그림 14에서 좌측 하단의 네모 박스는  $x\_center$ 와  $y\_center$  값으로 휴지통의 2차원 위치좌표를 나타낸다.

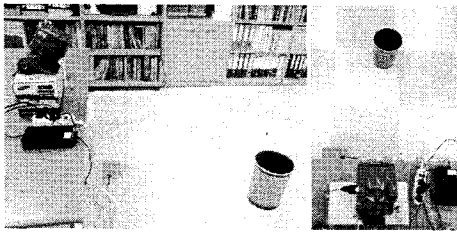


그림 13. 2차원 위치좌표 추출 예 - 휴지통

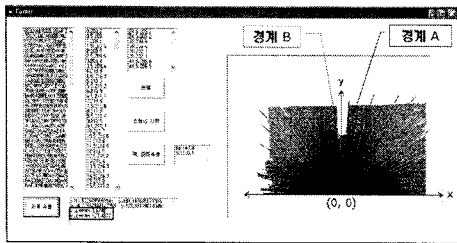
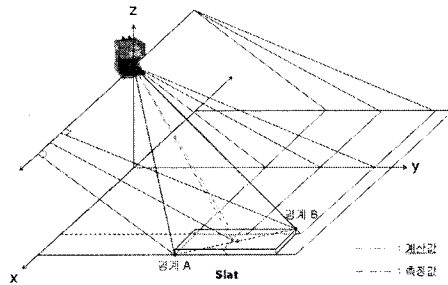


그림 14. 2차원 위치좌표 추출 결과 - 휴지통

### 3.4 Slat과 Coil의 판별방법

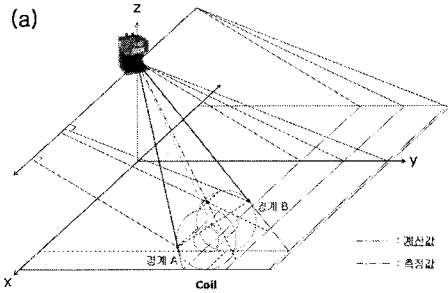
레이저 센서를 통해 인식하는 물체는 Slat와 Coil 두 종류이다. 물체의 2차원 위치좌표 추출에서는 두 물체의 판별이 필요하지 않지만 3차원 위치좌표 추출 시에는 판별과정이 필요하다.[2] 왜냐하면 Slat와 Coil의  $z$ 좌표 추출방법이 다르기 때문이다. Slat의 경우 추출된 경계 중 어느 한곳에서의 높이 값을 그대로 사용하면 쉽게  $z$ 좌표 값을 구할 수 있지만, Coil의 경우는 다르다.

Slat의 경우는 전자석을 이용하여 물체를 들어 올리지만, Coil의 경우는 후크를 이용하여 중앙의 홈에 걸어서 들어올린다. 그래서 Coil의 경우는 Slat와는 달리  $z$ 좌표 값을 반으로 나뉘준다. 이 내용은 3.5 물체의 3차원 위치좌표 추출에서 적용된다.

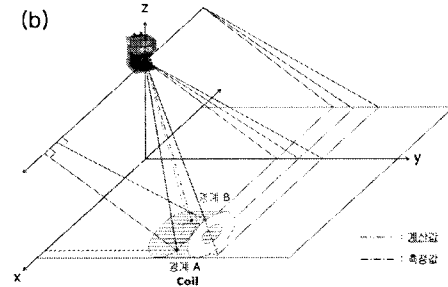


$|\text{계산값} - \text{측정값}| < \text{Threshold} \rightarrow \text{Slat}$

그림 15. Slat 판별



(a)



$|\text{계산값} - \text{측정값}| > \text{Threshold} \rightarrow \text{Coil}$

그림 16. Coil 판별 - (a) Case 1, (b) Case 2

여기서, 계산 값은 경계 A와 경계 B의 거리 값을 합한 후 1/2을 한 값이다. 측정 값은 경계 A와 경계 B가 가지는 각좌표의 중간좌표에서의 거리 값이다.

### 3.5 물체의 3차원 위치좌표 추출방법

물체의 2차원 위치좌표 추출방법과 Slat와 Coil의 판별을 이용한  $z$ 좌표의 추출방법을 통합하면 물체의 3차원 위치좌표를 추출할 수 있다.[3][4]

해당 영역에서 맨 처음 추출되는 경계 A와 맨 마지막에 추출되는 경계 B를 통해 물체의 2차원 위치좌표(x, y)를 구하고 두 경계의 거리 값과 각좌표 값을 이용하여 물체를 판별한 후 z좌표를 구한다. 실제 실험에서 Slat는 그림 15와 같이 세팅하였고 Coil은 그림 16의 Case 2로 세팅하였다. Case 1의 경우 Case 2에 비해 2차원 위치좌표와 z좌표 추출에서 정확한 좌표 추출이 어렵다. 이는 향후 보완해야할 사항으로 남겨둔다.

Slat의 z좌표는 물체의 경계 중 어느 것을 이용하여도 구할 수 있지만 Coil의 경우는 x좌표가 x\_center라는 조건하에서 경계 A와 경계 B의 y좌표 범위 내에서 구할 수 있다. 본 연구에서는 다른 경계는 고려하지 않고 Slat과 Coil 모두 경계 B에서 z좌표를 구하였다. Slat는 z좌표를 그대로 사용하고 Coil은 1/2값을 사용한다.

그림 17은 물체의 3차원 위치좌표 추출의 전반적인 과정을 보여준다.

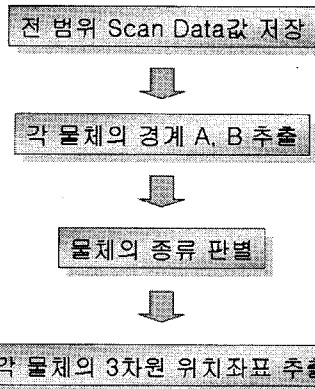


그림 17. 3차원 위치좌표 추출 과정

그림 18은 Tilting 장치의 설치가 어려운 환경에서의 실험을 위한 레이저 센서 지지대이다.



그림 18. Laser 센서 지지대

#### IV. 실험 및 결과

##### 4.1 Slat의 3차원 위치좌표 추출 결과

그림 19는 Slat의 3차원 위치좌표 추출 환경을 보여준다. 프로토타입으로 제작된 시험공간의 A 구역에 Slat를 놓고 실험을 실시하였다.

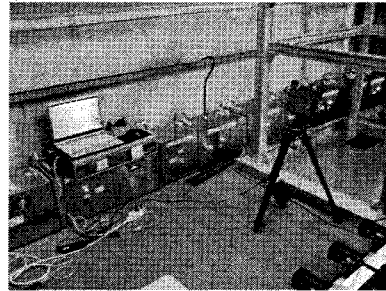


그림 19. Slat 실험 환경

그림 20은 물체를 이동시키기 위해 제작된 천장 기중기 OHC(Over Head Crane)의 작동모습으로 Slat의 이동에는 전자석을 이용한다.

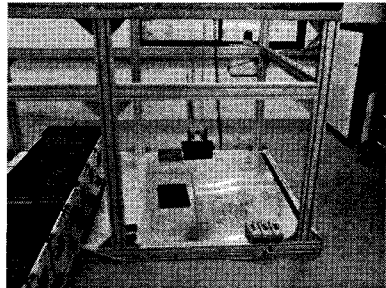


그림 20. OHC 작동모습 - 전자석

그림 21은 Slat의 3차원 위치좌표 추출 결과이고 표 4는 그 결과를 정리한 것이다.

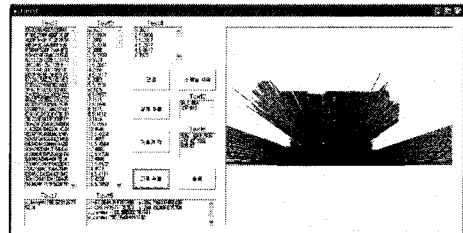


그림 21. Slat 위치좌표 추출 결과

표 4. Slat 실험 결과 정리

Slat 실험 결과	
경계 A의 좌표	(-67.07, 786.72)
경계 B의 좌표	(-266.69, 799.39)
Slat의 x좌표	-166.88
Slat의 y좌표	793.05
Slat의 z좌표	1.89

##### 4.2 Coil의 3차원 위치좌표 추출 결과

그림 22는 Coil을 그림 16의 Case 2의 조건으로 놓아둔 모습이다.

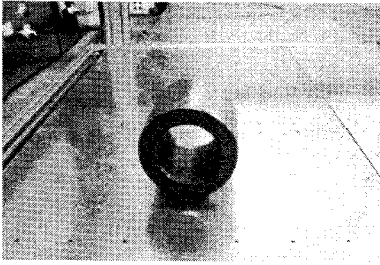


그림 22. Coil의 Case 2 세팅

Coil의 위치좌표를 OHC에 전송하면 후크로 Coil을 걸어서 그림 23과 같은 방법으로 이동시킨다.

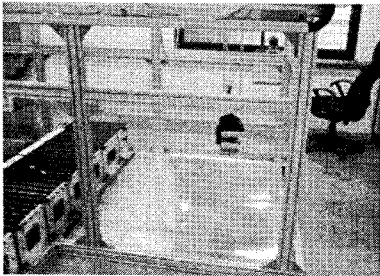


그림 23. OHC 작동모습 - 후크

그림 24은 Coil의 3차원 위치좌표 추출 결과이고 표 5는 그 결과를 정리한 것이다.

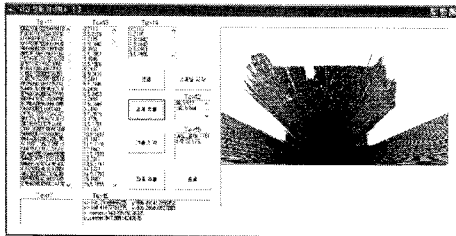


그림 24. Coil 위치좌표 추출 결과

표 5. Coil 실험 결과 정리

Coil 실험 결과	
경계 A의 좌표	(-101.23, 886.49)
경계 B의 좌표	(-180.42, 809.29)
Coil의 x좌표	-140.83
Coil의 y좌표	847.89
Coil의 z좌표	14.83/2 즉 7.42

## V. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 “무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발(과제 NO: 70002072)”의 한 부분으로

써 두 개의 Vision 센서 중 레이저 센서를 이용하여 작업공간상에 놓여져 있는 Slat와 Coil의 3차원 위치좌표를 구하였다. 이 과정에서 레이저 센서를 이용한 센싱(Sensing)에서의 경계를 정의 및 추출하였고 z축 기울기 각도 구하였다. 뿐만 아니라 레이저 센서를 이용하여 Slat와 Coil을 판별하는 방법도 제안하였다.

LMS-200 레이저 센서의 오차범위가  $\pm 15\text{mm}$ 인 것을 감안했을 때 실험의 결과는 만족스럽다. 다만 이번 연구에서는 0도에서 180도까지 0.5도 간격으로 스캐닝을 하였는데 다음 연구에서는 정확도를 더 높이기 위해 0.25도 간격으로 스캐닝을 할 계획이다. 스캐닝 간격이 2배로 늘어나기 때문에 소요시간도 2배로 늘어나는 문제가 발생하지만 현재 VB로 구현된 모듈의 불필요한 부분을 생략하고 코드를 간략화 하여 보완할 생각이다.

본 논문의 내용에는 다루지 않았지만 스캐닝 과정 중 불규칙하게 발생하는 Noise 성분 제거방법에 대해서도 연구를 계속하고 있다. 다음 연구에서는 스캐닝 간격을 2배로 하고 Noise 성분을 제거하여 보다 신뢰성 높은 결과를 추출해 낼 것이다.

본 연구는 2007년도 지식경제부(전 산업자원부)에서 지원하는 지역산업 공통기술개발의 일환으로써 연구되었다.

## 참고문헌

- [1] 배영철, 김이곤, 박종배, 김천석, 조의주, 서종주, 이지모프, 구영덕, “고정밀 레이저 거리계측기 개발에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회논문지, 제10권 제12호, pp. 2296~2302, 2006
- [2] 김낙훈, “비전을 통한 물체인식과 분류에 관한 연구”, 전남대학교 산업대학원 석사학위논문, 2002
- [3] P. J. Besl and R. C. Jain, “Three - Dimensional Object Recognition”, ACM Computing Surveys Vol. 17, No. 1, pp. 75~145, 1985
- [4] F. Y. Liao, “Multiple-View Approach to 3-D Object Recognition”, Ph. D. Dissertation, 1990
- [5] 홍성균, 김연술, 이희관, 공영식, 양균의, “레이저 스캐너를 이용한 측정 시 오차감소에 관한 연구”, 한국공작기계학회 추계 학술대회 논문집, pp. 393~398, 2002
- [6] Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods, “Digital Image Processing”, 그린출판사, pp. 418~479, 1998
- [7] 오송석, 김영덕, 정철복, 이재광, 장재필, “한글 비주얼베이직 6.0”, 형설출판사, 2004