

# 다중 레이저 선을 이용한 비전 센서를 통한 고속 용접선 추적 시스템

## High speed seam tracking system using vision sensor with multi-line laser

성기은\*, 이세현\*\*

\*한양대학교 공과대학 기계공학부 대학원

\*\*한양대학교 공과대학 기계공학부

### ABSTRACT

A vision sensor measure range data using laser light source. This sensor generally use patterned laser which shaped single line. But this vision sensor cannot satisfy new trend which needs faster and more precise processing. The sensor's sampling rate increases as reduced image processing time. However, the sampling rate can not over 30fps, because a camera has mechanical sampling limit. If we use multi line laser pattern, we will measure multi range data in one image. In the case of using same sampling rate camera, number of 2D range data profile in one second is directly proportional to laser line's number. For example, the vision sensor using 5 laser lines can sample 150 profiles per second in best condition.

### 1. 서론

레이저 패턴을 광원으로 사용하여 거리 정보를 얻는 시각센서는 일반적으로 하나의 선모양의 패턴을 사용한다. 그러나 이러한 시각센서로는 점점 더 빠르고 정확한 처리를 원하는 경향을 만족시킬 수 없었다. 화상처리 시간을 단축하더라도 카메라자체의 하드웨어적인 한계가 있기 때문에 특수한 카메라를 사용하는 경우를 제외하고는 30fps를 넘기 어렵다. 그러나 레이저 패턴을 하나의 선으로 사용하지 않고 여러 개의 선을 사용할 경우 한 개의 화상에서 다수의 거리 정보를 얻을 수 있다. 같은 30fps라도 초당 얻을 수 있는 2차원 거리 정보는 사용되는 선의 수에 비례하여 늘어나게 된다. 이러한 레이저 비전 센서를 사용할 경우 일반 카메라를 사용하더라도 충분히 빠른 샘플링 속도를 얻을 수 있다.

연구에서는 평행한 복수의 선 패턴을 이용한 레이저 비전 센서를 개발하였다. 이 방법을 사용하면 한 번의 계측으로 복수의 2차원 거리 정보를 얻을 수 있고 이것을 통해 3차원 형상을 얻을 수 있다. 한 화상 속에 있는 다수의 선들을 구분해 내기 위해 화상처리과정과 처리된 화상으로부터 화상내의 강도에 대한 패턴 매칭 기법을 사용하여 각각의 선들을 분리해 내었다. 이렇게 분리된 각각의 선들은 다시 처리하여 필요한 3차원 정보를 추출하였다. 각각의 알고리즘의 최적화와 성능 평가를 위해 전체 시스템을 모델링 하여 시뮬레이션 시스템을 구축하였다.

### 2. 다중 레이저 선을 갖는 시각 센서(Multi-lines Laser Vision Sensor : MLVS)의 기본 원리

레이저 비전 센서는 기본적으로 광학 3각법을 통해 거리 정보를 얻게 된다. 이 광학3각법을 이용하기 위해서 기준이 되는 레이저 평면과 측정하는 CCD는 어떤 각을 이루어야 한다. MLVS의 경우 레이저를 각을 갖도록 경우 각각의 레이저 평면마다 출발점에서 측정점까지의 거리가 달라져 심한 강도 차이가 나타나고 이것은 각 레이저 평면이 생성하게 되는 레이저 선의 두께를 일정하게 유지할 수 없게 만든다. 따라서 MLVS의 경우에는 레이저 평면을 수직으로 세우고 CCD를 놓히는

방법을 사용한다. 레이저 평면을 지면에 수직하게 놓아도 중앙의 하나를 제외한 나머지는 각각 다른 각과 다른 CCD 와의 거리를 가지게 된다. 각각의 레이저 평면을 구분해서 보정해야 하며 실제 측정 시에도 각각을 모두 구분해야한다.

### 3. 화상 처리 및 3차원 모델링

레이저 비전 센서는 화상으로부터 원하는 정보를 이끌어내기 위해서 전처리 과정 및 레이저 선 인식 및 추출, 얻어진 거리 정보로부터 물체를 인식해야 한다. 이러한 작업은 레이저 비전 센서를 어디에 적용하는가에 따라 달라지게 된다. 예를 들면 용접선 추적에 사용할 것인지 회로기판 검사에 사용할 것인지에 따라 처리 방법은 큰 차이를 보이게 된다. 본 연구에서는 겹치기 이음의 용접선 추적에 적용할 수 있도록 화상 처리 및 3차원 모델링을 구현하였다.[1][2]

#### 3.1 화상 전처리

CCD로부터 얻어진 화상은 매우 복잡하고 스펙터의 궤적 같은 노이즈를 포함한다. 다중 레이저 평면을 생성하는 프리즘이 5 개의 평면만을 생성하는 것이 아니라 일정한 간격으로 무한대로 평면을 생성한다. 따라서 화상에는 항상 많은 레이저 선들이 나타나게 된다. 그리고 겹반사 등에 의한 효과도 다수 나타나게 된다. 이러한 노이즈들을 제거 혹은 약화시키기 위해서 향상된 미디언 필터를 적용한다. 이 필터는 레이저 선을 강화하고 노이즈는 약화하도록 특화 된 마스크를 이용한다. 이 필터는 식(1), (2), (3)으로 표현된다.

$$I_{new}(X,Y) = \frac{\sum_{Y-m}^{Y+m} \sum_{X-n}^{X+n} I_{raw}(X,Y)}{n+m} \quad (1)$$

$$I'_{new}(X,Y) = \begin{cases} I_{new}(X,Y) & : \text{if } \prod_{Y-a}^{Y+a} \prod_{X-a}^{X+a} I_{new}(X,Y) = 0 \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$I''_{new}(X,Y) = \begin{cases} \frac{\sum_{Y-a}^{Y+a} \sum_{X-a}^{X+a} I'_{new}(X,Y)}{(2a+1)^2} & : \text{if } \sum_{Y-a}^{Y+a} \sum_{X-a}^{X+a} I'_{new}(X,Y) = 0 \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이때  $I''_{new}(X)$  는 화상처리후 생성되는 새로운 이미지를 나타내고,  $I_{raw}(X)$  는 처리전의 이미지를 의미한다. n 은 x 축 방향으로 마스크의 픽셀수, m 은 y 축 방향으로의 마스크의 픽셀수를 나타낸다.

#### 3.2 선 분리 과정

앞에서 찾아진 화상으로부터 5 개의 레이저 라인을 구분해서 추출해야 한다. 이를 위해서 우선적으로 대비를 강하게 하기 위해서 개선된 이진화 기법을 사용하였다.

각각의 y 값에 대해서 식(4)를 이용하여 개선된 이진화를 수행한다.

이때  $I_{new}(X)$  는 화상처리후 생성되는 새로운 이미지를 나타내고,  $I(X)$  는 처리전의 이미지를 의미한다. n 은 y 축 방향으로 마스크의 픽셀 수 이다

이렇게 만들어진 화상을 레이저 선에 수직하도록 구역을 나누어 이 구역에서 레이저의 강도가

어떤 패턴을 형성하는 것을 찾는다. 레이저 선들은 대부분 연속으로 일정한 간격을 가지고 산봉우리 모양을 이루는 집합을 형성된다.

$$I_{new}(X,Y) = \begin{cases} 0 & \text{if } I(X_i, Y_j) < th\text{-value}_j, (j = 0L \ 480) \\ I(X_i, Y_j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{where, } th\text{-value}_j = \max \left[ \frac{\sum_{X_i-n}^{X_i+n} I(X_i, Y_j)}{n} \times 0.7 \right], (i = 0L \ 640)$$

이 과정을 전 영역에 적용하여 각각의 5개의 레이저 선을 찾게 된다. MLVS는 한 개의 화상에서 5개의 거리 정보를 얻게 된다. 이 거리정보를 가지고 3차원 모델을 구현하게 된다. 3차원 모델링을 하는 방법은 어떤 대상인가에 따라 달라지게 된다. 용접선 추적인 경우 겹치기 이음을 할 때에는 2개의 평면과 한 개의 곡선으로 모델링 하게 될 것이다.

#### 4. 용접선 추적 시뮬레이션

용접선 추적 시스템을 시뮬레이션 하기 위해서 실제 공정의 모델이 필요하다. 이 모델을 구하기 위해서 용접선 추적 시스템을 구체적인 부분과 추상적인 과정으로 나누었다. 구체적인 부분은 용접선 추적 시스템을 구성하는 용접 대상, 레이저 비전 센서, 로봇의 모델이고 추상적인 과정들은 용접선으로부터 레이저 비전 센서가 용접선을 추출하는 것을 모델링한 용접선 추출 과정과 레이저 비전 센서로부터 얻어진 정보를 통해 용접선을 어떻게 추적 할 것인지 결정하는 용접선 추적 알고리즘과 이로부터 명령을 받아 로봇을 구동하는 과정의 모델로 이루어진다.

Fig. 2와 같은 형상의 용접선을 용접하는 고속 용접선 추적 시스템에 있어서 용접선 추적 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Laser line수에 따른 용접선 추적 오차

Weld speed	10mm/sec(0.6MPM)		25mm/sec(1.5MPM)		40mm/sec(2.4MPM)	
	Mean	Max.	Mean	Max.	Mean	Max.
Single line	0.068mm	0.082mm	0.284mm	거의 불가능	0.509mm	불가능
Multi-line(5lines)	<0.01mm	0.01mm	<0.01mm	0.01mm	<0.01mm	0.011mm

고속 CCD가 아닌 일반적인 CCD를 사용하는 경우 기존의 레이저 비전 센서로는 추적 할 수 없는 고속 용접에 대해서도 다중 레이저 선을 적용한 레이저 비전 센서를 사용하면 용접선을 추적 할 수 있었다.

#### 5. 결론

본 연구를 통해서 기존의 레이저 비전 센서의 단점을 극복한 다중 레이저 선을 갖는 비전 센서를 개발하고 이것을 시뮬레이션을 통하여 빠른 속도와 높은 신뢰도를 필요로 하는 경우에는 MLVS가

더 좋은 성능을 갖고 있음을 보였다.

- MLVS에 적용하기 위한 화상 처리 알고리즘 및 3차원 계측 방법을 개발하였다.
- MLVS를 실험에 적합 하도록 설계, 제작 하였다.
- MLVS를 시뮬레이션을 통하여 용접선 추적에 대해서 적용하여 MLVS가 기존의 센서보다 나은 성능과 새로운 유용한 기능들을 가지고 있다는 것을 보였다.

참고문헌

1. G. X., Ritter, J. N., Wilson, and J. L. Davidson : Image algebra: An over view, Computer Vision, Graphics and Image Processing, 49(1990), pp297-331
2. V. B. Anand : Computer graphics and geometric modeling for engineers, John Wiley & Sons, 1993
3. C. P. Keferstein and M. Marxer : Test ing bench for laser triangulation sensors, Sensor Review, 18-3(1998), pp183-187
4. N. E. Pears, : Modeling of a scanning range sensor for robotic applications, Advanced Robotics, 13-5(1999), pp549-562
5. K. Sung and S. Rhee : Development of multi-line laser vision sensor and welding application, 대한용접학회 추계학술대회 개요집, 2001

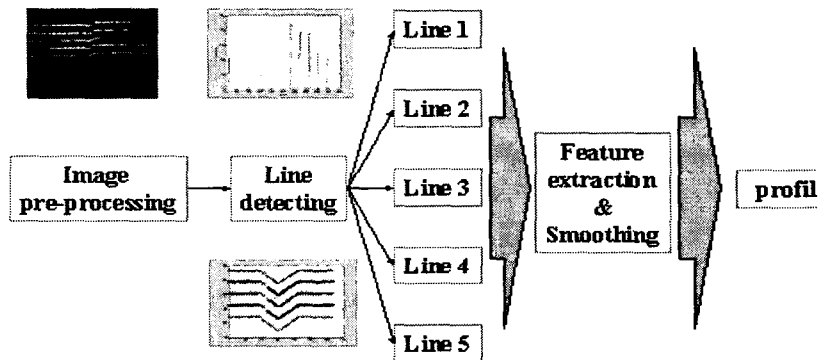


Fig. 1 Flow chart of image processing

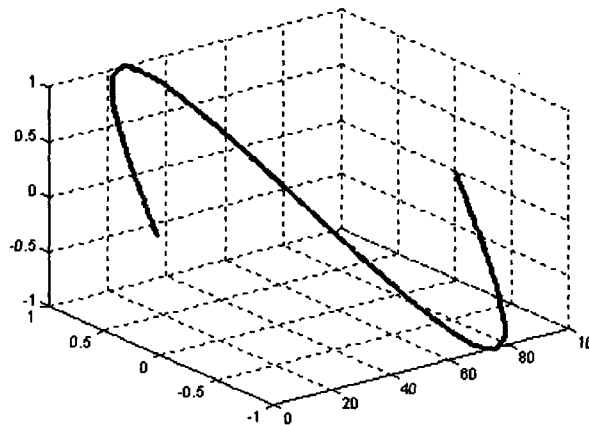


Fig. 2 Seam model data