

## 적응형 비접촉 형상 검사에 관한 연구

# A Study on Adaptable Non-contact Shape Inspection System

강영준\*<sup>†</sup>, 박낙규\*, 이동환\*

Young-June Kang\*<sup>†</sup>, Nak-Gyu Park\* and Dong-Hwan Lee\*

초록 물체의 형상검사를 위한 검사 방법 가운데 광삼각법을 이용한 레이저 삼각검사 방식은 원격 비접촉식의 고정밀, 고속 측정이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 레이저 삼각측정 방식은 평면 뿐만 아니라 경사면에 위치한 홀의 길이를 측정하는데 이용하고 있다. 그러나 기존의 방식으로는 렌즈의 초점 거리가 정해져 있었으므로 한정된 영역만을 측정할 수 있다는 단점이 있었다. 이러한 문제는 CCD 카메라와 측정 대상체 사이의 거리를 변화시키는 간단한 방법으로 해결할 수 있다. 이를 원리로 좀더 효율적인 방식을 채택한 것이 가변적인 초점 거리를 갖는 줌 렌즈를 사용하는 방법이다. 본 논문에서는 가변적인 초점 거리를 갖는 줌렌즈를 사용함으로써 측정 물체의 크기에 따라 렌즈 배율을 최적화하여 개선된 분해능을 갖는 형상측정 시스템을 제안하였고 정밀도의 향상을 실험적으로 실증하였다.

**주요용어:** 선형 레이저빔, 광삼각법, 비접촉 계측, 치수측정

**Abstract** A new dimension measuring method for the measurement of diameter of an object has been developed using laser triangulation. The 3 D data of an object was calculated from the 2 dimensional image information obtained by the laser stripe using the laser triangulation. The system that use existing theory can measure the diameter of hole not only in a normal plane but also in an incline plane. However, in the existing theory, since the lens with fixed focal length was used, the area of measurement was fixed. The simplest way to solve this problem is to change distance between a CCD camera and object. Other way is to use a zoom lens having variable focal length. In this paper, the zoom lens with variable focal length was used. Therefore, we can experiment with magnification that is optimized according to size of object using zoom lens with variable focal length.

**Keywords:** A laser stripe, Laser Triangulation, Non contact measurement, Dimension measuring

### 1. 서 론

주어진 물체의 형태나 길이 등을 계측하는 기술은 제품 검사자동화[1] 및 머신 비전(machine vision)[2] 시스템의 개발에서 중요한 문제 중의 하나이다. 광학적인 방법을 이용한 길이 측정 장치는

원격 비접촉식의 고정밀 측정이 가능한 장점 외에도 병렬측정이 가능하여 동시 신호처리가 용이하고 비교적 큰 대상체에도 활용할 수 있다는 등 실용성이 높다. 일정한 형태의 빛을 측정 대상체에 조사하여 길이를 측정하는 광학적 방법 중에서 선모양의 레이저빔을 이용한 삼각 측정 장치는 경제적이

며, 설치가 간단하고 고속측정이 가능하여 많이 사용되고 있는 방법이다.

본 연구의 목적은 기존의 2차원검사 시스템에서 측정할 수 없었던, 측정 대상체가 굴곡과 같은 경사진 면에 있는 경우 경사진 면에 대해 측정을 하기 위해 선모양의 레이저빔을 조사하고, CCD카메라에 획득된 2차원적인 영상정보를 3차원화하여 경사를 가지는 측정 대상체의 경우에도 측정이 가능하도록 한다. 또한, 가변초점 거리(variable focal length)를 가지는 줌렌즈를 사용하여 하나의 렌즈만으로 측정 대상체와 CCD 카메라 사이의 거리를 변화시키지 않고 측정 대상체가 큰 경우에는 초점 거리를 짧게 하여 전체적인 영역을 측정하고 측정 대상체의 일부분만을 측정할 때에는 초점 거리를 길게 하여 측정하고자 하는 영역을 확대하여 원하는 정밀도를 얻고자 하는 데 있다[3].

## 2. 이론

### 2.1. 광 삼각측정법의 기본 원리

레이저 삼각측정 방식의 기본원리[4]는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서  $n$  은 레이저 입사각,  $\theta$ 는 CCD카메라의 관측각도이며,  $m(m = f'/f)$ 은 배율이며(여기서  $f$ 는 렌즈에서 물체까지의 거리,  $f'$ 는 렌즈에서 기준선까지의 거리이다.),  $y'$ 는 CCD카메라를 통하여 획득한 영상에서 추출한 높이값이다. 그러므로 영상삼각형의 높이정보와 대상체 삼각형의 기준선에 대한 상대적인 높이정보  $Z$ 는 식 (1)과 같은 관계가 성립된다.

$$y' \approx mZ \frac{\sin(n+\theta)}{\cos(n)} \quad (1)$$

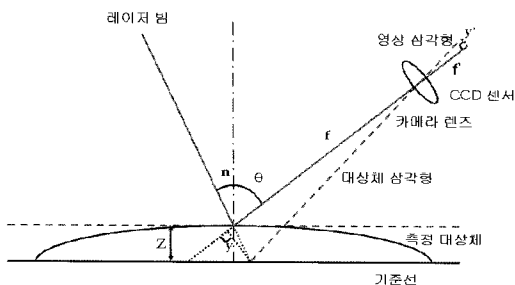


Fig. 1 Triangulation principle

Fig. 2는 선모양의 레이저빔을 측정 대상체에 조사할 때 기준면에 대한 물체 표면의 높이 정보에 따른 변형된 레이저빔 형태를 보여준다. 측정 대상체에 조사된 선모양을 한 레이저빔 영상의 각 점은 그 위치에서의 높이 정보에 의해 기준면의 수직방향으로 변형된다. 높이의 변화에 의하여 변형된 이 선모양을 한 레이저빔의 영상을 CCD카메라로 획득하여 높이정보를 추출하게 된다. 측정 대상체 홀의 직경을 결정하기 위해서는 측정 대상체를 이동하거나 [5], 레이저빔을 이동함[6,7]으로써 대상체 전체를 스캔하여 지름이 되는 빔을 선택하게 된다.

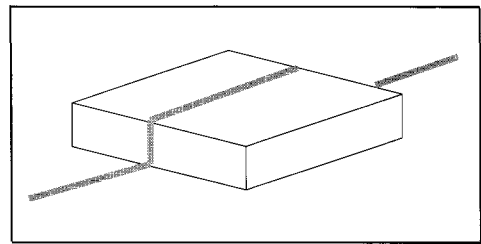


Fig. 2 Laser stripe

### 2.2. 시스템의 측정 원리

선형 레이저빔을 물체에 조사하면 CCD카메라는 레이저빔에 대해 2차원 영상을 얻게 된다. 평면의 물체에 대해서는 CCD카메라에 의해 얻어진 2차원 영상을 이용해 홀의 길이를 측정할 수 있지만, 측정 대상체가 평면이 아닌 경사진 면을 가진 경우나 물체의 높이가 일정하지 않은 경우에 단순히 2차원 화면에서 얻어진 결과로 측정을 하게 되면 많은 오차를 가지게 되고 신뢰성 있는 측정값이라고 할 수 없다. 왜냐하면 물체와 카메라와의 거리에 따라 CCD카메라에서의 영상은 같은 길이를 놓고 봤을 때 확대 또는 축소되어 보이기 때문이다. 따라서 물체와 CCD 카메라와의 거리에 따라 달라지는 요소들에 대해서도 고려해야 한다[8].

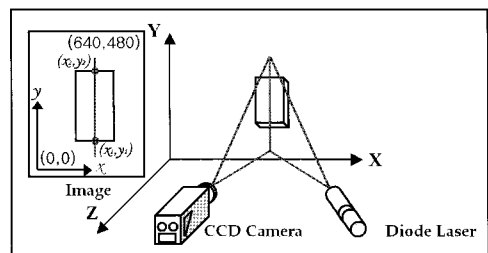


Fig. 3 Configuration of basic optical system

이런 문제를 해결하기 위해 Fig. 3처럼 측정 대상체에 선형법을 조사하고 CCD카메라에서 영상을 획득하여 획득된 영상을 이미지 처리하여 측정 대상체의 양 끝점, CCD카메라상의 픽셀좌표( $x_i, y_i$ ), ( $x_2, y_2$ )를 얻게 된다.

### 2.2.1. 물체 높이와 픽셀 좌표의 관계

기준면과 CCD 카메라와의 거리가 변할 경우 앞의 이론에서 살펴본 바와 같이 선형 레이저법은 CCD 카메라상의  $x$  축 방향으로 이동을 하게 된다. 따라서 본 시스템에서의 CCD 카메라 픽셀좌표  $x$  는 그 물체의 높이정보( $Z$ )를 포함하게 된다. 물체의 높이( $Z$ )와  $x$  축 픽셀 좌표간의 일반적인 관계식을 식 (2) 같이 정의할 수 있다. 여기에서  $Z$  값은 측정 기준면에 수직인 법선과 조사되는 Diode Laser의 각도에 의해 영향을 받는다.

$$Z = C_n x^n + C_{n-1} x^{n-1} + \dots + C_1 x + C_0 \quad (2)$$

위의 식 (2)에서  $n$  값이 크면 클수록 정확도는 높아지지만 식의 차수가 높아져서 계산에 어려움이 있고, 반대로  $n$  값이 작으면 계산은 비교적 용이해지지만 정확도는 떨어지게 된다. 그러므로 적절한  $n$  값을 설정해야 한다.

이  $x$  좌표값으로부터 측정 대상체의 측정 좌표를 공간좌표로 변환할 수 있도록 하기 위해서는 계수  $C_n$  값을 구해야 한다. CCD카메라와 기준면 사이의 거리를 계속 변화시켜가면서 각 거리에 해당하는 CCD 카메라의 픽셀 상의 좌표값을 이용하여 물체의 높이에 따른 선형 레이저법의 좌표와의 관계를 통하여  $C_n$  값을 구할 수 있다.

### 2.2.2. 물체 높이와 픽셀수의 관계

CCD 카메라와 측정 대상체와의 거리에 따라 물체는 실제의 크기보다 확대 또는 축소되어 보이게 된다. 즉, 같은 길이의 물체라도 멀리 떨어져 있으면 작게, 가까이 있으면 크게 보인다. 이는 같은 길이의 물체더라도 CCD 카메라와 물체와의 거리에 따라 CCD 카메라에 대응하는 픽셀수의 차이를 갖게 된다는 것을 의미한다.

따라서 물체의 각 높이에 따라 한 픽셀이 공간상에서 실제로 어느 정도의 길이에 대응을 하는 지에 대해 알 필요가 있다. 한 픽셀 당 길이를 구하기 위

해서는 측정기준면에 눈금자를 각 부분에 붙여놓고 측정 기준면과 CCD카메라와의 거리 변화에 따른 단위 길이 당 픽셀수를 먼저 구해야 한다. 단위 길이 당 픽셀수를  $a$ 라 하면  $a$ 는 CCD카메라와 측정 기준면 사이의 거리  $Z$ 에 관한 함수로 표현될 수 있다. 다음 식은  $a$ 를  $Z$ 에 관한 함수로 표현한 식이다. 이 식에서  $D$ 는 배율과 관련이 있는 값이다.

$$a = D_n x^n + D_{n-1} x^{n-1} + \dots + D_1 x + D_0 \quad (3)$$

카메라 좌표상의 한 픽셀길이를 실제 공간상에서의 거리로 환산하기 위해서는 한 픽셀이 측정할 수 있는 길이가 필요하다. 식 (3)에 역수를 취해 한 픽셀당 길이에 관한 식 (4)로 나타내었다.

$$l = 1/a \quad (4)$$

측정 대상체를 스캔하여 측정하고자 하는 두 점을 잡고, 이 두점 사이의 거리를 구하기 위해, CCD 카메라에서 얻어진 2차원 좌표를 공간상의 3차원 좌표 ( $X_1, Y_1, Z_1$ ), ( $X_2, Y_2, Z_2$ )로 변환시켜야 한다. 여기에서  $Z$  좌표의 경우는 식 (2)를 그대로 활용할 수 있으나  $X, Y$  좌표에 대해서는 다음과 같이 고려해야 한다.

공간상의  $X, Y$  좌표를 구함에 있어서 CCD 카메라 상의 한 점 ( $x, y$ )에서  $l$ 은  $x$  좌표에 의해 결정되고, 측정면이 같은 높이라면 공간상의 좌표  $X$ 축 방향과  $Y$ 축 방향으로 같은 값을 가지게 되므로, 결과적으로 한 점 ( $x, y$ )에서의  $l$ 의 값은  $X$ 축 방향이나  $Y$ 축 방향으로 모두 같은 값을 갖게 되므로 CCD 카메라상에서 획득된 2차원 좌표의 실제 공간상에서의 3차원 좌표로의 변환 값은 CCD 카메라에서 획득된 2차원 좌표를 이용하여 식 (4)에서 구한  $l$  값으로 얻어질 수 있다.

그러나  $l$  값을 이용하여 CCD 카메라상의 한 점 ( $x, y$ )를 공간상의 한 점 ( $X, Y$ )로 변환함에 있어 기존의 이론에서는 실제 공간상의  $X$ 좌표는 CCD 카메라의 픽셀좌표에 공간으로의 좌표로 변환시킬 수 있는 값인  $l$ 을 곱하여 구할 수 있고  $Y$ 좌표 역시 같은 방법으로 구할 수 있다. 따라서 CCD 카메라에서의 픽셀 좌표값 ( $x, y$ )를 공간상의  $X, Y$  좌표값으로 변환시, 식 (5)와 (6)을 사용하였다.

$$X = lx \quad (5)$$

$$Y = ly \quad (6)$$

그러나 측정하고자 하는 두 점은 같은 평면 위에 존재하는 점들이 아니라 서로 다른 평면에 존재하

는 점들이기 때문에 각각 서로 다른 기준 평면을 가지는 두 점들의 좌표를 가지고 두 점 사이의 거리를 비교하기에는 무리가 있다.

따라서 CCD 카메라 픽셀과 공간상에서의 변하지 않고 항상 일치하는 기준점이 필요한데, 그 기준점은 바로 CCD 카메라 픽셀상의 정 중앙점이다. 이 기준점은 CCD의 관측방향과 기준면이 수직하다면 CCD 카메라와 측정 기준면 사이의 거리 변화에 상관없이 언제나 같은 위치를 유지하므로 위의 식 (5)과 (6)을 다음과 같은 식으로 바꿔 쓸 수 있다.

$$X = l(A_x - x) \tag{7}$$

$$Y = l(A_y - y) \tag{8}$$

여기에서  $A_x, A_y$ 는 CCD 카메라에서 각 x,y 축에 해당하는 픽셀수의 절반값이다.

### 2.2.3. 두 점 사이의 거리

식 (4), (7), (8)을 이용하여 CCD 카메라상의 픽셀 좌표  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 를 공간상의 좌표  $(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2)$ 로 변환하고 이 공간 좌표를 이용하여 공간상의 두 점 사이의 거리를 구하는 식 (9)를 이용해 측정 대상체의 두 점 사이의 거리  $L$ 을 구할 수 있다.

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \tag{9}$$

측정 대상체가 hole인 경우 두 점 사이의 거리가 최대인 경우에는 hole의 diameter를 측정할 수 있고, hole의 두 끝점의 좌표를 알 수 있으므로 중심점을 구하여 측정 대상체가 다수의 hole을 가진 경우에는 hole간 거리를 구할 수도 있다.

## 3. 실험 장치 구성 및 실험

### 3.1. 실험 장치 구성

Fig. 4는 레이저빔을 이용하여 측정 대상체를 측정하는 시스템의 개략적인 구성도이다. 다이오드 레이저빔은 측정 대상체의 표면에 선모양으로 조사된다. 표면의 형상변화에 의해 변형된 선모양의 레이저빔은 CCD센서에 영상이 맺힌다. CCD센서의 영상은 영상신호처리 보드의 버퍼에 저장이 된다. 영상신호처리 보드에 획득된 영상은  $640 \times 480$  픽셀

행렬에 256단계의 밝기 강도값으로 구성되어 있고 영상의 각 열에는 측정 대상체의 높이정보도 함께 가지고 있다. 본 시스템에서는 파장 670 nm, 출력 5 mW의 다이오드 레이저와 초점 거리가 12.5 mm 75 mm인 줌렌즈를 사용하여 서로 다른 두 초점 거리에서 측정하였다. 레이저빔 이외의 주변광을 차단하기 위해 필터링을 사용하였다. CCD카메라는 기준면에 대하여 수직이고, 1200 mm 떨어진 위치에서 영상을 획득하였다. 레이저빔 방향으로의 분해능을 높이기 위해 CCD카메라를 90°회전시켜 640 픽셀방향을 빔의 방향과 평행하게 맞추었다.

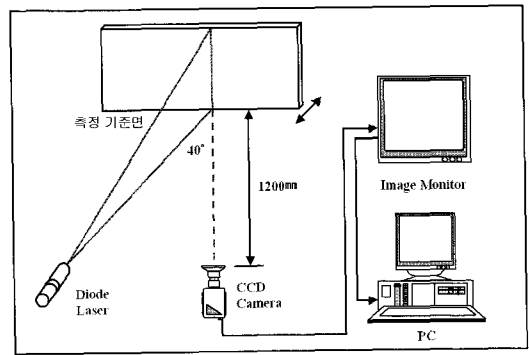
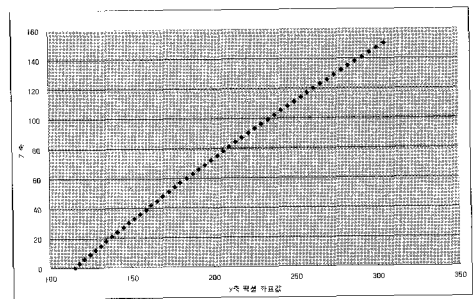
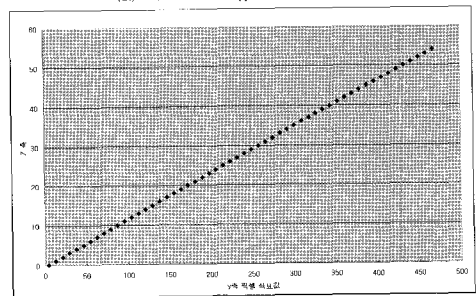


Fig. 4 Configuration of dimension measuring system using a laser stripe



(a) Focal length : 12.5 mm



(b) Focal length : 75 mm

Fig. 5 Relationship of Z axis direction and Y axis pixel coordinate

3.2. 기준면과의 높이에 따른 실험

분해능을 높이기 위해 빔의 방향을 x축 방향과 평행하게 놓았기 때문에 CCD 카메라와 측정 대상체 사이의 거리가 변함에 따라 CCD 카메라의 y축 픽셀 좌표값이 변한다. 초점 거리가 12.5 mm인 경우와 75 mm인 경우에 CCD 카메라와 측정 대상체 사이의 거리를 일정한 간격으로 변화를 주면서 y축 픽셀 좌표값의 변화를 Fig. 5에 나타내었다.

3.3. 단위 길이당 픽셀측정 실험

Fig. 6에서 나타낸 것처럼 측정 기준면에 기준 눈금자를 부착한 후, 서로 다른 초점 거리에 대해 각각 CCD카메라와 기준면 사이의 거리에 변화를 주면서 CCD카메라와 기준면 사이의 거리에 따른 단위 길이당 픽셀수를 구한다. 이 값을 기초로 하여 식 (3)의 계수  $D_n$  값을 구했다.

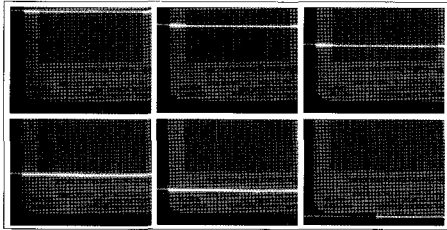


Fig. 6 pixel number per unit length

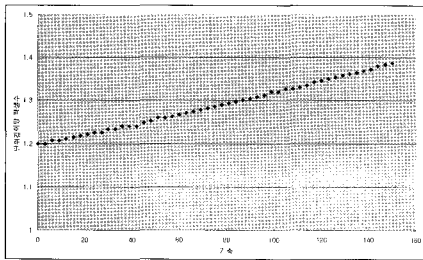


Fig. 7 12.5 mm : Pixel number per unit length

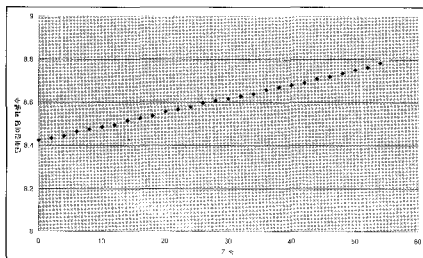


Fig. 8 75 mm : Pixel number per unit length

3.4. 길이 측정 실험

다이오드 레이저빔은 선모양으로 만들어져 측정 대상체의 기준면에 대하여 40° 각도로 조사되었으며, CCD 카메라는 기준면에 대하여 수직이고, 1200 mm 떨어진 위치에서 영상을 획득하였다.

측정 대상체로는 초점 거리가 12.5 mm인 경우에는 254 mm 원판을 사용하였고, 초점 거리가 75 mm인 경우에는 직경이 12 mm인 hole을 가지는 시편을 가지고 각각의 경우에 대하여 측정하였다.

Fig. 9의 (a)는 12.5 mm의 초점 거리로 시험편을 측정하였고, (b)는 75 mm의 초점 거리로 시험편을 측정하였다.

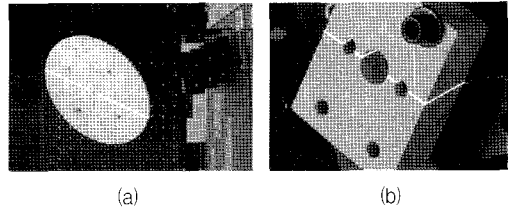


Fig. 9 Test specimen

4. 실험 결과

측정 대상체에 조사된 레이저의 선형 빔을 이용하여 측정 대상체의 길이 측정을 하였고, 이전 이론에 의한 값과 수정된 이론에 의한 값을 비교해 보았다. 또한 variable focal length를 가지는 줌렌즈를 사용함으로써 측정 대상체와 CCD 카메라 사이의 거리를 변화시키지 않고 측정 영역이 큰 경우와 측정 영역이 작은 경우에 대해서 각각 측정하였다.

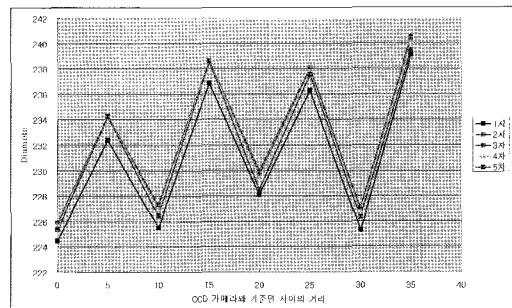


Fig. 10 12.5 mm-measurement using Eq. (5) and Eq. (6)-1

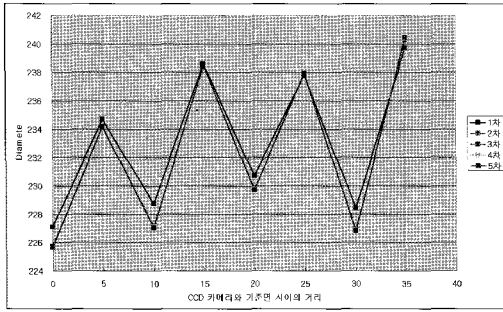


Fig. 11 12.5 mm-measurement using Eq. (5) and Eq. (6)-2

Fig. 10과 Fig. 11는 식 (5)와 식 (6)을 이용하여 254 mm 원판을 측정된 값이다. Fig. 10은 식 (2)의 차수를 3차로 고정하고 식 (3)의 차수를 1차에서 5차까지 바꿔가면서 측정된 값이고, Fig. 11는 식 (3)의 차수는 2차에 고정하고 식 (2)의 차수를 1차에서 5차까지 바꿔가면서 측정된 값이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 이전의 이론을 이용하여 측정된 값은 20 mm 이상의 오차를 보인다.

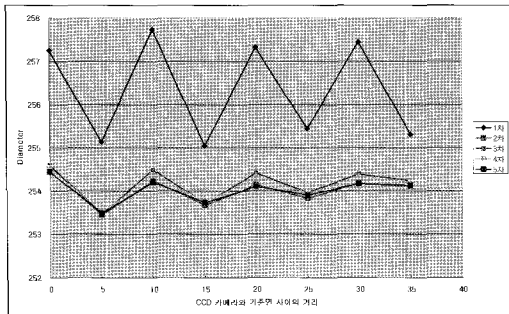


Fig. 12 12.5 mm-measurement using Eq. (7) and Eq. (8)-1

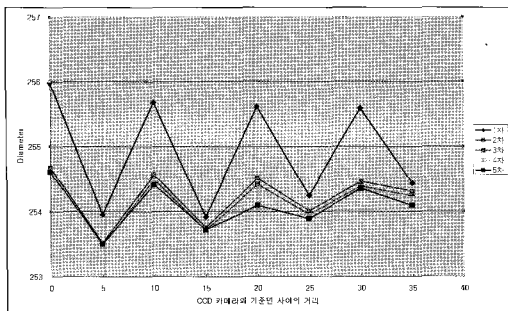


Fig. 13 12.5 mm-measurement using Eq. (7) and Eq. (8)-2

Fig. 12과 Fig. 13는 Fig. 10과 Fig. 11에서 측정된 픽셀값을 가지고 수정된 이론을 이용하여 계산한 값이다. 최대 오차는 양 끝점에서 한 픽셀씩 발생할 경우 두 픽셀에 해당하는 길이가 최대 오차가 될 수 있다. 초점 거리가 12.5 mm인 경우에 픽셀 분해능, 즉 한 픽셀에 해당하는 길이가 대략 평균 0.75 mm의 값을 가진다. 픽셀 분해능이 0.75 mm이기 때문에 최대 오차는 약 1.5 mm라고 할 수 있다. 수정된 이론을 사용하여 측정된 값은 차수가 1차인 경우를 제외하고는 평균 0.5~0.6 mm의 오차를 보임으로써 오차가 한 픽셀에 해당하는 길이 내에 있었다.

다음으로 초점 거리를 길게 하여 측정 대상체와 CCD 카메라 사이의 거리를 변화시키지 않고 측정 대상체의 일부분을 확대하여 측정하였다.

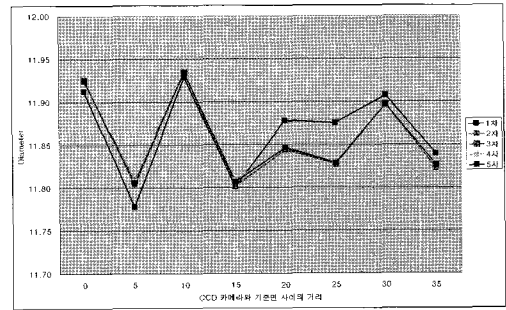


Fig. 14 75 mm-measurement using Eq. (5) and Eq. (6)-1

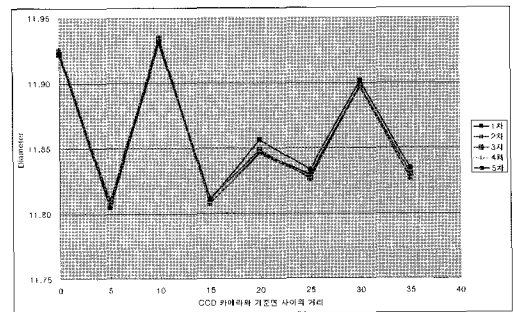


Fig. 15 75 mm-measurement using Eq. (5) and Eq. (6)-2

Fig. 14과 Fig. 15는 식 (5)와 식 (6)을 이용하여 12 mm hole을 측정된 값이다. Fig. 14은 식 (2)의 차수를 3차로 고정하고 식 (3)의 차수를 1차에서 5차까지 측정된 값이고, Fig. 15는 식 (3)의 차수는 2차에 고정하고 식 (2)의 차수를 1차에서 5차까지 측정된 값이다.

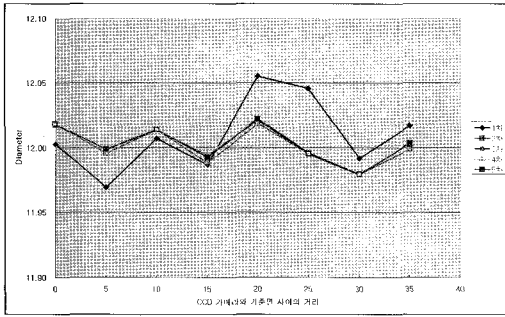


Fig. 16 75 mm-measurement using Eq. (7) and Eq. (8)-1

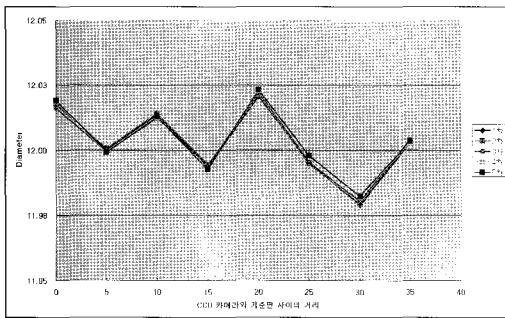


Fig. 17 75 mm-measurement using Eq. (7) and Eq. (8)-2

Fig. 16과 Fig. 17은 수정된 이론을 이용하여 측정된 값이다. 이전 이론에 의한 측정값은 평균 0.16 mm 정도의 오차를 보였지만 수정된 이론에 의한 측정값의 결과는 0.015 mm의 오차를 보였다. 초점 거리가 75 mm인 경우의 한 픽셀에 해당하는 길이는 0.117 mm로 수정된 값을 적용하여 같은 픽셀 분해능을 가지고 오차를 매우 크게 줄일 수 있었다.

5. 결론

본 시스템의 측정 분해능이 CCD 카메라의 픽셀 분해능에 의존한다. 따라서 CCD 카메라와 물체와의 거리가 멀어지면 분해능이 떨어지게 되고, 반대로 물체와의 거리가 가까워지게 되면 분해능이 향상된다. 분해능이 떨어지는 단점을 해결하기 위해 Variable focal length를 가지는 렌즈를 이용하였다. CCD 카메라와 측정 기준면의 거리는 일정하게 하면서 초점 거리가 짧을 때는 넓은 영역의 큰 물체를 측정할 수 있고, 초점 거리를 길게 하면 좁은 영역을 같은 CCD에서 상대적으로 높은 분해능으로 측정할 수 있었다.

한 픽셀에 해당하는 실제 길이를 수정하여 실험에 적용, 같은 시스템 구성과 분해능을 가지고도 더 높은 정밀도를 얻을 수 있었다.

또한 기존의 2차원 검사장치에서 불가능한 측정 대상체가 경사진 면에 있을 경우 CCD카메라의 2차원 픽셀 좌표를 측정 대상체의 3차원 공간 좌표로 변환하였다.

현장 적용성면에서 볼 때, 본 시스템은 하드웨어 구성이 용이하고 측정속도가 빨라 현장 활용가능성이 매우 크다고 판단된다.

향후, 각 focal length 사이의 관계를 규명하여 모든 focal length에 대해서 측정 기준면과의 거리에 변화에 따른 픽셀 좌표의 변화나 단위 길이당 픽셀 수를 측정하지 않아도 측정이 가능할 수 있도록 하는 일반적인 적용식이 필요하겠다.

참고문헌

- [1] W. K. Pratt, "Digital image processing," a Wiley Interscience Publication, (1991)
- [2] T. C. Strand, "Optical three dimensional sensing for machine vision," Optical Engineering, Vol. 24, pp. 33-40, (1985)
- [3] J. Lewandowski and L. Desjardins, "Light sectioning with improved depth resolution," Optical Engineering, Vol. 34, pp. 2481-2486, (1995)
- [4] Manuel F. M. Costa, "Surface inspection by optical triangulation," SPIE, Vol. 2248. pp. 151-159, (1994)
- [5] J. Klicker, "A very compact two dimensional triangulation based scanning system for robot vision," SPIE, Vol. 1822, pp. 217-227, (1992)
- [6] D. Holm, "Identification and integrity verification of final disposal casks," SPIE, Vol. 2248, (1994)
- [7] W Zhang Guoyu, An Zhiyong, Zhao Tiejun, Wang Xiaoman, "Research on a laser position and dimension on line inspection system," SPIE, Vol. 2899, pp. 348-353, (1996)
- [8] 박승규, 백성훈, 김철중, "선모양을 한 레이저빔의 방향성 배율 확대를 이용한 정밀 형상측정 시스템," 한국정밀공학회지, 제14권, 제5호, pp. 60-65, (1997)