

## 거리센서 계측기반 이동물체의 인식 알고리즘

\*김종만, 김영민

\* 전남도립대학 컴퓨터응용전기과

### vehicle Control Algorithm based on Depth Sensor Measurement System

\* Jong-Man Kim, \*Yeong-Min Kim

\*Jeonnam Provincial College

**Abstract** : A 3D depth measurement system is proposed for mobile vehicles. Depth measurement system which is composed of a rotating mirror, a line laser and mono-camera is employed to detect depth, where the laser light is reflected by the mirror and projected to the scene objects whose locations are to be determined. The obtained depth information is converted into an image. Such depth images of the road region represent even and plane while that of off-road region is irregular or textured. Road region is detected employing a simple spatial differentiation technique to detect the plain textured area. Identification results of the diverse situation of Non-linear trail are included in this paper.

**Key Words** : road detection, mobile vehicle , depth measurement, structured lighting

#### 1. 서론

자동화시대에 로봇 등의 이동물체 응용에 대한 관심과 연구가 활발해지면서 홈네트워크에 이르기까지 대단한 센서 응용 기술이 발달하고 있는 추세이다. 특히 이동물체 기술이 발달하면서 이동물체의 센서를 이용한 자가 측위기술이 가장 중요한 기술로 자리잡고 있다. 1980년대 까지만해도 제한된 환경하에서만 이용 가능한 방법이 제시되었는데 바뀌의 수나 이동물체주위의 센서를 이용하는 방법이 많이 연구가 진행되었다.

요즘 GPS와 같이 초음파를 이용한 기술도 진행되고 있는데 초음파센서는 책상이나 가구 등 실내의 비슷한 물건을 인식하는데 많은 오차가 발생하게 된다. 특히 한정된 방향성과 좁은 측정 각도 및 주변 물체에 의해 난반사되는 왜곡으로 인한 오차가 발생하는 단점이 있다. 스테레오 비전 방식은 간단하게 두 대의 카메라로 구성할 수 있지만 카메라의 정렬 상태 및 두 영상의 유사성에 따른 정합 포인트 결정이나 정합오류로 인하여 거리 측정 오차가 크다는 단점 등이 있다[2]. 이러한 문제를 보완하기 위한 기술로 능동 비전(Active Vision)기술이 제안되었다[3]. 본 연구는 이동가능한 적외선 레이저빔 센서와 제작된 수평경 센서를 이용하여 거리를 계측하는 방법으로 추출된 거리 영상을 바탕으로 평탄한 도로와 도로밖의 영상 텍스처가 판이하게 다르다는 특징을 이용하여 도로를 검출하는 방법이다. 이 시스템에서는 적외선 레이저 빔이 수평경 센서에 반사된 후, 측정하고자 하는 물체에 투사되고 그 상이 수평경에 다시 투영되어 맞은

편의 카메라에 포착되어 영상화된다. 또, 수평경 센서가 회전하기 때문에 거의 모든 방향의 거리 측정이 가능하고, 선형의 적외선 레이저를 사용하므로 한 번의 스캔으로 3차원 정보를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 기존의 구조적 조명방법(structured lighting)에 비해 레이저빔 영상의 블러(blur)가 거의 없고, 회전수평경 센서의 각이 거리계산에 포함되지 않으므로 수평경 센서의 회전 각도 측정값 오차에 따른 거리 값 오차가 존재하지 않게 된다.

#### 2. 거리계측 시스템 구성

제안한 알고리즘을 이용한 거리계측 시스템의 구조는 그림 1과 같이 레이저빔과 거리센서를 이용한 측정 부분, 데이터를 처리하고 명령을 주는 마이크로 프로세서부, 명령을 받아 처리하고 데이터를 수집하는 제어 보드부분으로 되어있다. 거리측정 시스템 부분은 회전 수평경과 이를 구동하는 모터, 카메라 및 적외선 레이저 광원으로 구성된다.

컴퓨터에서 시리얼 통신을 이용하여 제어 보드에 수평경 회전 명령을 인가하면 스텝모터는 수평경을 제어하여 규정 속도로 회전시킨다. 수평경의 초기위치는 포도인터럽트를 통하여 전달 받으며 수평경의 각도는 인크리멘탈 엔코더를 통하여 마이크로컨트롤러에 전달된다.

회전수평경 센서를 통하여 카메라로 들어오는 영상은 컴퓨터에 장착된 프레임그래버를 거쳐 응용 소프트웨어에 전달되고 입력된 영상 안에서 적외선 레이저 빛의 위치를 찾아(7)에 의해 3차원 거리를 측정한다.

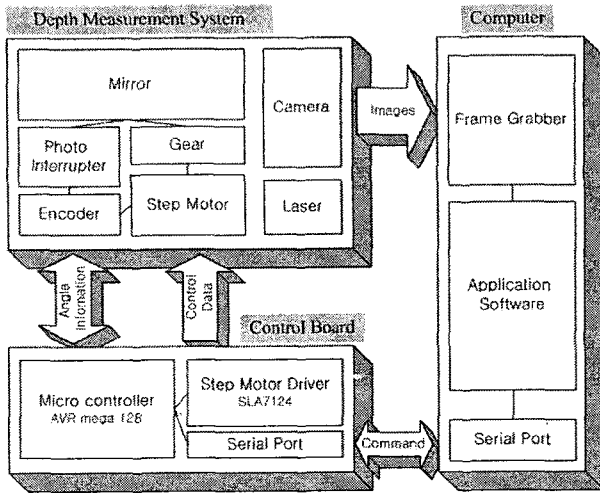


그림 1. 거리측정 시스템의 기본 프로그램 구조

또한 본 연구에서는 거리측정시 수평경의 오차를 수정하고자 스테레오 거리 계산 식에서 사용하고 있는 화소간의 거리 파라미터를 CCD의 크기와 화소수의 관계에서 구하지 않고, 실제 아는 위치점의 환산 교정된 화소의 간격 파라미터를 이용법을 제시하여 거리측정의 정확도가 가능하도록 캘리브레이션 방법을 구현하였다.

보다 정밀한 거리 측정을 위하여 캘리브레이션이 거리측정 센서의 수행되었는데 화상의 실제 이격 거리는 다음과 같이 이격 화소의 수와 화소간의 거리를 곱함으로써 구할 수 있다. 즉 이격 화소의 수를  $n$ 개라 하고 화소간의 거리를  $k_u(\text{pixel})$ , 실제의 이격 거리를

$D_p(\text{mm})$ 라 하면

$$k_u = \frac{D_p}{n} [mm/pixel] \quad D_p = nk_u \quad (1)$$

이다. 여기서 화소간의 거리  $k_u$ 를 구하는 것이 문제인데, 일반적으로 CCD 카메라의 구조로 보터 계산이 가능하다. CCD 소자의 가로 축 갯수를  $N_h$ 라 하고, CCD 소자의 가로 길이가  $L_h$ 라 하면 화소당의 거리  $k_u'$ 는

$$k_u' = \frac{L_h}{N_h} \quad (2)$$

$$z' = f - \frac{2df}{u_2 - u_1} = f - \frac{2df}{k_u n'} \quad (3)$$

가 되어

$$k_u = \frac{2df}{(f - z')n'} \quad (4)$$

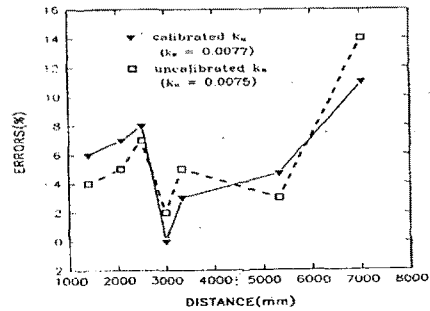
### 3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 화소간의 간격  $k_u$  값에 CCD의 길이를 배열 화소의 수로 나눈 값을 사용하지 않고, 거리를 알고

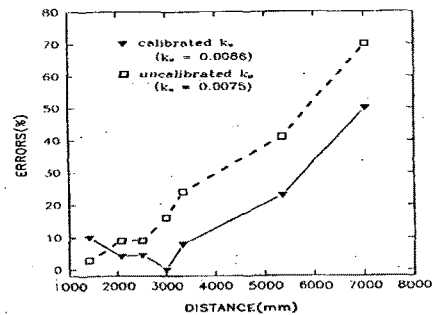
있는 물체의 화소 이격 갯수와 식(3)를 이용하여 계산한 보정된  $k_u$  값을 사용하여 카메라의 비평행에 의한 오류 보정 효과를 제시하였다.

오차평가 실험을 위해서 눈으로 식별될 만큼의 많은 오차를 갖는 교정되지 않은 카메라 시스템을 구성시킨 후, 제안한 방법에 의한 교정된  $k_u$  값과 교정되지 않은  $k_u$  값을 사용했을 때의 조건에 대하여 여러 경우의 평행 오차를 갖는 스테레오 비전 상황에서 거리 측정 오차를 비교 실험하였다.

그림 2의 (a)와 (b)는 스테레오 카메라가 “^”형으로 각도를 이루며 잘못 정렬된 경우에 대한 제안 방식에 의한 보정된  $k_u$  값과 보정되지 않은  $k_u$  값을 사용한 기존 방식과의 측정된 오차 결과 비교치이다.



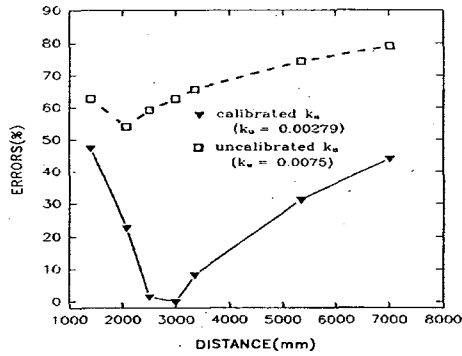
(a) (오차  $-0.5116^\circ$ 인 경우)



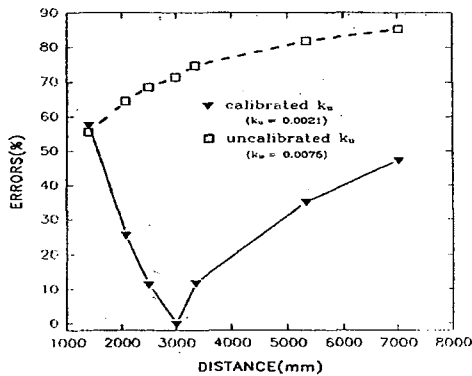
(b) (오차  $-1.02515^\circ$ 인 경우)

그림 2. (- 오차각)경우 거리오차의 보정시와 비보정시의 거리오차 비교

그림 3의 (a)와 (b)는 스테레오 카메라가 “v”형태로 각도를 이루며 잘못 정렬된 경우의 보정된  $k_u$  값과 보정되지 않은  $k_u$  값을 사용한 경우에 대한 거리계산 오차 비교값이다. 여기서 카메라 각도의 (-) 값은 좌우 카메라의 정렬이 “^”형태인 경우로써 두 평행선의 안쪽으로 향하는 경우이며, (+) 값은 “v”형태의 경우로써 두 평행선의 밖으로 향하는 각도를 갖는다. 두가지 경우 측정거리



(a) (오차 +2.1487%인 경우)



(b) (오차 +3.6839%인 경우)

그림 3. (+ 오차각)경우 거리오차의 보정시와 비보정시의 거리오차 비교

가 증가할 수록 오차가 증가하지만, 보정되지 않은  $k_u$  값을 사용한 경우가 제안 방법에 의하여 보정된  $k_u$  값을 사용한 경우보다 오차의 증가율이 훨씬 크다는 사실을 알 수 있다.

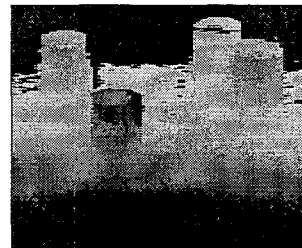
회전 수평경 센서 기반의 거리측정 장치를 사용하여 비포장 도로 인식 실험을 하였다. 실험은 일반적인 실내 바닥에서 물체가 널려있는 환경과 야간에 운용되는 이동물체가 비포장 도로에서 경계업무를 수행하는데 필요한 도로 인식 실험이다. 실내 환경의 바닥은 대부분 평탄하지만, 예기치 않은 물체가 바닥에 떨어져 있을 경우가 많다.

그림 4는 실내 환경에서 이동물체의 진로 상에 물체가 놓여 있을 경우, 이에 대한 인식 실험 결과이다. 거리 영상에서 동일한 색은 동일한 거리임을 나타낸다. 실험에서 평탄한 바닥을 측정하게 되면 거리 값 영상은 평탄함을 유지하게 된다. 만약 바닥이 평탄하지 않거나, 장애물이 존재하는 경우는 거리값이 변할 것이며, 이에 따라, 색도 변한다. 이러한 특성을 이용하면 수평 방향에서 색의 변화가 검출 될 경우

물체가 존재한다고 판단할 수 있다. 그림 3은 두 장애물이 존재함을 알 수 있었다.



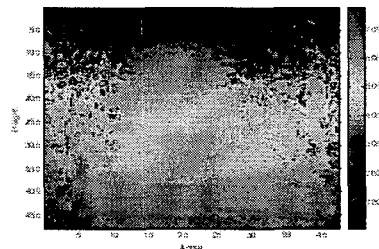
(a) 이동물체의 추출 영상



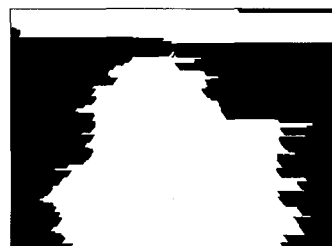
(b) 거리계산결과의 추출 영상

그림 4. 이동물체 계측시의 샘플영상과 거리추출

그림 5(a)는 일반적인 비포장 도로 영상의 측정된 거리 영상이다. 측정 결과에서 도로 경계 밖의 부분은 데이터의 복잡도가 높지만 도로 안쪽은 거리에 따른 점진적인 변화만 보인다. 이와 같은 현상은 도로의 경계에는 둔덕이나 풀이 있어서 거리 값이 급변하거나 돌출되기 때문으로서 거리 영상의 텍스처가 도로명과 비 도로면 간에 현저히 다르다. 이러한 특성을 가진 도로 부분은 수평방향의 미분과 필터링을 취함으로써 구할 수 있다. 그림 5(b)는 거리영상에서 수평방향의 미분을 취하고 필터링을 하여 얻은 영상으로서 이동물체가 이동할 수 있는 도로의 범위를 보여준다



(a) 추출된 영상



(b) 알고리즘 결과

그림 5. 이동물체의 비포장 도로 인식 실험 결과

#### 4. 결 론

이 연구에서 사용한 거리 측정시스템의 측정된 거리 값을 영상으로 변환하면, 이 거리 영상에서는 평탄한 도로면과 장애물 혹은 도로 밖 영역의 텍스처에 현저한 차이가 있으므로 텍스처 분류법에 의해 이들 차이를 인식할 수 있다. 또한 교정된 화소 간격 파라미터를 이용하는 방식의 캘리브레이션 수행하였다. 두 카메라의 각도가 평행한 조건으로 부터 여러각도로 벗어나 있는 경우에 대하여 실험결과, 파라미터 교정방식에 의해 보정한 거리계산 결과는 보정되지 않은 기존의 방식의 결과에 비해 최대 3배 이상 오차 저감효과를 가져왔다.

이 방법의 효용성을 검토하기 위해서, 실내 바닥에 작은 소품이 떨어져 있는 경우와 요철이 있는 비포장 도로, 비포장 도로상에 돌출이 있는 경우 및 비포장도로 내외 영역 인식 실험등을 수행하였다. 실험 결과 도로 상의 장애물뿐만 아니라 도로의 요철 및 도로내외의 구분이 명확하게 수행될 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 제안한 3차원 거리측정 장치에서 선형레이저를 적외선 타입으로 사용할 경우, 인간의 눈에 포착되지 않게 되므로 이동물체의 야간 경계용으로 효과적으로 사용할 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] Probir Kumar Ray and Ajay Mahajan, "A genetic algorithm based approach to calculate the optimal configuration of ultrasonic sensors in a 3D position estimation system," *vehicleics and Autonomous Systems*, Volume 41, Pages 165-177, Issue 4, 31, Dec 2002.
- [2] M.El Ansari, L. Masmoudi, and L.Radouane, "A new region matching method for stereoscopic images," *Pattern Recognition Letters*, vol. 21, pp. 283-294, April 2000.
- [3] K. Pulli and L. G. Shapiro, "Surface reconstruction and display from range and color data," *Graphical Models*. vol. 62, pp. 165-201, 2000.
- [4] F. Figueroa, A. Mahajan, "A robust navigation system for autonomous vehicles using ultrasonics," *Control Engineering Practice*, Vol 2, pp855858, Issue 5, October 1994.
- [5] P. Puget and T. Skordas, "An optimal solution for mobile camera calibration", *Proc. IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 19(6), 1426-1445(November/December 1988)