

---

# 스테레오 라인 CCD를 이용한 이동객체감지 및 경로추적 시스템 구현

류광렬\* · 김영빈\*

Realization for Moving Object Sensing and Path Tracking System using Stereo Line CCDs

Kwang Ryol Ryu\* · Young Bin Kim\*

## 요 약

본 논문은 스테레오 라인 CCD와 광원을 이용한 2차원 평면에서 이동객체를 인식하고 이동경로를 추적하는 시스템 구현이다. 시스템 구현은 카메라 이미지를 직접 처리하는 대신 두개의 라인 CCD 센서와 입력된 라인 이미지의 밝기를 비교하여 2차원 거리를 측정한다. 알고리즘은 이동객체감지, 경로추적과 좌표변환 기법을 적용한다. 객체의 이동경로를 효과적으로 감지하기 위하여 측정된 거리의 신뢰성을 평가하는 알고리즘을 개발하였다. 시스템을 구현하여 실험한 결과 5mm 인식율과 100ms 주기 이상의 이동객체경로 추적이 가능하였다.

## ABSTRACT

A realization for moving object sensing and tracking system in two dimensional plane using stereo line CCDs and lighting source is presented in this paper. The system is realized that instead of processing camera images directly, two line CCD sensor and input line image is used to measure two dimensional distance by comparing the brightness on line CCDs. The algorithms are used the moving object sensing, path tracking and coordinate converting method. To ensure the effective detection of moving path, a detection algorithm to evaluate the reliability of each measured distance is developed. The realized system results are that the performance of moving object recognizing shows 5mm resolution, and enables to track a moving path of object per 100ms period.

## 키워드

Moving object sensing, moving path tracking, stereo line CCD, coordinate transformation, USB interface

## I. 서 론

컴퓨터에 정보를 입력하는 방식에는 여러 가지가 있다. 키보드나 마우스를 이용하는 방법, 전자펜이나 터치 패드를 이용하는 방법 등 흔히 사용되는 마우스 입력 장치의 경우 변위를 검출하고 이를 적분함으로써 좌표를 추출하는 방식이다. 이 방법은 저비용인 장점이 있으나 절대 위치를 검출하지 못하는 단점이 있다. 요즘과 같이 그

래픽을 이용한 메뉴 선택, 그림 또는 복잡한 데이터를 입력하기 위해서는 절대 좌표를 입력하는 방식이 필수적이다.[1~2] 절대 좌표를 입력하는 방식은 터치스크린과 같이 정전용량을 이용하는 방법과 초음파를 이용하는 방법 그리고 적외선 센서를 이용한 방법으로 구분이 된다. 터치스크린 방식을 사용하기 위해서는 모니터나 태블릿에 터치필름을 덮어 사용이 가능하다. 이 방식은 정밀한 좌표 인식이 가능하고, 펜뿐만 아니라 손이나 다른 물체를

이용하여 입력이 가능한 장점을 갖는다. 반면 터치 필름을 모니터나 태블릿 평면 전체에 설치해야 함으로서 가격 상승 요인이 발생하고, 터치필름이 손상 되는 등의 단점이 있다. 초음파 센서 방식의 경우, 저가의 시스템을 구성할 수 있지만 초음파 센서가 부착된 특정 펜을 사용해야만 좌표 인식이 가능하다는 단점이 있다. 한쪽 측면에는 적외선 발광선센서를 다른 측면에는 적외선 수광센서를 배열하여 사용하는 적외선 방법은 센서의 간격에 따라 터치정밀도가 떨어지는 해상도 문제가 있다.[3~8]

본 논문에서는 기존 방법의 단점을 해결하기 위한 방법으로 2차 평면에 라인 CCD와 광원, USB 인터페이스를 이용하여 이동객체의 좌표를 인식하고, 이동 경로를 추적할 수 있는 시스템과 알고리즘을 제안한다. USB 인터페이스는 실험에서 편리하고 실용적인 데이터 전송 방식이다. 구현 시스템은 고해상도의 CCD를 사용하여 정밀도를 높일 수 있고, 다양한 입력 매체 즉, 손이나 펜등을 사용하여 입력이 가능하다는 장점이 있다. 실험에서는 이동 객체의 인식과 이동 경로 추적이 효과적임을 보인다.

## II. 시스템 설계

### 2.1. 시스템 구성

이동 객체 추적 시스템은 아날로그 블록과 컨트롤 시스템 그리고 좌표 변환 알고리즘을 위한 PC로 구성된다. 아날로그 블록은 2차 평면에서 객체의 유무를 판별하기 위한 2개의 라인 CCD와 센서 동작에 필요한 조명을 제공하는 광원으로 구성된다. 컨트롤 시스템은 CCD 센서를 제어하기 위한 센서 컨트롤부와 입력된 센서 데이터를 PC로 전송하기 위한 USB 인터페이스부로 구분된다. PC에서는 라인 CCD의 픽셀 데이터를 물리적인 좌표로 변환하는 기능을 제공한다. 그림1은 구현 시스템의 전체 블록도 이다.

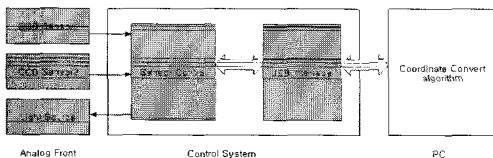


그림 1. 시스템 구성  
Fig. 1. System Configuration

### 2.2. 아날로그 블록

하나의 라인 CCD 센서는 90도 이상의 가시각을 갖는다. 직사각형 형태의 2차원 평면을 감지 하기 위하여 상단 좌우 모서리에 각각 CCD 센서를 설치한다. 센서 감지에 필요한 광원은 좌우 수직면과 하단 평면에 배열하도록 한다. 그림2는 2차 평면에 2개의 CCD와 광원의 구조를 보이고 있다. 여기에서 CCD1은 2차 평면의 우측과 하단의 광원을 기반으로 이동 객체를 감지 한다. 그리고 CCD2는 2차 평면의 좌측과 하단의 광원을 사용하여 이동객체를 감지한다.

광원으로는 적외선 LED를 사용한다. 적외선 광원은 일반 가시광선 보다 높은 파장 영역을 사용하고 있어 직진성이 좋고, 외부에서 입력되는 가시광선과 파장이 다르기 때문에 외부에서 유입되는 광원으로 인한 오류인식을 줄일 수 있다.

### 2.3 이동객체 감지

센서에서 객체를 감지하기 위해서는 일정한 레벨 이상의 광원이 필요하다. 2차 평면에 이동 객체가 없는 경우 하단과 좌,우측면의 광원이 CCD 센서로 직접 입력된다. 따라서, CCD 센서에서는 일정한 기준 레벨 이상의 신호가 입력 된다. 이때 입력되는 신호 레벨을 기준값으로 사용한다. 이후 2차 평면에 그림2의 T 지점에 객체가 나타난 경우 광원과 CCD 센서 사이의 빛을 객체가 차단하게 되고, CCD 센서의 신호 레벨과 기준값 사이에 변화가 발생 한다. 이로 인하여 객체의 존재 여부를 인식하게 된다.

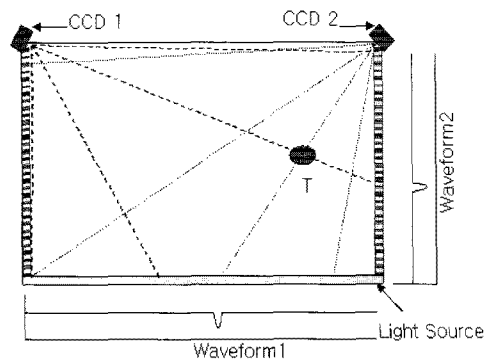


그림 2. 신호 변환 처리  
Fig. 2. Signal transformation processing

객체의 발생 위치에 따라 변화된 신호레벨은 해당되는 CCD 센서의 픽셀 번호로 나타난다. 객체가 발견된 위치와 CCD 센서의 픽셀 번호 사이의 관계는 시스템 초기 설정 시에 캘리브레이션 과정을 거쳐 고정하도록 한다.

그림2에서 점선은 객체 T가 2차 평면에 발생 하였을 때 광원과 센서의 위치, 그리고 그때 센서의 신호 레벨을 볼 수 있다. waveform1는 CCD2에 입력되는 신호이고, waveform2는 CCD 1에 입력되는 신호레벨이다. 두 신호 데이터는 인터페이스 블록을 통하여 PC로 전송된다.

2.4. 좌표변환 및 경로추적

USB IF 포트를 통하여 PC로 전송된 데이터는 2차 평면의 객체에 대한 CCD 센서의 픽셀에 대응되는 값이다. 이 값은 두 센서와 객체의 각도, 2차원 평면의 길이를 이용하여 2차 평면의 (x,y)좌표로 변환할 수 있다. 2차 평면의 가로 길이를 l<sub>1</sub>, 세로 길이를 l<sub>2</sub>라고 한다. 두 길이는 시스템에서 고정된 값이다. 검출된 객체와 CCD1, 2 사이의 각도를 θ<sub>1</sub>과 θ<sub>2</sub>라 할 때, (x,y) 좌표는 식 (1), (2)로 유도할 수 있다. 그림3은 2차원 평면상에서 (x,y)위치에 놓인 객체와 센서의 각도를 그림으로 보이고 있다.

$$x = l_1 \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1 + \tan \theta_2} \tag{1}$$

$$y = l_1 \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 + \tan \theta_2} \tag{2}$$

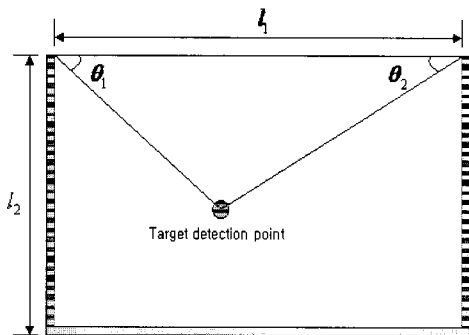


그림 3. 인식된 객체와 센서의 각도  
Fig. 3. Sensed target and angles

센서와 검출 객체의 각도는 센서의 픽셀 위치를 이용한다. 센서는 좌표 평면의 모서리에서 l<sub>1</sub>을 기준으로 45도 각도로 배치를 한다. 이로서 90도 가시각을 갖는 센서 하나로 평면 전체를 관측할 수 있다. 센서 이미지의 총 픽셀수를 N, 객체가 감지된 위치의 픽셀을 n이라 하고 검출된 객체와 좌표 평면 상단의 각도를 θ라고 하면 식 (3)과 같은 관계식을 갖는다.

$$\theta = 45^\circ + \tan^{-1} \left( \frac{N-2n}{N} \right) \tag{3}$$

식 (3)을 식(1), (2)에 대입하면 식(4), (5)로 정리 된다. 여기에서 n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>는 각각 두 개의 센서에서 검출된 픽셀의 번호에 해당된다. 식 (4), (5)는 PC에서 좌표 변환 알고리즘에 사용된다. 좌표평면의 함수 f(x,y)는 시간의 변화에 대해 좌표를 연속적으로 저장하여 검출 객체의 이동 경로를 추적이 가능하게 된다.

$$\frac{x}{l_1} = \frac{n_2(N-n_1)}{n_1(N-n_2) + n_2(N-n_1)} \tag{4}$$

$$\frac{y}{l_1} = \frac{n_1 n_2}{n_1(N-n_2) + n_2(N-n_1)} \tag{5}$$

III. 실험 및 고찰

구현된 시스템은 임베디드 컨트롤 시스템과 CCD 센서 모듈로 구성된다. 그림4는 구현된 임베디드 시스템의 컨트롤 보드이다. 상단에는 USB 인터페이스 블록이고, 오른쪽은 CCD 센서 컨트롤용 ASIC 블록이다. 하단의 왼쪽은 전원부 이고 하단의 오른쪽은 CPU 블록이다. 그림5는 구현 시스템에 사용한 CCD 센서 모듈을 보이고 있다. 아날로그 입력 블록은 300DPI 라인 CCD 2개와 객체 인식을 위한 광원으로 사용하는 적외선 LED로 구성된다. CCD를 통해 입력된 데이터는 USB 인터페이스를 이용하여 PC로 전송하도록 하였다. PC로 전송된 데이터를 사용하여 좌표 인식 알고리즘을 적용하고, 이 결과 2차 평면에 검출된 객체의 위치 값으로 변환한다.

실험은 2차원 평면의 영역을 그림6과 같이 세부영역으로 구분하여 반복적으로 좌표 인식을 하도록 하였다.



단 방향으로 이동시켰다. 이때 x축의 위치는 고정이고, 센서1,2와 이동 객체의 각도는  $0^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ 의 변위를 갖도록 한다.

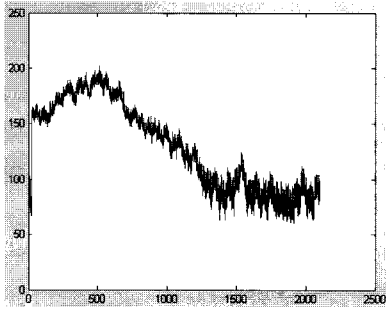


그림 9. CCD센서의 픽셀 신호  
Fig. 9. Pixels signal of CCD sensing

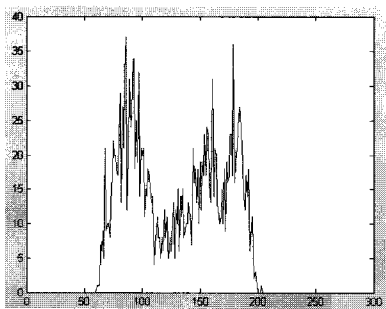


그림 10. CCD센서 신호의 히스토그램 분포  
Fig. 10. Histogram graph of CCD sensor signal

그림11-(a)에서 CCD1의 각도가 증가 하여도 X축의 위치는 10으로 고정되어 있다. 반면 그림11-(b)의 CCD2의 각도가 점차 증가함에 따라 y축의 좌표가 2차 평면의 하단에 해당하는 10cm 까지 변화한다. 그림11-(c),(d)는 CCD1의 각도를  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ , CCD2의 각도를  $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ 로 가변 하였을 때 이동 객체의 예상되는 X,Y의 좌표 변화를 그림11-(c),(d)에 나타내었다. 실제 실험에서 사용한 2차 평면의 크기는 20x10cm의 평면이므로 그림과 같이 CCD1과 이동 객체의 각도가  $90^\circ$ 인 상태에서 CCD2의 각도가  $45^\circ$ 를 넘는 경우는 없다. 결과적으로 이동 객체는 2차 평면의 영역 내에 해당하는 X, Y 좌표를 갖게 된다.

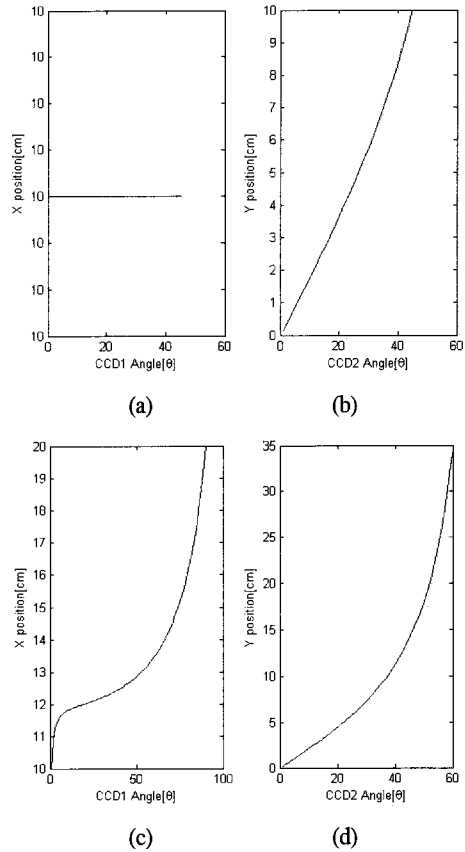


그림 11. 검지객체의 물리좌표 시뮬레이션  
Fig. 11. Simulation of physical position for sensing object

구현 시스템의 객체를 그림11-(a)(b)와 같은 각도를 갖도록 변화 하였다. 이때 실제 인식후의 X, Y 위치 좌표를 측정하였다. 시뮬레이션에서 얻은 데이터와 측정된 데이터를 비교하였을 때 센서와 객체의 각도가 적은 경우 오차가 다소 크지만, 좌표 평면의 중앙으로 객체가 이동하면서 인식오차는 점차 감소하는 것을 볼 수 있다. 좌표의 인식 위치는 두 개의 센서 각도를 이용한 하기 때문이고, 두 센서 중 어느 하나의 센서가 작은 예각을 갖는 경우에 인식 오차가 크게 나타났다. 전체적인 오차는 평균 5mm 이하로 나타난다. 표1은 시뮬레이션 값과 실험 데이터를 보이고 있고, 그림12는 표1에서 보인 인식오차를 그래프로 보인 것이다. 그림12의 X축은 CCD1의 각도 변화이고, Y축은 2차 평면의 좌표이다.

표 1. 시뮬레이션과 실험데이터  
Table 1. Simulation and Experimental Data

센서 외 타겟의 각도		Simulation		실험값		에러값	
CCD1 Angle	CCD2 Angle	X좌표	Y좌표	X좌표	Y좌표	X좌표	Y좌표
1	1	10	0.2	11.5	0.5	-1.5	-0.3
2	2	10	0.3	11.5	0.5	-1.5	-0.2
3	3	10	0.5	11	0.5	-1	0
4	4	10	0.7	10.8	0.5	-0.8	0.2
5	5	10	0.9	10.8	0.5	-0.8	0.4
6	6	10	1.1	10.9	0.5	-0.9	0.6
7	7	10	1.2	10.6	0.8	-0.6	0.4
8	8	10	1.4	10.6	0.8	-0.6	0.6
9	9	10	1.6	10.4	1.1	-0.4	0.5
10	10	10	1.8	10.4	1.4	-0.4	0.4
11	11	10	1.9	10.2	1.4	-0.2	0.5
12	12	10	2.1	10.1	1.8	-0.1	0.3
13	13	10	2.3	10.2	2	-0.2	0.3
14	14	10	2.5	10	2.2	0	0.3
15	15	10	2.7	10.1	2.3	-0.1	0.4
16	16	10	2.9	10.1	2.5	-0.1	0.4
17	17	10	3.1	10.2	2.9	-0.2	0.2
18	18	10	3.2	10.1	3.3	-0.1	-0.1
19	19	10	3.4	10	3.3	0	0.1
20	20	10	3.6	10.1	3.4	-0.1	0.2
21	21	10	3.8	10.2	3.4	-0.2	0.4
22	22	10	4	10.2	3.7	-0.2	0.3
23	23	10	4.2	10.2	3.8	-0.2	0.4
24	24	10	4.5	10	4.2	0	0.3
25	25	10	4.7	10.1	4.5	-0.1	0.2
26	26	10	4.9	10.1	4.7	-0.1	0.2
27	27	10	5.1	10.1	4.9	-0.1	0.2
28	28	10	5.3	10	5.1	0	0.2
29	29	10	5.5	10	5.2	0	0.3
30	30	10	5.8	10	5.5	0	0.3
31	31	10	6	10.3	5.6	-0.3	0.4
32	32	10	6.2	10.2	5.9	-0.2	0.3
33	33	10	6.5	10.1	6.2	-0.1	0.3
34	34	10	6.7	10.2	6.4	-0.2	0.3
35	35	10	7	10	6.7	0	0.3
36	36	10	7.3	10	6.9	0	0.4
37	37	10	7.5	10.1	7.2	-0.1	0.3
39	39	10	7.8	10.2	7.6	-0.2	0.2
39	39	10	8.1	10.1	7.9	-0.1	0.2
40	40	10	8.4	10.1	8.1	-0.1	0.3
41	41	10	8.7	10	8.3	0	0.4
42	42	10	9	10	8.7	0	0.3
43	43	10	9.3	10	8.9	0	0.4
44	44	10	9.7	10	9.3	0	0.4
45	45	10	10	10.1	9.7	-0.1	0.3

IV. 결론

본 논문에서는 스테레오 라인 CCD 를 이용한 2차원 평면에서 이동객체의 감지와 이동경로좌표를 추적하기 위한 시스템을 구현 하였다. 구현 시스템은 라인 CCD와 적외선 광원에서 객체의 이동 감지 데이터를 획득하고 이동객체의 물리좌표로 변환하기 위한 좌표변환과 이동경로 추적 알고리즘으로 구성된다. 실험 결과 2차원 평면에서 이동 객체의 인식 해상도는 5mm 이었고, 연속된 객체의 좌표 데이터는 100ms 주기로 저장되어 이동객체의 위치 추적이 가능하였다. 이 시스템은 터치 입력을 필요로 하는 디스플레이 장치, 복잡한 데이터 입력이 필요한 글자 입력 시스템, 또는 대화식 컴퓨터 시스템에 응용이 가능 하다. 향후에는 인식 해상도 높이고, 감지오차를 최소화하는 연구, 인식 되는 객체의 크기를 구분하고, 하나 이상의 객체 움직임을 인식하는 등의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall, 2002.
- [2] Randy Crane, A Simplified Approach to Image Processing, Prentice Hall , 1996.
- [3] B.V.K. Vijaya Kumar, Abhijit Mahalanobis, Richard Juday, Correlation Pattern Recognition, Cambridge Univ., 2005.
- [4] Chang-Hyun Sun, Young-Tak Kim "Real-time tracking algorithm of a moving object using a CCD camera", Journal of The Frontier Technology Innovation Center, Vol.11 No.2, pp.33-44, 2002.
- [5] Jong-Man Kim, Hyong-Suk Kim, Sung-Joong Kim, "New Calibration Technique of the Pixel Distance Parameter for the Depth Error Correction of Stereo Cameras", Journal of Chonbuk National University, pp.67-72, 1996. Vol.42.
- [6] Jain, et al, "Displacement Measurement and its Application in Interframe Image coding", IEEE Transactions on Communications, vol. COM-29, No. 12, pp. 1799-1808, 1981.

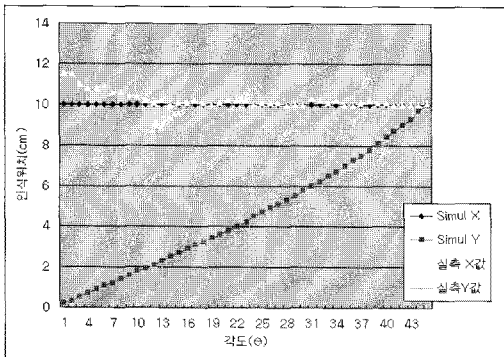


그림. 12. 이동객체감지 오차  
Fig. 12. Error of moving object sensing

- [7] Whitten, "Scale Tracking and Deformable Sheet Models for Computational Vision", IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 7, pp. 697-706, 1993.
- [8] Eckert, et al, "Effect of Tracking Strategies on the Velocity Structure of Two dimensional Image Sequences", journal of the Optical society of America A, Optics and Image Science, vol. 10, No. 7, pp. 1582-1585, 1993.

### 저자소개



류 광 렬(Kwang Ryol Ryu)

1975년 광운대학교 공학사  
1980년 경희대학교 공학석사  
1988년 경희대학교 공학박사  
1996~1997년 University of Pittsburgh,  
전기전자공학과, 초빙교수

2006~2008년 University of Pittsburgh Medical Center,  
신경외과, 초빙교수

현재 목원대학교 전자공학과 정교수

※관심분야: DSP(영상, 비디오, 음성, 생체),  
Biomedical Engineering(BME)



김 영 빈(Young Bin Kim)

1993년 목원대학교 공학사  
2000년 목원대학교 공학석사  
현재 목원대학교 대학원 IT공학과  
박사과정

※관심분야: 영상 및 비디오 시스템, 이미지스티칭,  
임베디스시스템