

3차원 이동물체의 변위평가를 위한 스테레오 비전시스템 설계에 관한 연구

正會員 李 周 信*

A Study on the Stereo Vision System Design for the Displacement Estimation of Three-Dimensional Moving Object

Joo Shin LEE*

要 約 본 논문은 스테레오비전 시스템을 설계 제작하고, 제작된 시스템을 가지고 3차원 이동물체의 변위평가 방법을 제안하였다. 이동물체의 추출은 차영상 알고리즘에 의해 추출하고, 3차원 이동물체의 기하학적인 위치좌표는 2개의 2차원 물체의 면적중심을 합성시켜 구하였다. 3차원 이동물체의 변위평가는 합성된 3차원 좌표값에 의해서 물체의 이동속도 및 거리, 이동궤적, 카메라와 물체 사이의 공간거리를 산출하여 입증하였다.

ABSTRACT This paper described design and implementation of stereo vision system, and also, proposed method for displacement estimation of 3-D moving object using this system.

The extraction of moving object is obtained by difference image algorithm, Geometrical position of 3-D moving object is calculated from the mapping of center area of two's 2-D object.

3-D coordinate position produced space depth, moving velocity, distance, moving track and proved displacement estimation of 3-D moving object.

I. 서 론

최근 많은 산업분야에 적용되고 있는 동영상 처리는 연속영상으로부터 움직이는 물체에 대한 이동정보를 분석하는 것으로서 이동물체의 2차원 움직임과 3차원 움직임 정보를 분석하고 있다.

이동물체의 이동정보를 추출하는데는 방법에 따라 특징을 이용한 방법 (Feature-Based Method) 과 화소를 이용한 방법 (Pixel-Based Method) 그리고 차영상 (Difference Picture) 방법등으로 나눌 수 있다.

특징을 이용한 방법은 두 영상에서 가장자리 (edge), 꼭지점, 또는 경계면등의 특징을 추출하여 비교한 후, 그들 사이의 상관관계를 찾아내어 이동정보를 추출하는 방법이다^{[2][3]}.

* 淸州大學校 電子工學科
Dept. of Elec. Eng. Chong Ju Univ.
論文番號 : 90 - 101 (接受 1990. 10. 26)

화소를 이용한 방법은 두 영상을 화소 단위로 비교하는 것으로서 시공간 경사(Spatio Temporal Gradient)를 이용하는 방법과 정합법(Matching)등이 있다⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

차영상 방법은 두 연속영상으로 부터 차영상을 구하고 이를 이용하여 운동영상을 해석하는 방법으로 움직임이 있는 부분만 차영상으로 표현되므로 영상에서 처리 해야할 영역이 줄게되어 위의 방법들 보다는 비교적 빠른 방법이 된다⁽¹¹⁾.

이와 같은 방법으로 2차원 이동정보 추출에 관한 연구는 최근 실시간 처리가 가능한 상태까지 이르렀으며 그 응용분야로서는 이동물체의 감시, 추적 및 방향|예측 등에 많이 적용되고 있다.

최근에는 3차원 이동물체의 이동정보 해석에 관한 중요한 요소로서 거리(Depth) 정보 추출에 많은 연구가 진행되고 있으며, 이를 이용한 로봇 팔을 제어하고자 하고 있다.

3차원 시계(Scene)에서 컴퓨터 시각장치를 통하여 입력된 영상신호는 데이터 자체가 2차원 영상신호이므로 3차원 물체인식 및 3차원 이동물체의 이동정보를 해석하기에는 많은 문제점이 대두되고 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법의 하나로 스테레오 비전 기술(Stereo Vision Technique)을 이용하여 2차원 영상으로 부터 추출된 두 개의 이동정보를 서로 비교 분석, 합성함으로써 3차원 이동정보를 추출할 수 있는 연구가 진행되어 왔다⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾.

스테레오 비전 시스템(Stereo Vision System)은 인간의 눈과 유사하게 두 개의 영상 카메라로 구성되어지며 각각의 영상 카메라에서 취득된 2차원 영상으로부터 이동물체의 위치좌표 혹은 물체의 윤곽 등 특징을 검출하여, 이들 특징들을 서로 대응시켜 3차원 물체인식과 3차원 이동물체의 이동정보를 검출하고 있다.

본 논문에서는 로봇 팔의 제어를 위한 3차원 이동물체의 변위 평가를 하고자 스테레오 비전 시스템을 설계 제작하고, 3차원 이동물체의 변위 평가는 차영상 추출 알고리즘을 이용하여 이동물

체를 추출하고, 검출된 물체의 2차원 면적중심과 위치를 산출한다. 산출된 2차원 위치좌표를 스테레오 비전 시스템 내에서 합성시켜 카메라와 물체 사이의 공간거리(Depth)를 구하고, 물체의 이동속도, 이동거리, 제적등을 평가하고자 한다.

II. 이동물체 변위평가와 스테레오 시스템 설계

1-1. 차영상 기법

연속적인 영상의 해석은 각 프레임들을 정지영상의 연속으로 처리하는 것을 기초로 한다⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾.

따라서 샘플링된 배경영상의 프레임은 정지영상이 되므로 그 휘도차는 시간적 변화에 관계없이 일정하다⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾.

2차원 연속 영상에서 이동물체를 검출하기 위해서 차영상기법을 이용하였다. 차영상은 프레임과 프레임 사이의 영상계조도 (Gray Level) 차에 의해 얻어진다.

2차원 연속영상의 프레임들을 일정한 시간간격 Δt 로 그림 1과 같이 시간적으로 인접해 있는 프레임들을 샘플링 하였다.

이 때 기준영상은 초기에 배경영상만을 샘플링하여 $B_v(x, y, t)$ 로 놓고 기준영상과 동일한 배경에서 물체가 이동하고 있을 때 $t=t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ 인 시간에 각각 샘플한 영상을 $G(x, y, t_1), \dots, G(x, y, t_n)$ 라 한다.

선정된 기준영상 $B_v(x, y, t)$ 와 각 샘플링된 영상 $G(x, y, t_1), G(x, y, t_2), \dots, G(x, y, t_n)$ 들 사이에는 이동물체에 의해서 휘도차가 존재하므로 기준영상 $B_v(x, y, t)$ 와 Δt 간격으로 샘플된 각 영상을 가지고 그림 2와 같은 과정을 거쳐 차영상 $DIB(x, y, t)$ 를 얻는다.

따라서 연속적인 배경에서 얻어진 기준영상의 화소와 $t=t_n$ 인 시간에 샘플된 프레임의 각 화소간의 계조도 차를 순차적으로 평가함으로써 이동물체를 추출할 수 있다.

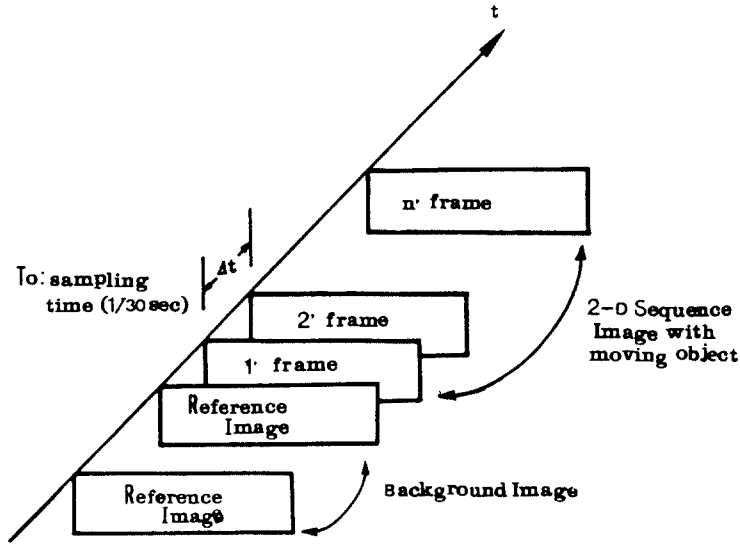


그림 1. 프레임 샘플링
Fig. 1. Frame Sampling

기준영상 $Bv(x, y, t)$ 의 휘도치는 행렬로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Bv(x, y, t) = \begin{bmatrix} Bv(x_1, y_1, t) & Bv(x_2, y_1, t) & \dots & Bv(x_n, y_1, t) \\ Bv(x_1, y_2, t) & Bv(x_2, y_2, t) & \dots & Bv(x_n, y_2, t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Bv(x_1, y_m, t) & Bv(x_2, y_m, t) & \dots & Bv(x_n, y_m, t) \end{bmatrix} \dots\dots (1)$$

또한 기준영상내의 물체가 이동하고 있다면, Δt 간격으로 샘플되는 $G(x, y, t_n)$ 의 휘도치는 다음과 같다.

$$G(x, y, t_n) = \begin{bmatrix} G(x_1, y_1, t_n) & G(x_2, y_1, t_n) & \dots & G(x_n, y_1, t_n) \\ G(x_1, y_2, t_n) & G(x_2, y_2, t_n) & \dots & G(x_n, y_2, t_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G(x_1, y_m, t_n) & G(x_2, y_m, t_n) & \dots & G(x_n, y_m, t_n) \end{bmatrix} \dots\dots (2)$$

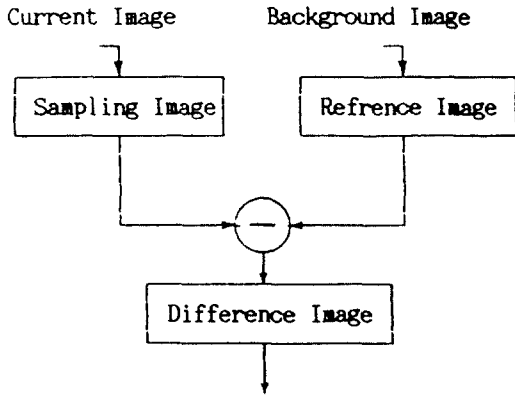


그림 2. 차영상의 추출
Fig. 2. Extraction of Difference Image.

그리고 기준영상 $Bv(x, y, t)$ 와 영상 $G(x, y, tn)$ 사이의 차영상의 휘도치 $DIB(x, y, t)$ 는 다음과 같다.

$$DIB(x, y, t) = |Bv(x, y, t) - G(x, y, tn)| \quad (3)$$

이동물체에서 물체의 유무를 판단하는 각 화소에서 물체 마스크(Mask)를 결정하여야 한다.

영상의 각 화소의 휘도함수를 $PB(x, y, tn)$ 라 하면 Schalkoff와 Mcvey가 제시한 영상의 선명도로 부터 다음 식과 같이 표현된다¹⁶⁾.

$$PB(x, y, tn) = Ob(x, y, tn) \cdot \lambda(x, y, tn) + [1 - \lambda(x, y, tn)] \cdot a(x, y, tn) \quad (4)$$

여기에서

- $PB(x, y, tn)$: 샘플된 화소 밝기 함수
- $Ob(x, y, tn)$: 이동물체를 포함한 영상의 화소 밝기 함수
- $a(x, y, tn)$: 기준 영상의 화소 밝기 함수
- $\lambda(x, y, tn)$: 물체 마스크 함수

- ※ $\lambda=1$: 물체가 존재
- 0) : 물체가 존재하지 않음.

윗식에서 λ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\lambda(x, y, tn) = \frac{PB(x, y, tn) - a(x, y, tn)}{Ob(x, y, tn) - a(x, y, tn)} \quad (5)$$

단 $PB(x, y, tn) = a(x, y, tn)$ 또는 $PB(x, y, tn) = Ob(x, y, tn)$ 이고

$$Ob(x, y, tn) \neq a(x, y, tn) \quad (6)$$

이다.

식(6)은 물체가 배경과 같은 휘도값을 가지면 검출할 수 없음을 의미하며 이 같은 방법은 광학적인 센서에서는 필연적으로 따르는 요인이 된다.

식(5)의 분자 부분은 차영상을 의미하며 따라서 식(3)의 차영상 $DIB(x, y, t)$ 의 각 원소가 0인 경우는 물체가 존재하지 않고 원소가 1인 경우는 물체가 존재($\lambda=1$)함을 나타낸다.

결국 $\lambda(x, y, tn)$ 는 물체만이 존재하는 2진 양자화 영상함수라 할 수 있다.

1-2. 이동물체의 변위평가

1 2-1. 물체의 위치 검출

동영상은 연속적인 정지영상들로 구성되어 있으며 이동물체가 출현한 임의의 시간 tn 에 샘플된 1 프레임의 $\lambda(x, y, tn)$ 은 정지영상으로 취급할 수 있다.

차영상에서 얻어진 2차원 2진 영상 $\lambda(x, y, tn)$ 의 요소는 양자화 오차(Quantization error), 잡음, 그리고 이동물체의 유무에 따라 0 또는 1의 값을 갖는다. 이 때 이동물체 존재 이외의 요인으로 발생하는 λ 값이 1인 요소들이 오차 화소가 된다.

오차화소는 목적하는 이동물체의 중심점을 산출하는 과정에서 위치오차의 변수가 되지만 이동물체의 점유영역에 비해 발생빈도가 매우 적은 경우는 문제시 되지 않는다.

이동물체의 마스크 $\lambda(x, y, tn)$ 영상에 분포되어 있는 이동물체의 중심을 산출하기 위하여 수직 및 수평 투영 특성을 이용하면, 이들 각각의 함수는 다음과 같다.

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \lambda(x_i, y, t_n) \quad (7)$$

$$V(y) = \sum_{j=0}^n \lambda(x, y_j, t_n) \quad (8)$$

여기에서 i, j 는 x, y 축에 대한 좌표값이다.

한편 이동물체의 중심은 그림 3에서와 같이 이동물체의 모든 화소가 점유하는 면적을 수직방향으로 2등분하는 좌표를 구하고 마찬가지로 수평방향으로 2등분하는 좌표를 구하므로써 2차원 영상에서의 위치를 결정하는 위치 좌표를 구할 수 있다.

식(7)에서 물체가 점유하는 화소를 구하려면 물체가 점유하는 화소의 합을 SM이라 할 때

$$SM = \sum_{i=0}^n H(x) \quad (9)$$

가 된다.

그러므로 수직방향의 중심좌표는

$$SM / 2 = \sum_{y=0}^n H(x) \quad (10)$$

를 만족하는 n 이 된다.

수평방향으로의 중심좌표 역시 같은 방법으로 구할 수 있다.

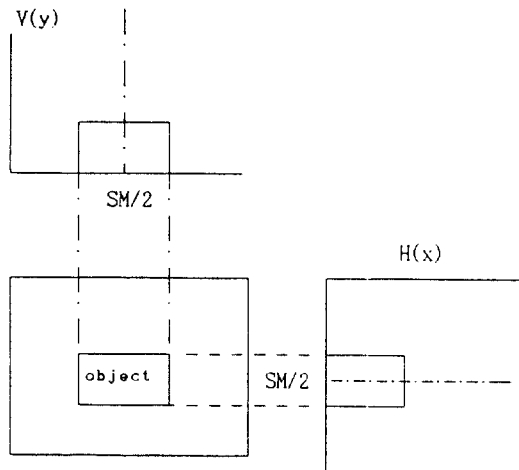


그림 3. 수직, 수평방향의 투영함수
Fig. 3. Horizontal, Vertical projection function.

1-2-2. 카메라와 물체 사이의 공간거리

그림 4는 두 개의 카메라가 이동물체를 투영한 3차원 위치좌표를 나타낸 그림이다.

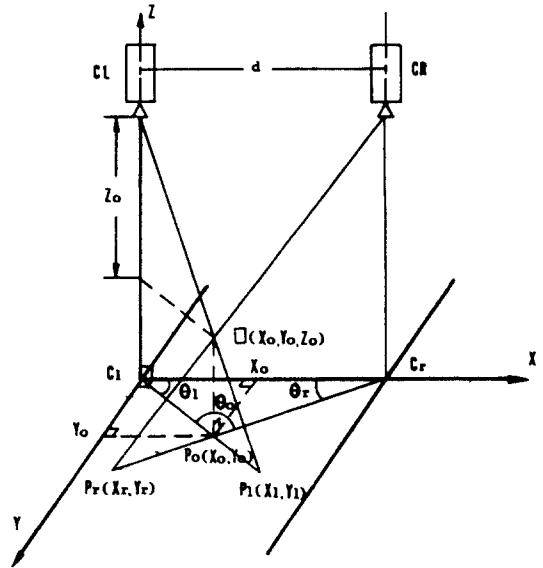


그림 4. Stereo Vision System이 이동물체를 투영한 3차원 위치좌표.

Fig. 4. 3-D coordinate of moving object projected by Stereo Vision System.

두 개의 카메라에서 투영한 이동물체는 차영상 추출에 의해 검출된 2차원 위치좌표로서, 왼쪽 카메라 (CL)에 의해 투영이 된 이동물체의 위치좌표는 $P1(X1, Y1)$ 로 놓고, 오른쪽 카메라 (CR)에 의해 투영된 이동물체의 위치좌표는 $Pr(Xr, Yr)$ 로 설정하였다.

3차원 공간에서 이동물체의 위치좌표는 2개의 카메라와 2차원 이동물체의 위치좌표 사이의 교차지점 $O(X0, Y0, Z0)$ 이 3차원 이동물체의 위치좌표가 된다.

차영상 추출에 의해 얻어진 2개의 2차원 위치좌표를 합성한 2차원 위치좌표 $P0(X0, Y0)$ 는 각 카메라의 중심축 (C1), (Cr)에서 2차원 이동물체의 위치좌표 P1과 Pr이 교차하는 점이 된다.

합성된 2차원 위치좌표에서 이동물체의 위치좌표 $P0(X0, Y0)$ 를 검출하기 위해 두 카메라의 중심축 (C1), (Cr)에서 2차원 이동물체의 위치좌

표 P1의 편이각 θ_l 과 Pr의 편이각 θ_r 를 산출하였으며, 이들 각각의 함수는 다음과 같다.

$$\theta_l = \tan^{-1} Y_l / X_l \quad (11)$$

$$\theta_r = \tan^{-1} Y_r / X_r \quad (12)$$

$$\theta_0 = 180 - (\theta_l + \theta_r) \quad (13)$$

식(11), (12), (13)에 의해 왼쪽 카메라를 기준 축으로 하여 2차원 이동물체 위치좌표 P_0 까지의 거리 $\overline{CIP_0}$ 는 다음과 같은 식으로 산출할 수 있다.

$$\overline{CIP_0} = \text{Sin} \theta_r \times (d / \text{Sin} \theta_0) \quad (14)$$

여기서 d는 왼쪽과 오른쪽 카메라 사이의 간격

식(14)에 의해서 합성된 2차원 이동물체의 위치좌표 $P_0(X_0, Y_0)$ 는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$X_0 = \text{Cos} \theta_l \times \overline{CIP_0} \quad (15)$$

$$Y_0 = \text{Sin} \theta_l \times \overline{CIP_0} \quad (16)$$

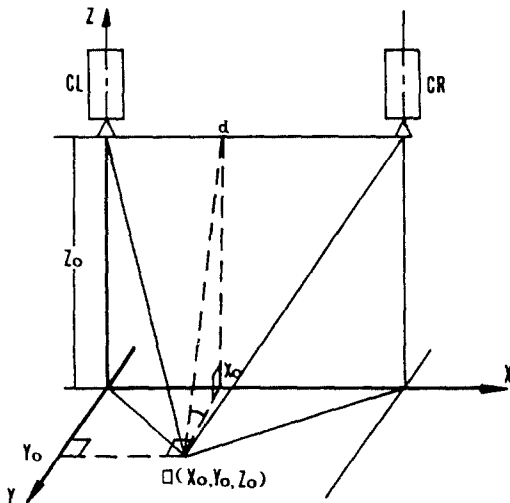


그림 5. 이동물체와 카메라 위치 사이의 고도각
Fig. 5. Altitude angle between camera position and moving object

그림 5는 3차원 위치좌표상에서 카메라의 높이와 이동물체 사이의 고도각 θ 에 의해 3차원 이동물체의 위치좌표 Z_0 는 다음과 같은 수식으로

$$Z_0 = \text{Tan} \theta \times Y_0 \quad (17)$$

구할 수 있다.

1-2-3. 이동물체의 이동속도 산출

1 프레임의 이동물체 위치좌표는 시간영역이 고려되지 않은 데이터가 된다. 그러나 시간적으로 인접하여 샘플된 2 프레임 사이의 영상은 각각의 컴퓨터에서 취득된 2개의 2차원 위치좌표를 하나의 위치좌표로 재구성하여 3차원 이동물체의 위치좌표를 검출하였다.

이러한 방법으로 구간별 프레임 사이의 이동물체 이동거리를 ΔL 이라 하면 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\Delta L = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} \quad (18)$$

따라서 구간별 이동물체의 이동속도 V는

$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (19)$$

로 된다.

1-2-4. 영상의 신호대 잡음비

기준영상과 샘플된 영상을 가지고 차영상을 구할 때 오차화소가 발생하게 된다. 오차화소가 발생하는 원인은 영상을 샘플할 때 샘플동기의 미소 변화와 샘플된 영상이 시변화에 따라 휘도가 변화함으로써 발생하며, 이러한 오차화소는 물체의 변적중심을 추적하는 기능을 저하시키는 원인이 된다. 그러므로 차영상은 객관적인 영상의 신뢰도(fidelity)를 가져야 하며, 이를 평가하는 방법은 여러가지가 있다.

기준영상 $B_v(x, y, t)$ 와 샘플링된 영상 $G(x, y, t)$ 에서 $t=t_1, t_2, t_3, t_n$ 사이의 차영상은 $DIB(x, y, t), t=t_1, t_2, t_3, t_n$ 일 때 배경변화에

기인하는 오차화소 $e(x, y, t)$ 는 다음과 같다.

$$e(x, y, t) = G(x, y, t) - Bv(x, y, t) - DIB(x, y, t) \quad (20)$$

식(20)에서 $e(x, y, t) = 0$ 이면 식변화에 따라 휘도변화가 없는 경우이며, 이 때 차영상은 이상적인 경우가 된다. 차영상의 평균자승 신호대 잡음비는 다음과 같이 정의된다.

$$(SNR)_{ms} = \frac{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} DIB^2(x, y)}{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} e^2(x, y)} \quad (21)$$

1-3. 스테레오 비전 시스템의 설계

1-3-1. 시스템의 설계

실제 제작된 영상처리 시스템은 영상신호를 디지털화 하여 컴퓨터에 입력시키거나 화면에 디스플레이 하는 컴퓨터의 CPU를 이용하는 것과는 구별되며 영상처리 시스템 자체에 CPU를 보유하고 있어 이동물체의 변위평가등 시스템에서 필요한 알고리

즘을 용이하게 개발하고 변형하여 사용할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

또한 영상신호의 입출력을 위한 디스플레이 버퍼를 직접 중앙처리장치에서 액세스(Access) 할 수 있고 두 프레임의 영상 데이터를 저장할 수 있어서 각 프레임간의 유용한 산술 및 논리연산이 가능하다.

본 연구에서 구현한 영상처리 전용 시스템은 입출력 기능, 영상의 디지털화, 영상처리, 데이터 교환등의 기능을 갖고 있다. 그림 6은 스테레오비전 시스템의 전체 블럭선도이다.

입출력 기능은 영상을 취득하고 처리된 결과 영상을 모니터에 출력시켜 사람이 주관적인 평가를 수행하기 위하여 사용되며 디지털화 기능은 다양한 영상처리를 하기 위해 필요한 데이터 획득(Data acquisition)을 위하여 사용된다.

시스템은 동작기능에 따라 크게 입출력 처리부, 제어부, 영상표시부 및 보조장치 부분으로 나눌 수 있다.

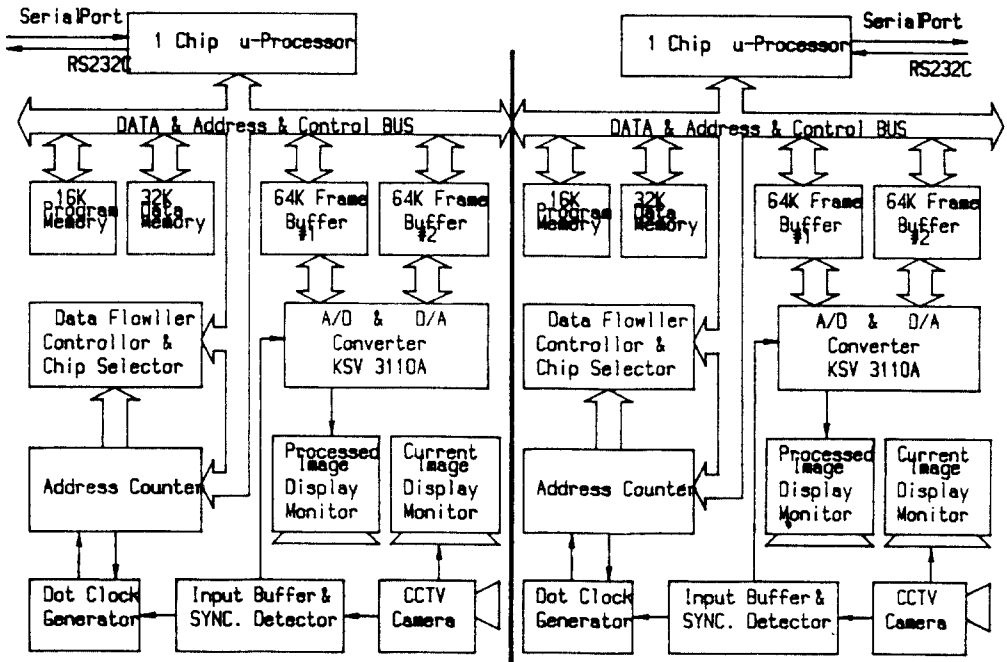


그림 6. 시스템 블럭선도
Fig. 6. System Block Diagram

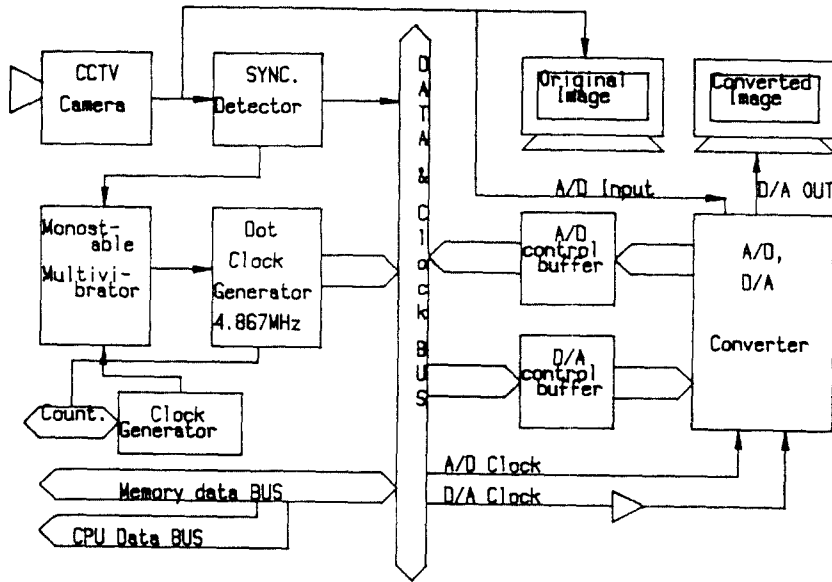


그림 7. 입출력 처리부
Fig. 7. I/O Processing System.

입출력 처리부는 영상데이터를 취득하고 영상을 처리한 결과를 모니터에 출력시키는 부분으로 CCTV 카메라로 부터 복합영상신호를 받아서 동기분리 및 A/D 변환하여 영상을 디지털화 하기 위한 전처리 부분이며, 제어부는 시스템 메모리 및 데이터를 관리 운영하는 마이크로 프로세서와 32K의 데이터 메모리 및 16K의 프로그램 메모리와 콘트롤 로직(Control logic)들로 구성되어 있고, 영상표시부는 두 개의 영상표시용 프레임 버퍼가 있어 A/D 및 D/A 변환된 데이터를 각 모니터에 표시할 수 있다.

1) 입·출력 처리부

입력처리부는 CCTV 카메라로 부터의 복합 영상신호를 입력으로 하여 수직동기(Vertical Syn.) 및 수평동기(Horizontal Syn.) 신호를 검출하는 동기분리회로와 A/D 변환기 및 TV 모니터 등으로 구성된다. 그림 7은 입출력 처리부의 계통도이다.

NTSC 방식에서 총 525개의 수직주사선으로

한 프레임(frame)을 구성하며, 한 프레임은 두 개의 필드(field)로 구성되어 있다. 한편 수평주사기간 $H \approx 63.49\mu s$ 이며 수평귀선 소거시간은 16.5%~18% 범위이면 양호하므로 수평 귀선 소거시간을 16.5%로 계산하면 유효수평 주사기간은 53 μs 가 된다.

복합 영상신호에서 수평동기 및 수직 동기신호를 분리하기 위해서 전용 칩 KA2605를 사용하였고 A/D 변환을 위해 입력되는 복합영상 신호중 샘플링(Sampling) 되는 범위는 유효 휘도신호 부분만이므로 검출된 동기신호를 지연시켜 휘도신호가 정확히 샘플링하기 위해 MC14538 단안정 멀티바이브레이터(Monostable Multibrator) 및 가변 저항을 이용하여 구성하였다.

도트 클럭(Dot clock)은 한 개의 주사선을 몇 개의 도트로 샘플링할 것인가를 결정한다. 본 시스템은 256×256개의 화소로 구성되므로 $1H = 63.49\mu sec$ 중에서 유효 수평주사기간 53 μsec 이며 $T = 1/f$ 이므로 샘플링 주파수 $f = (1/53\mu s) \times 256 = 4.867 MHz$ 로 샘플링하였다.

2) 제어부

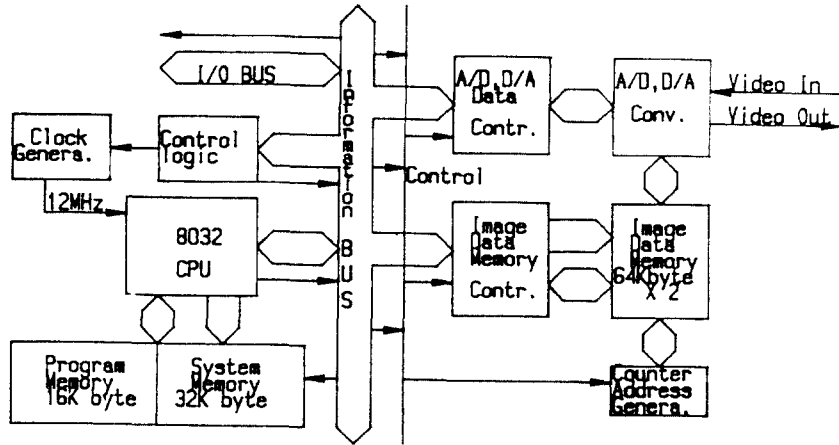


그림 8. 제어부
Fig. 8. Control Subsystem.

제어부는 중앙처리장치와 시스템 메모리 그리고 Image data controller 등으로 구성된다. 여기서 중앙처리 장치는 Intel사의 u processor로서 12 MHz 의 클럭을 받아 동작한다.

중앙처리장치의 직접 어드레싱 영역은 0000H—FFFFH번지의 64K byte다. 그림 8은 제어부의 계통도를 표시한다.

본 시스템에서는 A15 단자를 Select 신호로 사용하여 A15가 0일 때, 즉 64K byte 중 32K byte(0000H-7FFFH)를 시스템 메모리 Addressing 에 할당하고, 나머지 32K byte(8000H—FFFFH) 번지 까지의 영역은 2중화 하는 방법으로 확장하여 프레임1과 프레임2의 영상 데이터 메모리에 각각 64K byte씩 할당하여 P1.0(cpu port one의 pin 번호 0)와 P1.1를 selector로 사용하여 프레임 1 버퍼와 프레임 2 버퍼를 직접 액세스(access)할 수 있도록 했다.

이와 같이 구성된 기억장치들은 메모리 컨트롤러의 제어를 받은 74LS541 그리고 74LS245 등 3-상태버퍼 (Tri state Buffer)에 의해 제어된다.

또한 외부 컴퓨터와의 데이터 교환을 위해 RS2

32C와 CPU 간에 Serial Buffer인 MAX232로 구성하였다. 이 시스템의 전송속도는 최대 19,200 BPS의 속도로 전송한다. 그리고 P1.2는 A/D 변환부의 출력 버퍼를 control 함으로써 A/D 변환된 영상 데이터를 Image Memory에 저장할 수 있는 제어를 한다.

3) 영상(Video) 표시부

영상표시부는 동기신호와 클럭신호를 이용하여 화면내의 어드레스를 생성하는 어드레스 카운터 (Address Counter)와 A/D 변환부, 처리된 영상을 표시하기 위한 TV 모니터, 영상을 취득하여 저장하는 비디오 메모리등으로 구성되어 있다. 그림 9는 영상 표시부의 계통도이다.

수평어드레스 카운터(Horizontal Address Counter)는 호트클럭과 수평동기신호를 입력으로 하여 유효수평기간 동안의 어드레스를 지정한다.

수직 어드레스 카운터(Horizontal Address Counter)는 휘도데이터 (Brightness Data)가 저장된 주사선의 수직적 위치를 지정한다.

영상표시를 위한 비디오 메모리 버퍼는 256×256×2⁸의 영상을 취득할 수 있으며 어드레스 디코

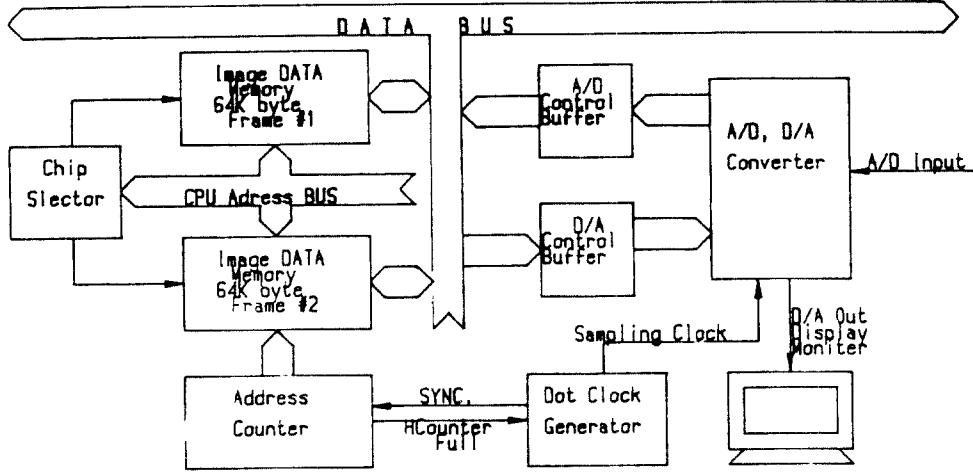


그림 9. 영상 표시부
Fig. 9. Video Display Subsystem.

더에 의해 2개의 64K byte 버퍼에 번갈아 저장되고 Display는 CPU P2.7 신호를 순차적으로 디스플레이 되도록 구성되어 있다.

III. 실험 및 고찰

본 연구를 위한 스테레오 비전 시스템을 그림 6과 같이 구성하였다. 시스템은 운용자의 콘솔 조작에 따라 여러가지 형태의 영상처리를 행할 수 있다. 프로그램의 효율적인 개발과 파일 저장등을 위하여 IBM PC AT을 이용하여 전용 시스템과의 데이터 교환을 하였으며 특별한 프로토콜 없이 19,200 Baud 속도로 전송하여도 데이터 교환이 가능하였다.

입력 영상은 256×256의 해상도에 그레이 레벨이 256인 영상을 취득하여 이동물체의 변위량을 위해 2진 영상을 만들었다.

그림 10은 실험을 위한 데이터 처리이다.

이와 같이 양자화된 2진 영상의 크기는 256×256 화소로 구성하였으며 양자화된 영상신호를 각각의 영상처리 전용 시스템 비디오 메모리에 저장하였다. 3차원 연속 영상의 취득은 스테레오 비전

시스템을 구성하여 3차원 공간에서 이동물체의 연속영상을 취득하였다.

각각의 영상으로 부터 취득된 이동물체의 2차원 위치좌표는 3차원 위치정보가 상실된 위치좌표이며, 또한 2개의 2차원 위치좌표는 각기 다른 위치좌표를 갖는다.

따라서 차영상 추출방법으로 추출된 2개의 2차원 위치좌표를 합성시켜 3차원 이동물체의 위치좌표를 검출할 수 있다.

2개의 2차원 위치좌표 합성은 왼쪽 카메라 CL의 중심좌표를 (X=0, Y=256/2), 오른쪽 카메라 CR의 중심좌표는 (X=256, Y=256/2)로 선정하여 2개의 2차원 위치좌표를 하나의 위치좌표상에 합성하였다.

합성된 2차원 위치좌표상에서 왼쪽 카메라 CL을 기준 좌표로 하여 3차원 이동물체의 위치좌표를 검출할 수 있다.

3차원 연속 영상의 취득을 위해서 두 영상 TV 카메라를 2차원 평면에서 임의의 한 Y축 지점에 X축과는 일렬로 설치하였고, 또한 2차원 평면과는 수직인 Z축 방향으로 같은 높이로 설치하였다.

이와 같이 설치된 스테레오 비전 영역에서 배경의 범적은 X축으로 21cm, Y축으로 36cm가 되었으

며 또한 2차원 평면에서 카메라까지의 높이 Z는 104cm이었다. 그리고 두 카메라 사이의 간격 d는 21cm가 되었다.

이와 같은 조건하에서 3차원 이동물체의 이동정보를 그림 10과 같은 방법으로 추출하였다. 이동물체는 두 대의 카메라 중간에 모형 비행기를 매달아 움직였다. 모형물체를 움직이기 이전에 먼저 배경영상을 초기화하여 기준영상으로 설정하였다. 모형물체를 움직이고 난 후 샘플되는 영상 프레임에 이동물체가 출현하는가를 감지하였다.

이동물체의 존재가 확인되면 동시에 각각의 마이크로 컴퓨터가 그 이동물체의 2차원 위치좌표를 산출해 내고, 그중 1대의 컴퓨터가 산출하였던 이동물체의 위치좌표를 주 컴퓨터(Main Computer)에 전송하게 된다.

이 때 주 컴퓨터에서는 전송된 이동물체의 2차원 위치좌표값을 합성하여 3차원 이동물체 위치좌표값으로 변환하여 구간별 3차원 이동물체의 거리와 속도를 산출하여 주어진 조건에 만족할 때까지 반복 처리를 수행한다.

그림 11-(a)와 (b)는 왼쪽 카메라와 오른쪽 카메라에 의해 투영된 배경영상이며 그림 11에서 샘플된 두 배경영상에서 물체의 크기가 다른 것은 두 카메라의 구조적 장치가 서로 다르기 때문이며, 본 실험에서는 두 카메라의 초점거리를 조정하여 이러한 구조적 오차를 최소화하여 실험하였다.

그림 12 (a)와 (b)는 3차원 공간의 배경 영상대에 3차원 이동물체가 출현한 경우 샘플된 두 배경영상에서의 이동물체를 나타낸다.

그림 13-(a)와 (b)은 그림 12 (a)와 (b)와 같이 3차원 공간에 출현한 모형비행기를 차영상 추출 방법으로 이동물체를 검출한 것이다.

그림 13 (a), (b)의 왼쪽 영상과 오른쪽 영상에서 각각 검출된 이동물체의 중심중심은 식 (12), (13)에 의하여 검출하였다.

잡음에 의한 배경의 변화는 먼저 중심을 정확히 산출하기 어렵게 하므로 신호대 잡음을 고려하기 위하여 인위적으로 난이도가 높은 배경을 만들었으며 그 결과는 표1과 같다.

본 실험에서는 오차화소를 최소로 줄이기 위해

표 1. 신호 대 잡음비
Table. 1. Signal to noise Ration

난이도	O.E.P.[dB]	SNR [dB]
1	15.6127	26.2 dB
2	15.6127	24.5 dB
3	15.6127	24.1 dB
4	15.6127	23.1 dB
5	15.6127	23.5 dB
6	15.6127	22.9 dB
7	15.6127	23.4 dB
8	15.6127	23.9 dB
9	15.6127	23.2 dB
10	15.6127	23.1 dB

영상취득시 조명은 인위적인 조명으로 배경영상 평면에서 700 ± 50 Lux로 고정시켜 배경의 휘도변화를 배제시켰으며, 이러한 오차화소는 검출된 이동물체 화소의 점유면적에 비하여 대단히 적으므로 실제 이동물체의 위치좌표를 산출하는 데는 큰 영향을 미치지 못하였다.

그림 14는 스테레오 비전 시스템에서 검출된 이동물체의 2차원 위치좌표는 왼쪽 카메라에서 투영된 이동물체의 2차원 위치좌표를 P_L , 오른쪽 카메라에서 투영이 된 이동물체의 2차원 위치좌표는 P_R 이며 검출된 두 개의 2차원 위치좌표를 각 컴퓨터간의 상호 통신에 의해 합성된 위치좌표의 그림이다.

점 P_0 는 왼쪽 카메라 C1에서 P1까지의 직선과 오른쪽 카메라 Cr에서 Pr까지의 직선이 교차되는 점은 3차원 이동물체의 위치좌표이다. 이 위치좌표의 산출은 식(15), (16), (17)로 산출하였다.

이 때 3차원 이동물체의 위치좌표는 왼쪽 카메라 C1의 위치좌표를 기준축 (0, 0, 104)으로 하여 이동물체의 위치를 산출하였다. 표 1은 3차원 공간의 임의의 장소에 이동물체를 정지시켜, 정지된 이동물체의 실제치와 측정치를 비교한 오차치를 나타낸 표이다.

표 2에서 실제의 예를 들면 Z축을 102cm로 고정시킨 다음 실제 물체의 3차원 위치좌표 점 X, Y, Z가 (12.5, -5.8, 102)cm일 때 측정위치 X,

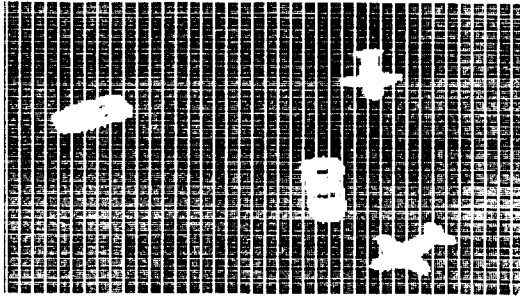


그림 12 (a) 왼쪽 배경영상에서의 이동물체.
Fig. 12 (a) Left Background image in moving object.

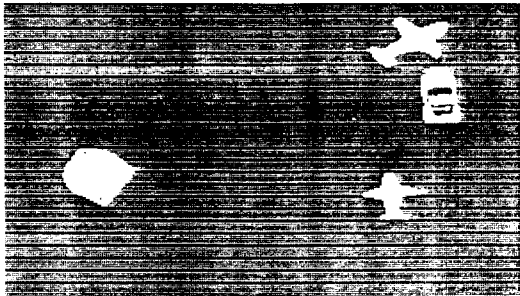


그림 12 (b) 오른쪽 배경영상에서의 이동물체.
Fig. 12 (b) Right Background image in moving object.

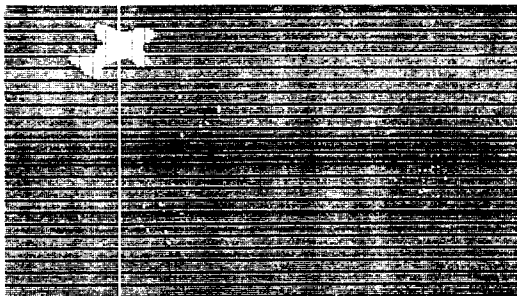


그림 13 (a) 왼쪽 영상에서의 이동물체의 중심.
Fig. 13 (a) Center of the moving object in left image.



그림 13 (b) 오른쪽 영상에서의 이동물체의 중심.
Fig. 13 (b) Center of the moving object in right image.

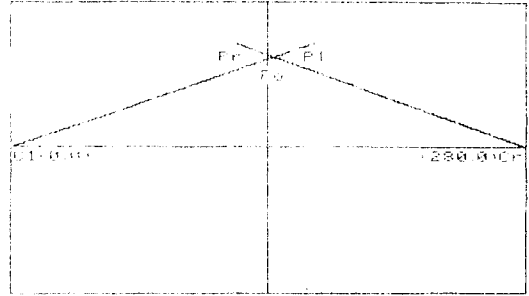


그림 14. 두 영상에서 이동물체 중심좌표 합성.
Fig. 14. Matching of the center position between left and right image.

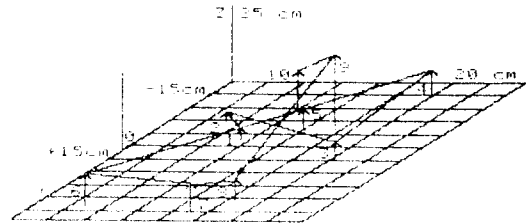


그림 15. 3차원 이동물체의 궤적.
Fig. 15. The track of 3-D moving object.

Y, Z 는(13.57, -6.49, 104.08)cm이었으며 이 때 X, Y, Z 오차는 (1.07, 0.66, 2.08)cm로 산출되었다.

이와 같은 방법으로 배경영상 평면에서 약 5cm 간격으로 Z축으로 이동물체를 이동하며 얻어진 결과 X, Y, Z 축의 평균 오차는 (0.86, 0.866, 1.87)cm로 나타났으며 Z축은 이동물체가 카메라에 접근할수록 오차는 감소됨을 알 수 있었다.

그림 15는 3차원 공간에서 모형 비행기가 변조순으로 10회 이동한 궤적을 나타낸 것이며, X축 20cm, Y축(+15~-15)cm, Z축으로 25cm내에서 이동물체가 이동한 것이다.

표 3은 그림 15와 같이 이동한 물체를 10회 샘플하여 식(18)에 의하여 이동 물체의 각 구간별 이동거리를 산출하였고, 식(19)에 의하여 이동물체의 속도를 산출하여 3차원 공간에서 이동물체의 범위는 양호하게 평가할 수 있었다.

표 2. 3차원 이동물체의 위치측정 오차
Table 2. Error Measurement of Position 3-D Moving Object.

(단위 : cm)

X			Y			Z		
상 세 위치	측 정 위치	오 차	상 세 위치	측 정 위치	오 차	상 세 위치	측 정 위치	오 차
12.5	13.57	1.07	-5.8	-6.46	0.66	102	104.08	2.08
14.5	13.60	0.9	9.8	10.44	0.64	94	96.06	2.06
5.3	6.0	0.7	12.0	10.48	1.52	89.5	87.53	2.03
9.8	10.66	0.86	10.7	10.02	0.68	85	83.29	1.71
6.8	7.57	0.77	0.5	1.33	0.83	79	77.53	1.47
X축 평균오차		0.86	Y축 평균오차		0.866	Z축 평균오차		1.87

표 3. 구간별 이동거리와 속도
Table 3. Average speed and moving distant per interval

(단위 : cm)

X	Y	Z	이동거리	이동속도
7	-2.64	100.34	0	0
3.92	-7.03	101.16	5.43	1.09
15.33	1.67	98.75	14.55	2.91
15.38	-12.37	94.98	14.54	2.91
9.89	-5.53	97.98	9.27	1.85
3.6	12.9	93.6	19.96	3.99
11.39	11.16	94.98	8.01	1.6
13.7	12.46	95.71	2.96	0.59
12.32	-5.03	79.5	23.89	4.78
7.34	-10.29	92.2	14.62	2.92

IV. 결 론

본 연구에서는 로봇트 란의 제어를 위한 3차원 이동물체의 이동변위를 평가하기 위하여 스테레오 비전 시스템을 설계, 제작하였다. 이동물체의 추출은 차영상추출 알고리즘을 이용하였다. 3차원 이동물체의 변위평가를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 스테레오 비전 시스템을 구현하고, 구현된 시스템의 영상 크기는 256×256×28인 영상을 취득할 수 있으며, 스테레오 비전시스템의

상호 통신은 운용자의 콘솔에서 조정할 수 있으며 표준 통신회선을 이용하였다.

2) 난이도가 높은 3차원 공간 배경내에서 이동물체의 검출은 차영상 추출 방법으로 정확하게 검출하였으며, 검출된 이동물체의 면적 중심을 산출하여 2차원 이동물체의 위치좌표를 산출하였다.

3) 스테레오 비전 시스템에서 각각 얻어진 2차원 이동물체의 위치좌표를 합성시켜 3차원 위치좌표의 검출이 가능하였다.

4) 3차원 이동 물체의 Z축 거리는 카메라와 물체 사이의 공간거리로 하여 측정하였다. 이 때 실험치와 실제치의 평균 오차는 약 1.87cm를 보였다.

5) 연속 영상을 프레임간 5Sec로 샘플링하여 3차원 이동물체의 이동거리, 궤적 및 속도를 측정하였다.

앞으로의 과제는 제안된 방법을 가지고 시각 시스템에 의한 로봇트 란 제어에 적용시켜 공장 자동화에 적용하기 위해서 처리시간 개선에 대한 연구를 계속하고 있다.

※ 이 논문은 1989년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

參考文獻

1. W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Dynamic Scene Analysis: A Survey", CGIP, Vol. 7, No. 3, pp. 356~374, June, 1978.
2. J.K. Aggarwal and R.D. Duda, "Computer Analysis of Moving Polygonal Images", IEEE Trans. on Computer Vol. C 24, pp. 966~976, Oct. 1975.
3. J.W. McKee and J.K. Aggarwal, "Finding the Edges of the Surfaces of Three Dimensional Curved Objects by Computer", Pattern Recognition, Vol. 7, pp. 25~52, 1975.
4. R. Jain and H.H. Nagel, "On the Analysis of Accumulative Difference Pictures from Image Sequences of Real World Scenes", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI 1, No. 2, pp. 206~214, 1979.
5. R.C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison Wesley publ. Co. Inc. Reading, MA, pp. 383~386, 1977.
6. J.A. Leese, C.S. Novak and B.B. Clark, "An Automated Technique for Obtaining Cloud Motion from Geosynchronous Satellite Data Using Cross-Correlation", J. Applied Meteorology, Vol. 10, pp. 118~132, Feb. 1971.
7. C.M. Bastuscheck and J.T. Schwartz, "Experimental Implementation of a Ratio Image Depth Sensor", T3 DMP, 1 12.
8. O.D. Faugeras and M. Hebert, "The Representation, Recognition, and Positioning of 3 D Shapes from Range Data", T3DMP, 113~148.
9. Amar Mitiche and Patrick Bouthemy, "Tracking Modelled Objects Using Binocular Images", CVGIP, 32, pp. 374~396, 1985.
10. Y. Yakimovsky and R. Cunningham, "A System for Extracting Three Dimensional measurements from a Stereo Pair of TV Cameras", CGIP, 7, pp. 195~210, 1978.
11. Michael Jenkin and John K. Tsotsos, "Applying Temporal Constraints to the Dynamic Stereo Problem", CVGIP, 33, pp. 16~23, 1986.
12. Gerard Medioni and Ramakant Nevatia, "Segmentation Based Stereo Matching", CVGIP, 31, pp. 2~18, 1985.
13. Joo Shin, Lee and Kap Seok, Choi, "A Study of Moving Distance and Velocity Measurement", Journal of KIEE, Vol. 2, pp. 2, No. 2, pp. 76~88, March, 1986.
14. 임성룡, 유우현, 정원길, 이주진, "차영상에 의한 이동 물체 감중 및 자동추적", 전기·전자공학 학술대회 논문집, Vol. 2, 대한전자공학회, pp. 1,387~1,389, 1987.
15. R.A. Sany and C.A. Bozz, "Moving Object Recognition Using Motion Enhanced HOUGH Transform", Digital Signal Processing 84, V. Capplini and A.G. Constant Editor, North Holland, pp. 770~775, 1984.
16. R.J. Schaikoff and E.S. Mevey, "A Model and Tracking Algorithm for a Class of Video Target", IEEE Trans. on PAMI, Vol. PAMI 4, No. 1, pp. 2~10, Jan, 1982.
17. 박정희, 김윤호, 이주진, "Stereo Vision System에 의한 3차원 이동변위량측", 제1회 신호처리 합동 Workshop 논문집, Vol. 1, No. 1, 대한전자공학, 한국통신, 음향학회, pp. 123~126, 1988.



李 周 信(Joo Shin LEE) 正會員
 1948年 1月 17日生
 1975年:明知大學校 電子工學科(學士)
 1977年:弘益大學校 電子工學科(碩士)
 1987年:明知大學校 電子工學科(工學博
 士)
 1979年 9月~1987年 2月:清州大學校
 理工大學 電子工學科(助教
 授)

1987年 3月~現在:清州大學校 理工大學 電子工學科(副教
 授)