

이동 물체 추적을 위한 경계선 추출

(Boundary Line Extract for Moving Object Tracking)

김 태 식 * , 이 주 신 **

(Tea-Sik Kim and Ju-Shin Lee)

요 약

본 논문에서는 3차원 영상 처리 시스템을 이용한 이동 물체 추적을 위한 경계선 추출 알고리즘을 제시하였다. 이동 물체의 검출은 입력 영상에서 차 영상 기법을 이용하였고, 이동 물체 검출을 위한 검출 윈도우는 처리시간을 줄이기 위하여 4개의 예상 영역과 물체 영역으로 구성하였으며, 크기는 이동 물체의 크기와 중심 좌표에 대한 예측 계수에 의해 정하였고, 추적 카메라는 직류 모터에 의해 X, Y방향으로 이동하도록 하였다. 모형 자동차를 이용하여 알고리즘을 수행한 결과, 최대 추적 시간은 2초였고, 추적 에러는 물체 크기의 6% 이하였다.

Abstract

In this paper, I'd like to make a suggestion for boundary line detect algorithm which is used 3-D image processing system in order to track moving object. Through this study, more than anything else, difference image method was adopted to detect moving object in input image. To detect moving object, I made use of detect windows constructed by 4's predictive areas and object area for the purpose of reducing processing time and its size was determined by the size of moving object and prediction parameter directed center position. And also, tracking camera was movable toward the direction of X,Y by DC motor. As a conclusion of the study proposed algorithm, I found out the following results that tracking error was less than 6% of total moving object size and maximum tracking time 2 seconds by toy-car simulation.

I. 서 론

영상 처리 기술은 영상 내의 움직임 정보의 유무에 따라 정지 영상과 동영상으로 대별되어 연구되고 있으며, 최근 동영상 처리 분야 중 이동 물체의 정확한 특징 검출과 이동 경로, 이동 속도, 거리등의 변위 평가 및 움직임 정보를 분석하고 표현하는 것이 중요한 연

구 분야로 대두되고 있다.^[1]

동영상 처리 방법은 화소를 이용한 방법과 특징을 이용하는 방법 등으로 대별되며, 화소를 이용한 방법에는 다시 시공간 경사법(Spatial temporal gradient method)과 정합법으로 나눌 수 있다.^[2,3] 시공간 경사법은 움직임이 빠른 경우 성능이 저하되며, 정합법은 이동 벡터 추출을 위한 많은 계산량이 요구된다.

영상 추적이란 동영상으로부터 움직임 정보를 추출하여 이동 물체를 추적하는 것으로 항공기, 선박, 차량 등의 자동 유도, 무인 자동차 등과 같은 산업 분야에 응용되고 있으며, 대공 방어나 비행 물체 감시등의 전략적인 핵심 기술로 광범위하게 응용되고 있다.^[4]

현재의 영상 추적 기법은 광류(Optic flow)를 이용하는 방법과 차영상 기법을 이용하는 두 가지 방법으

* 正會員, 晉州專門大 電子計算科
(Dept of Computer Science, ChinJu Technical College)

** 正會員, 淸州大學校 電子工學科
(Deft of Electronics, Chongju University)

接受日字: 1998年4月18日, 수정완료일: 1998年9月23日

로 대별되고 있으며^[3], 세부 연구 분야로서 이동 물체가 존재하는 영역을 직사각형으로 근사화시켜 이동 경로를 추적하거나^[3-6], 정확한 경계선을 추출하여 이동 물체 인식은 크게 두 가지로 나누어진다.

본 연구에서는 이동물체 추적을 위한 이동물체의 경계선 검출 알고리즘을 제안하고자 한다.

입력 영상으로부터 광류 영상(Optic Flow Image)을 구하고, 구한 광류 영상에서 움직임 벡터가 존재하지 않는 배경 영역을 추출하여 제거한 후 영역별로 분할하여 경계선을 추출 하고자 한다.

II. 움직임 영역 분할

동영상 처리에서 이동 물체를 검출하기 위한 이동 영역의 분할은 동영상 해석의 전처리로서 오텍 플로우 및 차영상 기법이 이용되고 있다.

인접한 두 개의 입력 영상 중 변위 영역이 존재하게 되면 휘도의 차가 발생하기 때문에 차영상을 구함으로써 변화 영역을 구할 수 있다.

차영상의 추출은 샘플링된 인접 두 영상 사이의 휘도차를 계산하여 그림 1과 같이 구하였다.

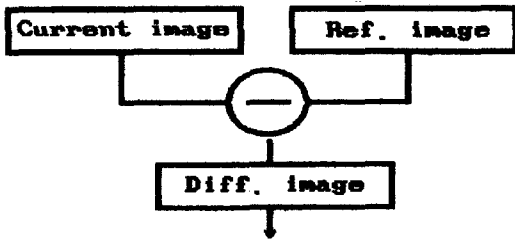


그림 1. 차영상 추출
Fig. 1. Extract of difference image.

그림 1에서 표준 영상과 현재 영상은 각각 T_n , T_{n+1} 에 샘플링된 영상으로 하였고, 차영상 $DI(x, y, T_n)$ 는 표준 영상 $RI(x, y, T_n)$ 와 현재 영상 $CI(x, y, T_{n+1})$ 의 차의 절대값으로 구하였고, 식 (1)과 같다.

$$DI(x, y, T_n) = |I(x, y, T_n) - I(x, y, T_{n+1})| = |RI(x, y, T_n) - CI(x, y, T_{n+1})| \quad (1)$$

식(1)로부터 구해진 차영상은 이동 물체의 유무와 이동 영역을 검출할 수 있다.

그림 2의 (A)과 같이 T_n 시간에서 샘플링된 영상내

에 A지점에 이동 물체가 출현한 후, 다음 프레임 T_{n+1} 에서 영역 a'의 위치로 이동하였다면, 차영상은 그림 2의 (B)와 같이 구해진다.

이러한 차영상법은 단순한 배경의 영상에서는 움직임 영역의 변화를 검출하기 용이하나, 잡음이 섞인 영상이나 배경이 복잡한 경우, 그리고 카메라가 움직일 경우 등은 정확한 이동 변위의 예측에 많은 어려움이 따른다.

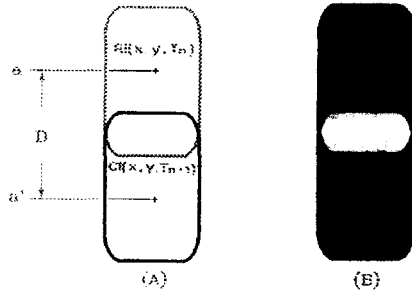


그림 2. 차영상 검출 예
Fig. 2. Sample extraction of difference image.

또한 오텍 플로우를 이용하는 방법으로서, 화소의 이동 속도로 표현된 속도 평면은 각각 속도 차이가 있는 이동 물체를 구별할 수 있다.

영상 평면에서 화소 $P(x, y)$ 가 이동할 때 T 인 순간의 밝기를 $I(x, y, t)$ 라하고, Δt 동안 물체가 모양이 변하지 않고, 미소 변위 δx , δy 만큼 이동했다면, 이동 영역에서 화소 사이의 상호 관계는 식(2)와 같다.

$$I(x, y, t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \Delta t) \quad (2)$$

위의 식 (2)를 다시 정리하면 식(3)과 같다.

$$\frac{\partial I}{\partial x} u + \frac{\partial I}{\partial y} v + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

여기서 $(u, v) = (\frac{\partial x}{\partial t}, \frac{\partial y}{\partial t})$ 로서 화소 순간 이동속도이다. 인접한 영상으로부터 이동 물체의 속도 계산은 국부 최적 기법(Local optimization technique)을 이용하고 있으며 식(4)와 같다.

$$\min(u, v) E = \int \int_D (I_x u + I_y v + I_t)^2 + \lambda^2 (\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2) dx dy \quad (4)$$

이동 영역을 검출하는 방법으로서 오텍 플로우 기법

이 많이 사용되고 있으나 연산량이 많기 때문에 차영상 기법을 이용하여 움직임 영역을 추출하고 차영상으로부터 움직임 영역만을 구하여 선별적으로 유택 플로우 기법을 적용하는 것이 처리 시간을 줄이는 방법이다. 본 연구에서는 변화 영역만을 선별하여, 속도 평면의 영상을 구하고 구한 영상을 분할하여 경계선을 검출하고자한다.

III. 이동 영역의 분할 및 이동 물체 검출

입력 영상으로부터 구한 차영상으로부터 스레쉬 홀드 값을 이용하여 이진 영상을 구하였고, 구한 영상으로부터 이동 물체를 구하였다

그림 3과 같이 입력 영상 내에서 시간에 따라 크기와 이동 속도가 변화하는 이동 물체가 존재할 때 이동 물체의 크기와 중심 좌표의 상관 관계에 대하여 고찰하고자 한다.

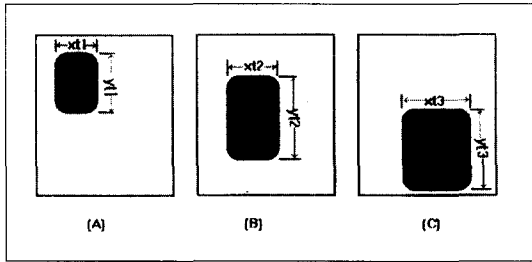


그림 3. 이동 물체, 속도 및 크기 변화의 검출
(A) T1의 차영상 (B) T2의 차영상
(C) T3의 차영상

Fig. 3. Detection of moving object, velocity, and size variance.

(A)DI on T1 times (B) DI on T2
(C) DI on T3

그림 3에서 (A)는 T1번째로 구한 차영상으로 크기가 Xs_1, Ys_1 이고 중심 좌표 Xc_1, Yc_1 이라면, 시간 변화에 따른 이동 물체의 크기 $(Xs_1, Ys_1), (Xs_2, Ys_2), (Xs_3, Ys_3)$ 사이에는 선형 관계가 있다고 할 수 있다. 여기서 이동 물체의 크기 (Xs, Ys) 와 중심의 좌표 (Xc, Yc) 를 구하면 식 (5)와 같다.

$$(X_s, Y_s) = [(X_{s1}, Y_{s1}), (X_{s2}, Y_{s2}), (X_{s3}, Y_{s3}), \dots, (X_{sn}, Y_{sn})]$$

$$(X_c, Y_c) = [(X_{cT1}, Y_{cT1}), (X_{cT2}, Y_{cT2}), (X_{cT3}, Y_{cT3}), \dots, (X_{cTn}, Y_{cTn})]$$

$$\begin{aligned} Xs'_{N+1} &= C_{xsN} \cdot (Xs'_N)^{N-1} + \dots + C_{xs1} \cdot (Xs'_1) + C_{xs0} \\ Ys'_{N+1} &= C_{ysN} \cdot (Ys'_N)^{N-1} + \dots + C_{ys1} \cdot (Ys'_1) + C_{ys0} \\ Xc'_{N+1} &= C_{xcN} \cdot (Xc'_N)^{N-1} + \dots + C_{xc1} \cdot (Xc'_1) + C_{xc0} \\ Yc'_{N+1} &= C_{ycN} \cdot (Yc'_N)^{N-1} + \dots + C_{yc1} \cdot (Yc'_1) + C_{yc0} \end{aligned} \quad (5)$$

C_{xsN}, C_{ysN} = 이동 물체 크기의 X, Y에 대한 n차 항의 이항 계수
 C_{xcN}, C_{ycN} = 이동 물체 중심의 X, Y에 대한 n차 항의 이항 계수

식 (5)에 의하여 구한 Xs'_N 이 이동 물체의 X 크기에 대한 예측값이며, 차영상으로부터 구한 실제 X크기인 Xs_N 과의 오차 dXs_n 를 구하면 식 (6)과 같다.

$$dXs_n = Xs_n - Xs'_n \quad (6)$$

식 (5)와 식 (6)의 일반식을 구하면 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} Xs_n' &= Cxs_{n-1} \cdot (xs_{n-1})^{n-1} + \dots + Cxs_0 \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} Cxs_{n-i} \cdot (Xxs_{n-i})^{n-i} \end{aligned} \quad (7)$$

$$dXsn = Xsn - Xsn'$$

식 (7)과 동일한 방법으로 이동 물체의 중심 좌표와 이동 물체의 크기를 예측할 수 있다. 예측 다항식의 차수가 높아지면 더욱 정확한 예측이 가능하지만 계산량이 많아지는 문제점이 있다.

영상 내에 존재하는 이동 물체를 빠르게 검출하기 위하여 추적 창을 설치하고자 한다. 추적창의 구성은 이동 물체를 검출하여 추적창의 중앙에 물체 영역을 정하고, 이동 물체의 이동 정보를 이용하여 수직 방향과 수평 방향에 각각 2개씩의 예상 영역으로 구성하였다. 이동 물체 검출을 위한 추적 창은 그림 4와 같이 정하였다.

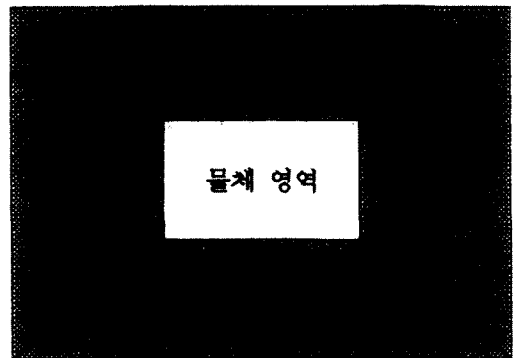


그림 4. 추적창의 형태
Fig. 4. Structure of tracking window.

그림 4에서, 물체 영역은 이동 물체가 존재할 것으로 예측되는 영역으로서 이동 물체의 크기를 정하는 영역이다. 또한 예상 영역은 예측된 파라미터를 이용하여 이동 물체를 검출할 때 예상 크기와 실제 크기의 차이가 발생할 경우 이동 벡터에 대한 오류를 보정하기 위한 영역이다.

추적창의 크기를 조정하기 위한 방법은 다음과 같이 정하였다.

첫 번째 단계로 전체 영상에 대하여 차영상 추출한 후 이진 영상으로 변환하여, 이진 영상으로부터 이동 물체의 크기, 이동 물체의 중심 좌표를 검출한다.

두 번째 단계로 첫 번째 단계에서 구한 이동 물체의 크기와 좌표를 이용하여 추적 창을 구한다. 물체의 영역은 이동 물체의 크기로 정하였고, 예상 영역의 크기는 이동 물체 크기의 0.7의 크기로 정하였다.

세 번째 단계로 이동 벡터를 예측한다.

다음의 차영상을 구하고 구해진 차영상으로부터 구한 파라미터들을 선형 예측(Linaer Predict)을 이용하여, 이동 물체의 크기와 이동 속도를 예측한다.

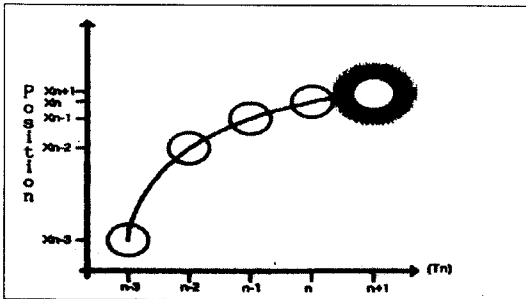


그림 5. LP에 의한 이동 물체의 변위예측 예
Fig. 5. Displace prediction by LP method.

네 번째 단계로 예측 이동 물체의 크기와 이동 속도 벡터의 오차를 계산하여 오차가 10%보다 적을 경우 예상 영역의 크기를 15% 감소시키고, 오차가 10%보다 큰 경우 20%를 증가시킨다. 또한 실제 이동 물체의 크기와 예측 이동 물체의 크기가 동일할 경우 최소 예상 영역의 크기를 15%로 함으로서 비선형으로 급격한 이동 물체 크기의 변화에 적응 할 수 있도록 한다.

그림 5는 선형 예측에 의한 이동 물체 변위 예측의 예를 표시하고 있다.

식 (7)을 이용하여 예측 파라미터와 가우시안 확률 밀도 함수를 이용하여 예측창을 구성하고자 한다.

그림 6은 가우시안 확률 밀도를 이용한 추적창의 구성에 대하여 표시하고 있다.

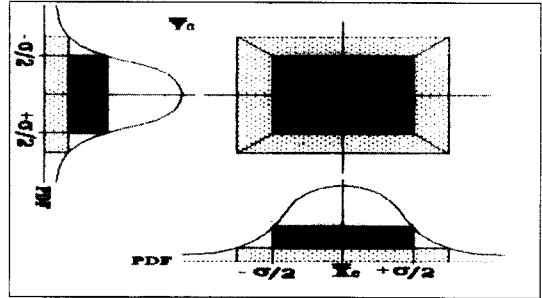


그림 6. GPDF를 이용한 추적창의 구성
Fig. 6. constituent of track window by DPDF.

본 연구에서는 추적창 적응 조절의 기능을 가진 3차원 영상처리 시스템을 이용한 이동 물체 추적 시스템의 S/W 블록도를 그림 7과 같이 구성하였다.

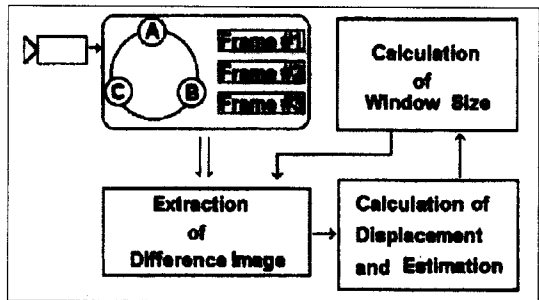


그림 7. 이동 물체 추적 시스템 S/W 블록도
Fig. 7. S/W block diagram of moving object tracking system.

IV. 실험 및 고찰

제한한 알고리즘의 타당성 검증을 위하여 모의 실험을 수행하였다.

실험은 3차원으로 구성된 실험 장치에서 모형 자동차를 이용하여 수행하였고, 512×480×8Bit의 해상도 2프레임을 입력하여 처리할 수 있는 영상 입출력 장치를 사용하였고, 또한 카메라는 도시바의 IK-637K모형을 이용하였으며, IBM PC /586에서 C언어로 프로그

램을 작성하여 수행하였다.

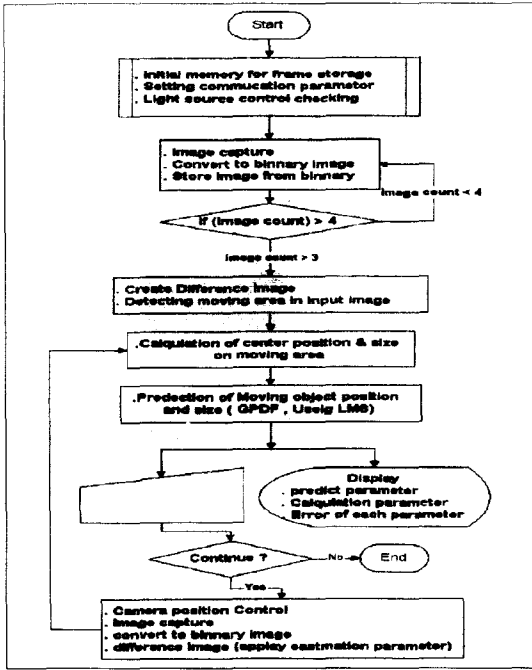


그림 8. 3차원 영상처리 시스템을 이용한 이동 물체 추적 순서도

Fig. 8. Flow-chart of moving object track with 3-D image processing system.

그림 8은 3차원 영상처리 시스템을 이용한 이동 물체 추적 시스템의 순서도이고, 그림 9는 3차원 영상처리 시스템 평면도를 표시하고 있다.

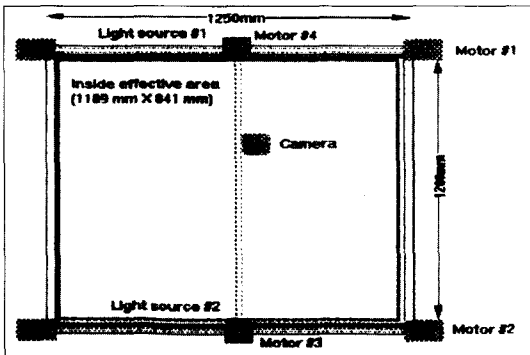


그림 9. 3차원 영상처리 시스템 평면도
Fig. 9. Plane-side diagram 3-D image processing system.

그림 10은 첫 번째 입력 영상(I_{T1})이며 그림 11은 두 번째 입력 영상(I_{T2})을 표시하고 있다.

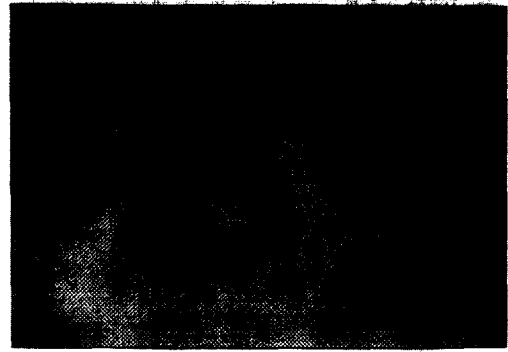


그림 10. 입력 영상(T1)
Fig. 10. Input image at T1.

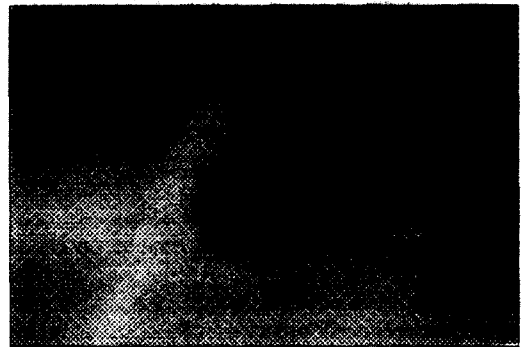


그림 11. 입력 영상(T2)
Fig. 11. Input image at T2.

그림 10과 그림 11의 차영상(DI_n)을 그림 12에 표시하였다.



그림 12. 입력영상 (T1)과 (T2)의 차영상
Fig. 12. Difference image between T1 and T2.

그림 11로부터 이동 물체를 검출하였고 이때 이동 물체의 크기는 가로 크기가 65화소 세로의 크기가 135화소 이었으며, 이동 물체의 중심 좌표는 225,300 이었다. 동일한 방법으로 다음 입력 영상에 대하여 차

영상을 구하고 이동 물체를 검출한 결과 이동 물체의 크기는 가로 67, 세로 130이었으며, 중심 좌표가 230,275로 변화하였다. 표1은 이동 물체의 크기와 중심 좌표를 추출한 결과이다.

표 1. 이동 물체의 크기 및 중심좌표 예
Table.1. Coordination of moving object.

순서	세로 크기	가로 크기	중심 좌표
1	45	116	125,300
2	47	118	130,295
3	48	121	132,287
4	49	122	129,280
5	50	122	127,276

표 1에서 구해진 이동 물체의 크기 및 중심 좌표에 대한 예측은 5차 최소 자승 오차법을 이용하였다.

표 2는 최소 자승 오차법에 의한 예측값을 표시하였다.

표 2. 이동 물체의 크기 및 중심 좌표 예
Table.2. Size and center coordination of moving object.

순서	세로 크기 다항식 계수	가로 크기 다항식 계수	중심 좌표 다항식 계수	
0	39.999	121.999	126.999	295.999
1	7.416	-13.333	-10.836	11.000
2	-2.958	9.333	12.166	-8.416
3	0.583	-2.166	-3.666	1.500
4	-0.041	0.166	0.333	-0.083
예측값	50	126	140	275

표 2의 예측값을 이용하여 추적창을 구성하였다. 추적창에서 물체 영역의 크기는 가로, 세로의 예측값에 의한 확률 밀도 값이 0.5가 되도록 하였으며, 예상 영역의 크기는 물체의 확률 밀도 값을 이용하여 초기 값을 0.7로 정하고 최소 값을 0.15인 값으로 되도록 정하였다. 그리고 가우시안 확률 분포 함수는 이동 벡터의 분산을 이용하여 계산하였다. 그림 13은 예측 값에 의한 추적 창을 표시하고 있다.

추적 창을 적용하여 이동 물체를 검출하고 예측 값과 실제 검출 값의 오차를 검출하였으며, 그 결과를 그림 14에 표시하였다.

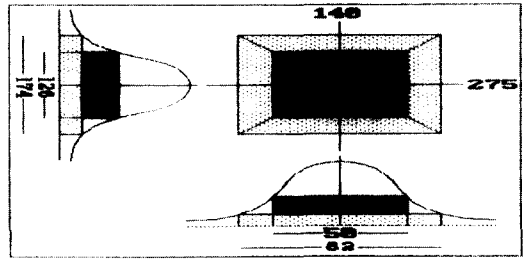


그림 13. 예측 값에 의한 추적창의 구성
Fig. 13. Construct of tracking window with predictive value.

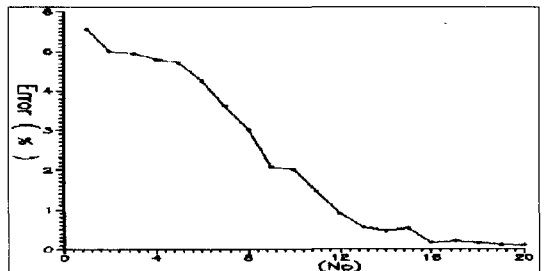


그림 14. 추적 창을 이용한 이동 물체 추적의 예측 값과 오차
Fig. 14. Error of predictive value using tracking window.

또한 이동 물체 추적시, 영상 입력으로부터 다음 영상 입력까지의 처리 시간을 구하여 그림 15에 표시하였다.

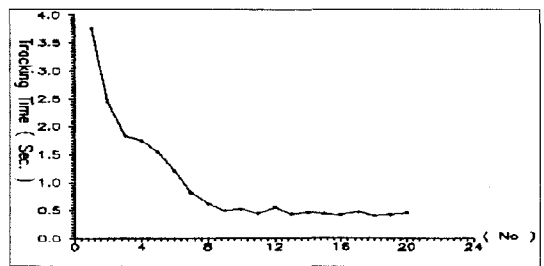


그림 15. 추적 창을 이용한 이동 물체 추적의 추적 시간
Fig. 15. Tracking time of moving object tracking with tracking window.

3차원 영상 처리 시스템을 사용하고, 추적 창을 이용한 이동 물체 추적 알고리즘의 수행은 5차 최소 자승 오차를 이용하여 물체의 크기와 중심 좌표를 예측하였다. 추적창의 설계는 예측 값을 가지고 가우시안 확률 밀도 함수를 적용하였으며, 이때 분산 값은 추출된 이동 벡터의 분산 값을 이용하였다. 카메라의 이동

은 스텝 모터를 이용한 이동 장치를 이용하였고, 표 3에 이동 장치의 명령어를 표시하였다.

표 3. 이동장치의 특성 및 명령
Table 3. Speciality and command of moving units.

특 성	
운용방식	1여자 방식(기본), 2여자, 1-2여자
전 원	디지털 전원 : 5V, 모터전원 DC 24V
통신방식	RS-485이용 변지지정 패킷 통신
명 령	기 능
RS	원점으로 이동(RESET)
AB	절대좌표로 이동
RE	현재좌표에서 상대좌표로 이동
PP	위치 예약
PC	명령예약(0=절대, 1=상대좌표)
RE	상태출력 가능 설정
ST	상태출력
SR	시스템 초기좌표 설정
명령형태	모터번호+명령어(+예약)+카운터 값

수행 결과 최대 추적 오차는 6%미만 이었다.

V. 결 론

본 논문에서는 배경 변화에 적응할 수 있는 3차원 영상 처리 시스템을 이용한 이동 물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 이동 물체의 환경 변화에 적응하기 위하여 추적 창을 이용하여 구성하였다.

1. 입력 영상으로부터 이동 물체를 추출하기 위하여 차영상을 구하였으며, 구한 차영상으로부터 이동 물체

에 대한 중심과 크기 벡터를 검출하였다.

2. 구한 벡터를 5차 최소 자승 법에 의한 이동 물체의 크기와 중심좌표를 선형 예측하였고, 환경 변화에 적응하기 위하여 추적창을 적용하였다.
3. 추적창의 설계는 가우시안 확률 밀도 함수를 이용하여 물체 영역과 예상 영역의 크기를 정하였다.
4. 모의 자동차를 이용하여 실험한 결과 예측 추적 오차는 6%미만임을 보였다.
5. 최대 추적 시간은 2초미만 이었다.

앞으로의 연구 과제는 이동 물체의 인식과 효과적인 추적창의 설계에 관한 연구라 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] S.L. Chodos, G.T.Pope, A.Rue and R.p. Vandes, "Dual Mode Video Tracker.", U.S. patent 4, 1989, pp 849-906.
- [2] 조영석, 김태식, "최소 자승 법을 이용한 이동 물체 추적 시스템에 관한 연구", 정보과학회, 전문대학 논문집 3권 1호, pp47-53, 1995
- [3] A.L. Gilbert et al., "A Real-time video Tracking system.", IEEE Trans. PAMI, vol PAMI-2, 1980, pp 47-55.
- [4] 이 주 신, "Stereo Vision System에 의한 3차원 이동 물체의 변위 평가". 청주대학교 산업 과학 연구소 논문집 제 7권 Vol.7, pp 61-74, 1889
- [5] Michael C. Fairhurst, "Computer Vision for Robotic system an Introduction", Prentices Hall, 1988.
- [6] Youshiaki Shirai, "Three-dimensional Computer Vision", SpringerVerlag, 1987.

저 자 소 개



김 태 식(正會員)
1983년 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1990년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1992년 ~ 현재 : 청주대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1992년 ~ 현재 진주전문대 전자계산과 조교수. 관심

분야 : 영상 처리, 컴퓨터 그래픽, 신경 회로망.

이 주 신(正會員)
현재 청주대학교 전자공학과 교수