
이동물체의 변위 예측을 위한 시간축음 탐색 방향 알고리즘

임강모* · 이주신**

Decimation-in-time Search Direction Algorithm for Displacement Prediction of Moving Object

Kang-mo Lim* · Joo-shin Lee**

요 약

본 논문에서는 이동물체의 변위 예측을 위한 시간축음 탐색 방향 알고리즘 제안하여 고속이동물체의 추적과 속도 측정을 하였다. 제안된 알고리즘은 이동물체의 이동 방향을 예측하기 위하여 초기 방향은 시간적으로 연속하는 과거 두 프레임에서 이동물체를 검출하고 이동 각도와 이동 거리를 구하여 초기화하였다. 현재 프레임에서 이동물체의 이동 방향은 시간축음 탐색 방향 마스크를 적용하여 이동물체의 이동 방향을 구하였다. 시간축음 탐색 방향 마스크는 연속 프레임에서 프레임을 시간 축음하여 이동물체를 검출하고, 이동물체의 진행방향의 예측은 8 방향 중에서 이동물체의 이동 각도를 구하여 탐색 마스크를 결정하고, 탐색 마스크에 의해 이동물체의 이동 방향을 예측하였다. 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 고속으로 주행 중인 자동차의 추적과 속도를 측정하고, 성능을 평가하기 위하여 전역탐색기법과 제안된 방법을 비교 평가하였다. 그 결과, 제안된 방법에서는 이동물체 변위 탐색 횟수가 평균 91.8% 감소하였고, 추적 처리 시간은 평균 32.1ms 임을 보임으로서 이동물체 추적을 실시간적으로 실행할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, a decimation-in-time search direction algorithm for displacement prediction of moving object is proposed. The initialization of the proposed algorithm for moving direction prediction is performed by detecting moving objects at sequential frames and by obtaining a moving angle and a moving distance. A moving direction of the moving object at current frame is obtained by applying the decimation-in-time search direction mask. The decimation-in-time search direction mask is that the moving object is detected by thinning out frames among the sequential frames, and the moving direction of the moving object is predicted by the search mask which is decided by obtaining the moving angle of the moving object in the 8 directions. To examine the propriety of the proposed algorithm, velocities of a driving car are measured and tracked, and to evaluate the efficiency, the proposed algorithm is compared to the full search algorithm. The evaluated results show that the number of displacement search times is reduced up to 91.8% on the average in the proposed algorithm, and the processing time of the tracking is 32.1ms on the average.

키워드

decimation-in-time search direction, displacement, prediction, tracking

1. 서 론

컴퓨터 비전 기술 기반으로 적외선 센서, CCD 카메라 등을 이용하여 움직임 정보가 존재하는 물체를 검출하고, 검출된 물체를 실시간으로 자동 추적할 수 있는 무인 감시 시스템에 관한 연구와 지능형 교통 시스템 등의 응용을 목적으로 한 자동 영상 추적 시스템의 연구 개발이 활발히 진행되고 있다[1-3].

이동물체 검출 및 추적 시스템은 동영상의 각 프레임에 대한 공간적 분석을 통하여, 화면 내에서 추적 대상을 검출하고 변위를 계산하여 이동물체의 위치, 속도 등 정보를 추출하거나, 이동물체의 윤곽선(edge), 휘도(intensity) 및 질감(texture) 분포 등에 대한 분석을 통하여 이동물체에 대한 자동 분류, 인식, 검색 등 고차원적인 처리가 가능하도록 한다[4-5].

이동물체를 효율적으로 검출하고 추적하기 위한 여러 가지 기법들이 제안되었지만, 적용 방법에 따라 특징 기반 방법과 영역 기반 방법으로 분류할 수 있다.

특징 기반 방법은 광류(optical flow)에 의한 방법, 직선을 이용한 방법, 구석점(corner point)을 이용한 방법과 무게 중심법이 있다. 광류를 이용한 방법은 짧은 시간 내에 얻어지는 연속하는 두 프레임에 대하여 한 화소 또는 한 영역은 공간적인 변화만 존재하며, 화소 자체가 보유하고 있는 빛에너지는 보존된다는 특징을 이용한 방법이다. 직선을 이용한 방법은 하나의 영상에서 직선의 수가 적고, 선 자체가 뚜렷한 특징을 가지고 있으므로 잠재적인 정합의 경우의 수를 줄일 수 있다. 구석점을 이용한 방법은 특징 플로우 기반 정보로서 이동물체의 형태를 특징짓는 요소로서의 구석점을 추출하고, 특징점 주변의 영역 특성을 고려하여 시간에 따른 특징점의 이동 벡터로 구성된 특징 플로우를 구한 후 특징 점의 위치, 특징 벡터의 이동각 및 이동량을 매개변수로 하여 이들을 특징 공간상에서 군집화 함으로써 이동 물체를 추적하는 방법이다. 무게 중심법은 각 시변 영상을 표적과 배경으로 분리하여 이진화 한 후 표적의 중심을 추출하여 그 중심의 변화로부터 표적의 이동 정보를 검출하는 방법으로 비교적 계산이 간단하나 시변 영상을 표적과 배경으로 정확히 분리하는데 어려움이 있다[6-7].

영역 기반 방법은 한 영상에서 특징을 포함한 일정 영역의 영상 조각을 가지고 다른 영상과 상관관계를 이용하여 찾는 방법으로 차영상 방법(difference images method)과 블록 정합법

(block matching method)이 있다. 차영상 방법은 인접한 두 프레임의 차를 이용하여 영상 내에서 차이가 생기는 부분을 움직임 영역으로 간주하는 방법이다. 블록 정합 방법은 한 영상에서 특징을 포함한 일정 영역의 부분 영상을 가지고 인접한 다른 영상과의 상관관계를 이용하여 찾는 방법이며, 그 상관관계는 화소 기준의 평균 제곱 차이 값, 절대 값 차이의 합, 또는 유사도 값을 가지고 비교하는 방법이며, 두 영상의 화소의 밝기 값이 직접 정합에 사용되므로, 정합에 사용되는 화소들의 특징의 변화에 아주 민감하다. 대표적인 블록 정합 방법으로는 전역탐색 알고리즘(full search algorithm)이 있다. 전역탐색 알고리즘은 현재 프레임 블록과 같은 좌표를 갖는 이전 프레임 블록의 위치를 중심으로 탐색 영역에 포함되는 모든 점들을 조사하여 최적의 움직임 벡터를 찾는 장점이 있는 반면에 탐색 영역에 포함되는 모든 점들을 탐색하기 때문에 계산량이 많다는 단점이 있다. 이 밖에 고속 탐색 알고리즘으로 3단계 탐색 알고리즘(three step search algorithm), 4단계 탐색 알고리즘(four step search algorithm), 다이아몬드 탐색 알고리즘(unrestricted center based diamond search algorithm) 등이 있다[8-10].

이동물체의 변위 예측은 탐색 방향의 정확성과 실시간성으로 평가한다. 그러나 정확성과 실시간성은 상충관계(trade-off)이기 때문에 기존의 제안된 대부분의 변위 예측 알고리즘은 응용 분야에 따라서 한 가지만을 강조하여 제안되었다. 따라서 여러 가지 응용분야에 쉽게 적용이 가능하면서 정확성과 실시간성을 만족할 수 있는 효율적인 이동물체 변위 예측에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 이동물체 추적을 고속으로 실행할 수 있도록 이동물체의 변위 예측을 위한 시간속음 탐색 방향 알고리즘을 제안한다.

이동물체의 이동 방향을 예측하기 위한 초기화는 시간적으로 연속하는 과거 두 프레임에서 검출된 이동물체의 무게 중심을 구한 후, 각각의 무게 중심으로부터 이동물체의 이동 각도와 이동 거리를 구하여 이동 방향을 초기화한다. 이동물체의 이동 방향을 예측하기 위하여 시간 속음 탐색 방향 마스크를 적용한다. 시간속음 탐색 방향 마스크는 현재 프레임에서 검출된 이동물체의 무게 중심이 8 방향 중에서 초기화된 탐색 방향 성분과 가장 유사한 방향을 이동물체의 이동 방향으로 결정한다. 고속 이동물체의 변위를 검출하기 위하여 연속 프레임에서 프레임을 시간 속음하여 이동물체에 시간속음 탐색 방향 마스크를 적용하여 이동물체의 이동 방향을 예측하여 실시간적으로 추적하고자

한다.

제안한 알고리즘의 타당성을 검토하기 위하여 주행 중인 자동차를 대상으로 추적 실험을 수행하고, 그 결과를 전역탐색기법의 결과와 비교 평가하여 제안한 방법의 우수성을 입증하고자 한다.

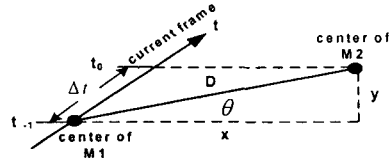
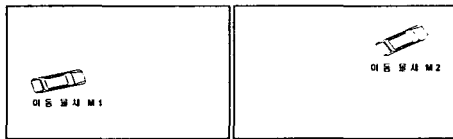


그림 2. 이동물체의 이동 각도와 이동 거리
Fig 2. Moving angle and moving distance of moving object

II. 시간속음 탐색 알고리즘

그림 1은 입력 영상 시퀀스에서 이동물체의 연속 프레임임을 나타내고 있다. 그림 1(a)는 t_{-1} 시간에 이동물체 M1이 존재하는 프레임을 나타내고, 그림 1(b)는 t_0 시간에 이동물체 M2가 존재하는 프레임을 나타낸다.

그림 1과 같은 두 개 프레임에서 이동물체의 변위 정보를 추출하기 위해서는 이동물체의 이동 방향과 회전 및 속도 등을 추출해 내는 것이다.



(a) 과거프레임 (t_{-1}) (b) 현재프레임 (t_0)

그림 1. 프레임 샘플링의 예
Fig 1. Example of frame sampling

그림 2는 이동물체의 이동 각도와 이동 거리를 산출하는 간단한 방법을 보여주고 있다. 그림 2에서 이동물체 M1의 무게 중심과 이동물체 M2의 무게 중심을 이용하여 Δt 동안 이동물체가 움직인 직선거리 D와 이동 각도 θ 를 산출하는 과정이다.

이동물체의 무게 중심은 가산투영을 이용해서 산출되며, 수평 가산투영 함수는 식 (1)과 같고, 수직 가산투영 함수는 식 (2)와 같다.

$$H(y, t) = \sum_{x=0}^{x_m-1} \lambda(x, y, t) \quad (1)$$

$$V(x, t) = \sum_{y=0}^{y_n-1} \lambda(x, y, t) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 $\lambda(x, y, t_n)$ 는 이동물체가 존재하는 임의의 시간 t_n 에 샘플된 프레임이고, m 과 n 은 프레임의 크기이다.

그림 3은 그림 2에서 구한 이동 각도 θ 에 대하여 이동물체의 탐색 방향을 정의한 것이다. 이동물체의 탐색 방향은 360° 를 45° 씩 8개의 영역으로 등분하였고, 이동 각도 θ 와 탐색 방향과의 관계를 표 1에 나타내었다. 그림 3과 같이 8방향을 고려한 이유는 일반적으로 영상 시퀀스에서 이동물체의 움직임이 수평, 수직 또는 대각선 방향만을 고려해도 움직임 추정이 충분히 가능하기 때문이다.

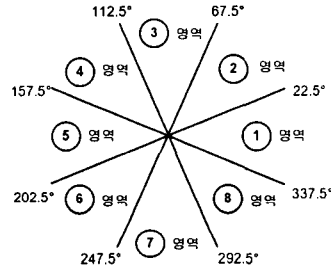


그림 3. 이동물체 변위 탐색 8 방향
Fig 3. Displacement search 8 direction of moving object

표 1. 이동물체의 이동 각도와 탐색 방향과의 관계

Table 1. Relation of moving angle and search direction of moving object

이동 각도 θ	탐색 방향
$0^\circ \leq \theta < 22.5^\circ$ and $337.5^\circ \leq \theta < 360^\circ$	①
$22.5^\circ \leq \theta < 67.5^\circ$	②
$67.5^\circ \leq \theta < 112.5^\circ$	③
$112.5^\circ \leq \theta < 157.5^\circ$	④
$157.5^\circ \leq \theta < 202.5^\circ$	⑤
$202.5^\circ \leq \theta < 247.5^\circ$	⑥
$247.5^\circ \leq \theta < 292.5^\circ$	⑦
$292.5^\circ \leq \theta < 337.5^\circ$	⑧

8 방향의 이동 각도 θ 의 범위를 표 1과 같이 정의한 이유는 수평, 수직 또는 대각선 방향의 3가지 탐색 마스크를 사용하기 위해서 다음과 같은 세 가지 경우로 정의한다.

- case 1. $|x_i| \geq |y_i|$ 인 경우 : 탐색 방향 ①, ⑤.
- case 2. $|y_i| \geq |x_i|$ 인 경우 : 탐색 방향 ③, ⑦.
- case 3. $|x_i| = |y_i|, |x_i| \geq |y_i|, |y_i| \geq |x_i|$ 인 경우:
탐색 방향 ②, ④, ⑥, ⑧.

본 연구에서는 case 1을 수평 방향, case 2를 수직 방향, case 3을 대각선 방향으로 정의한다.

그림 4는 수평, 수직, 대각선 방향에 대한 3가지 탐색 방향 마스크를 보여준다. 그림 4에서 ▲는 이동물체 M1의 중심점이며, ●는 이동물체 M2의 중심점이고, 화살표는 이동물체의 이동 경로를 표시한다. □는 시간 t_2 프레임에서의 탐색 후보점들을 나타내고, ○는 탐색 후보점들 중에서 탐색이 실패 할 경우에 탐색하게 될 예비 후보점들 나타낸다. 그림 4(a)는 수평 방향 마스크로서 이동 각도가 $0^\circ \leq \theta < 22.5^\circ$ 범위에 포함되는 경우에 해당되며 ① 탐색 방향의 예이다. 그림 4(b)는 수직 방향 마스크로서 이동 각도가 $67.5^\circ \leq \theta < 112.5^\circ$ 범위에 포함되는 경우에 해당되며, ③ 탐색 방향의 예이다. 그림 4(c)는 대각선 방향 마스크로서 이동 각도가 $22.5^\circ \leq \theta < 67.5^\circ$ 범위에 포함되는 경우에 해당되며, ② 탐색 방향의 예이다.

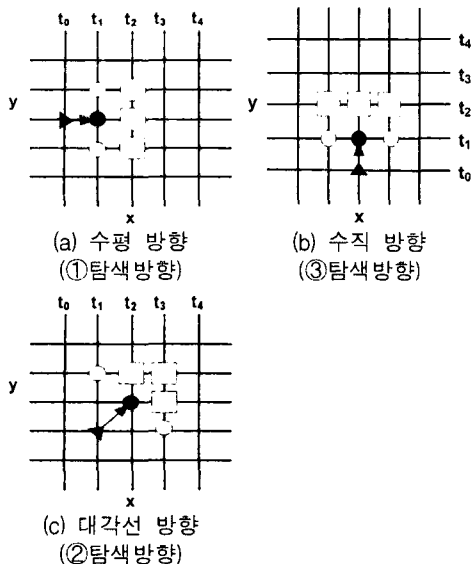


그림 4. 탐색 방향 마스크
Fig 4. Search direction mask

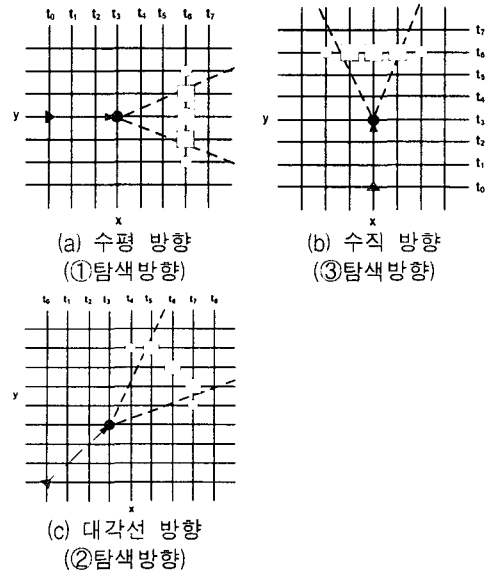


그림 5. 시간속음 탐색 방향 마스크
Fig 5. Decimation-in-time search direction mask

그림 5는 이동물체의 속도에 따른 시간속음 탐색 방향 마스크를 보여준다. 그림 5(a)에서 x축은 공간 좌표를 표시하는 동시에 시간 축으로 정의된다. 이동물체가 빠르게 움직일 경우에는 Δt 동안에 이동 방향을 갑자기 변화될 수 없다는 점을 고려하여, 이동물체의 속도가 빠른 경우에 탐색을 효과적으로 하기 위해서 Δt 만큼의 간격을 두고 탐색 후보 점들을 설정한다. 따라서 일정 속도 이상으로 빠르게 움직이는 이동물체의 경우에는 그림 5에서 보인 시간속음 방향 마스크를 적용하여 탐색을 수행하게 된다.

그림 6은 시간속음 탐색 마스크를 이용하여 이동물체 추적 과정을 나타낸 것이다. 그림 6에서 v_0 은 과거 프레임 t_0 에서 이동물체의 중심이고, v_1 은 현재 프레임 t_3 에서 이동물체의 중심이다. v_2 를 탐색하기 위해서 v_0 과 v_1 로부터 구한 이동물체의 이동 각도와 이동 거리를 이용하여 탐색 방향을 초기화한다. v_0 에서 v_1 까지의 이동 거리로부터 현재 프레임 t_3 에서의 이동물체 속도를 계산하여 프레임을 시간 속음한다. 이동물체의 이동 각도로부터 탐색 방향 ②임을 결정한다. 이와 같은 방법으로 이동물체의 이동 방향을 탐색하며 추적한 이동 궤적 v_2 에서 v_5 까지를 그림 6에서 화살표로 나타내었다.

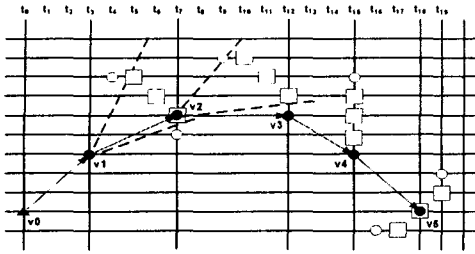


그림 6. 이동물체의 변위
Fig 6. Displacement of moving object

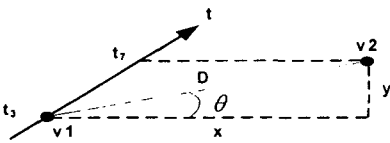


그림 7. 이동물체의 변위 예측
Fig 7. Displacement prediction of moving object

그림 7은 그림 6에서 보인 v2의 이동 궤적 평가 방법을 보여준다. v1에서 v2까지의 이동 거리 D를 구하는 식은 식 (3)과 같고, 식 (3)으로부터 이동 속도 v를 구하는 식은 식 (4)와 같다. 탐색 방향을 결정하기 위해서 이동 각도 θ 를 구하는 식은 식 (5)와 같다.

$$D = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

$$v = \frac{D}{t} \quad (4)$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{|y|}{D} \times 180/\pi \quad (5)$$

식 (5)의 θ 는 1사 분면의 예각으로만 정의되기 때문에 표 1에 정의한 탐색 방향을 결정하기 위해서는 표 2에 정의한 방법으로 이동물체의 이동 각도 θ 를 구한다.

표 2. 이동물체의 이동 각도 θ
Table 2. Moving angle θ of moving object

v1과 v2의 좌표 관계	이동물체의 위치	이동물체의 이동 각도 θ
$v1_x - v2_x \leq 0$ & $v1_y - v2_y \leq 0$	1사 분면	θ
$v1_x - v2_x > 0$ & $v1_y - v2_y < 0$	2사 분면	$180^\circ - \theta$
$v1_x - v2_x \geq 0$ & $v1_y - v2_y \geq 0$	3사 분면	$180^\circ + \theta$
$v1_x - v2_x < 0$ & $v1_y - v2_y > 0$	4사 분면	$360^\circ - \theta$

그림 8은 제안한 알고리즘의 흐름도를 보여준다.

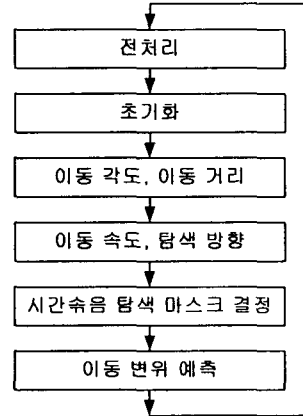


그림 8. 제안한 알고리즘의 흐름도
Fig 8. Flowchart of the proposed algorithm

III. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 타당성을 검토하기 위하여 주행 중인 자동차를 대상으로 이동물체 속도 측정과 추적 실험을 수행하였다. 실험 영상은 320×240크기, 256레벨의 그레이 영상을 사용하였고, 프레임 샘플링은 초당 30프레임으로 하였다. 제안한 방법과 전역탐색기법으로 구한 이동물체 변위 좌표 오차를 구하기 위해서 식 (6)에 이동물체 변위 좌표 오차 e를 정의하였다.

$$e = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2} \quad (6)$$

식 (6)에서 (x, y) 는 제안한 방법으로 구한 이동물체 변위 좌표이고, (\hat{x}, \hat{y}) 는 전역탐색기법으로 구한 이동물체 변위 좌표이다.

그림 9의 실험 영상 1은 도로에서 주행 중인 자동차를 대상으로 프레임 샘플링한 영상이다.

실험 영상 1의 이동물체 이동 각도를 그림 10에 나타내었다. 그림 10에 나타낸 것처럼 각 프레임에서 이동물체의 이동 각도는 $225^\circ \sim 270^\circ$ 범위의 결과를 보였다. 그림 10에서 얻은 결과와 표 1을 이용하여 실험 영상 1의 이동물체 변위 탐색 방향을 구하였고, 결과를 그림 11에 나타내었다.

그림 11에서 실험 영상 1의 각 프레임에 해당하는 이동물체 변위 탐색 방향은 이동물체 변위 탐색 후보 점 설정을 위한 탐색 방향 마스크 적용에 사

용하였다.

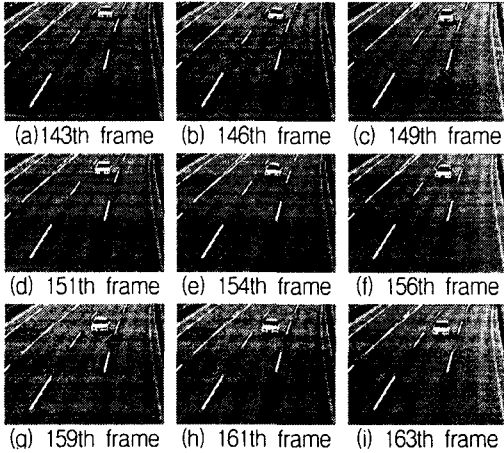


그림 9. 실험 영상 1
Fig 9. Experiment image 1

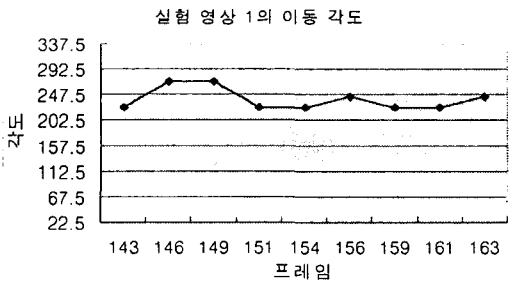


그림 10. 실험 영상 1의 이동 각도
Fig 10. Moving angle of experiment image 1

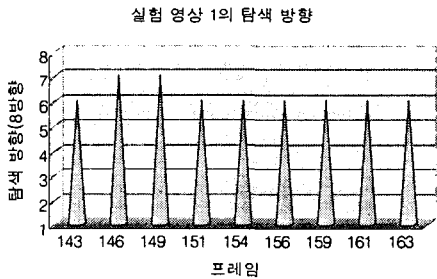


그림 11. 실험 영상 1의 탐색 방향
Fig 11. Search direction of experiment image 1

실험 영상 1의 이동 속도

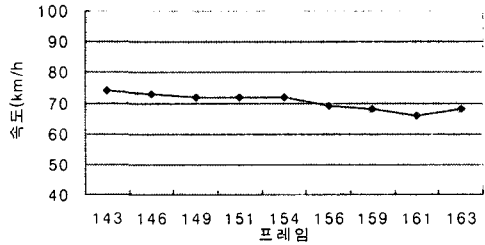


그림 12. 실험 영상 1의 이동 속도
Fig 12. Velocity of experiment image 1

그림 12는 실험 영상 1의 이동물체 이동 속도를 21프레임동안 측정된 값을 나타내었다. 그림 12에서 실험 영상 1의 자동차의 평균 이동 속도는 70km/h로 일정하게 유지 하였으나 측정값은 일정 하지 않았다. 그 이유는 영상 잡음에 의해 이동물체의 무게 중심이 흔들이기 때문으로 본다.

그림 11의 이동물체 변위 탐색 방향과 그림 12의 이동물체 이동 속도 결과로부터 그림 5에 나타난 시간속음 탐색 방향 마스크를 결정한다. 실험 영상 1의 146번째 프레임과 149번째 프레임에는 수직 방향 시간속음 탐색 마스크를 적용하였고, 나머지 프레임들은 대각선 방향 시간속음 탐색 마스크를 적용하였다. 표 3은 실험 영상 1에 대하여 제안한 방법과 전역탐색기법을 각각 적용하여 구한 이동물체 변위 좌표와 이동물체 변위 좌표 오차 e 를 나타내었다. 표 3에서 이동물체 변위 좌표의 평균 오차가 1.68로서 제안한 방법과 전역탐색기법이 서로 유사함을 보였다.

표 3. 실험 영상 1의 변위 좌표
Table 3. Displacement coordinates of experiment image 1

프레임번호	제안한 방법		전역탐색기법		오차
	x	y	\hat{x}	\hat{y}	
143	204	24	202	24	2
146	202	28	200	27	2.24
149	200	31	199	30	1.41
151	198	34	197	34	1
154	196	38	195	37	1.41
156	194	41	193	40	1.41
159	192	45	192	43	2
161	190	48	189	47	1.41
163	188	52	187	50	2.24
평균 오차					1.68

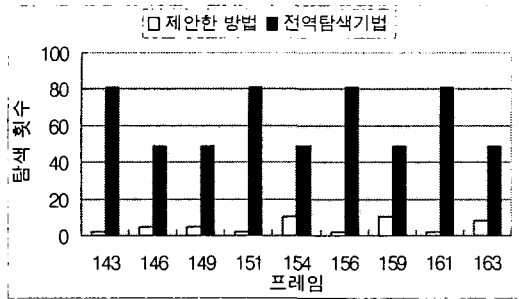


그림 13. 실험 영상 1의 변위 탐색 횟수
Fig 13. Number of displacement search for experiment image 1

그림 13은 실험 영상 1에 대하여 제안한 방법과 전역탐색기법을 적용하여 구한 탐색 횟수를 나타낸 것이다.

그림 13에 나타난 것처럼, 시간속음 탐색 방향 마스크를 적용함으로써 전역탐색기법에 비해서 평균 91.9%의 탐색 횟수를 감소시켰으므로 이동물체 변위 탐색의 고속 수행이 가능함을 보였다.

그림 14는 실험 영상 1에 대한 이동물체 추적 처리 시간을 나타낸 것이다. 그림 14에서 실험 영상 1의 각 프레임에 대한 이동물체 추적 처리 시간은 10ms~48ms 범위였고, 평균 처리 시간은 26.7ms으로 실시간 처리가 가능함을 보였다.

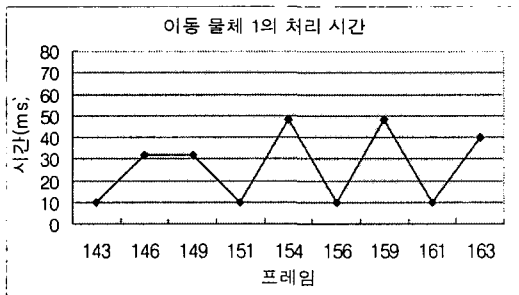


그림 14. 실험 영상 1의 추적 처리 시간
Fig 14. Processing time of tracking for experiment image 1

그림 15는 실험 영상 1에 대한 이동물체 추적 결과를 나타낸 것이다.

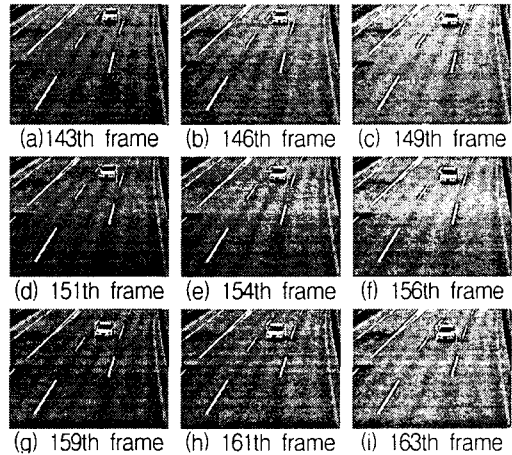


그림 15. 실험 영상 1의 추적 결과
Fig 15. Results of tracking for experiment image 1

그림 16의 실험 영상 2는 도로에서 주행 중인 자동차를 대상으로 프레임 샘플링한 영상이다.

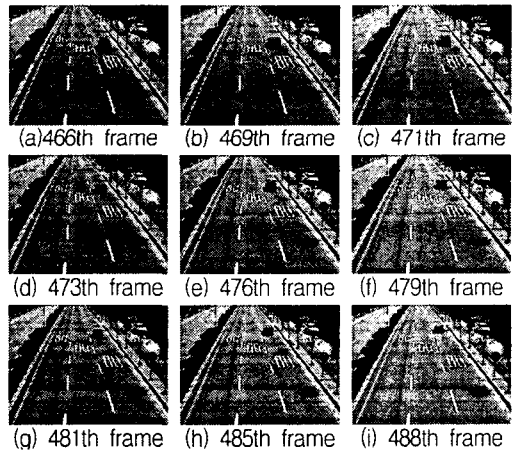


그림 16. 실험 영상 2
Fig 16. Experiment image 2

그림 17은 실험 영상 2의 이동물체 이동 각도를 나타낸 것이다. 그림 17에 나타난 것처럼 각 프레임에서 이동물체의 이동 각도는 90°~135° 범위의 결과를 보였다.

그림 17에서 얻은 결과와 표 1을 이용하여 실험 영상 7의 이동물체 변위 탐색 방향을 구하였고, 결과를 그림 18에 나타내었다. 그림 18에서 실험 영상 2의 각 프레임에 해당하는 이동물체 변위 탐색 방향은 이동물체 변위 탐색 후보 점 설정을 위한 탐색 방향 마스크 적용에 사용하였다.

실험 영상 2의 이동 각도

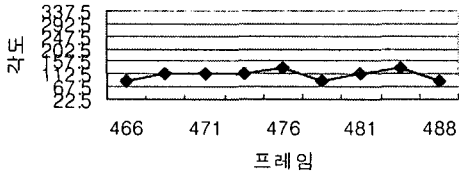


그림 17. 실험 영상 2의 이동 각도
Fig 17. Moving angle of experiment image 2

실험 영상 2의 탐색 방향

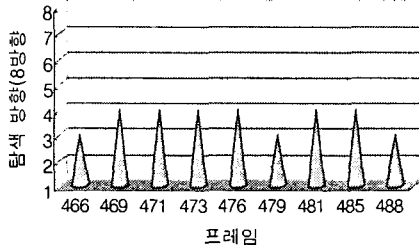


그림 18. 실험 영상 2의 탐색 방향
Fig 18. Search direction of experiment image 2

실험 영상 2의 이동 속도

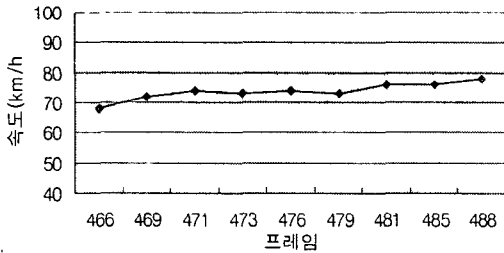


그림 19. 실험 영상 2의 이동 속도
Fig 19. Velocity of experiment image 2

실험 영상 2의 이동물체 이동 속도를 23프레임 동안 측정된 값을 그림 19에 나타내었다. 그림 19에서 실험 영상 2의 자동차의 평균 이동 속도는 74km/h이었다.

그림 18의 이동물체 변위 탐색 방향과 그림 19의 이동물체 이동 속도 결과로부터 그림 5에 나타난 시간속음 탐색 방향 마스크를 결정한다. 실험 영상 2의 466번째 프레임, 479번째 프레임과 488번째 프레임에는 수직 방향 시간속음 탐색 마스크를 적용하였고, 나머지 프레임들은 대각선 방향 시간속음 탐색 마스크를 적용하였다.

표 4. 실험 영상 2의 변위 좌표
Table 4. Displacement coordinates of experiment image 2

프레임번호	제한한 방법		전역탐색기법		오차
	x	y	x	y	
466	190	81	191	80	1.41
469	186	77	188	76	2.24
471	185	73	187	71	2.83
473	183	70	184	67	3.16
476	181	66	183	63	3.61
479	179	62	180	59	3.16
481	177	59	178	57	2.24
485	175	55	175	53	2
488	173	51	174	50	1.41
평균 오차					2.45

표 4는 실험 영상 2에 대하여 제안한 방법과 전역탐색기법을 각각 적용하여 구한 이동물체 변위 좌표와 이동물체 변위 좌표 오차 e 를 나타내었다. 표 4에서 이동물체 변위 좌표의 평균 오차가 2.45로서 제안한 방법과 전역탐색기법이 서로 유사함을 보였다.

□ 제한한 방법 ■ 전역탐색기법

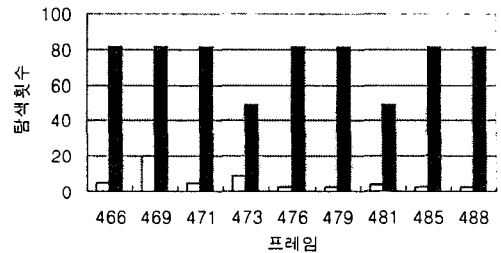


그림 20. 실험 영상 2의 변위 탐색 횟수
Fig 20. Number of displacement search for experiment image 2

이동물체 2의 처리시간

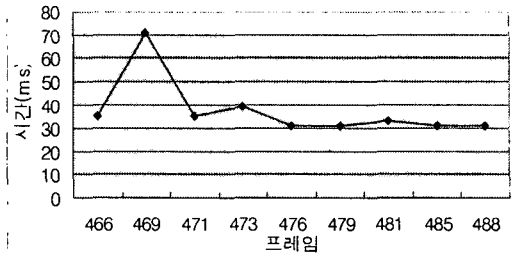


그림 21. 실험 영상 2의 추적 처리 시간
Fig 21. Processing time of tracking for experiment image 2

그림 20은 실험 영상 2에 대하여 제안한 방법과 전역탐색기법을 적용하여 구한 탐색 횟수를 나타낸 것이다. 그림 20에 나타낸 것처럼, 시간축을 탐색 방향 마스크를 적용함으로써 전역탐색기법에 비해 평균 91.7%의 탐색 횟수를 감소시킴으로서 이동물체 변위 탐색의 고속 수행이 가능함을 보였다. 실험 영상 2에 대한 이동물체 추적 처리 시간은 그림 21에 나타내었다. 그림 21에서 실험 영상 2의 각 프레임에 대한 이동물체 추적 처리 시간은 31ms~71ms 범위였고, 평균 처리 시간은 37.4ms로 실시간 처리가 가능함을 보였다.

실험 영상 2에 대한 이동물체 추적 결과를 그림 22에 나타내었다.

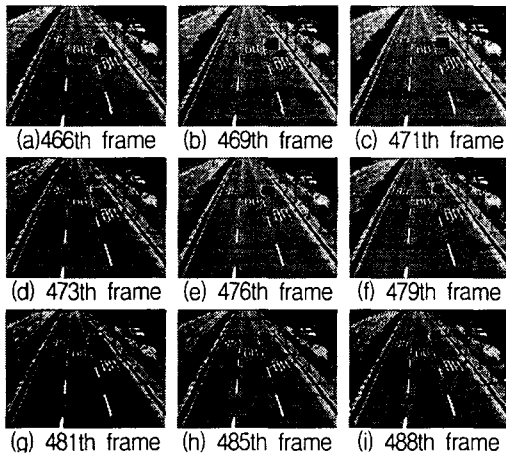


그림 22. 실험 영상 2의 추적 결과
Fig 22. Results of tracking for experiment image 2

IV. 결 론

본 논문에서는 이동물체의 변위 예측을 하기 위한 시간축을 탐색 방향 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 타당성을 검토하기 위하여 주행 중인 자동차를 대상으로 이동물체 속도 측정과 추적 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이동물체의 속도를 측정할 결과, 실험 영상 1에서는 이동물체의 이동 속도가 평균 70km/h이고, 실험 영상 2에서는 이동물체의 이동 속도가 평균 74km/h임을 확인하였다.
2. 이동물체 변위는 전역탐색기법의 이동물체 변위 좌표를 기준으로 놓고 비교한 결과, 제안

된 방법은 실험 영상 1에서는 이동물체 변위 좌표의 평균 오차가 1.68이고, 실험 영상 2에서는 이동물체 변위 좌표의 평균 오차가 2.45로서 제안한 방법의 이동물체 변위 예측이 전역탐색기법과 유사함을 보였다.

3. 이동물체 변위 탐색 횟수를 비교한 결과, 제안된 방법은 전역탐색기법에 비해서 이동물체 변위 탐색 횟수가 실험 영상 1에서는 평균 91.9% 감소하였고, 실험 영상 2에서는 평균 91.7% 감소함으로써 이동물체 변위 탐색을 고속으로 수행할 수 있음을 보였다.
4. 이동물체 추적 처리 시간은 실험 영상 1에서는 각 프레임을 처리하는데 평균 26.7ms가 걸렸고, 실험 영상 2에서는 평균 37.4ms가 걸림으로서 실시간 처리가 가능함을 보였다. 본 논문의 연구결과는 지능형 교통시스템과 무인 감시 시스템 등에 용이하게 적용되리라 사료된다.

참고문헌

- [1] I. Haritaoglu, D. Harwood, L. Davis, "W4: who? when? where? what? A real time system for detecting and tracking people", in Proc. 3rd International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Nara, Japan, pp. 222-227, 1998.
- [2] G. L. Foresti, "A Real-Time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environments", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Tech., vol. 8 no. 6, pp. 142-145, Oct. 1998.
- [3] C. Stauffer, W. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", in Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO, pp. 246-252, 1999.
- [4] T. Meier, K. N. Ngan, "Automatic video sequence segmentation using object tracking", IEEE TENCON-Speech and Image Technologies for Computing and Telecommunications, pp. 283-286, 1997.
- [5] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, A. Pentland, "Pfinder: Real-time tracking of the human body", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence

- Vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997.
- [6] J. C. Clarke, A. Zisserman, "Detection and Tracking of Independent Motion", *Image and Vision Computing*, pp. 565-572, 1996.
- [7] Y. Mae, S. Yamamoto, Y. Shirai, and J. Miura, "Optical Flow Based Realtime Object Tracking by Active Vision System", *Proc. 2nd Japan-France Congress on Mechatronics*, vol. 2, pp. 545-548, 1994.
- [8] D. P. Huttenlocher, J. J. Noh, W. J. Rucklidge, "Tracking non-rigid objects in complex scenes", in *4th International Conf. on Computer Vision*, Berlin, Germany, pp. 93-101, May 1993.
- [9] A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, M. Sechi, "Shape-based pedestrian detection", in *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000*, Dearborn Mi USA, pp. 215-220, 3-5 Oct, 2000.
- [10] V. Ruiz, V. Fotopoulos, A. N. Skodras, A. G. Constantinides, "An 8x8-Block Based Motion Estimation Using Kalman Filter", *ICIP 97*, pp 140-143, July 1997.

저자 소개

임 강 모(Kang-mo Lim)



1999년 2월 : 청주대학교
전자공학과(공학사)
2001년 2월 : 청주대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
2001년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 대학원
전자공학과 박사수

료

※ 관심분야 : 영상처리, 이동물체추적, 감시시스템

이 주 신(Joo-shin Lee)



1975년 2월 : 명지대학교 전자공학과(공학사)
1977년 2월 : 홍익대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1986년 2월 : 명지대학교 대학원
전자공학과(공학박사)

1995년 ~ 1998년 : 청주대학교 이공대학 학장

1998년 ~ 1999년 : 청주대학교 기획관리처 기획관리처장

1980년 ~ 현재 : 청주대학교 정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 이동물체추적, 컴퓨터비전