

# Edge 검출과 Optical flow 기반 이동물체의 정보 추출

정회원 장민혁\*, 박종안\*

## Information extraction of the moving objects based on edge detection and optical flow

Min-hyuk Chang\*, Jong-an Park\* *Regular Members*

### 요 약

다제약 접근기반 OF(optical flow) 평가기술이 이동 물체의 인식에 자주 이용되고 있다. 그러나 OF 평가시간 뿐만 아니라 오차 문제로 인하여 사용이 제한되고 있다. 본 논문에서는 sobel 에지 검출과 다제약 접근기반 OF를 이용하여 효율적으로 움직임 정보를 추출하는 방법을 제안한다. 먼저 에지 검출 후 차영상과 영역분할기법으로 영상열 내 이동물체를 검출하고 임계치 처리로 잡음에 의해 검출된 이동물체들을 제거한다. 그리고 OF 최적 제약선을 찾기 위한 CHT와 Voting 누적을 적용한다. 이때 에지 검출과 영역분할을 이용함으로써 연속하는 영상열 내에서 이동 물체를 찾기 위한 CHT 계산시간을 현격히 줄이는 것이 가능하다. CHT 기반의 Voting은 최소자승법을 가미함으로써 오차 또한 감소시킨다. 그리고 제약선에 따른 수많은 점들을 계산하는 작업도 변환된 기울기-교점 파라미터를 사용함으로써 줄어들게 된다. 시뮬레이션 결과 영상 내에서 이동물체 인식비가 증가됨을 보였고 이동물체의 움직임 정보를 제공하는 OF 벡터도 매우 효율적으로 검출됨을 확인하였다.

### ABSTRACT

Optical flow estimation based on multi constraint approaches is frequently used for recognition of moving objects. However, the use have been confined because of OF estimation time as well as error problem. This paper shows a new method for effectively extracting movement information using the multi-constraint based approaches with sobel edge detection. The moving objects are extracted in the input image sequence using edge detection and segmentation. Edge detection and difference of the two input image sequence gives us the moving objects in the images. The process of thresholding removes the moving objects detected due to noise. After thresholding the real moving objects, we applied the Combinatorial Hough Transform (CHT) and voting accumulation to find the optimal constraint lines for optical flow estimation. The moving objects found in the two consecutive images by using edge detection and segmentation greatly reduces the time for computation of CHT. The voting based CHT avoids the errors associated with least squares methods. Calculation of a large number of points along the constraint line is also avoided by using the transformed slope-intercept parameter domain. The simulation results show that the proposed method is very effective for extracting optical flow vectors and hence recognizing moving objects in the images.

\* 조선대학교 전자·정보통신공학부 DSP&멀티미디어 연구실(japark@chosun.ac.kr)

논문번호 : 010317-1105, 접수일자 : 2001년 11월 5일

※ 이 논문은 한국과학재단지정 지역협력연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

## I. 서론

이동물체를 인식하고 이동물체의 정보를 추출하는 기법들에 대한 연구가 광범위하게 이루어지고 있다. 다제약 접근기반 OF 평가도 이동물체 인식에 자주 이용되는 기법으로 수리적 방법이나 최소 자승법이 이들 OF 제약 방정식을 해결하는데 사용되고 있다. 그러나 일반적인 OF는 보통 평균치를 구하는 방법으로 겹침이나 잡음이 있는 경우 오차가 발생하기 쉽다. 공동 경계를 갖는 두 이동 물체는 속도에 영향을 주는 원인이 되고 이들의 평균치는 불완전한 OF의 평가로 이어진다. 잡음의 경우 또한 평균치를 구하는 방법에 있어 오차를 가중시키는 요인으로 움직임과 같은 이동 경계의 검출 오류는 항상 균일하지 않으며 이동 물체들의 확실한 윤곽 측정이 OF 기법의 또 다른 문제점이 된다. 이에 따라 기존의 연구들에서 OF와 함께 컬러 정보나 에취 정보가 이들 문제를 해결하는 데 사용되고 있다.

움직임 평가는 3차원 물체의 재구성<sup>2, 3</sup>, 물체 추적<sup>4, 5</sup>, 로봇 조작<sup>6, 7</sup> 등과 같은 동적 영상해석에 있어서 중요한 작업 중의 하나이다. 이와 같은 시각 기반 시스템에서 초점이 되는 움직임 해석의 정보는 이미지 평면상에서 3차원적 실제 속도의 원근투영과 관계되는데 2차원 움직임 추정을 통해 실제속도를 구할 수 있다.

속도필드를 표현하는 OF는 순수한 기하학적 개념으로 이미지 열에서 밝기의 변화분을 측정하여 벡터성분으로 표현하는 방법<sup>11</sup>이다. Verri와 Poggio<sup>18</sup>, Nagel<sup>19</sup>은 OF와 속도장의 등식에 대한 동작조건을 분석하였다. 그러므로 OF는 속도장의 근사치로 평가되며 많은 응용에 사용되지만 OF의 평가는 또한, "problem of aperture"<sup>10</sup>에 의해 영향을 받을 수 있다. 이것은 실제로 직물과 같은 물체에 대한 이동성분을 인식할 때 동일 방법으로는 어렵다는 것이다. 이러한 경우에 단지 이미지 밝기 정도에 평행인 방향성분만 평가될 수 있게 된다. 한 가지 정확한 해로는 기준점의 근방에서 유도되는 제약선사이의 교점으로 구해질 수 있다. 부가적으로 OF의 평가는 불연속 때문에 나타나는 오류에 영향을 받을 수 있다. 이 불연속점은 잡음과 큰 변위, 물체들의 겹침 등에 의해 나타난다. 이를 해결하는 OF 평가 방식들로서는 정칙화기반 방법과 다제약 기반 방법으로 분류할 수 있다.

정칙화기반 방법<sup>11, 12, 13</sup>은 속도장 평가를

ill-posed 문제로 간주한다. 해들은 smoothness 제약 하에서 해를 정규화하여 주어진 식의 값을 최소화하는 것으로 얻어진다. 일반적으로 이러한 방법들은 반복적인 방법으로 해를 유도한다. 그리고 속도는 이미지의 모든 점에서 측정되어진다.

다제약 기반 방법<sup>14, 15, 16</sup>은 관심점을 제약선의 방정식으로 표현 가능하다는 원리에 근거한다. 이것은 일반적으로 계수 행렬의 반전 또는 최소자승법 기술들을 사용하기 때문에 대수적 방법을 사용해서 해결된다. 최소자승법과 같은 전통적인 계수적 방법들은 평균치를 구하는 방법이고 겹침과 잡음과 같은 경우에 있어서 오차가 발생하기 쉽다.

따라서, 본 논문에서는 효율적으로 움직임을 검출할 수 있도록 sobel 에취 검출과 각 픽셀에서 근방의 OF 제약 방정식을 평가하는 다제약 기반 방법을 사용하였다. 해는 최소자승법의 문제를 해결하기 위하여 Combinatorial Hough Transform (CHT)과 voting 누적을 사용하여 유도되었다. 기울기-교점 파라미터 평면으로 변환하여 제약선상의 많은 점의 계산을 피하였다. 또한 계산 시간을 줄이기 위해서 전 단계에서 구해진  $E_i$ 의 값을 사용하여 움직임 영역을 추출하여 구해진 영역 내에서만 연산을 수행하였고, 그레디언트  $E_x, E_y, E_z$ 를 구할 때 논리연산 방법을 사용하여 중복계산을 피하도록 하였다.

이를 위해서 II장에서는 Optical flow의 도함수에 대해 설명하고, III장에서는 속도 벡터 검출에 대해서 설명하고, IV장에서는 시험영상을 통해 시뮬레이션을 하고, V장에서 결론을 맺는다.

## II. Optical flow의 밝기 도함수

### 1. 이동 영역 검출

먼저 Optical flow 제약 방정식의 최적 제약선들을 추출하기 위한 방법인 Combinatorial Hough Transform (CHT)과 voting 누적의 계산 시간을 줄이기 위해 순차적 입력 영상 내의 이동 물체의 위치와 영역을 찾는다(3장에서 자세히 보여준다). Sobel 에취로 순차적 두 입력 영상에 적용하여 검출한다. Sobel 에취는 잡음에 민감한 특성을 해결하면서 윤곽선 추출을 정확히 얻어내야만 한다. 그래서 연산 후 영상의 그레이레벨값을 고려한 임계치를 적용하여 잡음을 억제하고 에취 검출의 효율성을 높였다. 잡음이 적은 경우 그레이레벨 값은 20~35 정도가 사용되며, 잡음이 큰 경우에는 35이상을

사용하였다. 특히 Sobel 에취를 사용한 이유는 수직과 수평 성분의 기울기들을 모두 검출할 수 있기 때문에 적용하였다. 다른 에취들도 또한 적용할 수 있지만, Sobel 에취는 연산이 쉽고, 응용에 폭넓게 사용하는 검출기이다. 식 (1)에서와 같이 영상의 배경을 삭제하기 위해서 추출된 두 입력 에취 맵으로부터 이진 차영상을 구한다.

$$D(x, y) = ABS(E_2(x, y) - E_1(x, y)) \quad (1)$$

여기서  $E_2(x, y)$ ,  $E_1(x, y)$ 는 순차적 입력 영상의 두 이진 에취 맵이며,  $D(x, y)$ 는 추출된 이진 차영상이다. 추출된 이진 차영상  $D(x, y)$ 는 이동 물체들의 가능한 위치를 표시한다. 이동 물체의 영역을 찾기 위해 식 (2)으로 이진 차영상  $D(x, y)$ 를 팽창시킨다.

$$DL = dilate(D) \quad (2)$$

여기서 DL은 이진 차영상 D를 팽창시킨 영상이다. 팽창된 영상 DL을 가지고 순차적 영상에서 이동 물체의 영역을 검출한다. 차영상에서의 팽창은 실제 이동 물체의 영역에서 보다 팽창된 영상에서 이동 물체의 영역을 검출하는 것이 더 훌륭함을 보인다. 사실은 팽창된 영상 DL은 모든 가능한 이동 물체들(실제와 잘못 인식된 이동 물체들 둘 다)을 검출한다. 잘못 인식된 이동 물체들은 영상 내에서 잡음을 더하여 검출되어 진다. 따라서 본 논문에서는 팽창된 영상 DL로부터 실제 이동 물체들을 검출하기 위해서 임계치를 적용한다. 우선 팽창된 영상 DL에서 이동 물체들을 라벨링하고, 이동 물체들의 각각의 이진 영역을 계산한다. 아래와 같이 팽창된 영상 내에서 중요한 영역을 갖는 실제 이동 물체들을 임계치 적용한다.

```

if A[DL(j)] > Tarea
    Real Moving Object (keep it)
else
    Erroneous Moving Object (discard it)
    
```

여기서  $A[DL(j)]$ 는 DL 내에서 j 번째 라벨링된 물체들 중 첫 번째 라벨링된 물체의 이진 영역을 계산하고,  $T_{area}$ 는 입력 영상의 크기와 배경으로부터 카메라까지 거리를 갖는 임계치이다. 오인식된 이동 물체들은 그 영역 내에서 첫 번째 물체를 0 번째로 대체함으로써 제거한다. 마지막으로 순차적 영상에서 오직 실제 이동 물체들만 포함한 영상을 얻고 나서, 실제 이동 영역 내에서 Optical flow 벡터들

을 계산한다.

이미 Optical flow 추정에 근거한 CHT와 voting 누적 기법을 제안하였다.<sup>16)</sup> 본 논문에서는 그레이 레벨 영상에서 차영상 기법을 사용하고 영상들 내에서 잡음을 제거하기 위해 메디안 연산자를 사용한다. 잡음을 제거한 후, 영상 내에서 추출된 이동 물체에 erosion과 dilation 처리를 한다. 메디안, erosion, dilation 연산자들은 많은 시간 소비 처리들 로써 계산 시간을 증가시킨다. 그래서 메디안과 erosion 연산자는 피하므로 계산 시간을 줄였다. 메디안과 erosion 연산자를 사용할 때 보다 상당히 계산 시간을 줄였지만, 에취 검출 때문에 계산 시간이 증가하였다.

## 2. 밝기 도함수의 계산

이미지의 밝기  $E(x(t), y(t), t)$ 가 시간에 따라 고정적이라면 그 특징 패턴의 flow가 일련의 연속 방정식에 의해 식 (3)과 같이 모델화 될 수 있다.

$$E_x u + E_y v + E_t = 0 \quad (3)$$

여기서  $u$ 와  $v$ 는  $dx/dt$ ,  $dy/dt$  이고 각각 이 평면상의  $x$ 와  $y$ 방향으로 따라 속도 벡터의 특징 패턴의 성분을 나타낸다. 식 (3)은 흔히 "OF 제약 (OFC)" 이라고 하고 이 방정식에 근거한 평가방법은 일반적으로 gradient 기반 방법으로 언급된다. 하지만 OFC 방정식은 식 자체로 유일한 해를 지원할 수 없다.

OFC는  $(u, v)$  평면 내에서 식 (4)와 같은 직선의 방정식과 같이 표현될 수 있다.

$$v = mu + c \quad (4)$$

여기서  $m = -E_x/E_y$ 은 기울기이고  $c = -E_t/E_y$ 은 교점이다. 이 직선 위의 어느 점이나 OF 평가문제에 대한 해가 가능하다.

## III. 속도 벡터 검출

### 1. 기울기-교점 평면 (m, c)로 변환

다제약 해는 가장 근사한 해를 정의하는 Voting 누적 방법에 기초하는 OFC에 기초한다. 이 방법에 의해 각 제약선의 특징들은  $(u, v)$  평면에서 기울기-교점 평면 (m, c)로 변환된다. 여기서 각 제약선은 식 (2)의 직선상의 점에 의해 표현된다.  $(u, v)$  평면내 이미지 부분의 교점은 그림 5처럼 기울기-교

점 파라미터 평면내 동일선상에 위치한다. 각 이미 지 부분 내에서 OF 측정은 변수 평면 내에서 제약 선과 일치하는 점의 패턴을 적합하게 하는 최적선 을 발견할 수 있게 한다. 이 선에서 점들로부터 최 대값으로 결정한다.

본 논문에서는 5x5 매크로 블록으로 전체영상을 나누어 2픽셀씩 겹치게 하여 연산을 수행하였다. 속 도벡터의 표현은 3x3 블록당 하나씩 표현을 하였 다.

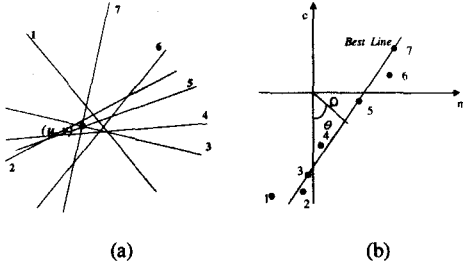


그림 1. 제약선 파라미터 (a) (u, v) 평면에서 평가된 OF 벡터성분의 제약선 표현, (b) 파라미터 평면에서 대 응하는 최적선

2. 평면 (u, v)로 변환과 Voting 누적

Voting은 Combinatorial Hough Transform (CHT)을 사용하였다. 한 쌍의 제약선에 대응하는 기울기-교점 평면내의 각 점들의 쌍 (m<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>)와 (m<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>)은 하나의 voting을 특성선 θ에 대한 일차 원 누적 히스토그램에 가산한다.

$$\theta = \arctan\left(-\frac{m_2 - m_1}{c_2 - c_1}\right) \tag{5}$$

그러므로, NxN 영역 상에 다제약 기법에 따라서 (N<sup>4</sup> - N<sup>2</sup>)/2개의 제약선 쌍이 존재하고 이 중에 서 해가 존재한다. 이것은 I<sup>2</sup>N<sup>2</sup>과 같은 점근적 복 잡도를 갖게 된다. 이것은 NxN 영역 내 픽셀과 연 관된 제약선과 다제약 영역의 중심에 대한 제약선 의 조합만을 고려함으로써 간략화된다. 그러므로 (N<sup>2</sup> - 1) 쌍의 식과 N<sup>2</sup> voting이 얻어진다. θ의 히스토그램은 최대치 θ<sub>max</sub>를 구하게 된다. 이 값을 이용하여 N<sup>2</sup> voting에 대한 2단계가 다른 선분 파 라미터를 위한 또 다른 히스토그램을 정의하는 데 사용된다.

$$\rho_i = m_i \cos(\theta_{max}) + c_i \sin(\theta_{max}) \tag{6}$$

3. 속도 벡터 계산

최적선에 대한 최적의 근사는 (ρ<sub>max</sub>, θ<sub>max</sub>)를 포 함한다. 그러므로 각 픽셀에서의 OF는 이 선들로부터 직접 유도될 수 있다.

$$u = \cot(\theta_{max}), \quad v = \frac{\rho_{max}}{\sin(\theta_{max})} \tag{7}$$

4. 이동 물체를 위한 Optical flow 검출

이동 물체의 방향을 찾기 위해 Optical flow의 중심을 구하고 평균 flow 벡터를 구하였다. 제안한 알고리즘의 블록다이어그램은 그림 2와 같다.

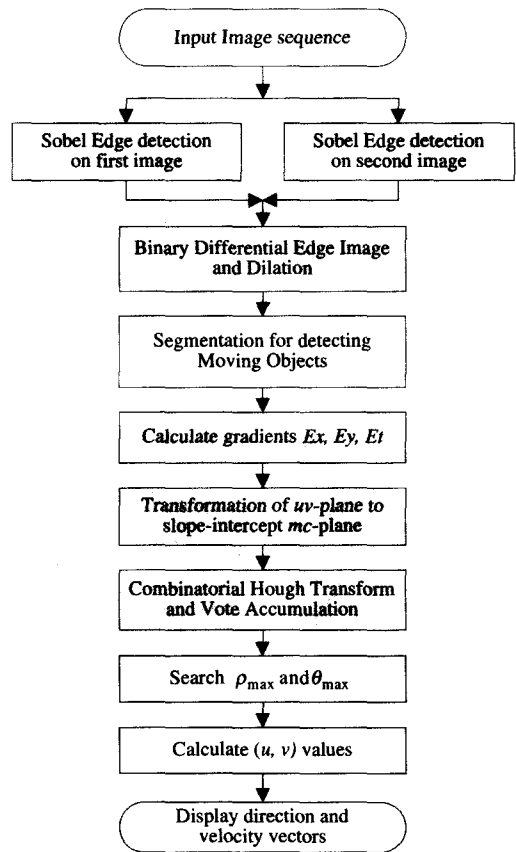


그림 2. 제안된 알고리즘의 블록도

이동 물체의 Optical flow를 추출하기 위해 실제 이동 물체들과 OF를 가지는 팽창된 영상사이에 마 스크 연산을 사용하였다. 3.3절에서 계산된 이동물 체의 정보가 아래와 같이 표현되어 진다.

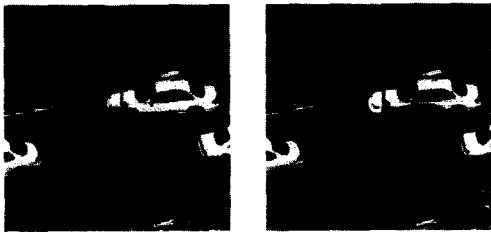
$$C = DL \wedge O \tag{8}$$

여기서, DL: 실제 이동 물체만 포함한 팽창된 영상  
 O : optical flow의 영역  
 ^ : mask operation(for extracting region)

#### IV. 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션은 PC기반 Windows2000 환경에서 Matlab 5.x로 작성되었으며 시뮬레이션에 사용한 입력 영상은 Sony Digital Handycam (DCR-TRV20)에서 촬영한 영상을 이용하였다.

그림 3은 시뮬레이션을 위해 사용된 두 프레임의 (256 x 256) 그레이 레벨 영상이고, 그림 4는 Sobel 에지 검출기를 사용한 입력 영상들에 대한 이진 에지 맵을 보여준다.



(a) 첫번째 영상 (b) 두번째 영상

그림 3. 순차적 입력 영상



(a) 첫번째 영상 (b) 두번째 영상

그림 4. 순차적 입력 영상의 이진 에지 맵

그림 5는 두 에지 맵의 차영상을 보여주고, 그림 6은 차영상의 팽창된 영상을 나타낸다. 그림 7은 잘못 인식된 이동 물체를 제거하고, 실제 이동 물체의 영역을 보여준다. CHT와 voting 누적을 이용한 제안된 optical flow 알고리즘은 전체 영상 대신에 검출된 이동 물체에만 적용된다. 그림 8은 마지막으로 검출된 optical flow의 벡터를 보여주고, 그림 9는 검출된 이동 물체의 이동 방향을 평가하여 보여주고 있다.



그림 5. 입력 에지 맵의 차영상



그림 6. 차영상의 팽창된 영상

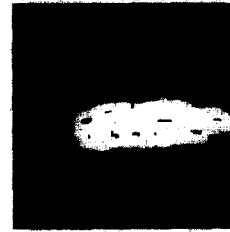


그림 7. 오 인식된 이동 물체 제거 후의 실제 이동 물체

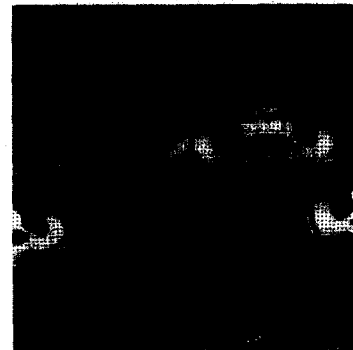


그림 8. 제안된 기법을 이용한 Optical Flow 벡터



그림 9. 검출된 이동 물체의 이동 방향 평가

표 1은 제안된 알고리즘과 다른 알고리즘 간의 연산 시간과 수학적 복잡성을 비교하고 있다.

첫 번째 방법은 iteration에 의해 결과 값을 유추

하는 방법으로 정확한 결과 값을 가지나, 매우 느린 추출시간을 갖는다는 단점으로 인해서 실시간 영상 처리에 적용하기에는 문제점을 가지고 있다. 하지만, 영상 자체에 잡음이나 겹침 등이 존재하는 경우 발산하는 현상으로 인해서 큰 오차를 갖는 결과를 추출할 수도 있다. 두 번째 방법은 OF에 기초한 다중점 해를 제안한 방법으로 전·후처리 필터링이 없었으므로 수행시간의 단축과 잠정적으로 양호한 결과를 얻을 수 있으나, 계산적으로 cost가 크고 분해능 및 히스토그램 파라미터의 임계치 조정에 매우 비판적이다. 세 번째 방법은 다제약 기반 방법 중의 하나로 최소자승법을 사용하여 전체 영상에서의 Optical flow에 대한 연산을 수행한다. 영상에서 실제 이동이 존재하는 부분은 일부이므로 필요 없는 연산으로 인해서 수행시간이 많이 걸리는 것을 알 수 있다. 네 번째 방법은 이러한 단점을 보완하기 위해서 실제 움직임이 존재하는 영상의 부분을 추출하여 추출된 영역에서만 OF를 CHT 등을 이용하여 수행시간을 줄이고자 하였다. 하지만, 이 방법은 잡음 등이 존재하는 경우에 정확한 이동영역을 추출할 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 점들을 보완하여 제안된 방법으로 기존의 CHT 등을 이용한 OF 추출 알고리즘에 정확한 에지를 추출할 수 있는 에지 연산 알고리즘을 적용하여 그 결과와 OF의 결과를 이용함으로써 정확한 이동물체의 인식을 구현하였다.

표 1. 연산시간과 복잡성의 비교

Algorithm	Iteration	Complexity	Operation time
Horn & Schunck	Yes	$I_1^2$	$61.87 \times I_1$
Campani & Verri	No	$N^2 I_1^2$	843.66
CHT	No	$N^2 I_1^2$	286.96
CHT+moving Area Oper.	No	$N^2 I_1^2$	101.34
Proposed method	No	$N^2 I_N^2$	151.52**

$I \times I$  : 영상의 크기,  $N \times N$  : 근방의 크기  
 $I_1$  : 반복횟수,  $I_N$  : 움직임 영역의 크기  
 \*\* :  $N \times N$  영역상의 전·후처리 필터링

표 2는 제안된 알고리즘과 다른 알고리즘 간의  $\rho$ 와  $\theta$ 의 정확도를 비교하여 보여준다.

표 2. 움직임 정보 값의 비교

Algorithm	Distance	Direction
Real Value	17.22	9.5
Horn & Schunck	25.02	8.3
Campani & Verri	18.44	12.5
CHT	16.27	10.61
CHT+moving Area Oper.	16.58	10.43
Proposed method	17.14	9.61

### V. 결론

본 논문에서는 sobel 에지 검출과 다제약 접근기반 Optical flow를 이용하여 효율적으로 움직임 정보를 추출하는 방법을 제안하였다. 먼저 에지 검출 후 차영상과 영역분할기법으로 이동물체를 검출하고 임계치 처리로 잡음에 의해 검출된 이동물체들을 추출한 다음 Optical flow 최적 제약선을 찾기 위한 CHT와 Voting 누적을 적용하였다. 그리고 첫 번째와 두 번째 과정에서 추출된 결과를 마스크 연산을 통해서 최적의 이동물체 정보를 추출하였다. 시물레이션 결과, 제안된 방법이 Optical flow 벡터를 위한 연산 속도를 증가시켰고, 물체들의 정보를 더욱 정확성 있게 추출함을 보였다. 또한, 에지 검출과 영역 분할의 방법을 동시에 이용함으로써 Optical flow가 가지는 부정확성에 대한 문제를 해결할 수 있었으며 Optical flow만 사용한 알고리즘에 비해 실제 이동물체의 이동 정보 추출이 매우 쉽고 정확하게 됨을 입증하였다.

### 참고 문헌

[1] K. Prazdny, "On the information in optical flow", *Computer Vision Graphics Image Process*, 23, pp.239~59, 1983  
 [2] P. J. Burt, et al., "Object tracking with a moving camera", *Proc. IEEE Workshop on Visual Motion*, Irvine, California, U.S.A., pp.2~12, 1989  
 [3] R. C. Nelson and J. Aloimonos, "Obstacle avoidance using field divergence", *IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell.* 11(10),

pp.1102~1106, 1989

[4] M. Subbarao, "Bounds on time-to-collision and rotation component from first-order derivatives of image flow", *Computer Vision Graphics Image Process*, 50, pp.329~341, 1990

[5] B. K. P. Horn and B. G. Schunck, "Determining optical flow", *Artif. Intell.* 17, pp.185~203, 1981

[6] H. H. Nagel, "Displacement vectors derived from second-order intensity variations in image sequences", *Computer Vision Graphics Image Process*, 21, pp.85~117, 1983

[7] H. H. Nagel and W. Enkelmann, "Towards the estimation of displacement vector fields by 'oriented smoothness' constraints", *Proc. 7th IEEE Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp.6~8, 1984

[8] C. Cafforio and F. Rocca, "Tracking moving objects in television images", *Signal Process*, 1, pp.133~140, 1979

[9] M. Campani and A. Verri, "Computing optical flow from an overconstrained system of linear algebraic equations", *Proc. 3rd IEEE Int. Conf. on Computer Vision*, pp.22~26, 1990

[10] P. Nesi, A. Delbimbo and J. L. Sanz, "Multiconstraints-based optical flow estimation and segmentation", *Int. Workshop on Computer Architecture for Machine Perception*, Paris, pp.419~426, 1991

[11] W. B. Thompson, "Combining motion and contrast for segmentation", *IEEE Trans. PAMI*, 2(6), pp.543~549, 1980

[12] S. Gemen et. al., "stochastic relaxation, Gibbs distribution, and Bayesian restoration of images", *IEEE Trans PAMI*, 6(6), pp.721~741, 1985

[13] M. J. Black, "Combining intensity and motion for incremental segmentation and tracking over long image sequence", *Proc. ECCV'92*, pp.485~493, 1992

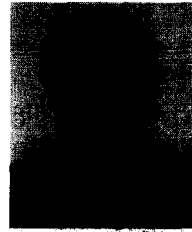
[14] M. Etoh et. al., "Segmentation and 2D motion estimate by region fragments", *Proc. 4th Int. Conf. Computer Vision*, pp.192~199, 1993

[15] D. Ben-Tzvi and M. Sandler, "A combinatorial Hough transform", *Pattern Recognition, Lett.* 11, pp.167~174, 1990

[16] Sung-Kwan Kang, Jong-An Park, Estimation of Moving Information for Tracking of Moving Objects, *The Korean Society of Mechanical Engineers*, Vol. 15, No. 3, March 2001.

장 민 혁(Min-hyuk Chang)

정회원



1995년 2월 : 조선대학교

전자공학과 졸업

1997년 2월 : 조선대학교

전기공학과 공학석사

2000년 3월~현재 : 조선대학교

전자공학과 박사과정

<주관심 분야> DSP, 영상처리 및 Vision 시스템, 멀티미디어통신

박 종 안(Jong-an Park)

정회원



1975년 2월 : 조선대학교

전자공학과 졸업

1978년 2월 : 조선대학교

전기공학과 공학석사

1986년 2월 : 조선대학교

전기공학과 공학박사

1975~현재 : 조선대학교 전자정보통신공학부 교수

1983~1984 : 미국 Massachusetts주립대학 객원교수

1990~1991 : 영국 Surrey주립대학 객원교수

<주관심 분야> DSP, 영상처리 및 Vision 시스템, 멀티미디어통신