

동영상 부호화를 위한 움직임 벡터의 추정

강성관* · 임춘환** · 손영수*** · 배상현****

Estimation of Motion Vector for Moving Picture Encoding

Sung-Kwan Kang* · Chun-Hwan Lim** · Young-Su Son*** · Sang-Hyun Bae****

요약

본 논문은 이동물체의 이동 정보를 표현하는 OF의 최적해를 계산하고 놓작 속도를 향상시키는 방법을 제안한다. 이를 위하여 CHT와 투표누적을 사용하여 기존의 방법에 비해 양호한 최적해를 계산하였고, 간단하게 이동물체를 검색하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed the method computing the optimal solution of Optical Flow(OF) representing the moving information of moving object and improving the operating speed. In order to do that, we computed the optimal solution of OF using the Combinatorial Hough Transform(CHT) and Voting accumulation and simply searched the moving object compared to conventional method

I. 서론

움직임 해석의 주요한 문제는 움직이는 물체의 3차원 움직임 성분의 추정이다. 이것은 3차원 물체의 재구성^[2, 3], 물체 추적^[4, 5]과 로봇 조작^[6, 7] 등과 같은 많은 문제들과 관련된다. 시각 기반의 시스템에서 초점이 되는 움직임 해석의 정보는 이미지 평면상에서 3차원 실제속도의 원근투영과 관계된다. 즉, 2차원 움직임 추정을 통해 실제속도를 구할 수 있다.

속도 필드를 표현하는 OF는 순수한 기하학적 개념으로 이미지 열에서 밝기의 변화분을 측정하여 벡터성분으로 표현하는 방법^[1]이다. Verri와 Poggio^[8], Nagel^[9]은 OF와 속도장의 등식에 대한 동작조건을 분석하였다. OF는 속도장의 충분한 균사치이고 많은 응

용에 사용된다.

하지만 OF의 평가는 “problem of aperture”^[10]에 의해 영향을 받을 수 있다. 이것은 실제로 직물과 같은 물체에 대한 이동성분을 인식할 때 동일 방법으로는 어렵다는 것이다. 이러한 경우에 단지 이미지 밝기 경도에 평행인 방향인 성분만 평가될 수 있다. 정확한 해는 기준점의 근방에서 유도되는 분명한 제약선사이의 교점으로서 검색될 수 있다.

부가적으로 OF의 평가는 불연속 때문에 나타나는 오류에 영향을 받을 수 있다. 이 불연속 점은 잡음과 큰 변위, 물체들의 겹침 등에 의해 나타난다. 이를 해결하고자 하는 OF 평가 방식들은 일반적으로 정칙화 기반 방법과 다제약 기반 방법으로 분류할 수 있다.

정칙화기반 방법^[1, 11, 12, 13]은 속도장평가를 ill-posed 문제로 간주한다. 해들은 smoothness 제약하에서 해

* 조선대학교 전자공학과

** 동강대학 전자정보과

*** 한려대학교 멀티미디어 정보통신공학과

**** 조선대학교 진산통계학과

접수일자: 2001. 12. 12

를 정규화하여 주어진 식의 값을 최소화하는 것으로 얻어진다. 일반적으로 이러한 방법들은 반복적인 방법으로 해를 유도한다. 그리고 속도는 이미지의 모든 점에서 측정되어진다.

다제약 기반 방법^[14, 15, 16]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.

본 논문에서는 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 변화하여 제약선상의 많은 점의 계산을 피하였다. 또한 계산 시간을 줄이기 위해서 전단계에서 구해진 $E_{t,i}$ 의 값을 사용하여 움직임 영역을 추출하여 구해진 영역내에서만 연산을 수행하였고, 그레디언트 E_x, E_y, E_t 를 구할 때 논리연산 방법을 사용하여 중복계산을 피하도록 하였다.

이를 위해서 II절에서는 밝기 도함수의 평가에 대해 설명하고, III절에서는 제안한 알고리즘에 대해서 설명하고, IV절에서는 시험영상을 통해 시뮬레이션을 하고, V절에서 결론을 맺는다.

II. 밝기 도함수의 평가

이미지의 밝기 $E(x(t), y(t), t)$ 가 시간에 따라 고정적이라면 그 특징 패턴의 flow가 일련의 연속 방정식에 의해 식 (1)과 같이 모델화될 수 있다.

$$E_x u + E_y v + E_t = 0 \quad (1)$$

여기서 u 와 v 는 $dx/dt, dy/dt$ 이고 각각 이 면상의 x 와 y 방향을 따라 속도 벡터의 특징 패턴의 성분을 나타낸다. 식 (1)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 (2)와 같은 직선의 방정식과 같이 표현될 수 있다.

$$v = mu + c \quad (2)$$

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

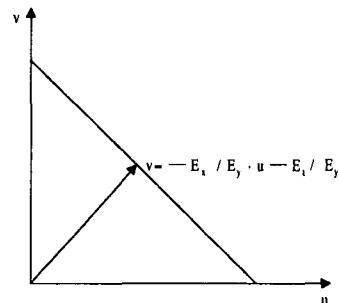


그림 1. u, v 평면상의 제약선
Fig. 1 Constraint line on the u, v plane

본 논문에서는 측정되는 이미지 밝기의 이산집합으로부터 밝기 도함수를 평가한다. 평가는 식 (3)을 이용하고 계산들 사이의 공간과 시간에서 상호관계는 그림 2에 보여진다.

$$\begin{aligned} E_x &\approx \frac{1}{4} \{ E_{i,j+1,k} - E_{i,j,k} + E_{i+1,j+1,k} - E_{i+1,j,k} \\ &+ E_{i,j+1,k+1} - E_{i,j,k+1} + E_{i+1,j+1,k+1} - E_{i+1,j,k+1} \} \\ E_y &\approx \frac{1}{4} \{ E_{i+1,j,k} - E_{i,j,k} + E_{i+1,j+1,k} - E_{i,j+1,k} \\ &+ E_{i+1,j,k+1} - E_{i,j,k+1} + E_{i+1,j+1,k+1} - E_{i,j+1,k+1} \} \\ E_t &\approx \frac{1}{4} \{ E_{i,j,k+1} - E_{i,j,k} + E_{i+1,j,k+1} - E_{i+1,j,k} \\ &+ E_{i,j+1,k+1} - E_{i,j+1,k} + E_{i+1,j+1,k+1} - E_{i+1,j+1,k} \} \end{aligned} \quad (3)$$

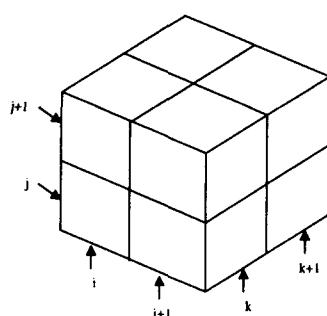


그림 2. 이미지 밝기 도함수 평가의 표현
Fig. 2 Representation of the estimation of image brightness derivatives

내에서만 연산을 수행하기 위해서 전단계에서 계산된 E_t 를 이용하여 근사적으로 이동영역을 검출하고 잡음 제거하기 위해 smoothing을 하여 실제적인 이동영역을 검출하였다. 그리고 실제 영역이 없어지는 것을 방지하기 위해 영역을 확장하여 움직임 영역을 구하였다. 그림 4는 검출된 이동영역을 나타낸 것이다.

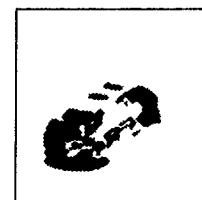


그림 4. 검출된 이동영역
Fig. 4 Searched the moving area

III. 속도벡터의 계산

3.1 밝기 도함수의 계산

본 논문에서는 그레디언트 계산시 시간을 줄이기 위해 전 단계에서 검출된 영역 내에서만 연산을 하였고 또한 중복계산을 피하기 위해 논리적 연산 방법을 사용하였다. 알고리즘의 블록도는 그림 3과 같다.

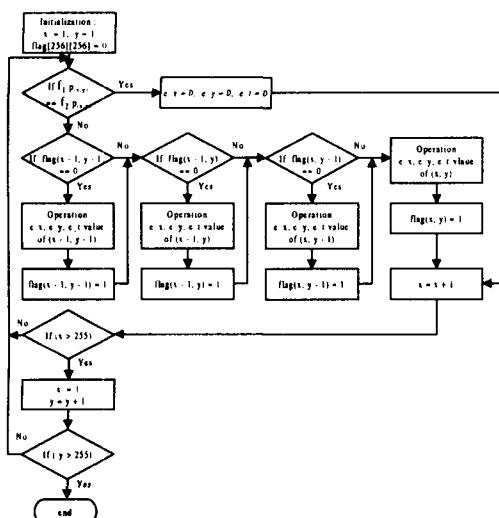


그림 3. 논리 연산 방법
Fig. 3 Logical operation method

3.2 이동영역의 검출

본 논문에서는 실제로 이동물체가 존재하는 영역

3.3 (m, c) 평면으로 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-교점 파라미터 평면 내 동일선상에 위치한다. 각 이미지 부분 내에서 OF 측정은 변수 평면 내에서 제약선과 일치하는 점의 패턴을 적합하게 하는 최적선을 발견할 수 있게 한다. 이 선에서 점들로부터 최대값으로 결정한다.

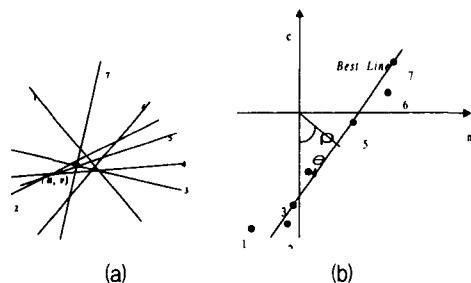


그림 5. 제약선 파라미터 (a) (u, v) 평면에서 평가된 OF 벡터성분의 제약선 표현, (b) 파라미터 평면에서 대응하는 최적선

Fig. 5 Constraint line parametrization (a) constraint lines with the estimated optical flow vector components (u, v) in the u, v plane, (b) corresponding characteristic line in the parameter plane

본 논문에서는 6×6 매크로 블록으로 전체영상을 나누어 3픽셀씩 겹치게 하여 연산을 수행하였다. 속도 벡터의 표현은 3×3 블록 당 하나씩 표현을 하였다.

3.4 (ρ , θ)으로 변환과 voting 누적

Voting은 Combinatorial Hough Transform(CHT)을 사용하였다. 한 쌍의 제약선에 대응하는 기울기-교점 평면내의 각 점들의 쌍 (m_1 , c_1)과 (m_2 , c_2)은 하나의 voting을 특성선 θ 에 대한 일차원 누적 히스토그램에 가산한다.

$$\theta = \arctan\left(-\frac{m_2 - m_1}{c_2 - c_1}\right) \quad (4)$$

그러므로, $N \times N$ 영역상에 다제약 기법에 따라서 $(N^4 - N^2)/2$ 개의 제약선 쌍이 존재하고 이 중에서 해가 존재한다. 이것은 $I^2 N^2$ 과 같은 접근적 복잡도를 갖게 된다. 이것은 $N \times N$ 영역내 픽셀과 연관된 제약 선과 다제약 영역의 중심에 대한 제약선의 조합만을 고려함으로써 간략화된다. 그러므로 $(N^2 - 1)$ 쌍의 식과 N^2 voting이 얻어진다. θ 의 히스토그램은 최대치 θ_{\max} 를 구하게 된다. 이 값을 이용하여 N^2 보팅에 대한 2단계가 다른 선분 파라미터를 위한 또 다른 히스토그램을 정의하는 데 사용된다.

$$\rho_i = m_i \cos(\theta_{\max}) + c_i \sin(\theta_{\max}) \quad (5)$$

3.5 속도벡터의 계산

최적선에 대한 최적의 근사는 $(\rho_{\max}, \theta_{\max})$ 를 포함한다. 그러므로, 각 픽셀에서의 OF는 이를 선들로부터 직접 유도될 수 있다.

$$u = \cot(\theta_{\max}), \quad u = \frac{\rho_{\max}}{\sin(\theta_{\max})} \quad (6)$$

3.6 이동물체의 추적

이동물체의 방향을 찾기위해 OF의 중심을 구하고 평균 flow 벡터를 구하였다. 제안한 알고리즘의 블록

다이어그램은 그림 6과 같다.

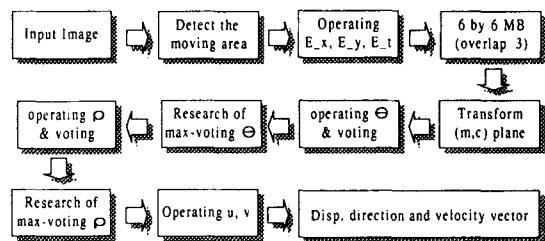


그림 6. 제안한 알고리즘의 개요
Fig. 6 Diagram of proposed algorithm

IV. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해서 CCD 카메라에 의해 capture 된 두 프레임의 256×256 그레이 이미지를 입력이미지로 사용하였다. 일반적으로 이러한 이미지에는 잡음이 포함되어 있고 이것은 속도벡터 연산시 에러를 유발하게 된다. 다른 기법과 비교를 위해 Horn과 Schunck의 방법을 가지고 시뮬레이션 하였다.

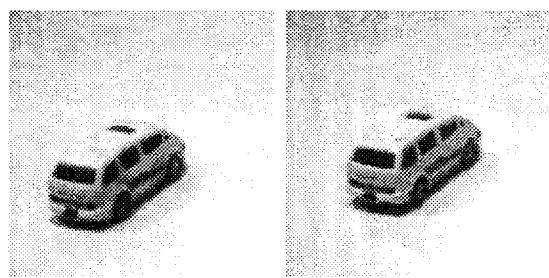


그림 7. 입력 이미지, (a) 첫 번째 이미지, (b) 두 번째 이미지
Fig. 7 Input image, (a) First image, (b) Second image

그림 7은 시뮬레이션에 사용된 두 프레임의 이미지이고, 표 1은 연산시간과 복잡도를 비교한 것이다. 그림 8은 Horn and Schunck method과 제안한 알고리즘을 비교하는 그림이다. 그림 9는 이동방향에 대한 평가를 나타낸 그림이다.

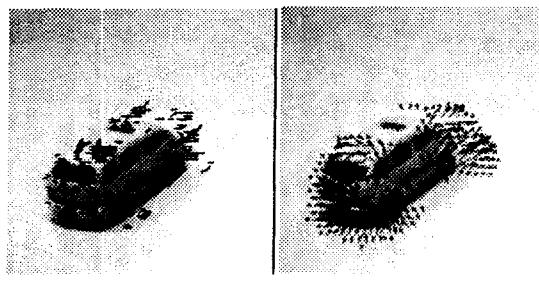


그림 8. 알고리즘의 비교, (a) Horn과 Schunck의 방법, (b) 제안한 방법
Fig. 8 Comparison of algorithms, (a) Horn and Schunck method, (b) Proposed method

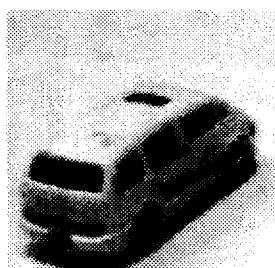


그림 9. 이동방향의 평가
Fig. 9 Estimation of moving direction

표 1. 연산시간과 복잡도의 비교
Table 1. Comparison of computing time and complexity

Algorithm	Iteration	Complexity	Operation time
Horn & Schunck	Yes	$I_t I^2$	$61.87 * I_t$
Proposed method	No	$N^2 I^2$	286.96

$|X|$: 이미지의 크기
 $N \times N$: 근방의 크기
 I_t : 반복횟수

V. 결론

이동물체의 방향과 크기를 벡터로써 표시할 수 있고 이미지 전체에 걸쳐서 연산이 가능하므로 이미지 분석시에 OF를 많이 사용하고 있다. 그러나 이것은 연산시간이 많이 걸리고 잡음에 민감하다는 단점을 가지

고 있다. 따라서 본 논문에서는 CHT, voting 누적 및 논리연산기법과 영역연산을 통해서 연산시간의 감소와 정확한 해를 구하고자 하였고 시뮬레이션을 통해서 이를 검증하였다. 그러나 실시간 처리와 응용을 위해서는 더 많은 속도의 개선에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B. K. P. Horn and B. G. Shunck, Determining optical flow, *Artif. Intell.* 17, 185~203, 1981
- [2] K. Prazdny, On the information in optical flow, *Computer Vision Graphics Image Process.* 23, 239~259, 1983
- [3] G. Adiv, Inherent ambiguities in recovering 3-D motion and structure from a noisy field, *IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell.* 11(5), 477~489, 1989
- [4] P. J. Burt, J.R. Bergen, R. Hingorani, R. Kolczynski, W. A. Lee, A. Leung, J. Lubin and H. Shvaytser, Object tracking with a moving camera, Proc. IEEE Workshop on Visual Motion, Irvine, California, U.S.A., 2~12, 1989
- [5] T. J. Broda and R. Chellappa, Experiments and uniqueness results on object structure and kinematics from a sequence of monocular images, Proc. IEEE Workshop on Visual Motion, Irvine, California, U.S.A, 21~30, 1989
- [6] R. C. Nelson and J. Aloimonos, Obstacle avoidance using field divergence, *IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell.* 11(10), 1102~1106, 1989
- [7] M. Subbarao, Bounds on time-to-collision and rotation component from first-order derivatives of image flow, *Computer Vision Graphics Image Process.* 50, 329~341, 1990
- [8] A. Verri and T. Poggio, Motion field and optical flow: qualitative properties, *IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell.* 11(5), 490~498, 1989
- [9] H. H. Nagel, On a constraint equation for the estimation of displacement rates in image

- sequences, IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell. 11(1), 13~30, 1989
- [10] A. Singh, Optic flow computation: A unified perspective, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, U.S.A., 1991
- [11] H. H. Nagel, Displacement vectors derived from second-order intensity variations in image sequences, Computer Vision Graphics Image Process. 21, 85~117, 1983
- [12] 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, 6~8, 1984
- [13] B. G. Schunck, Image flow segmentation and estimation by constraints line and clustering, IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell. 11(10), 1010~1027, 1989
- [14] P. Nesi, A. Delbimbo and J. L. Sanz, Multiconstraints-based optical flow estimation and segmentation, Int. Workshop on Computer Architecture for Machine Perception, Paris, 41 9~426, 1991
- [15] C. Cafforio and F. Rocca, Tracking moving objects in television images, Signal Process. 1, 133~140, 1979

저자 소개



강성관(Sung-Kwan Kang)
1997년 조선대학교 전자공학과
졸업
1999년 조선대학교 대학원 석사
2001년 12월 현재 조선대학교
대학원 박사과정
(주)B2Ckorea 연구개발팀장

*주관심분야 : 컴퓨터 비전, 인공지능, XML



*주관심분야 : 인터넷, 영상통신, 인공지능

임춘환(Chun-Hwan Lim)

1991년 조선대학교 공학사
1993년 조선대학교 공학석사
2000년 조선대학교 공학박사
1999년 3월 ~ 현재 동강대학 전
자정보과 교수
2001년 3월 ~ 현재 탑헤드닷컴
(주) 기술 자문위원,

*주관심분야 : 인터넷, 영상통신, 인공지능



2001년 3월 현재 탑헤드닷컴(주) 자문위원
*주관심분야 : 인공지능, 영상신호처리, 인터넷 통신,
전자상거래

배상현(Sang-Hyun Bae)

1982년 조선대학교 공학사
1984년 조선대학교 공학석사
1988년 일본 동경도립대학 공학
박사
현재 조선대학교 전산통계학과
교수

2001년 3월 현재 탑헤드닷컴(주) 자문위원

*주관심분야 : 인공지능, 영상신호처리, 인터넷 통신,
전자상거래



손영수(Young-su Son)
1988년 2월 조선대학교 전산통
계학과(이학사)
1991년 8월 조선대학교 전산통
계학과(이학석사)
1999년 2월 조선대학교 전산통
계학과(이학박사)

1996.3~현재 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과
전임강사

*주관심분야 : 인공지능, 제어계측, 퍼지테이터베이스