

論文2002-39CI-2-4

인접 영상 프레임에서 기하학적 대칭점을 이용한 카메라 움직임 추정 (Camera Motion Estimation using Geometrically Symmetric Points in Subsequent Video Frames)

田大成*, 文性憲**, 朴俊浩***, 尹英雨****

(Dae-Seong Jeoune, Sung-Hun Moon, Joon-Ho Park, and Young-Woo Yoon)

요 약

카메라의 이동과 회전은 영상 프레임 전체에 영향을 미치는 전역 움직임(global motion)을 유발한다. 이러한 전역 움직임을 포함하는 영상을 부호화하는 경우, 변화성분 검출(change detection) 기법을 사용하여 정확한 오브젝트를 분할하는 것은 실제적으로는 불가능하며 큰 움직임 벡터로 인해 높은 압축률을 얻기 어렵다. 이러한 문제는 전역 움직임이 보상된 영상 시퀀스를 사용함으로써 해결할 수 있다. 전역 움직임 보상을 위한 기존의 카메라 움직임 추정 방법들은 계산량이 많다는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 간단한 선형식으로 구성되는 전역 움직임 추정 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 영상 프레임 내의 대칭점(symmetric points)의 움직임 정보를 이용하여 패닝(panning)과 틸팅(tilting), 줌잉(zooming)에 대한 전역 움직임 파라미터를 산출한다. 전역 움직임 계산에는 카메라 회전에 대해 깊이(depth)에 독립적인 원경만이 사용되며, 영상 내에서 원경을 구분하기 위한 판별식도 논문에 제시된다. 또한, MPEG 시험 영상을 사용한 실험 결과도 나타내었다. 본 논문에서 제안한 기법의 실시간 수행 능력은 많은 영상처리 분야의 전처리 단계에서 사용될 수 있다.

Abstract

The translation and the rotation of camera occur global motion which affects all over the frame in video sequence. With the video sequences containing global motion, it is practically impossible to extract exact video objects and to calculate genuine object motions. Therefore, high compression ratio cannot be achieved due to the large motion vectors. This problem can be solved when the global motion compensated frames are used. The existing camera motion estimation methods for global motion compensation have a large amount of computations in common. In this paper, we propose a simple global motion estimation algorithm that consists of linear equations without any repetition. The algorithm uses information of symmetric points in the frame of the video sequence. The discriminant conditions to distinguish regions belonging to distant view from foreground in the frame are presented. Only for the distant view satisfying the discriminant conditions, the linear equations for the panning, tilting, and zooming parameters are applied. From the experimental results using the MPEG test sequences, we can confirm that the proposed algorithm estimates correct global motion parameters. Moreover the real-time capability of the proposed technique can be applicable to many MPEG-4 and MPEG-7 related areas.

Key Words : camera operation, global motion, camera motion estimation, global motion parameter

* 正會員, 大邱未來大學 멀티미디어情報科學科
(Dept. of Multimedia Information Science, Taegu
Future College)

** 正會員, 大邱科學大學 컴퓨터工學科
(Dept. of Computer Engineering, Taegu Science College)

*** 正會員, 慶雲大學校 컴퓨터工學科

(Dept. of Computer Engineering, Kyungwoon Univ.)

**** 正會員, 嶺南大學校 電子情報工學部
(School of Electrical Engineering and Computer
Science, Yeungnam University)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호:
104533) 지원으로 수행되었음.

接受日字:2001年8月16日, 수정완료일:2002年2月15日

I. 서론

동영상에서 프레임간에 변화하는 영역은 관심의 대상이 되는 물체일 가능성이 매우 높다. 이러한 이유에서 MPEG-4에서는 연속적인 영상 시퀀스에서 움직이거나 변화하는 영역인 전경(foreground)만을 추출하는 변화성분 검출(change detection) 분할기법을 권고하고 있다.^[1,2] 그러나, 대부분의 영상에는 순수한 물체의 움직임뿐만 아니라 카메라의 움직임이 포함되어 있다. 물체의 이동은 국부적(local)인 반면, 카메라의 움직임은 전역적(global)이므로 프레임 전체에 영향을 미친다. 그러므로, 카메라의 움직임이 포함되어 있는 영상에 대해 변화성분을 검출하면 배경을 포함한 대부분의 영역이 검출되므로 순수한 물체의 움직임만을 나타내는 전경만을 따로 분할하는 것은 실제로 불가능하다. 따라서, 먼저 영상의 전체 움직임을 분석하여 추정된 카메라의 움직임을 영상에 적용하여 보상을 수행해야 한다. 이렇게 전역 움직임 보상된 영상을 사용하여 변화성분을 검출하면 전경만을 추출할 수 있으며, 또한 개별 물체의 움직임이 최소화되어 압축률이 높아진다.^[3]

카메라의 동작 중에서 이동(translation)이 영상 평면에 미치는 영향은 영역의 깊이(depth)에 종속적인 반면, 회전(rotation)과 줌잉(zooming)에 의한 영향은 깊이와 무관하다. 따라서 전역 움직임 보상을 위해서는 영역의 깊이가 정보도 함께 부호화해야 한다. 또한, 화상회의나 휴대용 비디오폰 등과 같은 MPEG-4 응용은 실시간으로 가능해야 하므로, 물체추출을 위한 영상분할 역시 실시간으로 처리되어야 한다. 따라서, 카메라의 움직임에 의한 전역 움직임 추정은 아주 짧은 시간 내에 이루어져야 하며 알고리즘의 VLSI 구현이 용이해야 한다.

본 논문에서는 물체를 추출하는 영상 분할의 정확도 향상과 움직임 벡터의 압축률을 높이기 위한 전처리 단계에서 필수적인 전역 움직임 추정 방법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 영상 프레임 내의 대칭점의 움직임 벡터의 관계를 이용하여 원경에 속하는 점들을 구분하고, 이 점들에 대해서 카메라의 회전각과 확대율(scaling factor)을 계산하는 식을 적용한다. 논문에는 원경을 구분하기 위한 판별식과 카메라의 회전각과 확대율을 계산하는 선형식을 제시한다. 회전각 계산에서는 단순화를 위해 상대적으로 빈도가 적은 롤링(rolling)은 제외한다. 제안한 알고리즘은 영역의 깊이를

부호화할 필요가 없으며, 회전각 계산식은 반복(repetition)을 포함하지 않는 단순 선형식이므로 실시간 계산능력과 VLSI 구현에 대한 제약을 만족시킨다. 또한, 논문의 후반부에 제안된 알고리즘을 여러 가지 MPEG-4 시험 영상에 적용하여 얻은 결과에서 그 정확성을 입증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 관련연구를 요약하며, III장에서는 제안한 카메라 움직임 추정 알고리즘을 상세히 설명한다. 그리고, IV장에서는 제안 알고리즘을 검증하기 위해 여러 가지 MPEG 시험 영상에 적용한 결과를 제시하고 나타난 결과에 대해 고찰하며, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

동영상 데이터를 획득하는 과정에서 카메라의 움직임과 렌즈의 조작에 따른 영향이 영상의 모든 프레임에 인위적 혹은 불가피하게 포함된다. 또한, 카메라 렌즈로 인한 왜곡과 촬영 장비의 기계적인 흔들림(jitter)으로 인한 잡음도 존재한다. 이렇게 영상 전체에 균등하게 포함되어 있는 움직임을 카메라 움직임 또는 전역 움직임(global motion)이라 한다. 이러한 정보는 효율적인 영상 부호화를 위해서 매우 중요하며, 특히 MPEG-4와 같은 물체-기반의 영상을 표현하는데는 더욱 더 중요하다. 따라서, 카메라 움직임 추정 및 보상은 컴퓨터 비전, 가상 현실, 비디오 색인 및 검색, 물체 추적 등과 같이 영상을 조작하는 응용에 관련된 시스템에서 이러한 카메라의 영향을 제거하거나 완화시키기 위해 전처리 과정에서 수행해야 할 첫 번째 단계가 된다.^[4-6]

영상 데이터 처리 및 관련 분야에 대해 많은 연구가 활발히 진행되고 있지만, 카메라 움직임에 대한 연구는 미비한 상태이다.^[6] 현재 카메라의 전역 움직임을 구하기 위한 기존 연구는 움직임 필드로부터 구하는 방법^[1-14,17]과 화상 프레임으로부터 바로 전역 파라미터를 추정하는 방법^[10,15,16]으로 크게 두 가지 범주로 구분한다. 각 방법에서 추정 절차는 사용된 전역 움직임 모델에 의존적이다. 움직임 필드로부터 전역 파라미터를 추정하는 방법은 잡음, 움직임 벡터 해상도의 유한성, 한 블록내의 모든 화소들이 동일한 변위(displacement)를 가진다는 가정과 움직임 탐색 영역의 제한 등으로 인한 에러에 영향을 받는 반면 화상 프레임으로부터 직접 구한 추정값에는 이러한 종류의 에러가 포함되지

않는다. 그러나 두 가지 방법 모두에서 국부 움직임에 의한 영향을 받기 때문에 파라미터의 추정에는 히스토그램이나 반복적 방법을 이용한다. 이때, 사용되는 방법에는 움직임 벡터의 히스토그램을 이용하는 방법, 움직임 벡터를 Hough 변환하여 분포를 분석하는 방법, 에지 영상의 방향성 분석을 이용하는 방법, 그리고 영상의 특정 부분에 대한 시공간적 패턴의 방향성을 이용하는 방법 등이 있다.^[5~9,18] 또한, 사용하는 추정 기준으로는 놴(norm),^[10,12] 가중치 또는 재귀적 최소자승법,^[10,13] 에지 또는 배경 화소에 대한 정합기법^[15] 등을 이용한다.

이러한 기존의 카메라 움직임 추정에 대한 연구는 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 임의로 움직이는 전경의 움직임도 추정에 포함되어 오차가 커진다. 전경이 대부분을 차지하는 영상에 대해서는 추정이 불가능하며, 대부분이 배경으로 구성된 영상에 대해서만 유효하다. 둘째, 카메라와 물체의 움직임을 모두 고려하고 영역의 깊이 정보를 함께 부호화하므로 압축률의 저하를 초래하거나 제한한 알고리즘이 깊이가 일정한 영상에 대해서만 적용 가능하다는 단점이 있다. 마지막으로, 행렬식에 관한 최소자승법이나 회귀분석(regression)을 적용한 계산을 수행하기 때문에 반복 계산으로 인해 계산량이 방대하여 실시간 처리가 어렵고, VLSI 구현이 어렵다.

III. 카메라 움직임 모델

영상의 중심에 원점이 위치한 X-Y 평면의 한 점 $p(x, y)$ 가 X-Y 평면에 수직방향의 깊이 Z 에 있는 실세계의 투영점이고, X, Y, Z축에 대해 카메라 회전각(rotation angle)을 각각 θ, ϕ, ψ , 카메라 이동거리(translation)를 각각 T_x, T_y, T_z , 확대율(zooming factor)을 s , 초점거리(focal length)를 f 라고 하자. 그리고, θ, ϕ, ψ 를 아주 작은 각이라고 가정하면, 카메라의 회전과 이동에 의해 점 $p(x, y)$ 가 변화한 위치 $p(x', y')$ 는 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} x' &= s \frac{x - \phi y + \psi f + f \frac{T_x}{Z}}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y + \frac{T_z}{Z}} \\ y' &= s \frac{\phi x + y - \theta f + f \frac{T_y}{Z}}{1 - \frac{\phi}{f} x + \frac{\theta}{f} y + \frac{T_z}{Z}} \end{aligned} \quad (1)$$

이 식에서 카메라의 회전 및 줌인에 의한 영상 평면상의 변위는 깊이 Z 에 독립적이며, 카메라의 이동에 의한 변위는 깊이 Z 에 반비례한다. 그러면, 카메라의 이동도 깊이 Z 에 독립적인 식으로 유도하기 위해 깊이가 무한대인 원경만을 배경으로 취급하고 근경은 카메라와 독립적으로 움직이는 물체와 더불어 전경으로 취급한다. 또한, 유도식을 단순식으로 만들기 위해 전형적인 영상에 포함되어 있는 카메라의 회전을 고려하면, 패닝, 틸팅 및 줌인이 많고 상대적으로 롤링은 아주 적기 때문에 $\phi \approx 0$ 으로 간주한다. 그러면 식(1)은 식(2)와 같이 단순화된다.

$$\begin{aligned} x' &= s(x + \psi f) \\ y' &= s(y - \theta f) \end{aligned} \quad (2)$$

점 $p(x, y)$ 의 움직임 벡터의 x성분을 v_x , y성분을 v_y 는 식(2)를 이용하여 식(3)과 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} v_x &= x' - x \\ &= (s-1)x + s\psi f \\ v_y &= y' - y \\ &= (s-1)y - s\theta f \end{aligned} \quad (3)$$

III. 전역 움직임 추정 알고리즘

본 논문에서 제안한 전역 움직임 추정 알고리즘은 영상 프레임의 중심을 기준으로 대칭 관계에 있는 점들의 특성을 이용한다. 영상 평면의 한 점 $p(x, y)$ 에 대해 그림 1에서 나타낸 것과 같은 네 가지의 대칭점을 고려한다. 점 $p(x, y)$ 의 원점에 대한 대칭점 $p(x_1, y_1)$, y축에 대한 대칭점 $p(x_2, y_2)$, x축에 대한 대칭점 $p(x_3, y_3)$, 그리고 원점에 대해 $\pi/2$ 만큼 회전한 점 $p(x_4, y_4)$ 가 사용된다.

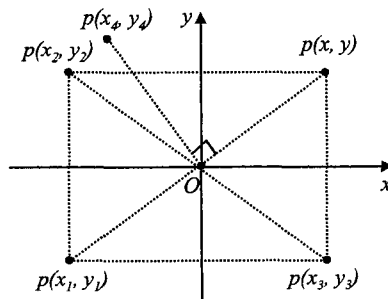


그림 1. 점 $p(x, y)$ 와 대칭점.
Fig. 1. A point $p(x, y)$ and its four symmetric points.

점 $p(x, y)$ 와 각 대칭점은 카메라의 움직임에 의해 영상 평면에 나타나는 움직임 벡터 성분이 서로 상쇄되거나 더해지는 특별한 관계가 존재한다. 이러한 관계를 이용하여 원경을 결정하기 위한 판별식과 패닝, 틸팅 및 줌인에 해당하는 ϕ, θ, s 에 대한 단순 계산식을 유도한다.

1. 원경 추출을 위한 선형 판별식

먼저 점 $p(x, y)$ 의 원점에 대칭인 점 $p(x_1, y_1) = p(-x, -y)$ 이며, $p(x_1, y_1)$ 에서 카메라에 의한 변위를 $p(x'_1, y'_1)$ 라고 하면, 점 $p(x_1, y_1)$ 의 움직임 벡터의 x, y 성분 v_{x1}, v_{y1} 은 식(3)을 이용하여 식(4)와 같이 쉽게 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} v_{x1} &= -(s-1)x + sf\phi & (4) \\ v_{y1} &= -(s-1)y - sf\theta \end{aligned}$$

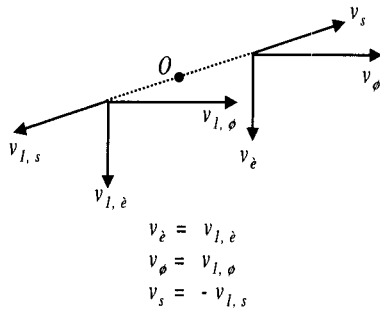


그림 2. 점 $p(x, y)$ 와 $p(x_1, y_1)$ 의 카메라 움직임에 의한 화상평면에서의 영향.
 Fig. 2. Effect of motions in the image plane by camera motion in $p(x, y)$ and $p(x_1, y_1)$.

여기서, 카메라 움직임에 의한 두 점 $p(x, y)$ 와 $p(x_1, y_1)$ 의 움직임 성분 사이에는 그림 2와 같은 관계가 있다. 즉, 패닝(ϕ)과 틸팅(θ)에 의한 움직임 성분 v_{ϕ} 와 $v_{1,\phi}$, v_{θ} 와 $v_{1,\theta}$ 는 각각 크기와 방향이 같으며, 줌인에 의한 움직임 성분 v_s 와 $v_{1,s}$ 는 크기는 같지만 방향이 서로 반대이다. 따라서, 두 벡터의 x, y 성분 벡터의 합(addition) v_{x1}^+, v_{y1}^+ 과 차이(subtraction) v_{x1}^-, v_{y1}^- 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$v_{x1}^+ = v_x + v_{x1} = 2sf\phi \quad (5)$$

$$v_{y1}^+ = v_y + v_{y1} = -2sf\theta \quad (6)$$

$$v_{x1}^- = v_x - v_{x1} = 2(s-1)x \quad (7)$$

$$v_{y1}^- = v_y - v_{y1} = 2(s-1)y \quad (8)$$

식(7)과 식(8)은 모두 미지수 s 에 관한 식이므로 확대율 s 를 식(9)와 같이 구할 수 있다. 식(9)는 $p(x, y)$ 와 $p(x_1, y_1)$ 가 모두 원경일 조건을 포함하고 있으며, 정리하여 다시 나타내면 식(10)과 같다.

$$s = 1 + \frac{v_{x1}^-}{2x} = 1 + \frac{v_{y1}^-}{2y} \quad (9)$$

$$xv_{y1}^- = yv_{x1}^- \quad (10)$$

원경을 구분하기 위한 판별식 (10)에 제시된 조건을 만족하지 않으면 두 점 중 최소한 하나 이상은 원경에 속하는 점이 아니라는 것을 의미한다. 그러나, 반대로 식(10)을 만족하더라도 반드시 두 점 모두가 반드시 원경에 속하는 것은 아니다. 그 이유는 전경에 속하는 점의 쌍(pair)이 우연히 조건을 만족하거나 근경의 카메라 이동에 의한 움직임이 있을 수 있기 때문이다.

$$f\theta = -\frac{yv_{y1}^+}{2y + v_{y1}^-} \quad (11)$$

$$f\phi = \frac{xv_{x1}^+}{2x + v_{x1}^-}$$

b식(5), 식(6), 그리고 식(9)로부터 θ, ϕ 에 대한 식(11)을 유도할 수 있다. 그런데, 실제로 θ, ϕ 는 초점거리 f 에 의존적이므로 독립적으로 정의될 수 없으며 $f\theta, f\phi$ 와 같이 f 와 결합된 형태로 나타난다. 여기서, $f\theta, f\phi$ 는 회전각 θ, ϕ 가 아주 작은 경우에 점 $p(x, y)$ 가 영상 평면에서 실제로 움직인 거리를 나타낸다.

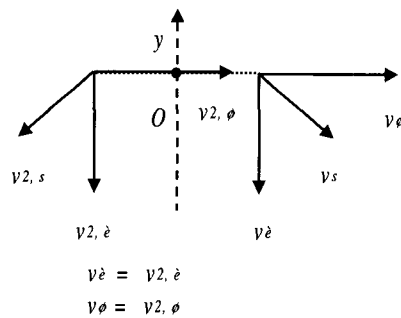


그림 3. 점 $p(x, y)$ 와 $p(x_2, y_2)$ 의 카메라 움직임에 의한 화상평면에서의 영향.

Fig. 3. Effect of motions in the image plane by camera motion in $p(x, y)$ and $p(x_2, y_2)$.

두 번째 대칭점으로서, 점 $p(x, y)$ 와 y 축에 대칭인 점 $p(x_2, y_2)$ 간의 움직임 벡터 성분 특성은 그림 3에서 보는 바와 같이 패닝(ϕ)과 틸팅(θ)에 의한 움직임 성분 v_ϕ 와 $v_{2,\phi}$, v_θ 와 $v_{2,\theta}$ 는 각각 크기와 방향이 같지만, 줌인에 의한 움직임 성분 v_s 와 $v_{2,s}$ 는 같은 크기를 가지며 방향은 y 축에 대칭이다.

원점에 대칭인 점에서의 동일한 방법으로 점 $p(x_2, y_2) = (-x, y)$ 에 대해 원경을 구별하기 위한 조건을 나타내는 판별식과 s, θ, ϕ 에 대한 계산식을 식(12)와 식(13)과 같이 각각 계산할 수 있다.

$$v_{y_2}^- = 0 \tag{12}$$

$$s = 1 + \frac{v_{x_2}^-}{2x}$$

$$f\phi = \frac{xv_{x_2}^+}{2x + v_{x_2}^+} \tag{13}$$

$$f\theta = \frac{yv_{y_2}^- - xv_{y_2}^+}{2x + v_{x_2}^+}$$

세 번째로, 점 $p(x, y)$ 와 x 축에 대한 대칭점 $p(x_3, y_3) = p(x, -y)$ 에 대해서도 동일한 방법이 적용된다. 두 대칭점에서의 움직임 벡터 성분의 관계는 그림 4에서 알 수 있듯이 단지 줌인에 의한 움직임 성분 v_s 와 $v_{3,s}$ 가 x 축에 대해 대칭이라는 점만 제외하면 두 번째 대칭점으로 삼은 y 축에 대칭인 점에 대한 관계와 동일하다. 이러한 x 축에 대한 대칭점에 대해서 원경을 구별하는 판별식을 식(14)와 같이 유도할 수 있으며, 식(15)와 같은 s, θ, ϕ 에 대한 계산식을 얻는다.

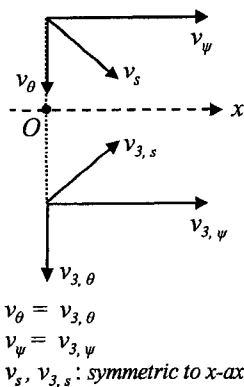


그림 4. 점 $p(x, y)$ 와 $p(x_3, y_3)$ 의 카메라 움직임에 의한 화상평면에서의 영향.

Fig. 4. Effect of motions in the image plane by camera motion in $p(x, y)$ and $p(x_3, y_3)$.

$$v_{x_3}^- = 0 \tag{14}$$

$$s = 1 + \frac{v_{x_3}^-}{2y}$$

$$f\theta = -\frac{yv_{x_3}^+}{2y + v_{x_3}^+} \tag{15}$$

$$f\phi = \frac{yv_{x_3}^+ - xv_{y_3}^-}{2y + v_{x_3}^+}$$

마지막으로 대상이 되는 대칭점은 점 $p(x, y)$ 에 대해 시계 반대방향으로 $\pi/2$ 만큼 회전한 점 $p(x_4, y_4)$ 이다. 이 두 점에서 카메라 움직임에 의한 영상 평면상에서 대칭점의 영향은 그림 5와 같다. 카메라의 움직임 중에서 패닝(ϕ)과 틸팅(θ)에 의한 움직임 성분 v_ϕ 와 $v_{4,\phi}$, v_θ 와 $v_{4,\theta}$ 는 방향과 크기가 서로 일치하지만, 줌인에 의한 효과 v_s 와 $v_{4,s}$ 는 크기는 같지만 방향이 서로 직교한다. 이러한 특성을 갖는 두 점을 이용하여 원경을 분리하기 위한 판별식과 s, θ, ϕ 에 대한 계산식은 각각 식(16)와 식(17)과 같이 유도된다.

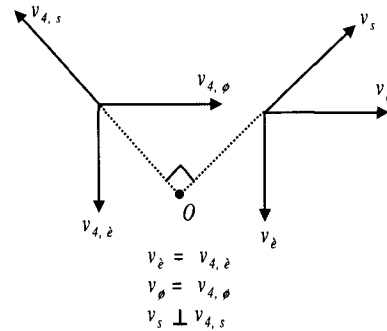


그림 4. 점 $p(x, y)$ 와 $p(x_4, y_4)$ 의 카메라 움직임에 의한 화상평면에서의 영향.

Fig. 4. Effect of motions in the image plane by camera motion in $p(x, y)$ and $p(x_4, y_4)$.

$$(x - y)v_{x_4}^- = -(x + y)v_{y_4}^- \tag{16}$$

$$s = 1 + \frac{v_{x_4}^-}{x + y} = 1 - \frac{v_{y_4}^-}{x - y}$$

$$f\phi = \frac{(x + y)(v_{x_4}^+ + v_{y_4}^-)}{2(x + y + v_{x_4}^-)} \tag{17}$$

$$f\theta = \frac{(x - y)(v_{x_4}^- - v_{y_4}^+)}{2(x - y - v_{y_4}^-)}$$

이상에서 유도한 판별식과 패닝과 틸팅, 그리고 줌인 파라미터를 계산하기 위한 식들은 모두 선형 단순식으로 정의된다. 따라서, 제안한 알고리즘은 $O(n)$ 의 복잡

도를 가지므로 기존의 전역 움직임 추정 알고리즘에서 사용된 최소자승법이나 회귀분석에 의한 방법의 $O(n^3)$ 에 비해 수행시간이 영상의 크기(n)에 대해 선형적이며, 실시간 추정 능력을 가지고 있다.

2. 전역 움직임 추정 및 평가

블록 정합 알고리즘(Block Matching Algorithm)을 사용하여 구한 반화소 정밀도를 갖는 움직임 벡터를 사용하여 각 점마다 4쌍의 대칭점에 대해 이전 절에서 유도한 판별식을 적용하여 원경을 추출한다. 그 다음, 원경에 속하는 각 쌍에 대해 패닝 및 틸팅에 대한 카메라의 회전각과 확대율을 계산한다. 이 때, 구한 값들을 화소거리(pixel distance)로 표현해야 할 필요가 있다.

유도된 계산식을 사용하여 구한 틸팅각 θ 와 패닝각 ψ 는 초점거리와 결합된 형태이다. 여기서, 계산에 사용되는 변수 x, y, v_x, v_y 의 단위를 화소거리로 표현하면, $f\theta$ 와 $f\psi$ 는 어떤 점 $p(x, y)$ 가 y 와 x 방향으로 각각 $f\theta, f\psi$ 화소만큼 영상평면에서 실제로 이동한 거리를 나타낸다. 이것은 그림 5에 나타낸 것과 같이, 아주 작은 각 θ 에 대해 $l \approx f\theta$ 이다.

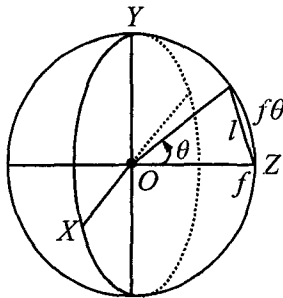


그림 5. 카메라 회전(θ)에 의한 영상평면에서의 이동 거리($f\theta$).

Fig. 5. Displacement($f\theta$) in the image plane by camera rotation(θ).

줌잉에 의한 영상평면에서의 변화는 중심점에서의 거리에 종속적이며, 대상이 되는 영상의 크기를 고려해야 한다. 따라서, 확대율 s 를 식(18)과 같이 나타내고, 영상의 크기가 그림 6과 같이 평으로 $2w$ 개의 화소를 가진다고 가정하자. 그러면, 줌잉의 효과를 화소거리로 나타내기 위해 영상의 가장 오른쪽 끝점이 한 화소거리 만큼 이동한 경우에 $w\delta$ 를 1로 정의하고 상대적인 $w\delta$ 를 계산하여 실제 확대율에 적용한다.

$$s = 1 + \delta \quad (18)$$

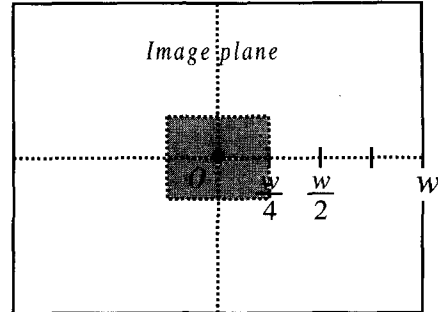


그림 6. 줌잉에 의한 확대율 계산.

Fig. 6. Calculation of zooming factor in terms of pixel.

한 가지 고려해야 할 사항은 움직임 벡터의 계산 오차와 잡음에 의한 영향이다. 계산에 사용된 움직임 벡터에는 반화소거리 단위의 오차(half-pel precision)가 있으므로 $f\theta, f\psi, w\delta$ 계산값들은 각각 어떤 값을 중심으로 분포하게 된다. 또한, 잡음이나 전경에 속하는 부분이 우연히 판별식을 만족하는 경우에는 계산값들이 정규분포를 벗어나게 된다. 따라서, 이러한 잡음에 강건한(robust) 결과를 얻기 위해서 계산값들을 반화소거리 단위로 빈도수를 구하여 최대값을 나타내는 $f\theta, f\psi, w\delta$ 를 실제 카메라 움직임으로 판단한다.

또 다른 고려사항으로 전경이 영상의 대부분을 차지하는 경우에 우연히 판별식을 만족하는 전경의 부분이나 움직임 벡터의 오류로 인해 계산된 값이 원경에 속한 부분들에 속하는 점들의 쌍에 의한 계산값보다 비율이 높아지므로 신뢰성이 낮아진다. 따라서, 계산에 참여한 쌍에 대해 판별식을 만족한 비율을 검사하여 일정한 임계치보다 큰 경우에만 신뢰성 있는 값으로 판단한다. 따라서, 식(19)를 모두 만족한 경우에만 계산된 패닝, 틸팅, 줌잉값이 의미있는 것으로 판단할 수 있다.

$$\frac{n}{N} \geq T_1, \quad \frac{n_1}{n} \geq T_2, \quad \frac{n_2}{n} \geq T_2, \quad \frac{n_3}{n} \geq T_2 \quad (19)$$

여기서, N 은 계산에 참여한 전체 쌍들의 수, n 은 판별식의 조건을 만족한 쌍들의 수, n_1, n_2, n_3 은 $f\theta, f\psi, w\delta$ 의 최대 빈도수를 나타낸 쌍들의 수를 각각 나타낸다. 실제로, 임계값들은 영상의 구성형태와 종류에 따라 아주 다르게 나타나며 영상의 복잡도에 따라

적용적으로 산출하는 알고리즘이 필요하다.

IV. 실험 및 결과 분석

제안된 알고리즘을 검증하기 위해 실험을 실시하였다. 먼저, 연속한 두 프레임에 대한 움직임 벡터를 반화소 정밀도로 추정한다. 그 다음에 추정된 움직임 벡터와 유도된 판별식을 이용하여 영상 프레임에서 원경에 속하는지에 대한 검사를 수행한다. 그리고, 원경에 속하는 쌍에 대해 킬팅 및 패닝과 줌인에 대한 전역 움직임 파라미터를 계산하여 누적한다.

다음으로 계산된 파라미터의 정밀성과 신뢰성을 보장하기 위해 처리가 수행된다. 먼저, 프레임 t-1을 $f\theta, f\phi, w\delta$ 만큼 변환시킨 영상을 생성하고 프레임 t와 의 배경부분에 대한 일치 여부를 개략적으로 확인한다. 그리고, 프레임 t-1을 반화소 단위로 $f\theta \pm 1, f\phi \pm 1, w\delta \pm 1$ (화소) 범위 내에서 변환한 영상들과 프레임 t와 의 영상 차분(frame difference)에 대한 PSNR들을 구하였다. 이렇게 구한 125개의 영상 중에서 가장 큰 PSNR을 나타내는 영상에 대한 전역 파라미터가 실제 카메라 움직임을 나타내는 것을 의미한다.

표 1. 실험 결과
Table 1. Experimental results.

영상	$f\theta$	$f\phi$	$w\delta$	$\frac{n}{N}$	$\frac{n_1}{n}$	$\frac{n_2}{n}$	$\frac{n_3}{n}$	PSNR
Stefan	-0.5	-5.0	0.0	0.22	0.37	0.44	0.43	29.26
Bettong	2.0	13.5	4.5	0.37	0.47	0.45	0.28	31.09

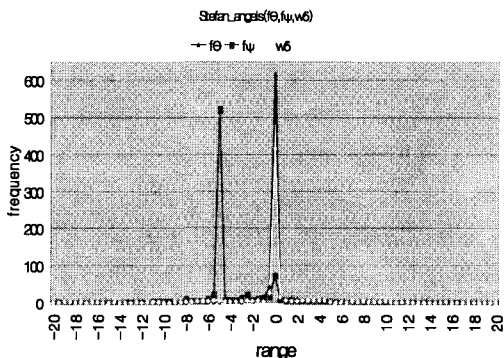
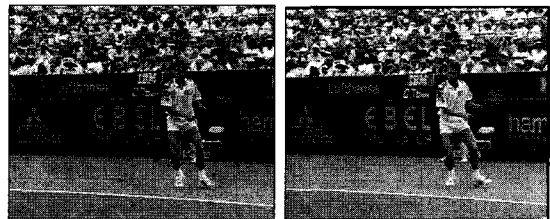


그림 7. Stefan 영상의 카메라 움직임 분포
Fig. 7. Camera motion distribution between frame #1 and #2 of the Stefan sequence.

실험에 사용된 영상은 CIF 형식의 여러 가지 MPEG 시험 영상을 사용하였다. 표 1은 Stefan과 Bettong 영상의 프레임 #1과 #2에 대한 실험 결과를 수치로 나타낸 것이다. 처음 두 프레임의 실험 결과에서 Stefan 영상은 패닝과 킬팅은 각각 왼쪽 방향으로 0.5 화소씩 이동한 것을 나타내며 카메라의 줌인은 존재하지 않는다. Bettong 영상의 경우에는, Stefan에서보다 큰 카메라의 회전과 줌인이 존재한다.

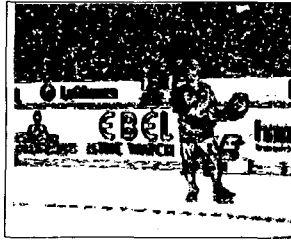
그림 7은 Stefan 영상에 대해 판별식을 통과한 쌍에 대해 구한 $f\theta, f\phi, w\delta$ 누적 분포도이다. 그림 8에서 (a)는 Stefan 영상의 2번 프레임이며, (b)에서 흰 부분은 판별식을 통과한 점들과 두 프레임의 차분 영상에 의해 나타난 배경을 나타낸 것이다. 그리고, (c)는 1번 프레임을 제안된 알고리즘을 사용하여 구한 표 1의 $f\theta, f\phi, w\delta$ 만큼 변환한 영상이다. 그리고, 그림 9는 계산한 전역 파라미터를 $f\theta, f\phi, w\delta$ 를 각각 ± 1 범위 내에서 반화소 단위로 변화시켜 가면서 계산한 PSNR을 나타낸다. 여기서, PSNR이 최대인 $f\theta, f\phi, w\delta$ 가 표 1에 나타난 $f\theta, f\phi, w\delta$ 의 값과 일치하는 것을 알 수 있다. 또한, Bettong을 비롯한 다른 영상에 대해서도 동일한 결과를 보이고 있으며, 이것은 제안 알고리즘이 움직임 벡터의 에러와 잡음에 아주 강건하며, 신뢰성있고 정확한 전역 파라미터를 구할 수 있다는 것을 보여준다.



(a) Stefan 1번 프레임(왼쪽)과 2번 프레임.
(a) Stefan frames #1(left) and #2.

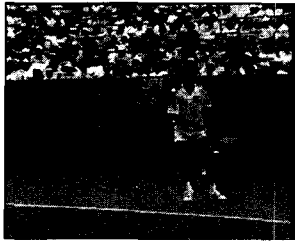


(b) 1번과 2번 프레임간에 판별식을 만족한 부분(흰색).
(b) Portion satisfying the discriminant conditions between frames #1 and #2(white).



(c) 배경부분(흰색)

(c) Background(white)



(d) 카메라 움직임 보상된 프레임

(d) Camera motion compensated frame

그림 8. Stefan 영상에 대한 전역 움직임 추정 및 보상.
Fig. 8. Global motion estimation and compensation of the Stefan sequence.

V. 결 론

본 논문에서는 영상 프레임 전체에 영향을 미치는 카메라의 동작에 의한 전역 움직임 파라미터를 추정하는 알고리즘을 제안하고 실험을 통해 효용성을 확인한다. 제안 알고리즘은 영상 평면상의 네 가지 대칭점들의 쌍에 포함되어 있는 움직임 성분의 특성을 이용한다. 논문에는 각 대칭쌍에 대해 영상 프레임으로부터 원경을 분리하기 위한 단순 판별식을 제시한다. 또한, 판별식을 통과한 점들에 대해 페닝, 툴링 및 줌인에 대한 전역 움직임 파라미터를 계산하는 선형식이 제시된다. 제시된 판별식과 전역 움직임 파라미터 계산식은 반복을 포함하지 않는 단순식이므로 알고리즘은 실시간으로 동작하며 하드웨어로의 구현이 용이하다는 특징을 가진다.

제안한 알고리즘의 정확성을 검증하기 위해 MPEG 시험영상(test sequence)을 사용하여 실험을 수행하였다. 추정된 전역 움직임 파라미터와 이미 알려져 있는 시험영상의 움직임을 주관적으로 비교하여 일치함을 확인하였다. 또한, 객관적인 화질을 비교하기 위해 PSNR도 높은 값을 나타내었다. 본 논문의 결과는 휴대용 비디오폰, 저비트율 회선을 이용하는 실시간 영상

회의, 실시간 인터넷 비디오 등과 같은 영상 처리의 전처리 단계와 MPEG-4 및 MPEG-7에 관련된 분야에서 응용 가능하다. 앞으로의 연구과제는 본 논문에서 제시된 판별식을 통과한 점들의 비율을 통계적인 추정 방법을 이용하여 분석하여 영상의 특성에 따른 신뢰성을 평가하는 연구와 이를 바탕으로 근경 및 전역 물체에 대한 영향을 충분히 반영시킨 임계값을 산출하여 적극적으로 적용할 수 있는 방법에 대한 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2459, "Overview of the MPEG-4 Standard," Atlantic City, Oct. 1998.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 2702, "Description of automatic segmentation techniques developed and tested for MPEG-4 version1," Oct. 1997.
- [3] R. Mech, M. Wollborn, "A Noise Robust Method for Segmentation of Moving Objects in Video Sequences," Proceedings of ICASSP'97, pp. 2657~2660, 1997.
- [4] W. Zheng, Y. Shishikui, Y. Kanatsugu, Y. Tanaka, "A High-Precision Camera Operation Parameter Measurement System and Its Application to Image Motion Inferring," Proc. IEEE Intl Conf. Image Processing, Vol. 3, Kobe, Japan, pp. 695~699, Oct. 1999.
- [5] R. Wang, T. Huang, "Fast Camera Motion Analysis in MPEG Domain," Proc. IEEE Intl Conf. Image Processing, Vol. 3, Kobe, Japan, pp. 691~694, Oct. 1999.
- [6] 장석우, 이근수, 최형일, "어파인 모델을 이용한 카메라의 동작 추출", 정보과학회논문지, Vol. 26, No. 8(B), pp. 1000~1009, Aug. 1999.
- [7] G. B. Rath, A. Makur, "Iterative Least Squares and Compression Based Estimation for a Four-Parameter Linear Global Motion Model and Global Motion Compensation," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 7, pp. 1075~1099, Oct. 1999.

- [8] A. Akutsu, Y. Tonomura, "Video Tomography: An Efficient Method for Camerawork Extraction and Motion Analysis," ACM Multimedia 94, pp. 349~356, 1994.
- [9] F. Idris, S. Panchanathan, "Detection of Camera Operations in Compressed Video Sequences," Proceedings of the SPIE - Storage and Retrieval for Image and Video Database V, Vol. 3022, pp. 493~505, 1997.
- [10] M. Hoetter, "Differential estimation of the global motion parameters zoom and pan," Signal Processing, Vol. 16, pp. 249~265, 1989.
- [11] Y. T. Tse, R. L. Baker, "Global zoom/pan estimation and compensation for video compression," Proceedings of ICASSP'91, pp. 2725~2728, 1991.
- [12] K. Kamikura, H. Watanabe, "Global motion compensation in video coding," Electronics Communications, Japan, Vol. 78, No. 4, pp. 91~102, 1995.
- [13] Y.-P. Tan, S. R. Kulkarni, P. J. Ramadge, "A new method for camera motion parameter estimation," Proc. Int. Conf. Image Processing - ICIP, Vol. 1, pp. 405~408, 1995.
- [14] K. Illgner, C. Stiller, F. Muller, "A robust zoom and pan estimation technique," Proc. Int. Picture Coding Symposium, PCS'93, pp. 10.5~10.6, March 1993.
- [15] A. Zakhor, F. Lari, "Edge-based 3-D camera motion estimation with application to video coding," IEEE Tr. Image Processing, Vol. 2, pp. 481~498, Oct. 1993.
- [16] F. Moscheni, F. Dufaux, M. Kunt, "A new two-stage global/local motion estimation based on a background/foreground segmentation," Proc. ICASSP, pp. 2261~2264, 1995.
- [17] J. Heuer, A. Kaup, "Global Motion Estimation in Image Sequences Using Robust Motion Vector Field Segmentation", Proceedings of the 7th ACM International Conference on Multimedia, pp. 261~264, 1999.
- [18] A. Akutsu, Y. Tonomura, "Video Tomography: An efficient method for Camerawork Extraction and Motion Analysis", Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Multimedia, pp. 349~356, 1994.

저 자 소 개



田大成(正會員)

1969년 12월 19일생. 1991년 2월 : 영남대학교 전산공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 : 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학석사). 2002년 2월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 1996년 3월~1999년 2월 : 경동정보대학 전자계산과 겸임교수. 1999년 3월~현재 : 대구미래대학 멀티미디어정보과학과 전임강사. <주관심분야 : 동영상처리, 영상압축, 컴퓨터비전, 데이터통신, 컴퓨터구조 등>



朴俊浩(正會員)

1990년 2월 : 영남대학교 전산공학과 졸업(공학사). 1994년 2월 : 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학석사). 2002년 2월 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 1994년~1997년 : 현대전자 멀티미디어연구소. 1999년 3월~현재 : 경운대학교 컴퓨터공학과 전임강사. <주관심분야 : MPEG, 영상처리, 병렬처리시스템 등>



文性憲(正會員)

1956년 11월 27일생. 1980년 2월 : 영남대학교 공과대학 기계공학과 졸업(공학사). 1990년 2월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 8월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1983년 1월~1987년 8월 : (주)현대건설 해외플랜트사업본부. 1991년 3월~현재: 대구과학대학 컴퓨터공학과 부교수. <주관심분야 : 영상처리, 네트워크, 로보틱스 등>



尹英雨(正會員)

1972년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1974년 2월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1984년 2월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1988년 3월~현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수. <주관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어시스템, 컴퓨터구조 등>