변형된 모젯 변환을 이용한 동영상에서의 회전 프레임 보정

김 지 홍[†]

요 약

비디오 열의 각 프레임에는 카메라의 움직임에 따라 물체의 평행 이동 및 회전 운동이 반영된다. 이 때 물체의 불필요한 회전 운동은 영상의 품질을 저하시킬 뿐 아니라 시청자 피로도를 증가시키는 주요 원인이 된다. 본 논문에서는 동영상 촬영 중 카메라의 불필요한 흔들림으로 인한 프레임의 회전을 변형된 모젯 변환을 이용하여 보정하는 새로운 방법을 제시한다. 모젯 변환은 이산 라돈 변환의 한 종류로서, 회전된 프레임의 보정에 적용하기 위해 본 논문에서는 다음과 같이 변형한다. 먼저, 보다 정확한 회전각 추출을 위해 보간을 이용하여 bin 값을 계산한다. 그리고 현재 프레임과 기준 프레임에 대해 움직임 추정을 적용하여 카메라의 평행 이동을 보정한 후, 카메라의 회전에 따른 bin 값의 변화가 없는 영역을 설정하여 모젯 변환을 적용한다. 또한 모젯 변환의 각 투영 방향에 대해 한 개만의 bin을 계산함으로써 계산량을 감소시킨다. 평행 이동 및 회전 운동을 갖는 다양한 시험 비디오 열에 대해 적용된 모의 실험을 통해 제안된 방법이 프레임의 회전을 보정하는데 매우 효율적임을 볼 수 있었다.

Correction of Rotated Frames in Video Sequences Using Modified Mojette Transform

Ji-Hong Kim[†]

ABSTRACT

The camera motion is accompanied with the translation and/or the rotation of objects in frames of a video sequence. An unnecessary rotation of objects declines the quality of the moving pictures and in addition is a primary cause of the viewers' fatigue. In this paper, a novel method for correcting rotated frames in video sequences is presented, where the modified Mojette transform is applied to the motion-compensated area in each frame. The Mojette transform is one of discrete Radon transforms, and is modified for correcting the rotated frames as follows. First, the bin values in the Mojette transform are determined by using pixels on the projection line and the interpolation of pixels adjacent to the line. Second, the bin values are calculated only at some area determined by the motion estimation between current and reference frames. Finally, only one bin at each projection is computed for reducing the amount of the calculation in the Mojette transform. Through the simulation carried out on various test video sequences, it is shown that the proposed scheme has good performance for correcting the rotation of frames in moving pictures.

Key words: Mojette transform(모젯 변환), correction of video sequence(동영상 보정), correction of rotated object(회전 물체 보정), Radon transform(라돈 변환)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김지홍, 주소: 부산시 부산진구 엄광로 176 동의대학교 영상정보공학과(614-714), 전화: 051-890-2267, FAX: 051-890-2265, E-mail: arim@deu.ac.kr

접수일: 2012년 10월 17일, 수정일: 2012년 11월 17일

완료일: 2012년 11월 22일

[†] 정회원, 동의대학교 영상정보공학과

※ 이 논문은 2011학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(과제번호 2011AA203).

1. 서 론

스마트 폰, 디지털 카메라 등 동영상 획득 장치의 보급이 급속히 이루어짐에 따라 동영상 촬영은 이제 전문가만이 아니라 일반인 누구나 할 수 있는 영역이 되었다. 그리고 비교적 고품질의 영상물을 제공하는 방송에 있어서도 전문적인 영상 촬영 기사가 아닌 일반인 수준의 비전문가들이 제작한 영상물을 제공하는 경우가 증가하고 있다. 이와 같이 동영상 촬영이 일반화됨에 따라 나타나는 문제점 중의 하나는 영상의 품질이 저하될 수 있다는 것이다. 영상의 품질을 저하시키는 다양한 요인 중에는 카메라의 불필요한 움직임이 포함된다. 즉 카메라의 움직임에 따라 비디오 열의 각 프레임에는 물체의 평행 이동 및 회전 운동이 반영된다. 그리고 물체의 불필요한 회전 운동은 영상물의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 시청자가 느끼는 피로도를 증가시키는 주요 요인이 된다. 또한 동영상을 입력하여 처리하는 컴퓨터 비전 시스템에서도 물체의 불필요한 회전 운동은 물체 인식 등 목표로 하는 업무의 효율을 저하시키는 요인이 될 수 있다. 이러한 이유로 인하여 동영상에서 회전된 프레임의 보정 기법에 대한 연구는 지속되어 왔다[1,2].

모젯 변환(Mojette transform)은 유한 라돈 변환(finite Radon transform) 등과 함께 이산 라돈 변환(discrete Radon transform)의 한 종류로서, 변환 영역은 입력 영상에 대한 투영값의 집합으로 정의된다[3]. 그리고 소수의 투영값으로부터 원 영상 데이터가 유일하고 정확하게 복원될 수 있다는 특징을 이용하여 무손실 영상 압축을 위한 새로운 방법 중의 하나로서 연구가 진행되고 있다. 압축률의 향상을 위해 임의의 투영각에 대해 추출된 서로 다른 투영값 간의 상관성과 함께 서로 다른 투영각에 대한 투영값들 간의 유사성을 활용하는 방안이 많은 관심을 받고 있다[3,4]. 또한 투영값의 비교 과정을 통해 정지 영상에서 회전 물체의 회전각을 추출하는 방법으로서 활용되고 있다[5].

본 논문에서는 동영상의 회전된 프레임을 보정하기 위해 모젯 변환을 이용하는 새로운 방법을 제시한다. 제안된 방법에서는 먼저 동영상의 현재 프레임과 기준 프레임에 대해 각각 모젯 변환을 이용하여 투영을 실행한 후, 투영값들을 서로 비교하여 가장 유사한 투영값을 갖는 각도를 추출한다. 그리고 현재 및

기준 프레임에서 추출된 각도의 차를 현재 프레임의 회전각으로 설정하고, 이를 회전 행렬을 이용하여 보정한다. 특히 제안된 방법에서는 모젯 변환 과정에서 소요되는 계산량을 감소하고, 회전각을 보다 정확하게 용이하게 도출하기 위해 다음과 같이 모젯 변환을 변형하여 사용한다. 먼저 동영상의 현재 프레임과 기준 프레임의 투영값을 서로 비교하여 회전각을 추출하게 됨을 고려하여, 모든 투영 각도에 대해 투영값 계산에 사용되는 화소의 수가 일정하도록 하게 한다. 이를 위해 $\pi/4$ 의 정수 배가 아닌 투영 각도에 대해 투영값을 계산할 경우, 투영선 상의 화소와 함께 투영선에 인접한 화소들의 보간 값도 사용한다. 그리고 현재 프레임과 기준 프레임의 각 투영 각도에 대해 하나의 투영만을 실행함으로써 모젯 변환에 소요되는 계산량을 감소시킨다. 또한 현재 프레임에 대해 움직임 추정(motion estimation) 과정을 수행한 후, 움직임 벡터를 이용하여 현재 프레임과 기준 프레임의 공통 영역을 설정한다. 그리고 이 공통 영역의 중심부에 위치한 원형 영역에 대해서만 투영함으로써 카메라의 평행 이동 및 회전 운동이 모젯 변환의 투영값에 영향을 미치지 않도록 한다.

본 논문의 2장에서는 모젯 변환에 대해 설명하며, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 변형된 모젯 변환을 이용하여 평행 이동과 회전 운동이 포함된 프레임을 보정하는 방법에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 제안된 방법을 비디오 열에 적용하여 수행한 모의 실험의 과정과 결과를 나타내며, 5장의 결론으로 논문을 맺는다.

2. 모젯 변환 개요

모젯 변환은 이산 라돈 변환의 한 종류로서, 이산 2D 함수를 각도 $\theta \in (-\pi/2, \pi/2)$ 에 대한 이산 1D 투영의 집합으로 사상한다[4,5]. 투영 각도 θ 는 투영 벡터 (p_i, q_i) 의 집합에 의해 $\theta_i = \tan^{-1}(q_i/p_i)$ 로 정의되며, 투영 벡터의 원소 p_i 와 q_i 는 최대공약수가 1인 소수이다. 각 투영의 결과값은 bin으로 불리며, 투영 벡터에 의해 지정되는 투영선 상에 위치하는 화소들의 합을 나타낸다. 즉 $M \times N$ 크기의 영상 $f(m, n)$ 에 대한 모젯 변환은

$$\begin{aligned} \mathcal{J}\{f(m, n)\} &= \text{proj}(p_i, q_i, b) \\ &= \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \delta(b + nq_i - mp_i) \end{aligned} \quad (1)$$

로 나타내어지며, 여기서 $\delta(\cdot)$ 는 Kronecker delta 함수를 의미한다. 식 (1)에서 투영 벡터 (p_i, q_i) 에 대한 bin 값은 투영선

$$b = mp_i - nq_i \quad (2)$$

상에 위치하는 화소들의 합과 같다[6]. 그림 1은 4×4 크기의 영상에 3개의 투영 $proj(-1, 1, b)$, $proj(3, 2, b)$, $proj(0, 1, b)$ 을 실행하여 bin 값을 계산한 결과를 나타낸다.

모젯 변환에서 투영 각도 θ 는 $(-\pi/2, \pi/2]$ 의 범위 내에서 임의로 다수 선택될 수 있지만, $M \times N$ 크기의 영상에 대해

$$M \leq \sum_{i=0}^{I-1} |p_i| \text{ 또는 } N \leq \sum_{i=0}^{I-1} |q_i| \quad (3)$$

의 조건이 만족되는 I 개의 투영 벡터 (p_i, q_i) 로부터 원 영상 데이터가 유일하고 정확하게 복원될 수 있다[7]. 그리고 최근 이러한 특징을 이용하여 영상 압축 분야에서 무손실 압축을 위한 도구로서의 사용성이 연구되고 있다[7-9].

본 논문에서는 bin의 계산 방법과 범위를 변형한 모젯 변환을 이용하여 비디오 열에서 회전된 프레임에 대한 보정 방법을 제안한다.

그림 1. 4×4 크기 영상에 대한 투영 $proj(-1, 1, b)$, $proj(3, 2, b)$, $proj(0, 1, b)$ 의 bin 값

3. 변형된 모젯 변환을 이용한 회전 프레임의 보정

본 논문에서 제안하는 변형된 모젯 변환을 이용하여 비디오 열의 회전된 프레임을 보정하는 과정은 그림 2와 같다. 먼저 투영선 상의 화소 뿐만 아니라

그림 2. 변형된 모젯 변환을 이용한 동영상에서의 회전 프레임 보정 과정

투영선에 인접한 화소들의 보간값도 bin 계산에 반영되도록 기존 모젯 변환을 변형한다. 이러한 변형의 목적은 다양한 투영 방향에 대해 동일한 수의 화소가 bin 계산에 사용되게 함으로써, bin 값을 이용한 회전각 추출의 정확성을 높이기 위함이다. 그리고 동영상을 촬영할 경우 카메라의 평행 이동, 회전 등의 기하운동이 발생할 수 있는데, 카메라의 원치 않는 기하운동을 효율적으로 보상하기 위해 기준 프레임과 현재 프레임에 대해 모젯 변환 bin 계산 영역을 새롭게 설정한다. 또한 bin 계산에 소요되는 계산량을 감소시키기 위해 각 투영 방향에 대해 단지 한번씩 투영을 수행한다. 이어서 기준 프레임과 현재 프레임에 대한 bin 값을 비교하여 현재 프레임의 회전 각도를 추출하며, 이 각도를 이용하여 회전된 현재 프레임을 보정한다.

3.1 회전각 추출을 위한 모젯 변환의 변형

3.1.1 보간을 이용한 bin 계산

모젯 변환에서는 투영 벡터 (p_i, q_i) 에 대한 투영 시 $\sqrt{p_i^2 + q_i^2}$ 의 화소 주기마다 선택된 화소값들을 합하여 bin 값을 계산한다[4]. 예를 들면, 그림 3에서 영상의 각 화소값을 $A, B, \dots, P$ 로 나타낼 때

$$\begin{aligned} proj(1, 1, b) &= A + F + K + P \\ proj(1, 3, b) &= A + N \\ proj(3, 1, b) &= A + H \end{aligned} \quad (4)$$

의 값을 가지게 된다. 식 (4)에서 $proj(1, 1, b)$ 의 계산에는 투영 각도 $\theta = \tan^{-1}(1/1) = 45^\circ$ 의 선 상에 있는 4개의 화소들 A, F, K, P 가 사용되지만, $proj(1, 3, b)$ 를 계산할 경우에는 4개의 화소가 아닌 2개의 화소 A, N 만이

그림 3. 투영 방향 $proj(p_i, q_i, b) = (1, 1, b), (1, 3, b), (3, 1, b)$ 에 대한 투영

bin 값의 계산에 사용됨을 볼 수 있다. 이로부터 영상 프레임이 약 $26.6^\circ (= \tan^{-1}(1/1) - \tan^{-1}(3/1))$ 회전한다면, bin 값의 계산에 사용되는 화소의 수가 변화됨을 알 수 있다. 따라서 현재 프레임과 기준 프레임의 투영값을 비교하여 현재 프레임의 회전 각도를 측정할 경우, bin 값 계산에 사용된 화소 수의 차이로 인해 정확한 회전 각도를 측정하기 어려운 점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하기 위해 각 프레임에 대한 bin 값은 투영선 상에 있는 화소들과 투영선에 인접한 화소들의 보간값을 이용하여 계산한다. 즉 $\theta \in (-\pi/4, \pi/4)$ 에 대해 투영할 경우, 투영선 상의 화소들과 함께 투영선 상하에 있는 화소들의 보간값을 누적 계산한다. 예를 들어 $proj(3, 1, b)$ 는

$$proj(3, 1, b) = A + INTP(B, F) + INTP(C, G) + H \quad (5)$$

로 계산한다. 식 (5)에서 $INTP(\alpha, \beta)$ 는 화소 α 와 화소 β 의 선형 보간값을 의미한다. 그리고 $\theta \in (\pi/4, \pi/2)$ 또는 $\theta \in (-\pi/2, -\pi/4)$ 에 대해 투영할 경우 투영선 상의 화소들과 투영선 좌우에 위치한 화소들의 보간값을 누적 계산한다. 예를 들어 $proj(1, 3, b)$ 는

$$proj(1, 3, b) = A + INTP(E, F) + INTP(I, J) + N \quad (6)$$

로 변경한다.

3.1.2 모젯 변환의 계산량 감소

모젯 변환에서 $M \times N$ 크기의 영상에 대해 투영 $proj(p_i, q_i, b)$ 를 실행할 때 발생하는 bin의 수 B_i 는

$$B_i(M, N, p_i, q_i) = (M-1)|p_i| + (N-1)|q_i| + 1 \quad (7)$$

이다[4]. 즉 영상의 크기와 방향 벡터 (p_i, q_i) 의 원소 크기, 그리고 방향 벡터의 수가 증가할수록 계산하여야 할 bin의 수도 증가한다. 그런데 비디오 열에서 회전된 프레임의 회전각을 정밀하게 측정하기 위해서는 많은 수의 방향 벡터가 필요하므로, 이에 따라

bin 값 계산 시 많은 계산량이 요구된다. 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 각 방향 벡터에 대해 새롭게 설정되는 투영 영역의 중심점을 지나는 한 번씩만의 투영만을 실행한다. 이에 따라 기준 프레임과 현재 프레임에 대한 투영의 횟수는 각 프레임에 설정된 방향 벡터의 수와 동일하게 된다.

3.2 bin 계산을 위한 투영 영역 설정

비고정식 카메라를 이용하여 동영상을 촬영할 경우 동영상의 각 프레임에는 평행이동과 회전 운동이 동시에 또는 독립적으로 발생할 수 있다. 따라서 인접한 프레임들을 이용하여 카메라의 불필요한 운동을 보정하기 위해서는 평행이동 및 회전 운동에 의해 삭제되거나 또는 새로 추가되는 등의 영향을 받지 않는 영역의 설정이 필요하다.

먼저 카메라의 평행 이동에 영향을 받지 않는 영역의 설정 방법은 다음과 같다. 그림 4(a)의 기준 프레임을 이용하여 그림 4(b)의 현재 프레임에 대해 움직임 추정 과정을 실행한다. 움직임 추정 과정에서는 현재 프레임 중심부에 위치한 4개의 8×8 블록에 대해 움직임 벡터 $(d_x^0, d_y^0), (d_x^1, d_y^1), (d_x^2, d_y^2)$ 및 (d_x^3, d_y^3) 를 추출하며, 이들을 이용하여 움직임 벡터들의 평균값

그림 4. (a) 기준 프레임 (b) 평행 이동 및 회전 운동된 현재 프레임 (c) 기준 프레임에서의 공통 영역(점선 표시) 및 투영 영역(실선 표시) (d) 현재 프레임에서의 공통 영역(점선 표시) 및 투영 영역(실선 표시)

$(\bar{d}_x, \bar{d}_y)$ 를

$$\bar{d}_x = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 \bar{d}_x^i, \quad \bar{d}_y = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 \bar{d}_y^i \quad (8)$$

와 같이 계산한다. 그리고 $(\bar{d}_x, \bar{d}_y)$ 를 이용하여 그림 4 (c)와 (d)에 점선으로 표시된 현재 프레임과 기준 프레임의 공통 영역 R_t 를

$$R_t = \left\{ (m, n) \left| \begin{array}{l} \max(\bar{d}_y, 0) \leq m \leq \min(M-1, M-1+\bar{d}_y) \\ \max(\bar{d}_x, 0) \leq n \leq \min(N-1, N-1+\bar{d}_x) \end{array} \right. \right\} \quad (9)$$

와 같이 추출한다.

카메라의 회전 운동이 모젯 변환 bin 값의 계산에 미치는 영향을 제거하기 위한 과정은 다음과 같다. 그림 4(a)의 기준 프레임에 포함되어 있던 피사체가 현재 프레임에서 회전된 경우 그림 4(b)에서 어깨 부분과 같이 기준 프레임에 포함되지 않았던 부분이 추가되거나 또는 기준 프레임 영상의 일부가 제거될 수 있다. 그런데 이와 같은 경우 회전된 현재 프레임의 회전 각도를 측정하기 위해 모젯 변환을 실행할 경우 기준 프레임에 포함되어 있던 물체 영역이 제거되거나 또는 기준 프레임에 없던 새로운 영역의 추가로 인해 정확한 회전각의 측정이 불가능할 수 있다. 이러한 점을 고려하여 기준 프레임과 현재 프레임의 공통 영역 R_t 의 중심점 (m_t, n_t) 을 기준으로 일정한 거리 내에 있는 원형 영역의 화소들만을 대상으로 투영 값을 계산하며, 이러한 투영 영역의 예를 그림 4(c)와 (d)에 실선으로 나타내었다. 즉 투영 영역을 공통 영역 R_t 의 전체 영역이 아닌 원형 영역으로 설정하는 것은 카메라의 회전 운동이 모젯 변환의 bin 계산에 영향을 주지 않도록 하기 위한 것이다. 또한 투영 영역은 가급적 크게 설정하는 것이 보다 정밀한 회전각 추출에 유리하며, 본 논문에서는 투영 영역 R_c 를

$$R_c = \left\{ (m, n) \mid (m - m_t)^2 + (n - n_t)^2 \leq \min\left(\frac{M_t^2}{4}, \frac{N_t^2}{4}\right) \right\} \quad (10)$$

으로 설정한다. 식 (10)에서 M_t 와 N_t 는 각각 공통 영역 R_t 의 가로 및 세로 방향 크기를 의미한다.

3.3 회전각 추출 및 보정

모젯 변환에서 방향 벡터의 수와 투영 각도의 수는 서로 동일하다. 본 논문에서는 현재 프레임의 경

우 투영 각도 범위 $(-\pi/2, \pi/2]$ 에서 서로 균일한 각도 차를 갖는 다양한 방향 벡터를 이용하여 변형된 모젯 변환을 투영 영역에 대해 수행한다. 현재 프레임에 적용하는 방향 벡터의 수가 증가할수록 투영 각도의 차가 작아지게 되며, 이로 인해 추출되는 회전각의 정확성이 증가된다. 그리고 기준 프레임에 대해서는 가급적 큰 각도 차를 갖는 소수의 방향 벡터에 대해 변형된 모젯 변환을 수행한다. 현재 프레임과 기준 프레임에 대한 변형된 모젯 변환이 완료되면, 각 프레임에서 추출된 bin들을 서로 비교하여 가장 유사성이 큰 각도를 회전각으로 설정한다. bin 값의 유사성을 측정하기 위해 사용될 수 있는 다양한 정합 기준들 중 성능 대비 계산량이 적은 평균 절대 오차 (MAD, Mean Absolute Difference)를 사용한다. 현재 프레임에 대한 회전각 θ 가 결정되면, 회전 행렬

$$T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (11)$$

를 현재 프레임에 적용하여 회전각을 보정한다.

4. 모의실험 및 분석

본 논문에서는 동영상 카메라 또는 컴퓨터 비전 시스템에서 획득된 비디오 열에서 회전된 프레임에 변형된 모젯 변환을 이용하여 보정하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 그림 5에 나타난 비디오 열 foreman, Miss America, bridge에 대해 모의실험하였다.

모의실험은 시험 비디오 열의 프레임에서 각각 16개의 프레임을 사용하여 수행되었으며, 원 비디오 열의 각 프레임이 비교적 회전 운동이 적음을 고려하여 인위적으로 $-25^\circ \sim +25^\circ$ 사이의 각도로 회전을 시킨 후 제안된 방법을 적용하였다. 비디오 열의 프레임 별 회전 각도는 표 1과 같다. 모의실험에서는 기준 프레임에 대해 2개의 방향 벡터 $proj(1, 1, b)$, $proj(-1, 1, b)$ 를 사용하였으며, 현재 프레임에 대해서는 $(-\pi/2, \pi/2]$ 의 각도 범위에 대해 45° 마다 127개의 방향 벡터를 적용하여 총 508개의 사용하였다. 각 방향 벡터 간의 각도 차는 기준 프레임의 경우 90° 이며, 회전 프레임은 약 0.45° 이다.

모의실험에서 각 시험 비디오 열에 대해 프레임별로 추출된 회전각의 오차를 그림 6에 나타내었다. 프레임별 회전각의 선정은 기준 프레임과 회전된 현재

(a)

(b)

(c)

그림 5. 시험 비디오 열 (a) foreman (b) Miss America (c) bridge

표 1. 각 프레임별 회전각

프레임 번호	회전각(°)	프레임 번호	회전각(°)
0	0	8	10
1	5	9	5
2	10	10	0
3	15	11	-5
4	20	12	-10
5	25	13	-15
6	20	14	-20
7	15	15	-25

프레임에 대해 추출된 bin 값들 중 가장 작은 평균 절대 오차를 갖는 각도를 선택하는 방식으로 이루어졌다. 즉 투영 각도 θ 에서의 기준 프레임과 현재 프레임의 bin을 각각 $B(\theta)$ 와 $\tilde{B}(\theta)$ 로 나타낼 때, 평균 절대 오차는

$$MAD(\theta) = \frac{1}{2} \left\{ \left| B\left(\frac{\pi}{4}\right) - \tilde{B}(\theta) \right| + \left| B\left(-\frac{\pi}{4}\right) - \tilde{B}\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \right| \right\} \quad (12)$$

와 같으며, 투영 각도 $-\pi/2 < \theta \leq \pi/2$ 에 대해 평균 절대 오차를 계산한 후 최소값을 갖는 각도를 회전각으로 사용하였다. 식 (12)에서 θ 에서의 bin 값과 $\theta - \pi$ 에서의 bin 값이 서로 동일함을 고려한다.

각 시험 비디오 열의 프레임들에 대해 추출된 회전각의 오차 절대값 평균은 표 2와 같다. foreman의 경우 1.55° , Miss America와 bridge는 각각 0.78° ,

표 2. 시험 비디오 열의 회전각 오차 절대값 평균

시험 비디오 열	foreman	Miss America	bridge
회전각 오차 절대값 평균(°)	1.55	0.78	0.84

(a)

(b)

그림 6. 시험 비디오 열에 대한 프레임별 오차각 (a) foreman (b) Miss America (c) bridge

0.84° 의 회전각 오차를 가지며, 평균 1.06° 의 오차를 나타내었다. 이러한 결과로부터 볼 때 본 논문에서 제안된 방법은 비디오 열에서 회전된 프레임을 효율

적으로 보정하는 것을 볼 수 있다. 한편 Miss America와 bridge에 비해 foreman의 회전각 추출 오차가 다소 큰 것은 foreman에서 평행 이동이 다른 비디오 열에 비해 많기 때문인 것으로 추정된다. 이와 같은 경우 현재 프레임의 중심부에 위치한 4개의 8×8 블록에 대해 수행하는 움직임 추정을 더욱 많은 블록에 적용하여 보다 정확한 움직임 보상이 이루어지게 함으로써 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 평행 이동과 회전 운동이 포함된 동영상에 대해 회전된 프레임을 보정하기 위한 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 회전된 프레임의 회전 각도를 보다 정확하게 추출하고 또한 계산량을 감소하기 기존 모젯 변환을 다음과 같이 변형하여 사용하였다. 먼저 회전 각도의 추출 과정에서 카메라의 평행 이동을 보상하기 위해, 현재 프레임에 대해 움직임 추정 과정을 적용하여 현재 프레임과 기준 프레임의 공통 영역을 설정하였다. 그리고 카메라의 회전에 따라 프레임에 포함되거나 삭제되는 영역을 bin 계산에서 배제하기 위해 공통 영역 내의 원형 영역에 대해서만 bin을 계산하였다. 또한 bin 추출에 소요되는 계산량을 감소시키기 위해 각 투영 각도에 대해 원형 영역의 중심점을 통과하는 하나씩만의 투영선에 대한 bin을 계산하였다. 현재 프레임의 회전 각도는 현재 프레임과 기준 프레임의 bin 값들 간의 평균 절대 오차가 가장 작은 각도로 설정하였다.

제안된 방식의 회전각 추출 성능을 검증하기 위한 모의실험 결과, 제안된 방식은 평균 1.06° 의 회전각 측정 오차를 발생하여 매우 우수한 성능을 나타내었다. 그리고 평행 이동이 많이 포함된 동영상에서는 평행 이동이 적은 동영상에 비해 상대적으로 큰 회전각 측정 오차를 나타내었다. 그 이유는 제안된 방법은 bin 계산 영역의 설정에 있어서 현재 프레임의 중심부에 있는 4개의 8×8 블록에 대해서만 움직임 추정을 실행함으로써 프레임의 평행 이동에 대한 보상의 정확성이 다소 저하되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 움직임 추정을 실행하는 블록의 수를 증가시켜서 프레임의 평행 이동에 대한 보상의 정확성이 증가된다면, 프레임의 회전 각도 측정에 대한

오차가 보다 감소될 수 있을 것으로 추정된다. 또한 회전 각도 측정을 위해 적용되는 방향 벡터의 수를 더욱 증가시킴으로서, 추출된 회전 각도의 정확성이 보다 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] H. Bordoloi and K.K. Sarma, "Face Recognition with Image Rotation Detection, Correction and Reinforced Decision using ANN," *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Vol. 3 No. 7, pp. 433-440, 2009.
- [2] 조보호, 정성환, "라돈 변환을 이용한 회전된 물체의 효율적인 보정," 정보과학회논문지, 제14권, 제3호, pp. 291-295, 2008.
- [3] A. Kingston, I. Svalbe, and J.P. Guedon, "The Discrete Radon Transform: A More Efficient Approach to Image Reconstruction," *Proc. of SPIE*, Vol. 7078, pp. 70780G-1, 2008.
- [4] A. Kingston and F. Atrusseau, "Lossless Image Compression via Predictive Coding of Discrete Radon Transform," *Signal Processing Image Communication*, Vol. 23, No. 4, pp. 313-324, 2008.
- [5] 정향미, 김지홍, "모젯변환을 이용한 의료 영상의 회전 물체 보정," 한국멀티미디어학회논문지, 제15권, 제11호, pp. 1341-1348, 2012.
- [6] J.P. Guedon, N. Normand, "The Mojette Transform: The First Ten Years," *Discrete Geometry for Computer Imagery*, Vol. 3429, pp. 79-91, 2005.
- [7] F. Atrusseau, B. Parrein, and M. Servieres, "Lossless Compression Based on a Discrete and Exact Radon Transform: A Preliminary Study," *ICASSP*, Vol. 2, pp. 425-428, 2006.
- [8] N. Normand, A. Kingston, and P. Evenou, "A Geometry Driven Reconstruction Algorithm for the Mojette Transform," *Discrete Geometry for Computer Imagery*, Vol. 4245, pp.122-133, 2006.

- [9] M. Katz, *Questions of Uniqueness and Resolution in Reconstruction from Projections*, Springer-Verlag, Berlin, 1978.
- [10] P.A. Rattey and A.G. Lindgren, "Sampling the 2-D Radon Transform," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-29, No, 5, pp.994-1002, 1981.
- [11] J.S. Lim, *Two-Dimensional Signal And Image Processing*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1990.

김 지 홍

1979년 3월~1986년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 공학사

1986년 3월~1988년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사

1991년 3월~1996년 8월 POSTECH 대학원 전자전기공학과 공학박사

1988년 2월~1997년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원

2002년 3월~현재 동의대학교 영상정보대학 영상정보공학과 교수

관심분야: 영상통신, 의료영상, 컴퓨터비전