

Affine 움직임 모형의 효율적인 압축 방법

정회원 최재각*, 고윤호**, 김성대**, 노철균*

An Efficient Compression Technique for Affine Motion Model

Jae Gark Choi*, Yoon-Ho Koh**, Seong-Dae Kim**, Chul-Kyun Ro* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 affine 움직임 모형을 위한 효율적인 압축 방법을 제안한다. 추정된 affine 움직임 모형의 계수들은 실수 값을 가지기 때문에 전송하기 전에 계수들을 양자화하여 부호화한다. 이때 이웃한 물체들의 움직임계수들 사이에는 상관성과 유사성이 극히 적고, 움직임 계수들 자체도 각 계수에 따라 다른 통계적 특성 및 범위를 가지기 때문에 전송시 낮은 부호화 효율을 나타낸다. 이러한 문제를 해결하기 위한 새로운 방법이 본 논문에 제안된다.

Affine 움직임 모형은 병진변위를 포함하는 성분과 회전 및 선형변형을 나타내는 성분으로 구성된다. 제안된 움직임 모형 압축 방법은 상관성을 효과적으로 이용하기 위해 affine 움직임 모형을 병진 성분과 회전 및 선형변형 성분으로 나누어 부호화하는 방법을 사용하였다. 먼저 병진 성분을 부호화하는 방안으로 운동 중심을 가정한 실제 병진 움직임 추정을 통해 시간방향 중복성을 제거하는 방안을 제안한다. 그리고 회전 및 선형변형 성분을 부호화하기 위해 선변환을 이용하는 방법을 제안한다. 마지막으로 이들을 결합한 부호화 시스템에 대해 소개한다.

ABSTRACT

In this paper, we describe an efficient compression technique for affine motion model. Because the estimated parameters of affine motion model are real-valued, we have to quantize them before the transmission. Also, there are poor correlation and similarity between motion parameters of neighboring objects, and each parameters has different statistical properties and dynamic range. To overcome these problems, a new method is proposed in this paper.

The core of this scheme includes the calculation of real translation motion and the line transformation of scaling and rotation motions. By the calculation of real translation, translation terms which have good statistical properties and strong temporal correlation are generated. They are differentially encoded in the temporal direction. By the line transformation, the scaling and the rotation motions are converted into 2D vector elements which have a good correlation. Then, they are encoded using vector quantization. Simulation results show that our proposed scheme provides better performance than the direct quantization method.

1. 서론

이동 물체를 포함하는 연속된 영상은 많은 양의 시간 방향 중복성을 지닌다. 따라서 동영상 부호화를 위해서는 연속된 프레임간의 움직임을 추정하고 그 움직임 정보를 부호화하는 데이터 압축 기법의 사용이 필수적이다. 동영상 부호화 방법으로 현재

표준화되어 사용되고 있는 블록기반 부호화 방식(예 H.261, H.263, MPEG-1,2)은 영상을 작은 블록(8x8 또는 16x16)으로 나누고, 블록정합기법을 사용하여 각 블록의 2차원 병진 움직임을 추정하고 움직임 보상 예측을 행한다. 이때 움직임 벡터는 인접 블록들 간의 공간 방향으로의 중복성을 고려하여 부호화하게 된다. 즉, 현재 블록의 움직임 벡터

* 경일대학교 제어계측공학과 전임강사(cjg@bear.kyungil.ac.kr)

** 한국과학기술원 전기및전자공학과

논문번호: 98415-0916, 접수일자: 1998년 9월 16일

와 이전 블록의 움직임 벡터의 차를 MDV(motion vector data)라 일컫는데, 이 값을 가변 길이 부호화 하게 된다. 그러나 이러한 블록기반 부호화 기법들은 이동 물체의 모양 및 전역 움직임(global motion)과 무관하게, 지역적인 블록 움직임(local block motion)에 근거하기 때문에, 낮은 전송률에서 블록화 현상같은 주관적 화질 저하를 초래하게 된다.

한편 물체의 일반적인 움직임 및 카메라의 움직임은 병진운동, 회전운동 및 선형변형과 같은 복잡한 움직임으로 구성되기 때문에, 블록기반 부호화에서와 같은 2차원 병진 움직임 모형만으로는 작은 블록에 비해 상대적으로 그 크기가 큰 블록(32x32 이상)이나 물체(arbitrarily shaped object)의 정확한 움직임을 표현하기 어렵다. 따라서 상대적으로 그 크기가 큰 블록의 움직임이나 임의의 모양을 갖는 물체의 움직임 그리고 카메라의 이동으로 인한 전역 움직임을 기술하기 위해서는 affine 변환, perspective 변환, quadratic 변환등과 같은 일반적인 움직임 모형(general motion model)이 필요하다.

일반적인 움직임 모형은 동영상 부호화에서 다양하게 응용되고 있다. 참고문헌^[1]에서는 머리-어깨 영상의 부호화를 위해 점진적 움직임 모형을 기반으로 한 3 단계의 계층적 움직임 추정법을 사용하였다. 즉, 머리-어깨 영역 전체의 전역 움직임을 6 계수 운동 모형을 사용하여 기술하고 각각 4 계수 운동 및 2 계수 운동 모형을 사용하여 각각 64x64 블록 및 16x16 블록의 국부적인 움직임을 점진적으로 보정하였다. 또한 객체지향 해석-합성 부호화에서는 2 차원 물체 또는 3 차원 물체의 움직임을 기반으로 영상해석에 의하여 물체의 움직임, 모양 및 컬러 모형 계수(parameters)를 얻고, 수신측에서는 전송된 세가지 모형 계수로부터 모델기반 영상합성에 의하여 재생영상을 구성하였다^{[2][3][4]}. 한편 참고문헌^{[5][6]}에서는 카메라에 의한 전역 움직임이 존재하는 경우 전역 움직임을 일반적인 움직임 모형을 사용하여 먼저 보상한 뒤, 국부적인 움직임을 기존의 블록기반 부호화 방식을 사용하여 보상하는 방식이 제안되었다.

일반적인 움직임 모형이 동영상 부호화에 응용되는 경우, 움직임 계수들로 표현되는 움직임 정보를 수신측에 전송하여야 하는데 효율적 부호화를 위해서는 움직임 계수 정보의 감축이 필요하다. 화소 또는 부화소 단위의 2차원 병진 움직임 벡터를 무손

실 부호화하는 경우와는 달리 일반적인 움직임 계수는 실수 값으로 표현되기 때문에 무손실 부호화가 불가능한 것 외에 2차원 병진 움직임 벡터와는 다른 여러가지 특징을 지닌다. 지금까지 이러한 움직임 계수를 감축하기 위한 연구는 물체의 모양 및 컬러 모형 계수등과 같은 정보에 비해 상대적으로 미진한 상태였다.

기존의 움직임 모형 부호화 방식^{[2][3]}은 움직임 모형의 각 계수를 선형 양자화기를 사용하여 양자화한 다음, 양자화된 계수를 가변 길이 부호 또는 산술 부호화하였다. 이러한 직접적 양자화 방법은 병진 성분 계수와 회전 및 선형변형에 관련된 계수에 따라 양자화시 각각 서로 다른 양자화 레벨이 요구되고, 가변길이 부호화시 서로 다른 가변길이 부호 표가 요구된다. 또한 움직임 정보량을 줄이기 위해 양자화 레벨의 수를 줄이면 움직임 보상시 보상 오차가 급격히 증가된다.

본 논문에서는 움직임 모형을 효율적으로 감축하는 방법을 다룬다. 앞에서 언급한 것처럼 물체의 일반적인 움직임을 표현하는 다양한 모델들이 존재하지만, 본 논문에서는 움직임을 추정하는데 요구되는 계산량, 움직임 보상시 보상 효과, 움직임 모형 부호화시 요구되는 정보량등을 고려할 때 가장 널리 사용되는 6 계수 affine 모형을 감축하는 방법을 제안한다. 6 계수 affine 운동 모형은 앞서 언급한 것처럼, 병진 운동을 포함하는 성분과 회전 및 선형변형을 나타내는 성분으로 구성된다. 제안된 움직임 모형 감축 방법은 상관성을 효과적으로 이용하기 위해 6 계수 운동 모형을 병진 성분과 회전 및 선형변형 성분으로 나누어 부호화하는 방법을 사용하였다. 먼저 병진 성분을 부호화하는 방안으로 운동 중심을 가정한 실제 병진 움직임 추정을 통해 시간 방향 중복성을 제거하는 방안을 제안한다. 그리고 회전 및 선형변형 성분을 부호화하기 위해 선변환을 이용하는 방법을 제안한다. 마지막으로 이들을 결합한 부호화 시스템에 대해 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2절에서 6 계수로 표현되는 affine 움직임 모형 및 기존의 직접적 양자화 방법에 대해 간략히 소개하고 6 계수 모형의 특성을 분석한다. 그리고 제안된 움직임 모형 감축 방법을 3절에서 기술하였다. 4절에서 제안된 움직임 모형 감축방법의 성능을 나타내기 위한 모의실험 결과를 제시하였다. 마지막으로 5절에서 결론을 맺는다.

II. Affine 움직임 모형 및 기존 감축방법

6 계수로 표현되는 affine 움직임 모형은 영상 평면상에 있는 물체가 2차원 병진운동, 회전운동 및 선형변형을 행할 수 있다고 가정한다. 6 계수 운동 모형에서 영상 평면상에 있는 화소 (x, y) 의 이동된 위치 (x', y') 를 나타내는 이동 표현식은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x \cos \theta_x & -S_y \sin \theta_y \\ S_x \sin \theta_x & S_y \cos \theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 2x2 행렬은 회전운동과 선형변형을 나타내고, 2x1 벡터는 병진운동을 나타낸다. 즉, S_x 및 S_y 는 각각 x 축 및 y 축 방향으로의 선형변형을 나타내고 θ_x 및 θ_y 는 각각 x 축 및 y 축으로의 회전각을 나타낸다. 그리고 d_x 와 d_y 는 각각 x 축 및 y 축으로의 병진변위를 나타낸다. 이때 식 (1)을 간략히 표현하면 식 (2)처럼 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + (a_1 + 1)x + a_2y \\ y' &= a_3 + a_4x + (a_5 + 1)y \end{aligned} \quad (2)$$

따라서, 6 계수 모형에서는 움직임 계수 집합 $\{a_0, \dots, a_5\}$ 에 의하여 물체의 움직임 특성을 표현할 수 있게 된다. 여기서 $\{a_0, \dots, a_5\}$ 는 식 (1)과 식 (2)로 부터 다음과 같이 관계 지워진다.

$$\begin{aligned} a_0 &= d_x, a_1 = S_x \cos \theta_x - 1, a_2 = -S_y \sin \theta_y \\ a_3 &= d_y, a_4 = S_x \sin \theta_x, a_5 = S_y \cos \theta_y - 1 \end{aligned} \quad (3)$$

식 (2)로 표현되는 affine 움직임 모형은 블럭 기반 부호화에서 발생하는 2차원 병진 움직임 벡터와는 달리 다음과 같은 특성을 지닌다.

첫째, 화소 또는 부화소 단위로 표현되는 움직임 벡터와는 달리 움직임 계수는 실수로 표현되기 때문에 이를 전송하기 위해서는 움직임 계수에 대한 양자화가 이루어져야 한다. 따라서, 양자화로 인한 오차가 발생하며, 움직임 보상효과가 저하되기 쉽다.

둘째, 움직임 계수를 양자화하여 표현하더라도 적절한 예측 오차를 유지하기 위해서는 많은 양자화 레벨을 포함하기 때문에 부호화에 많은 비트가 필요하다.

셋째, 블럭기반 부호화에서 발생하는 움직임 벡터는 인접한 블럭들간의 상관성이 큰데 반해 affine

움직임계수는 상관성이 직접 표현되지 않는다.

네째, 2 차원 병진 운동만을 모형화한 움직임 벡터는 수평, 수직 성분이 비슷한 특성을 가지는데 반해, affine 움직임 계수는 각 성분들의 특성이 조금씩 다르므로 인해 양자화시 각 계수들의 성격에 따라 서로 다른 처리를 적절히 해야 한다.

따라서 affine 움직임 모형은 위와 같은 특성을 가지고 있기 때문에 기존의 블럭 기반 기법에서 움직임 벡터를 부호화하는 방법과는 다른 부호화 계를 가져야 한다.

식 (2)로 표현되는 affine 움직임 모형을 부호화하는 가장 쉬운 방법은 각 계수를 직접적으로 양자화하는 방법일 것이다^{[2][3][4]}. 만약 6 계수를 양자화할때 선형 양자화기를 사용할 경우, 하나의 움직임 계수 a_i 에 대한 양자화 값 $\overline{a_i}$ 는 식 (4)과 같이 표현된다.

$$\overline{a_i} = \text{trunc}(a_i \times q + 0.5) / q \quad (4)$$

여기서 *trunc*는 소수이하 자리버림을 의미하며 q 는 양자화 레벨을 표시한다.

이러한 직접적 계수 양자화에 관련된 문제점은 다음과 같다.

첫째, 6 계수 모형의 움직임 계수 집합은 병진성분에 관련된 계수 $\{a_0, a_3\}$ 와 회전 및 선형변형에 관련된 계수 $\{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ 로 나누어진다. 따라서 직접적 양자화 방법으로 6 계수를 양자화하기 위해서는 두개의 서로 다른 양자화기가 필요하게 된다. 즉, 회전 및 선형변형에 관련된 계수는 병진 계수에 비해 훨씬 적은 범위의 값을 가진다. 따라서 부호화를 위해서는 각각 서로 다른 양자화 레벨이 요구된다.

둘째, 움직임 계수의 양자화시 양자화 레벨에 따라 예측오차가 증가됨을 알 수 있다. 양자화 레벨 q 가 작아지면 예측오차는 더욱 커진다.

양자화된 움직임 계수를 부호화하는 방법으로는 가변 길이 부호화 및 산술부호화가 일반적으로 사용된다.

III. 제안된 affine 움직임 모형의 감축 기법

본 절에서는 제안된 움직임 모형 감축 방법에 대해 설명한다. 6 계수 모형은 앞서 언급한 것처럼 병진성분을 나타내는 계수 $\{a_0, a_3\}$ 와 회전 및 선형변

형 성분을 포함하는 계수 $\{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ 로 구성된다. 제안된 움직임 모형 감축 방법은 상관성을 효과적으로 이용하기 위해 병진 성분과 회전 및 선형변형 성분으로 나누어 부호화한다^{[7][12]}. 먼저 병진 계수를 부호화하는 방안으로 운동중심을 가정한 실제 병진 움직임 추정을 통해 중복성을 제거하는 방안을 제시한다. 그리고 회전 및 선형변형 계수를 부호화하기 위해 선변환을 이용하는 방법을 제안한다. 마지막으로 이들을 결합한 부호화 시스템에 대해 소개한다.

3.1 운동중심을 가정한 실제 병진성분의 부호화

기존의 움직임 모형 추정기법에서는 식 (1)과 같은 움직임 모형을 사용하고 있다. 이러한 모형은 회전이나 선형변형의 중심이 영상 좌표계의 원점에 있다고 가정한 것이다. 회전이나 선형변형과 같은 운동의 중심을 영상 좌표계의 원점에 설정한 가정은 잘못된 것이기 때문에 식 (3)에 나타나는 $\{a_0, a_3\}$ 즉 $\{d_x, d_y\}$ 가 물체의 실제적인 병진 성분을 나타낸다고 할 수 없다. 예를 들어, "Miss America" 영상과 같이 카메라에 의한 전역적인 움직임은 없고 이동 물체로서 얼굴과 어깨 그리고 눈과 입 등을 생각할 수 있는 영상에서 분할된 물체가 시간이 진행됨에 따라 수평 또는 수직으로 균일하게 움직임에도 불구하고 식 (3)에 나타난 가 시간 $\{d_x, d_y\}$ 방향으로 상관성을 보이지 않음은 식 (3)에 의한 $\{d_x, d_y\}$ 가 물리적 의미를 가지지 않음을 반영하는 것이다(그림 1).

표 1. d_x 와 d_y 의 엔트로피.

	DPCM 전	DPCM 후
병진 엔트로피 (bits/병진계수)	5.9292	5.9495

표 1은 식 (3)에 의한 d_x, d_y 를 각각의 물체별로 시간 방향 DPCM 했을 때와 하지 않았을 때, 발생하는 데이터의 정보량을 비교하고 있다. 표에서 나타나고 있는 바와 같이 물리적인 의미를 가지지 않는 d_x, d_y 를 시간 방향으로 DPCM 했을 때 오히려 정보량이 늘어남을 알 수 있다. 이러한 사실을 수식적으로 확인해보면 다음과 같다. 물체의 움직임이 2차원 평면상에서의 회전 및 선형변형을 일으키고, 회전 및 선형변형 운동의 중심이 (x_c, y_c) 일 때, 지

난 프레임에서의 좌표 (x, y) 와 이번 프레임의 움직임 후의 좌표 (x', y') 사이의 관계식을 보면 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} x' - x_c \\ y' - y_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x \cos \theta_x & -S_y \sin \theta_y \\ S_x \sin \theta_x & S_y \cos \theta_y \end{bmatrix} \cdot \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_{x, real} \\ d_{y, real} \end{bmatrix}$$

식 (3)을 이용하여 식 (5)를 정리하면

$$x' = d_{x, real} - a_1 x_c - a_2 y_c + (a_1 + 1)x + a_2 y \quad (6)$$

$$y' = d_{y, real} - a_5 y_c - a_4 x_c + a_4 x + (a_5 + 1)y$$

으로 표현된다. 식 (6)와 식 (2)를 이용하여 $d_{x, real}, d_{y, real}$ 을 정리하여 나타내면 다음과 같다.

$$d_{x, real} = a_0 + a_1 x_c + a_2 y_c \quad (7)$$

$$d_{y, real} = a_3 + a_4 x_c + a_5 y_c$$

그리고 식 (7)으로부터 a_0 와 a_3 은 다음과 같이 표현된다.

$$a_0 = d_{x, real} - a_1 x_c - a_2 y_c \quad (8)$$

$$a_3 = d_{y, real} - a_4 x_c - a_5 y_c$$

식 (7)에서 관찰할 수 있는 것은 자칫 병진변위 성분만을 나타낼 것이라고 생각하기 쉬운 $d_{x, real}$ 와 $d_{y, real}$ 에는 병진 계수 $\{a_0, a_3\}$ 뿐만 아니라 회전과 선형변형 계수 $\{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ 까지 포함되어 있다는 것이다. 더우기 회전 및 선형변형 운동의 중심 (x_c, y_c) 까지 영향을 미침을 알 수 있다. 이러한 점은 병진변위 성분간의 상관성을 부호화할 경우 장애로 작용한다. 식 (7)에서 알 수 있듯이 회전이나 선형변형이 병진 변위 성분에 영향을 주지 않는 경우는 회전이나 선형변형이 아예 없는 경우나 그 운동의 중심이 영상 좌표계의 원점일 때이다. 즉 $(x_c, y_c) = (0, 0)$ 일 때이다. 위의 사실은 운동의 중심을 어떻게 결정하느냐가 부호화 효율에 직접적인 영향을 미침을 보여준다.

영상 좌표계의 원점을 운동 중심으로 모형화한 식 (1)의 병진 성분 d_x 및 d_y 값의 분산과, 운동의 중심을 (x_c, y_c) 로 가정한 식 (5)의 병진 성분 $d_{x, real}$ 및 $d_{y, real}$ 값의 분산을 아래에 수식적으로 비교하였다. 분산을 비교하기 위해서 다음을 가정하

자. x_c, y_c 값은 편의상 상수이고, $E[a_1]=E[a_2]=E[a_4]=E[a_5]=0$ 이며, a_1, a_2 와 a_4, a_5 각각은 상호 독립적(mutually independent)이라고 하자. 그리고 $d_{x,real}$ 및 $d_{y,real}$ 가 실제 물리적인 의미의 병진변위라고 하면 병진변위 $d_{x,real}, d_{y,real}$ 는 회전 및 선형변형 성분 a_1, a_2, a_4, a_5 와 상호 독립적임을 가정할 수 있다. 식 (3)과 식 (8)로부터 아래처럼 분산식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} E[d_x] &= E[d_{x,real} - a_1x_c - a_2y_c] \\ &= E[d_{x,real}] - x_cE[a_1] - y_cE[a_2] \\ &= E[d_{x,real}] \\ E[d_y] &= E[d_{y,real} - a_4x_c - a_5y_c] \\ &= E[d_{y,real}] - x_cE[a_4] - y_cE[a_5] \\ &= E[d_{y,real}] \\ V[d_x] &= E[d_x^2] - E[d_x]^2 \\ &= E[d_{x,real}^2] + x_c^2E[a_1^2] + y_c^2E[a_2^2] \\ &\quad - E[d_{x,real}]^2 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} &= V[d_{x,real}] + x_c^2E[a_1^2] + y_c^2E[a_2^2] \\ &\geq V[d_{x,real}] \\ V[d_y] &= E[d_y^2] - E[d_y]^2 \\ &= E[d_{y,real}^2] + x_c^2E[a_4^2] + y_c^2E[a_5^2] \\ &\quad - E[d_{y,real}]^2 \end{aligned} \tag{10}$$

식 (9)과 식 (10)로부터 d_x, d_y 의 분산값이 각각의 분산값보다 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 자연 영상에서 물체의 움직임은 연속적이기 때문에 시간적으로 중복성이 존재하게 된다. 따라서 물리적 의미의 실제 병진 성분이 그렇기 않는 경우 보다 분산이 적음은 당연하다.

식 (5)에서 운동의 중심을 (x_c, y_c) 로 가정하였다. 이러한 가정은 회전 및 선형변형의 중심이 서로 일치하고, 또한 그 운동의 중심을 알고 있다는 가정에서 출발한다. 그러나 일반적으로 회전 및 선형변형의 중심이 반드시 일치한다고 보기는 어렵다. 실제,

물체의 움직임은 단순한 회전만 포함하지 않고, 3차원 공간상의 움직임에 의한 2차원 평면상의 비선형적인 관계를 만들기 때문에 이의 근사화인 6 계수 모형에서 정확한 운동 중심을 찾는 것은 사실상 불가능하며, 그 근사값을 추정해내는 것도 부호화시의 복잡도 측면을 고려해야 하는 문제가 생긴다. 이러한 운동 중심의 문제점을 해결하기 위해 운동의 중심을 영상 좌표의 중심에 두는 방법과 분할된 물체의 무게중심에 두는 방법을 사용한다.

영상 좌표의 중심에 운동의 중심을 설정하는 방법은 가장 간단하게 물체의 회전과 선형변형 운동의 중심을 결정하는 방법이다. 이러한 방법은 계산이 필요하지 않는 간단한 구조이며, 윤곽선 영상이나 그 밖의 부가 정보를 이용하지 않는 장점이 있지만 영상의 중심에 운동의 중심을 무조건 고정하는 것은 실제 운동 중심과의 편차를 크게 해서 물리적인 의미에 가까운 병진 성분을 구하기 어렵게 만든다. 운동 중심을 물체의 무게 중심에 두는 경우는 운동 중심을 영상 좌표의 중심에 두는 경우에 비해, 계산량이 많은 단점이 있다. 하지만, 이것은 물체의 회전이나 선형변형이 물체의 중심을 기준으로 대칭적인 특성을 갖는 경우 잘 맞을 수 있는 가정일 것이다.

회전 및 선형변형 운동의 중심을 가정한 물리적 의미의 병진 성분 추정의 목적은 병진 운동에 관련된 성분이 식 (7)에서와 같이 실질적 의미를 갖는 병진 성분이 되도록 함으로써 식 (9) 및 식 (10)에서와 같이 통계적 특성도 좋게 할 뿐만 아니라, 물리적인 의미를 찾음으로써 시간 방향으로의 상관성도 증대시키는데 있다.

그림 1은 "Miss America" 영상의 얼굴 영역에 대한 병진 운동 성분을 x축 및 y축 방향으로 각각 도시한 것이다. 점선으로 표시된 것은 영상 좌표의 원점에 운동중심을 가정한 경우 병진 성분 (d_x, d_y)를 나타내고 있고, 실선으로 표시된 선은 회전 및 선형변형의 중심을 물체의 무게 중심에 두고 변환시켰을 때 발생하는 병진 변위 ($d_{x,real}, d_{y,real}$)을 보여주고 있다. "Miss America" 영상의 80번부터 130번 프레임까지의 움직임은 얼굴이 왼쪽으로 움직이다가 오른쪽으로 움직이는 형태이다. 그림 1(a) 및 (b)에서 보듯이 변환하기 전에는 병진성분 값의 변화도 심하고, 원래 영상이 가지고 있는 움직임을 잘 반영하지 못하고 있음을 알 수 있다. 실제 영상의 움직임에서는 y축 방향으로의 움직임이 거의 없는데

도 불구하고, 그림 1(b)에 나타난 것처럼 y축으로 발생된 값이 의미없이 변화하고 있음을 알 수 있다. 그림 1(a) 및 (b)에 실선으로 표시된 변환 후의 병진 변위 값은 실제 영상의 물리적 움직임을 잘 표현하고 있다. 따라서 시간 방향으로 DPCM 감축시 부호화 효율이 상승할 것임을 알 수 있다.

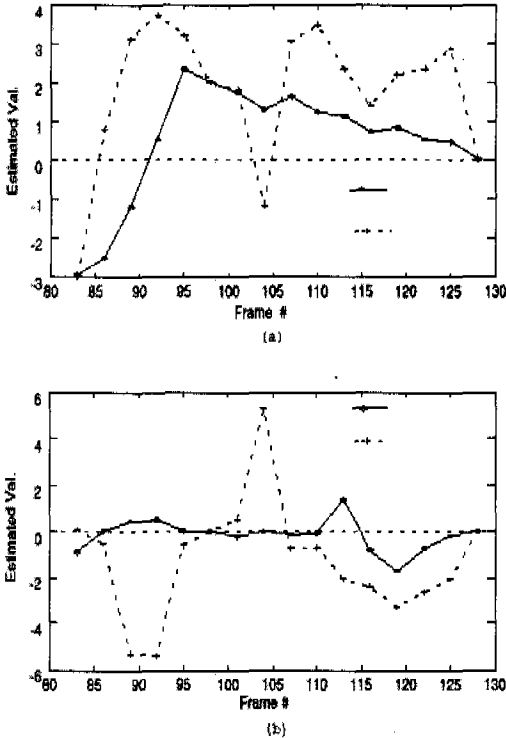


그림 1. 운동의 중심 선정에 따른 병진변위 계수의 시간적 인 변화: (a) x축 성분; (b) y축 성분

3.2 선변환을 이용한 회전 및 선형변형 성분의 중복성 제거

식 (3)에서 알 수 있듯이 a_2 와 a_4 는 회전이 있는 경우 각각 부호가 다른 $\sin\theta$ 성분에 해당하므로 둘 사이엔 많은 상관성이 존재함을 예상할 수 있다. 회전 및 선형변형 움직임은 4개의 계수 $\{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ 에 의해 표현되는데 이의 움직임을 그림 2처럼 선변환에 의해 다른 공간상으로 변환해보자. 선변환은 그림 2처럼 미리 약속된 선분의 끝 2점 (p_0, p_1) 을 회전 및 선형변형 계수 $\{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ 에 의해 대응점 (p'_0, p'_1) 로 변환시키고, 대응점들간의 움직임 벡터 $\{\Delta x_0, \Delta x_1, \Delta y_0, \Delta y_1\}$ 를 부호화하는 방법이다. 이러

한 변환에 의하여 회전 및 선형변형 계수가 2차원 움직임 벡터 공간으로 변환됨을 알 수 있다.

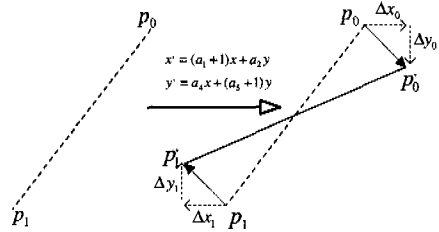


그림 2. 회전과 선형변형을 나타내는 선변환

그러면 이러한 선변환에 의해서 발생한 움직임 벡터들이 어떠한 상관성이 있는지 알아보자. 6 계수 모형은 회전 및 크기변화외에도 4 계수 모형과는 달리 변형 또는 뒤틀림을 표현할 수 있다. 만약 뒤틀림이 없고 회전 움직임과 확대 움직임만 발생한다고 가정할 때, 이러한 움직임에 따른 선변환 적용시 발생하는 움직임 벡터가 그림 3에 표시되어 있다. 그림에서 도시된 것처럼 회전 또는 확대 움직임이 있을 때, 선변환 적용 결과 발생하는 움직임 벡터는 각각 크기가 같고 부호가 반대인 벡터가 된다.

그림 3(a)는 선분이 6 만큼 회전할 경우 발생하는 움직임 관계를 나타낸다. 이때 발생하는 움직임 벡터 Δ_1 과 Δ_2 는 다음 관계가 성립함을 알 수 있다.

$$\Delta x_0 = -\Delta x_1 \quad \Delta y_0 = -\Delta y_1 \quad (11)$$

유사하게 그림 3(b)에 나타난 것처럼 선분의 크기 변화가 일어날 경우 움직임 벡터에서도 동일한 관계가 성립한다. 이러한 관계는 "Miss America" 영상 시퀀스에 대해 적용하여 얻어진 데이터에서도 확인할 수 있는데 이러한 관계를 그림 4에 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 $\Delta x_0, \Delta x_1$ 와 $\Delta x_1, \Delta y_0$ 와 Δy_1 은 각각 많은 상관성이 존재함을 알 수 있다.

3.3 움직임 모형 부호화 시스템

앞절에서 6 계수 모형의 각 계수별 특성 분석을 통하여 다음 두가지 사실을 확인하였다.

첫째, 운동의 중심을 영상 좌표의 원점이 아닌 물체의 무게 중심으로 가정했을 때, 실제 물리적 의미

의 병진 성분을 추정할 수 있다. 이렇게 추정된 실제 병진 성분은 시간에 따라 연속적으로 변화하기 때문에 부호화시 중복성을 크게 줄일 수 있다.

둘째, 선변환에 의하여, 회전 및 선형변형 성분을 2차원 움직임 벡터로 변환하면 이때 발생된 움직임 벡터는 큰 상관성을 나타내게 된다. 이러한 상관성을 이용하여 부호화하면 회전 및 선형변형에 관련된 움직임 정보를 크게 줄일 수 있다.

본절에서는 이러한 특성들을 이용하여 그림 5과 같은 움직임 모형 부호화 시스템을 구성하였다.

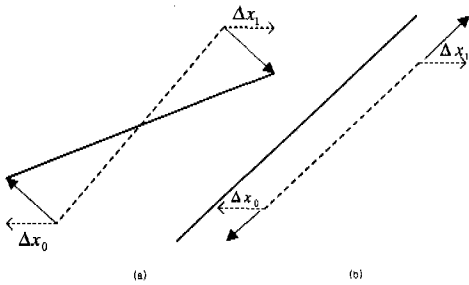


그림 3. 선변환에 의해 발생하는 움직임 벡터: (a) 회전; (b) 선형변형

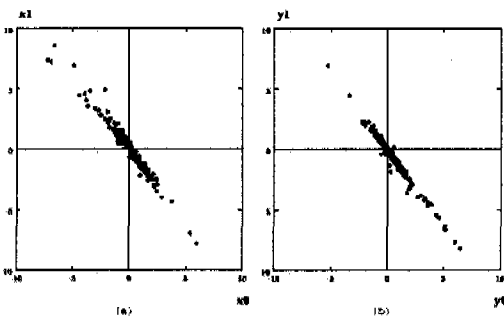


그림 4. 선변환에 의해 발생한 움직임 벡터들간의 상관성: (a) Δx_0 와 Δx_1 ; (b) Δy_0 와 Δy_1

그림 5에 도시된 바와 같이 $a_0 \sim a_5$ 의 계수 집합은 회전 및 선형변형에 해당하는 계수인 (a_1, a_2, a_4, a_5) 와 병진 변위에 해당하는 계수인 (a_0, a_3) 로 나누어 부호화 되게 된다.

회전 및 선형변형에 관련된 계수는 먼저 선변환에 의해 $\Delta x_0, \Delta x_1, \Delta y_0, \Delta y_1$ 과 같은 2차원 벡터 형태로 변환된다. 이때 발생하는 벡터 Δx_0 는 Δx_1 과, Δy_0 는 Δy_1 과 많은 상관성을 띄게 된다. 이렇게 판

련성이 생긴 $\Delta x_0, \Delta x_1$ 집합과 $\Delta y_0, \Delta y_1$ 집합을 각각 2차원 벡터 양자화를 이용해 부호화함으로써 회전 및 선형변형에 관련된 계수의 부호화가 이루어지게 된다.

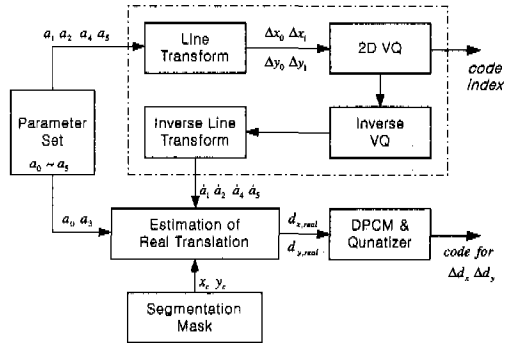


그림 5. 움직임 모형 부호화 시스템 구성도

다음으로, 병진 변위에 관련된 계수는 다음과 같이 부호화 한다. 그림 5에서 표시된 바와 같이, 먼저 부호화된 $\Delta x_0, \Delta x_1, \Delta y_0, \Delta y_1$ 을 복호화하고, 역 선변환을 적용하여 수신 측에서 복호화하게 될 회전 및 선형변형에 관련된 계수 $(\hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_4, \hat{a}_5)$ 를 찾는다. 이렇게 복호화된 계수의 값과 물체의 중심에 대한 정보를 이용하여 (a_0, a_3) 값으로부터 물리적인 의미에 가까운 실제 병진 성분 $(d_{x,real}, d_{y,real})$ 을 찾아낸후 양자화 과정을 거쳐 병진 변위에 관련된 계수를 부호화 되게 된다. 이처럼 회전 및 선형변형 계수의 복호화된 값을 이용하여 병진 계수를 부호화할 경우 회전 및 선형변형 계수의 부호화 오차가 병진 계수의 부호화에 영향을 미치게 된다. 이러한 문제는 차후 연구를 통하여 계속 연구되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 모의 실험 결과 및 고찰

본 절에서는 제안된 움직임 모형 감축법을 이용하여 모의 실험한 결과를 제시하고 그 결과를 분석하였다. 모의실험에 사용된 실험 영상(test sequence)은 "Miss America" 영상(그림 6(a))과 "Carphone" 영상(그림 6(b))으로 QCIF(176x144)의 크기를 가지며 8 비트로 양자화되어 있다. 그리고 사용된 영상 시퀀스의 프레임 레이트는 10Hz로 하

였다. 참고문헌^[8]에서 제안한 방법을 이용하여 영상을 균일한 affine 운동 모형을 갖는 물체로 분할하였다. 또한 움직임 모형은 2 절에서 살펴 본 6 계수 움직임 모형을 사용하였으며^[9], 물체별 움직임 계수를 추정하는 방법으로는 미분추정법을 사용하였다^{[10][11]}.

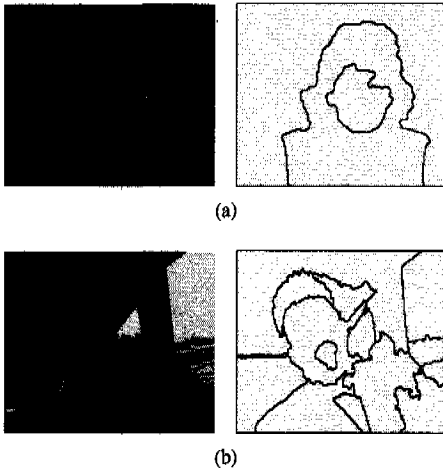


그림 6. 실험에 사용된 영상: (a) Miss America; (b) Carphone

4.1 운동 중심을 가정한 병진 성분의 부호화

표 2는 운동중심에 따른 병진계수의 엔트로피를 구한 것이다. 표 2의 결과는 물체의 중심에 운동의 중심을 두었을 때 발생하는 데이터의 엔트로피가 가장 작음을 보인다.

표 2. 운동중심의 가정에 따른 병진 계수의 엔트로피 변화.

운동중심	엔트로피 (bits/symbol)
영상좌표의 원점	5.9292
영상좌표의 중심	4.6807
물체무게의 중심	4.2319

이렇게 하여 추정된 변위 성분은 영상에 존재하는 물체의 실제적인 병진 변위 성분을 나타내게 된다. 그리고 자연 영상에 존재하는 물체의 움직임은 연속적이며 따라서 이러한 움직임은 시간 방향으로 중복성을 나타내게 된다. 따라서 실제적인 병진 변위 성분은 연속적인 운동의 결과를 나타내게 된다.

이러한 시간 중복성을 이용하기 위하여 병진 변위 성분을 시간적으로 DPCM 부호화한다. 표 3는 회전 및 선형변형의 중심이 물체의 중심에 있다고 가정했을 때 발생하는 병진 운동 성분을 시간 방향으로 DPCM 했을 때의 엔트로피 감소 효과를 보여주고 있다.

표 3. 실제 병진성분 추정에 따른 시간방향 DPCM시 엔트로피 감소효과

	$d_{x,real}$ 와 $d_{y,real}$ 의 엔트로피 (bits/symbol)
DPCM 전	4.2319
DPCM 후	3.8822

4.2 선변환을 이용한 회전 및 선형변형 성분의 부호화

그림 7는 전체적인 부호화 성능을 비교한 것이다. 여기서 x축은 물체당 필요한 움직임 모형 정보 비트량이고 y축은 복호화된 움직임 계수로 움직임 보상시 보상 오차를 나타낸다. 움직임 계수를 직접적으로 부호화하는 기존의 방법과 본 논문에서 제시한 부호화 방법의 성능을 비교하였다. 제안된 부호화 기법은 그림 7에 나타난 것처럼 먼저 선변환에 의하여 회전 및 선형변형 성분을 부호화한뒤, 이들 성분을 복호화한 계수를 이용하여 실제 병진 변위 성분을 부호화하였다. 그림 7에서 알 수 있듯이 같은 움직임 비트 정보에서 제안된 부호화 방법이 훨씬 적은 움직임 보상 오차를 나타내고 또 같은 움직임 보상 오차에서 제안된 방법이 기존 방법보다 움직임 부호화시 정보량이 적음을 알 수 있다.

V. 결론

6 계수 affine 움직임 모형은 2차원의 병진 운동 뿐만 아니라 회전 및 선형변형을 표현할 수 있다. 6 계수 모형을 이용함으로써 발생하는 예측 오차 신호의 절감은 affine 움직임 추정 및 구현상의 복잡함의 증가와 계산량의 증가를 보상한다. 추정된 6 계수는 정수값이 아니기 때문에 전송하거나 저장하기 전에 양자화를 해야 한다. 이때, 움직임 보상의 결과가 이들 계수를 양자화하는 데에 따라 크게 영향을 받으므로 주의를 기해야 한다.

참고 문헌

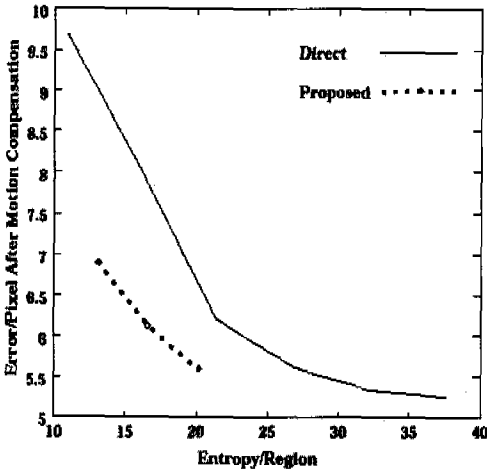


그림 7. 직접적인 계수 양자화 방법과 제안된 부호화 방법의 성능 비교

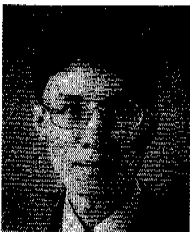
본 연구에서는 6 계수를 부호화하기 위하여 병진 변위 성분과 회전 및 선형변형 성분의 특성을 분석하였다. 먼저 기존의 움직임 모형 및 추정 방법에 의해 계산된 병진 변위 성분은 움직임 물체의 실제 병진 운동을 나타내지 못한다는 것을 확인하였다. 따라서 운동의 중심을 가정하는 방법을 이용하여 실제 물리적 의미의 병진 변위 성분을 추정하였다. 이렇게 추정된 병진 변위 성분의 분포는 기존 방법에 의해 계산된 병진 변위 성분의 분포보다 훨씬 밀집되어 있기 때문에 부호화 효율이 좋음을 알 수 있다. 또한 제안된 방식으로 계산된 병진 변위 성분은 영상에 존재하는 이동 물체의 실제 병진 움직임과 일치함을 확인할 수 있었다. 그리고 자연 영상에 존재하는 이동 물체의 움직임은 불연속적으로 변화할 수 없는 연속적 움직임이기 때문에 제안된 방법으로 계산된 병진 변위 성분을 시간 방향으로 DPCM함으로써 움직임 정보를 크게 줄일 수 있었다. 그리고 회전 성분을 나타내는 계수와 선형변형을 나타내는 계수는 자체 상관성이 존재함을 확인하였다. 이 상관성을 제거하기 위하여 선변환을 이용하였다. 즉 선변환에 의하여 회전 및 움직임을 나타내는 계수들을 움직임 벡터 공간으로 변환하였다. 이러한 방식에 의하여 구하여진 움직임 벡터는 x축 및 y축 성분들 각각 매우 큰 상관성을 나타낸다. 이러한 상관성을 부호화함으로써 움직임 정보를 크게 줄일 수 있었다. 전체적으로 제안된 움직임 부호화 기법은 기존의 움직임 계수의 직접적인 양자화 방법보다 훨씬 우수한 성능을 나타내었다.

- [1] J.-h. Moon and J.-k. Kim, "A recursive estimation algorithm for motion description parameters," Picture Coding Symposium'91, Tokyo, Japan, Sep. 1991.
- [2] H. G. Musmann, M. Hotter, and J. Ostermann, "Object-oriented analysis coding of moving images," Signal Processing: Image Communication, vol. 1, pp. 117-138, 1989
- [3] M. Hotter, "Object-oriented analysis -synthesis coding based on moving two-dimensional objects," Signal Processing: Image Communication, vol. 2, pp. 409-428, 1990
- [4] J. Ostermann, "Object-based analysis-synthesis coding (OBASC) based on the source model of moving flexible 3-D objects," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 3, no. 5, Sept. 1994.
- [5] A. Zakhor and F. Lari, "Edge-based 3D camera motion estimation with application to video coding," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 2, no. 4, pp. 481-498, Oct. 1993.
- [6] Hirohisa Jozawa and Kazuto Kamikura(NTT), "H.263-based video coding using global MC and an affine motion model," MPEG-4 Proposal, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Dallas, USA., Nov. 1995.
- [7] 고윤호, 최재각, 조순제, 이시웅, 김성대, "영역 기반 부호화에서 움직임 정보 부호화 방안," 제 9회 신호처리 합동학술대회 논문집, pp. 995-998, 1996. 10. 12.
- [8] Jae Gark Choi, Si-Woong Lee and Seong-Dae Kim, "Spatio-temporal video segmentation using a joint similarity measure," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 2, pp. 279-286, April 1997.
- [9] C. S. Fuh and P. Maragos, "Motion displacement estimation using an affine model for image matching," Optical Engineering, vol. 30, pp. 881-887, July 1991.
- [10] J.-L. Dugelay and H. Sanson, "Differential methods for the identification of 2D and 3D

motion models in image sequences," Signal Processing:Image Communication, vol.7, no.1, pp.105-127, March 1995.

- [11] S. F. Wu and J. Kittler, "A differential method for simultaneous estimation of rotation, change of scale and translation," Signal Processing:Image Communication, vol.2, pp.69-80, 1991.
- [12] 최재각, "영역기반 영상부호화를 위한 영상분할 및 움직임 정보감축," 한국과학기술원 박사학위 논문, 1997.

최 재 각(Jae Gark Choi) 정회원



1984년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업
 1987년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1997년 8월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사

1987년 2월~1998년 2월: 한국전자통신연구원 선임 연구원
 1998년 3월~현재: 경일대학교 제어제측공학과 전임강사
 <주관심 분야> 영상 및 멀티미디어 통신, VLSI 구현

고 윤 호(Yoon-Ho Ko) 정회원

1995년: 부산대학교 전자공학과 졸업
 1997년: 한국과학기술원 전기 및전자공학과 석사
 1997년~현재: 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정
 <주관심 분야> 영상 및 멀티미디어 통신, VLSI 구현

김 성 대(Seong-Dae Kim) 정회원

1977년: 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1979년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1983년: 프랑스 INPT ENSEEIHT 박사
 1984년~현재: 한국과학기술원 전기및전자공학과 교수
 <주관심 분야> 영상처리, 컴퓨터비전, 영상통신,

VLSI 구현 등

노 철 균(Chul-Kyun Ro) 정회원



1974년: 서울대학교 전기공학과 졸업
 1983년: 영남대학교 전기공학과 석사
 1988년: 영남대학교 전기공학과 박사

1980년~현재: 경일대학교 제어제측공학과 교수
 <주관심 분야> 제어 및 신호처리등