

특집논문-02-07-4-03

고속 움직임 추정을 위한 인접 블록 국부 통계 기반의 적응 탐색 영역 결정 방식

김 지 희*, 김 철 우**, 김 후 중***, 홍 민 철*

An Adaptive Search Range Decision Algorithm for Fast Motion Estimation using Local Statistics of Neighboring Blocks

Ji-Hee Kim*, Chul-Woo Kim**, Hoo Jong Kim*** and Min-Cheol Hong*

요 약

본 논문에서는 동영상 부호화 시 움직임 벡터의 고속 추정을 가능하게 하기 위한 적응 탐색 영역 결정 방식에 대해 제안한다. 시간적 과잉정보를 제거함으로써 압축 효율을 개선하고자 하는 움직임 벡터 추정을 위한 블록 매칭 방식(BMA: Block Matching Algorithm)은 움직임 벡터의 정확성 및 계산량 측면에서 상호 교환적인 특성을 갖고 있다. 고속 움직임 추정을 위한 전처리 과정인 제안 방식은 인접 블록 움직임 벡터의 국부 통계 특성을 이용하여 움직임 탐색 영역을 적응적으로 결정한다. 실험 결과를 통해 제안된 방식이 압축 효율의 손상 없이 상당한 계산량이 줄었음을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose an adaptive search range decision algorithm for fast motion estimation of video coding. Block matching algorithm for motion vector estimation that improves coding efficiency by reduction of temporal redundancy has trade-off problem between the motion vector accuracy and the complexity. The proposed algorithm playing as a pre-processing of fast motion estimation adaptively determines the motion search range by the local statistics of neighboring motion vectors, resulting in dramatic reduction of the computational cost without the loss of coding efficiency. Experimental results show the capability of the proposed algorithm.

I. 서 론

움직임 벡터 추정방식은 동영상 압축 방식에서 압축 효율을 증가시키기 위해 널리 사용되고 있으며, 움직임 벡터 추정 방식은 영상 내에서 겹침이 있거나(overlapping) 또는

겹침이 없는(non-overlapping) 분리된(segmented) 블록 단위나 화소 단위로 적용된다. 시간상 중복하는 정보를 줄이기 위해 연속하는 움직임 벡터 정확성은 영상 간의 모든 화소를 추정하여 높일 수 있으나, 이러한 방식은 방대한 계산량을 가지며, 잡음 환경에서 움직임을 추정할 경우, 추정된 값을 신뢰할 수 없는 문제를 대두시킨다^[1].

BMA(Block Matching Algorithm)는 움직임 벡터 추정 방식 중 가장 대표적인 방식으로 한 블록 안에 모든 화소가 같은 움직임을 갖는다고 가정한다^[1]. 일반적인 BMA는 제한된 움직임 탐색 영역에서 움직임 벡터를 추정하므로,

* 숭실대학교 정보통신전자공학부
School of Electronic Engineering, Soongsil University

** 엠큐브 워크스
Mcube Works

*** SK Telecom

움직임 탐색 영역이 작게 설정된 경우, 압축 효율이 저하되어 예측 정보가 늘어나는 결과를 낳는다. BMA는 탐색 영역의 범위 설정 및 계산량 측면에서 FS(Full Search) 방식과 고속 탐색 방식으로 분류된다. FS 방식은 탐색 영역의 모든 지점에서 BDM(Block Distortion Measure)을 계산하여 움직임 벡터를 결정하므로, 제한된 탐색 영역내에서 정확한 움직임 벡터를 추정할 수 있고, 예측 영상과 원 영상 간의 예측 오차(prediction residual)의 저하로 인해 압축 효율을 개선시킬 수 있는 반면에 방대한 계산량을 갖는다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고속 탐색 방식들이 발전되어 왔다. 그러나, 일반적인 고속 움직임 벡터 추정 방식들은 움직임 벡터의 후보 영역을 일괄적으로 제한하여 계산량이 줄어든 반면에 움직임 벡터 값이 정확히 예측되지 않으므로 압축 효율이 떨어지는 결과를 낳았다^{[2][3]}. 움직임 벡터의 정확한 추정과 계산량의 균형 문제를 해결하기 위해 최근 동적 탐색 영역 결정 방식이 제안되었다^{[4][5]}. 동적 탐색 영역 결정 방식은 DFD(Displaced Frame Difference)나 DBD(Displaced Block Difference)의 임계치 값을 사용하여 움직임 탐색 영역을 결정한다. 그러나, 동적 탐색 영역 결정 방식은 일반적인 고속 탐색 영역 추정 방식에 비해 압축효율은 개선된 반면, 여전히 방대한 계산량 문제를 가지고 있다.

본 논문에서는 블록 기반의 움직임 추정 시 인접 블록 움직임 벡터 사이에 상관성이 존재한다는 성질을 이용하여 움직임 탐색 영역을 적응적으로 결정하는 방식을 제안한다. 일반적으로, 인접 블록의 움직임 벡터들은 처리하고자 하는 블록과 일정 상관관계를 가지므로, 인접 블록 움직임 벡터의 특성을 처리하고자 하는 블록의 움직임 벡터 추정에 효과적으로 이용하면, 계산량 측면에서 이득을 취할 수 있다. 제안된 방식은 인접한 블록의 정보를 이용하여 국부적인 통계적 특성을 결정하고, 이를 바탕으로 처리할 블록의 움직임 탐색 영역을 적응적으로 추정한다. 제안된 방식은 일반적인 BMA 방식의 전처리 과정 역할을 하는 것으로서 움직임 벡터 추정 방식에 관계없이 압축 효율에 영향 없이 상당한 계산량을 감소시킬 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 BMA의 이론적 배경을 기술하고, 일반적인 움직임 벡터 추정 방식을 설명한다. 3장은 새로운 적응 움직임 탐색 영역 결정 방식을 소개한다. 국부 통계적인 특성을 결정하는 방법과 움직임 탐색 영역을 예측하는 방법을 제시한다. 마지막으로 실험 결과와 결론을 4장과 5장에서 기술한다.

II. 이론적 배경

동영상 압축 방식에서 사용되는 BMA움직임 벡터 추정 방식은 시간상 중복되는 과잉 정보를 줄이기 위해 부호화된 이전 영상 내에 설정된 탐색 영역의 $U \times V$ 크기의 블록과 현재 영상 내의 블록과의 유사도를 비교하여 결정하게 된다. 현재 영상의 (x, y) 번째 블록과 이전 부호화 영상과의 유사도는 다음과 같이 측정된다.

$$MAE(i, j) = \frac{1}{UV} \sum_{k=0}^{U-1} \sum_{l=0}^{V-1} \left| \hat{f}_{i-1}(x+i+k, y+j+l) - f_i(x+k, y+l) \right|, \quad -w \leq i, j \leq w \quad (1)$$

식 (1)에서 \hat{f}_{i-1} 와 f_i 는 각기 압축된 이전 영상과 입력 영상을 나타내며, $|\cdot|$ 는 절대값 함수를 의미한다. 또한 $(2w+1)$ 은 움직임 탐색 영역을 나타내며, 움직임 벡터는 탐색 영역 내에서 최소 $MAE(i, j)$ 을 갖는 블록의 위치로 정의된다. FS BMA는 지정된 탐색 영역 내의 모든 위치를 검색하여 최적 위치를 움직임 벡터로 결정하므로 움직임 보상 영상과 원 영상과의 예측 오차 영상을 최소화시켜 압축 효율을 개선하게 된다. 그러나, 상기 방식은 많은 계산량을 필요로 하며, 탐색 영역이 커질수록 계산량은 커지게 된다. FS BMA가 갖고 있는 문제점을 해결하기 위해 다양한 형태의 고속 알고리즘이 개발되었으며, 고속 알고리즘은 휴리스틱(heuristic)한 접근 또는 움직임 벡터의 통계적 특성을 이용한 모델에 근거하여 움직임 벡터를 결정한다. 일반적인 고속 움직임 추정 방식은 제한된 탐색 영역 내에서 최소 MAE 값을 갖는 위치를 찾기 어려우며, 움직임 정도가 클수록, 또는 움직임의 비선형 정도가 클수록 움직임 벡터의 오류는 커지게 되며 압축 효율을 저하시키는 요인이 된다^[6].

식 (1)에서 기술된 BMA 방식은 현재 영상의 임의의 블록과 가장 부합되는 움직임 벡터를 이전 부호화 영상의 직사각형 형태의 탐색 영역 내에서 추정하는 반면에, 특이한 응용 분야에서는 움직임 벡터의 특성을 고려하여 탐색 영역을 다이아몬드 형태로 정의할 수 있다^{[7][8]}.

III. 제안된 방식

임의의 움직임 벡터는 인접 블록간의 움직임의 정도가

매우 유사하거나 큰 상관관계를 갖고 있는 특성이 있다. 그러므로 설정된 탐색 영역 안의 모든 지점을 탐색하는 방식은 상관관계가 낮은 지점까지 탐색하게 되므로 불필요한 연산을 수행하게 되어 계산량을 증대시키는 문제점을 발생하게 된다.

본 논문에서는 인접 블록간의 국부 통계적 특성을 이용하여 적응적으로 탐색 영역을 결정하는 방식에 대해 기술한다. 그림 1에 도시된 바와 같이, 현재 움직임 벡터를 추정할 블록을 E라하고 인접 영역의 블록을 A, B, 그리고 C라 정의하고, 인접 블록의 수평 및 수직 방향의 움직임 벡터를 $(MV_A(x), MV_A(y)), (MV_B(x), MV_B(y))$ 및 $(MV_C(x), MV_C(y))$ 라 가정하며, 최대 탐색 영역 값을 식 (1)과 같이 w 라 정의한다. 위의 가정 및 정의 하에 현재 인접 블록의 움직임 벡터로부터 현재 블록, E가 취할 수 있는 수평 및 수직 방향의 최대 예측 움직임 영역은 다음과 같이 결정된다.

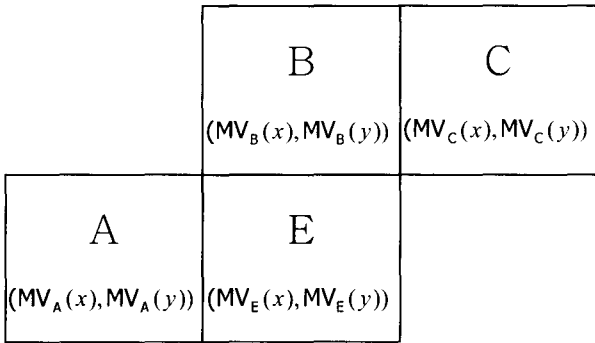


그림 1. 인접 블록의 위치
Fig. 1. Position of neighboring blocks

$$\max_MV(i) = \max(|MV_A(i)|, |MV_B(i)|, |MV_C(i)|) \text{ for } i = x, y \quad (2)$$

식 (2)에서 $\max(\cdot)$ 는 최대 값 함수를 의미하며, i 는 움직임 벡터의 수평 또는 수직 방향의 성분을 나타낸다. 식 (2)에 의해 정의된 국부 최대 움직임 벡터를 움직임 벡터 추정을 위한 탐색 영역으로 사용하는 경우, 다음과 같은 특성을 얻을 수 있다. 먼저, 블록 E 및 인접 블록과의 움직임 정도가 완만하게 변화되는 경우, 식 (2)의 결과는 인접 블록과의 상관관계가 큰 영역(움직임이 없는 영역)에서 만족스러운 결과를 얻을 수 있다. 반면에 블록 E가 움직임이 많은 영역인 경우, 인접 블록과의 상관관계가 떨어지는 이유로 움직임 벡터 오류가 발생하고, 압축 효율을 저하시키

는 문제점을 발생하게 된다. 특히, 현재 사용중인 동영상 표준화 방식들은 현 블록의 움직임 벡터를 인접 블록의 움직임 벡터의 미디언(median) 벡터 값과의 차이 값을 부호화 해서 전송하게 된다. 그러므로, 현재 블록의 움직임 벡터 값이 정확히 결정이 되지 않는 경우, 다음 블록에 영향을 주게 된다. 예를 들어, 움직임이 없는 영역이 지속되었다가 움직임이 큰 영역이 나오는 경우, 가능한 작은 움직임 탐색 영역이 큰 값으로 복귀되어야 한다. 적응 움직임 탐색 방식이 상기 특성을 반영하지 못하면, 식 (2)에 의해 결정된 블록 E를 위한 움직임 벡터 최대 영역 값은 실제 E의 움직임 벡터와 큰 오차를 갖게 되며, 이러한 현상은 다음 블록의 최대 영역 값을 결정하는데 부정적인 영향을 미친다. 상기와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 연구과제에서는 블록 E의 통계적인 특성을 인접 블록을 이용하여 적응적인 국부 탐색 영역을 결정하게 된다. 블록 단위로 움직임 탐색 영역을 적응적으로 결정하기 위해 국부 통계 특성 과정이 지나치게 복잡한 경우, 또 다른 계산량의 문제점을 발생시킬 수 있으므로, 간단한 형태의 수평 또는 수직 방향 움직임 벡터의 국부 특성을 표현하기 위해 다음과 같은 조건을 정의한다.

$$\alpha(i) = |MV_A(i)| + |MV_B(i)| + |MV_C(i)|, \text{ for } i = x, y \quad (3)$$

인접 블록의 움직임 벡터 크기가 작은 경우, 식 (3)의 결과는 작게 결정되며, 특정 인접 블록의 움직임 벡터 값이 크거나, 일정량의 동일한 움직임 벡터 값을 갖는 경우, $\alpha(i)$ 값은 크게 결정된다. 이와 같은 식 (3)의 특성에 따라 다음과 같이 국부 탐색 영역을 결정한다.

$$k(i) = \begin{cases} \frac{w+4}{8} & \text{if } \alpha(i) = 0 \\ \frac{3 \times w + 4}{16} & \text{if } 0 < \alpha(i) \leq 2, \text{ for } i = x, y \\ \frac{w+2}{4} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$local_search_range(i) = \max(k(i), 2 \times \max_MV(i))$$

식(4)의 임계치는 실험적으로 정의하였으며, $k(i)$ 는 식 (3)에서 정의된 인접 블록의 국부 특성을 이용한 수평 또는 수직 방향의 탐색 영역을 의미하며, 위에서 기술한 $\alpha(i)$ 의 특성에 따라, 인접 블록의 움직임 벡터 값이 작고 상관관계가 높을수록 $k(i)$ 는 작게 결정된다. 또한, 식 (4)에서 정의

된 $k(i)$ 값이 작고 현재 처리하고자 하는 블록이 상대적으로 큰 움직임 벡터를 갖게되는 경우, 식 (4)에서 정의된 $k(i)$ 를 움직임 탐색 영역으로 이용하면 움직임 벡터 오류가 발생할 수 있으므로 식 (2)에서 정의된 결과와 비교하여 최대 값을 국부 탐색 영역, $local_search_range(i)$ 으로 정의하였다.

식 (4)에서 결정된 국부 움직임 벡터 영역은 최대 탐색 영역, w 보다 크게 설정될 수 있다. 과도한 계산량을 방지하기 위해 다음과 같이 블록 E가 갖을 수 있는 움직임 벡터 최대 영역을 결정한다.

$$new_search_range(i) = \min(w, local_search_range(i)) \text{ for } i = x, y \quad (5)$$

움직임 벡터를 추정하는 과정에서 그림 1에서 정의한 인접 블록이 영상 경계 영역 밖에 위치한 경우 움직임의 정도를 예측하기 위한 인접 블록의 정보가 부족하게 된다. 본

논문에서는 두 개이상의 인접 블록이 영상 영역 밖에 위치한 경우 위의 단계에 상관 없이 탐색 영역의 크기를 w 로 한다. 반면에 인접 블록 중 한 개만 영상 영역 밖에 위치한 경우 해당 블록의 움직임 벡터 값을 '0'으로 처리하고 위의 과정을 수행하게 된다.

IV. 실험 결과

제안된 동적 탐색 영역 결정 방식을 JVT(Joint Video Team) JM2(Joint Model number 2)에 적용하여 다양한 비트율 및 해상도에 따라 여러 영상에 대해 실험하였다⁹⁾. 그림 2에 실험에 사용한 QCIF 해상도의 Foreman, Container, News 및 Silent voice 동영상과 CIF 해상도의 Paris, Tempete 및 Mobile 동영상의 첫번째 프레임을 나타내었다.

제안된 방식의 성능을 측정하기 위해 PSNR(Peak to Signal to Noise Ratio)가 사용되었으며, 이는 화소당 8bit로 구성된 M×N 영상 크기에 대해 다음과 같이 정의된다.

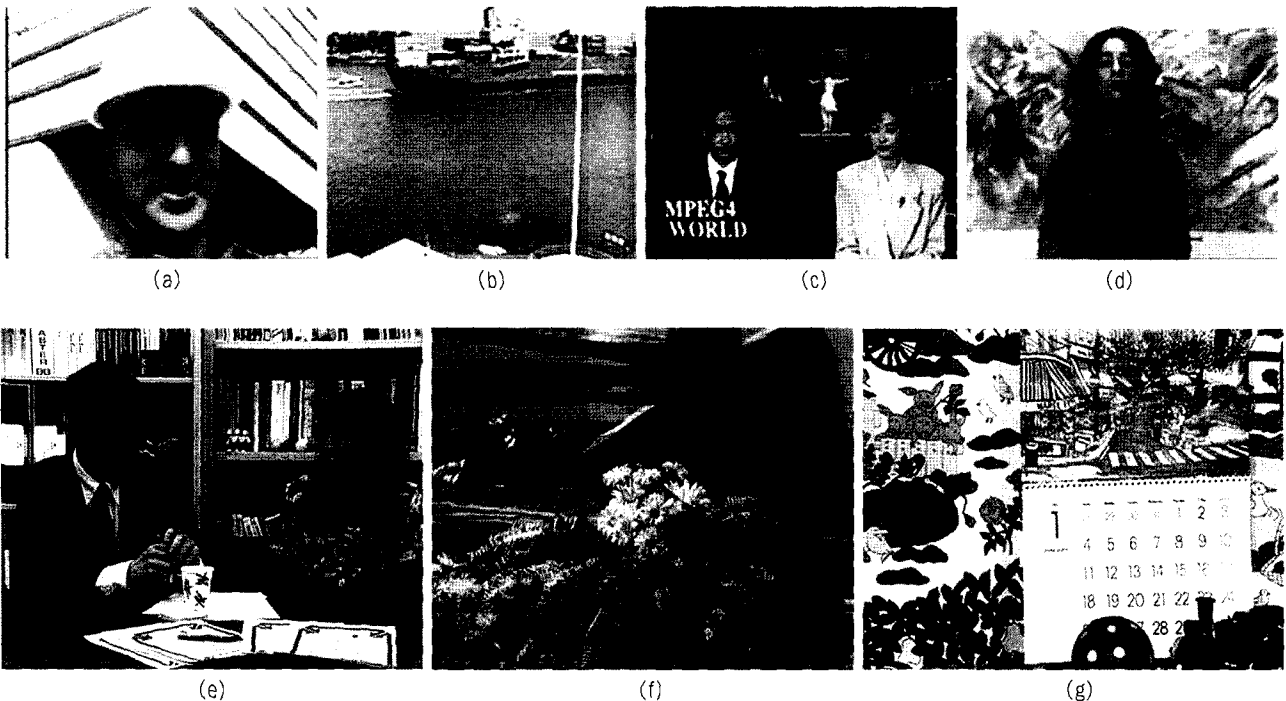


그림 2. 실험에 사용한 동영상 (a)QCIF Foreman 영상 (b)QCIF Container 영상 (c)QCIF News 영상 (d)QCIF Silent voice 영상 (e)CIF Paris 영상 (f)CIF Tempete 영상 (g)CIF Mobile 영상

Fig. 2. Video sequence used for experimental evaluation (a)QCIF Foreman sequence (b)QCIF Container sequence (c)QCIF News sequence (d)QCIF Silent voice sequence (e)CIF Paris sequence (f)CIF Tempete sequence (g)CIF Mobile sequence

표 1. 양자화 인덱스에 따른 비트율 비교 (단위: bits/sec)
Table 1. Bit rate comparison as a function of Quantization index (unit: bits/sec)

해상도	실험영상	부호화 프레임율 (frames/sec)	실험방식	QP=16	QP=20	QP=24	QP=28
QCIF	Foreman	10	JM2	75.21	46.19	28.47	17.94
			JM2+제안방식	75.73	46.55	28.74	18.54
	Container	10	JM2	25.20	13.55	7.77	4.54
			JM2+제안방식	25.28	13.68	7.75	4.52
News	10	JM2	46.59	28.36	16.84	10.03	
		JM2+제안방식	46.71	28.42	17.02	10.11	
Silent Voice	15	JM2	59.90	35.91	20.44	11.54	
		JM2+제안방식	60.32	36.16	20.74	11.66	
CIF	Paris	15	JM2	322.60	193.70	106.33	57.96
			JM2+제안방식	334.37	195.16	107.76	59.01
	Tempete	30	JM2	1380.0	680.63	322.22	166.88
			JM2+제안방식	1381.8	681.63	323.41	168.41
Mobile	30	JM2	1905.8	975.26	452.99	233.53	
		JM2+제안방식	1901.4	970.37	449.92	233.22	

표 2. 양자화 인덱스에 따른 PSNR 비교 (단위: dB)
Table 2. PSNR comparison as a function of Quantization index (unit: dB)

해상도	실험영상	부호화 프레임율 (frames/sec)	실험방식	QP=16	QP=20	QP=24	QP=28
QCIF	Foreman	10	JM2	35.94	33.25	30.67	28.14
			JM2+제안방식	35.94	33.24	30.62	28.08
	Container	10	JM2	35.91	33.24	30.55	27.82
			JM2+제안방식	35.89	33.22	30.51	27.79
News	10	JM2	36.65	33.72	30.67	28.09	
		JM2+제안방식	36.68	33.72	30.66	28.06	
Silent Voice	15	JM2	35.76	32.93	30.41	27.85	
		JM2+제안방식	35.77	32.93	30.41	27.85	
CIF	Paris	15	JM2	35.40	32.42	29.49	26.76
			JM2+제안방식	35.42	32.38	29.49	26.70
	Tempete	30	JM2	34.74	31.61	28.75	26.17
			JM2+제안방식	34.74	31.60	28.74	26.16
Mobile	30	JM2	33.81	30.44	27.28	24.42	
		JM2+제안방식	33.81	30.44	27.26	24.38	

표3. 양자화 인덱스에 따른 계산량 절감 (단위: %)
Table 3. Complexity reduction as a function of Quantization index (unit: %)

해상도	실험영상	부호화 프레임율 (frames/sec)	QP=16	QP=20	QP=24	QP=28	평균
QCIF	Foreman	10	44.02	43.85	45.32	47.92	45.28
	Container	10	62.98	64.33	65.56	66.50	64.84
	News	10	61.37	62.30	63.60	65.07	62.72
	Silent Voice	15	61.49	62.23	61.89	62.77	62.10
CIF	Paris	15	62.86	64.07	65.34	66.92	64.80
	Tempete	30	63.09	63.14	64.93	65.38	64.14
	Mobile	30	62.42	64.60	64.11	67.56	64.67

$$PSNR = 10 \log \frac{MN \times 255^2}{\|f - \hat{f}\|^2}, \quad (6)$$

식 (6)의 $\|\cdot\|$ 은 Euclidean norm을 의미하며, f 및 \hat{f} 는 각각 원 영상과 복원 영상을 의미한다. 더불어, 계산량의 비교를 위한 1 프레임 부호화 시 요구되는 평균 시간 (E.T.F: Encoding Time per Frame)을 사용하였다.

$$saving(\%) = \frac{E.T.F. (JM2) - E.T.F. (JM2 + proposed algorithm)}{E.T.F. (JM2)} \times 100 \quad (7)$$

표 1에 JM2에서 정의한 양자화 인덱스에 따른 부호화 비트율 비교를 나타내었다. 상기 표에서 JM2방식과 JM2 방식에 제안된 방식을 전처리 과정으로 사용한 결과를 비교하였다. 다양한 영상에 대해 움직임 벡터 추정 오류에 의해 부호화 비트율이 약 1(%) 미만으로 증가하였음을 확인할 수 있었으며 움직임 벡터 오류는 움직임이 많은 영상일수록 상대적으로 많음을 확인할 수 있었다. 표 2는 양자화 인덱스에 따른 PSNR 비교를 나타내었으며, 제안된 방식을 사용한 결과는 평균 0.02(dB)의 성능 저하를 나타냄을 알 수 있다. 표 3은 제안 방식에 의한 부호화부의 계산량 감소를 나타냈으며, 다양한 해상도 및 움직임 영상에 지속적인 계산량의 이득을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다. 제안 방식에 의한 계산량의 이득은 평균 55(%) 이었으며, 상대적으로 움직임이 많은 예를 들어, Forman 영상의 계산량 이득이 움직임이 적은 Container 영상보다 적음을 알 수 있다. 이는 제안 방식이 적응적으로 움직임 탐색 영역을 제어하는 특성을 갖고 있어서, 움직임이 많은 영상일수록 계산량 이득이 줄어든 결과에 기인한다.

제안 방식은 움직임 벡터 추정을 위한 전처리 과정으로 움직임 벡터 예측 방식과 관계없이 일정 계산량을 줄일 수 있는 능력을 갖고 있음을 확인할 수 있었으며, 다양한 실시간 동영상 서비스에 활용 가능할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 논문에서는, 인접한 블록의 통계적 특성을 이용하여 움직임 벡터 탐색 영역을 적응적으로 제어하는 방식을 제안하였다. 실험을 통해 제안된 방식이 화질의 손실 없이 계

산량을 효율적으로 감소시키는 것을 확인 할 수 있었다.

현재 인접 블록 움직임 벡터의 고차 모멘트를 이용한 탐색 영역 결정 방식을 연구 중에 있다. 단순화된 고차 모멘트 방식이 고려될 경우 다양한 형태의 국부 특성을 반영할 수 있을 것이며 영상 화질 저하 없이 계산량을 더욱 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, "Image and Video Compression Standards," *Kluwer Academic Publishers*, 1997.
- [2] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima, and T. Ishiguro, "Motion compensated interframe coding for video conferencing," Proc. NTC81, pp. G5.3.1-5.3.5, Dec, 1981.
- [3] R. Li, B. Zeng, and M. L. Liou, "A new three-step search algorithm for block motion estimation," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 4, pp. 438-442, Aug. 1994.
- [4] L. W. Lee, J. F. Wang, J. Y. Lee, and J. D. Shie, "Dynamic search window adjustment and interlace search for block-matching algorithm," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 3, pp. 85-87, Feb, 1993.
- [5] H. S. Oh and H. K. Lee, "Adaptive adjustment of the search window for block-matching algorithm with variable block size," *IEEE Trans. On Consumer Electronics*, Vol. 44, pp. 659-666, Aug. 1998.
- [6] Y. Wang, J. Osterman, and Y.-Q. Zhang, "Video Processing and Communications," Prentice-Hall, 2002.
- [7] J. Y. Tham, S. Ranganath, M. Ranganath, and A. A. Kassim, "A novel unrestricted center-biased diamond search algorithm for motion estimation," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 8, pp. 369-377, Aug. 1998.
- [8] V. Christopoulos and J. Cornelis, "A center-biased adaptive search algorithm for block motion estimation," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 10, pp. 423-426, Apr. 2000.
- [9] ITU-T SG16/Q15, "Joint Committee Draft (CD) of Joint Video Specification," *ITU-T Rec. H.264 / ISO/IEC 14496-10 AVC*, Jan. 2002.

저 자 소 개



김 지 희

- 1997년 3월~2001년 2월 : 송실대학교 정보통신전자공학부 (학사)
- 2001년 3월~2003년 2월 : 송실대학교 정보통신전자공학부 (석사 예정)
- 주관심분야: H.26L, MPEG-4 동영상 표준 부호화 방식



김 철 우

- 1987년 3월~1991년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (학사)
- 1991년 3월~1993년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (석사)
- 1993년 3월~1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (박사)
- 1998년 3월~2000년 3월 : LG 전자 DM연구소 선임연구원
- 2000년 3월~2000년 12월 : ACS Technology 책임연구원
- 2001년 1월~현재 : (주)엠큐브웍스 기술이사
- 주관심분야 : H.263 및 H.26L, MPEG-4 비디오 표준화 및 멀티미디어 통신 시스템



김 후 중

- 1988년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (학사)
- 1995년 8월 : 서강대학교 전자공학과 (석사)
- 2000년 2월 : 국민대학교 전자공학과 (박사 재학 중)
- 1988년 1월~1995년 8월 : LG정보통신 이동통신연구단 선임연구원
- 1995년 9월~현재 : SK텔레콤 Terminal개발팀장
- 주관심분야 : 이동통신 시스템, Wireless Terminal



홍 민 철

- 1998년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (학사)
- 1990년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (석사)
- 1990년~1991년 : LG 정보통신 (연구원)
- 1997년 12월 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 (박사)
- 1997년~1998년 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 (Research Fellow)
- 1998년~2000년 : LG전자 DM연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수
- 주관심분야 : Image restoration and enhancement, Nonlinear video processing and filtering, Advanced video coding, Motion Modeling and analysis, Image blind deconvolution