

저속 동영상에 효과적인 움직임 벡터 부호화 알고리즘

정희원 문용호*, 김영국***, 장정환*, 김재호**

An Efficient Motion Vector Coding Algorithm for the Video Sequence with Slow Motion

Yong ho Moon*, Young kuk Kim***, Jung hwan Chang*

Jae ho Kim** *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 움직임이 작은 동영상에 효과적인 새로운 움직임 벡터 부호화 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘에서는 새롭게 정의된 파라미터를 이용하여 동영상의 움직임 정도를 추정한다. 그리고 움직임이 작은 경우에 움직임 벡터차는 기존 부호어들로부터 생성되는 단일 결합 부호어에 의하여 압축된다. 모의 실험 결과는 움직임이 작은 동영상에 대하여 제안 알고리즘이 기존 방식들에 비하여 평균 15% 정도의 성능 향상을 보였다. 또한 제안 알고리즘은 새로운 통계치의 계산이나 부가적인 메모리 사용이 요구되지 않는 장점을 지닌다.

Key Words : Motion Vector, Variable Length Coding, MPEG-4

ABSTRACT

In this paper, we propose a new efficient motion vector coding algorithm for the video sequence with slow motion. In the proposed algorithm, the amount of motion for a given video sequence is determined by a Skip_rate parameter. The motion difference for slow motion is encoded with a combined codeword which is generated from the conventional codewords. The simulation results show that the proposed algorithm achieves approximately 15% bits gain compared to the conventional methods. Moreover, additional memory and calculations for statistical observation are not required in the proposed algorithm.

I. 서 론

오늘날 등장한 멀티미디어 응용 서비스들은 MPEG-2, MPEG-4, H.263 등과 같은 동영상 압축 표준 기술[1-3]을 기반으로 발전되어 왔다. 그리고 기존의 압축 표준 기술은 움직임 추정 및 보상, DCT 계수 부호화에 대하여 수행된 많은 연구들에 의하여 지속적으로 개선되어 왔다. 그러나 이 같은 성능 향상은 오늘날 움직임 벡터의 데이터 량이 상대적으로 큰 비중을 차지하는 결과를 가져왔다. 따

라서 압축 성능을 더욱 향상시키기 위해서는 움직임 벡터에 대한 효율적인 부호화가 요구된다. 그런데 움직임 벡터에 관한 지금까지의 연구들은 주로 움직임 추정, 움직임 벡터 예측, 그리고 복원단에서의 오류정정에 대하여 수행되었다[4-6]. 즉, 오늘날 중요성에도 불구하고 움직임 벡터 부호화 방식에 관한 연구는 활발하지 못하였다.

일반적인 동영상 압축 표준에서 움직임 벡터는 가로와 세로 방향 성분으로 분리되어 중간값(Median) 예측 기법에 의하여 각 성분들이 추정되어 진다. 그

* 부산외국어대학교 디지털정보공학부(lyhmoon5, jhchang}@pufs.ac.kr),

** 부산대학교 일반대학원 전자공학과 (eettc7@chol.com, jhkim@pusan.ac.kr)

*** LG전자 DDM 사업부(kyk1975@hotmail.com)

논문번호 : KICS2004-08-143, 접수일자 : 2004년 8월 10일

리고 이때 얻어진 각 방향의 움직임 벡터차(MVD)는 허프만 부호화 기법에 기초하여 독립적으로 가변길이 부호화된다. 그러나 기존 표준 방식에 의하여 움직임 벡터가 항상 효과적으로 압축된다고 보장할 수는 없다. 왜냐하면 기존 표준 방식은 영상의 복잡도나 움직임 정도에 관계없이 항상 중간값 예측 기법과 각 성분에 대한 가변길이 부호화를 적용하기 때문이다. 즉, 표준 방식은 단순히 일반적인 통계적 특성에 기초한 것으로 영상의 특성을 부호화에 반영하지 못하는 문제를 지닌다.

Yu[7]는 가로 및 세로 방향에 대하여 얻어진 각각의 MVD를 하나로 결합한 2차원으로 부호화 방식을 제안하였다. 그러나 이 방식은 2차원 허프만 부호화를 위하여 새로운 통계치들이 계산되어야 하며 움직임이 빠른 동영상에 적합하지 않다는 단점을 지닌다. 한편, 움직임이 많고 복잡한 동영상에 대한 움직임 벡터 부호화 성능의 향상을 위하여 최소 비트율 예측(MBP) 방식[8]이 제안되었다. 일반적으로 움직임이 많거나 복잡한 영상에 있어서 중간값 예측 기법은 적합하지 않아서 부호화 성능을 감소시킨다. 이를 해결하기 위하여 MBP 방식에서는 영상내 움직임 정도에 따라 움직임 벡터를 효과적으로 예측함으로써 MVD 크기를 감소시켰다. 그러나 이 방식은 움직임이 작은 경우에 여전히 기존의 중간값 예측 기법을 적용한다. 따라서 이 방식은 움직임이 작은 동영상에서는 큰 효과를 발휘하지 못한다.

최근에 화상회의(Video Conference)나 화상 전화(Video Phone)와 같은 응용 분야가 많은 주목을 받고 있다. 이들 분야에서 다루어지는 동영상들은 특성상 움직임이 비교적 작고 단순한 형태의 영상들로 구성된다. 그런데 지금까지 제시된 부호화 방식들은 이러한 동영상에서의 움직임 벡터를 압축하는데 효과적이지 않다. MBP 방식은 그 자체가 움직임이 큰 영상을 목표로 하고 있으므로 움직임이 작은 동영상에 대해서는 성능 향상을 기대할 수 없다. 오히려 기존 표준 방식에 비하여 부호화 성능이 떨어지는 경우도 존재한다. 또한 Yu의 방식은 새로운 통계치들의 계산과 더불어 새롭게 얻어진 테이블을 저장하기 위해 많은 메모리가 필요하다. 따라서 움직임이 작은 특성을 지닌 동영상에 Yu의 방식을 적용하는 것은 타당하지 않다.

본 논문에서는 움직임이 작은 특성을 지닌 동영상에 효과적인 새로운 움직임 벡터 부호화 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여 제안 알고리즘에서는

먼저 압축할 현재 블록의 움직임 정도를 추정한다. 그리하여 움직임이 작다고 판정된 경우에는 기존의 허프만 테이블에 기반한 새로운 2차원 부호화를 수행한다. 즉, 기존 부호화 테이블을 이용하여 가로와 세로 방향의 MVD값들을 결합하여 동시에 부호화한다. 이것은 새로운 통계치의 계산과 부가적인 메모리 할당을 필요로 하지 않는다. 한편, 움직임이 크다고 판정된 경우에는 기존의 최소 비트율 예측 방식을 적용하여 각 방향에 대한 MVD를 독립적으로 부호화한다. 따라서 제안 알고리즘은 움직임이 큰 동영상의 경우에도 효과적인 부호화를 수행할 것이다.

II. 기존 움직임 벡터 부호화 알고리즘

2.1 중간값 예측 방식

기존의 동영상 압축 표준에서는 움직임 추정 과정에서 얻어진 움직임 벡터(MV)를 이미 압축된 주위 후보 블록의 움직임 벡터들의 중간값(Median)으로 추정한다. 그리고 이때 얻어진 MVD를 허프만 부호화 방식에 기반하여 압축한다. 그림 1은 중간값 예측 기법에 의한 움직임 벡터 부호화 과정을 나타낸다.

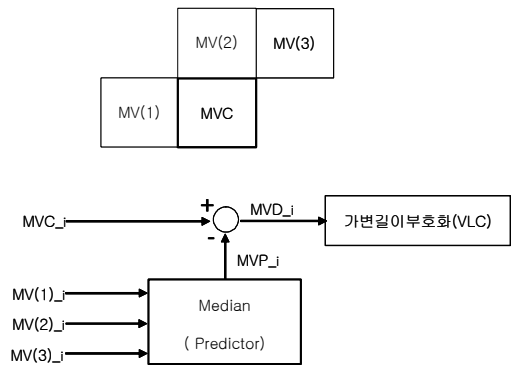


그림 1. 중간값 예측 기법에 의한 움직임 벡터 부호화.

여기서, i 는 가로와 세로 방향을 나타내는 첨자이다.

그림 1에서 MVC_i 는 압축할 현재 블록에 대한 i 방향 움직임 벡터를 나타낸다. 그리고 MVP_i 와 MVD_i 는 주위 후보 블록들의 움직임 벡터들로부터 얻어지는 추정 벡터와 실제로 압축되는 MVD를 나타낸다. 식(1)과 식(2)는 각각에 대한 계산 방식을 나타낸다.

$$MVP_i = med(MV(1)_i, MV(2)_i, MV(3)_i) \quad (1)$$

$$MVD_i = MVC_i - MVP_i \quad (2)$$

기존의 표준 방식은 항상 중간값 예측 기법을 이용하여 각 방향 성분에 대한 MVD를 추정한 후 독립적으로 부호화한다. 따라서 기존 표준 방식에서는 영상의 특성이 고려되지 않아서 효율적인 압축이 수행되지 못하는 상황이 발생한다.

2.2 최소 비트율 예측 방식

최소 비트율 예측(MBP) 방식은 주어진 영상에 대한 움직임 정도와 복잡도에 따라 움직임 벡터를 효과적으로 추정함으로써 부호화 효율을 향상시키고자 하였다. MBP 방식에서는 주위 후보 블록들의 움직임 벡터에 대한 최대, 최소 차이를 계산함으로써 현재 블록의 움직임 정도를 예측한다. 식 (3)은 이같은 과정을 나타낸다.

$$\Delta_i = MV_{\max_i} - MV_{\min_i}$$

where, $MV_{\max_i} = \max\{MV(1)_i, MV(2)_i, MV(3)_i\}$
 $MV_{\min_i} = \min\{MV(1)_i, MV(2)_i, MV(3)_i\}$

(3)

그리고 이때 구해진 Δ_i 가 임계값보다 크면 움직임이 크다고 판정한다.

MBP 방식에서 움직임 작다고 판정된 경우에는 기존 표준 방식에 따라 부호화를 수행한다. 그러나 움직임이 크다고 판정된 경우에는 MVD를 최소로 하는 후보블럭의 움직임 벡터를 추정 벡터로 설정하고 이때 얻어진 MVD를 부호화한다. 식 (4)와 식 (5)는 이와 같은 과정을 나타낸다.

$$k = \arg \min_j \{ \min(|MVC_i - MV(j)_i|) \} \text{ for } j = 1, 2, 3 \quad (4)$$

$$MVD_i = MVC_i - MVP_i = MVC_i - MV(k)_i \quad (5)$$

식(4)와 식(5)는 기존 표준 방식에 비하여 보다 작은 MVD가 MBP 방식에서 부호화되어짐을 보여준다. 그런데 이 방식에서는 3가지 움직임 후보 벡터들 가운데 어느 것이 추정 벡터로 이용되었는지에 대한 정보가 복원단으로 전송되어야 한다. 이것은 각 방향당 부가 비트량이 요구됨을 의미한다. 그러나 이러한 비트 증가는 MVD 크기 감소로 인하여 비트 감소량으로 충분히 상쇄되어진다. 따라서 MBP 방식은 움직임이 많고 복잡한 영상에 대하여

부호화 효율의 개선을 가져온다.

그러나 이 방식은 움직임이 작은 경우에는 기존의 중간값 예측 기법을 적용하므로 성능 향상을 가져오지 못한다. 심지어 동영상에 따라서는 부호화 성능의 감소를 초래하기도 한다. 따라서 움직임이 작은 동영상에 대하여 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 효과적인 부호화 방식의 개발이 필요하다.

III. 제안하는 움직임 벡터 부호화 알고리즘

일반적으로 움직임이 작고 단순한 형태의 동영상들에서 가로와 세로 방향의 MVD 값들은 주로 (0,0) 근처 영역에 존재한다고 알려져 있다. 그림 2는 가로, 세로 방향에 대한 Δ_i 가 모두 1.0보다 작은 경우에 대하여 MVD의 발생을 2차원 확률 분포로 나타낸 것이다. 그림 2는 확률 분포가 국소 영역에 집중되는 현상을 잘 보여준다. 따라서 국부 영역에 존재하는 MVD를 효과적으로 부호화한다면 압축 성능이 향상될 것이다.

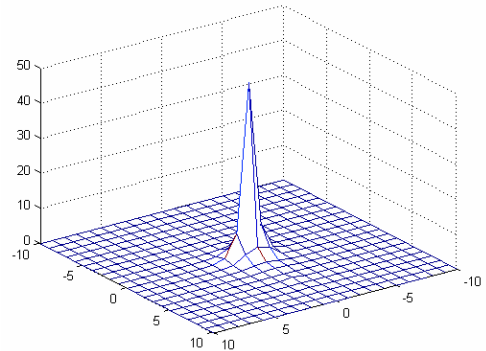


그림 2. MVD의 2차원 확률 분포(News 동영상)

그런데 가로 방향과 세로 방향의 움직임 정보들을 하나로 합쳐서 2차원으로 부호화 할 경우에 부호화 성능이 향상될 수 있다는 사실이 제시되었다 [4]. 이것은 엔트로피를 조사해 봄으로써 확인할 수 있다. 본 논문에서는 가로와 세로 각 방향을 독립적으로 부호화할 경우와 2차원으로 결합하여 부호화할 경우에 대하여 엔트로피를 조사하였다. 표 1은 대표적인 영상에 대한 엔트로피 비교 결과이다.

표 1로부터 2차원으로 결합한 경우의 엔트로피가 독립적으로 부호화할 경우보다 항상 작음을 알 수 있다. 이것은 MVD를 2차원으로 결합하여 처리하는 것이 보다 효율적이라는 사실을 의미한다. 그러나 표 1은 어떤 부호화 기법이 적합한가에 관한 정보

표 1. 엔트로피 비교

Sequence	H(X)+H(Y)	H(XY)
Hall	2.809	2.583
Container	1.433	1.357
Silent	4.401	4.107
Foreman	5.091	4.706
News	3.579	3.427

는 제공하지 않는다. 따라서 성능 향상을 실질적으로 가져올 수 있는 부호화 방식이 개발되어야 한다. 이에 본 논문에서는 국부 영역에 분포된 MVD에 효과적인 새로운 부호화 기법을 제안하고 자 한다.

3.1 단일 결합 부호어 생성 기법

MPEG-4 압축 표준에서 MVD는 허프만 부호화 방식에 의하여 생성된 부호어(Codeword)들로 구성된 VLC 테이블에 의하여 독립적으로 부호화된다. 그런데 부호어의 마지막 비트가 항상 MVD의 부호를 나타내고 있음을 쉽게 알 수 있다. 이것은 기존 부호어를 크기부와 부호부로 분리할 수 있게 한다. 표 2는 이 사실을 기초로 MPEG-4 압축 표준에서의 MVD에 대한 부호어를 정리한 것이다.

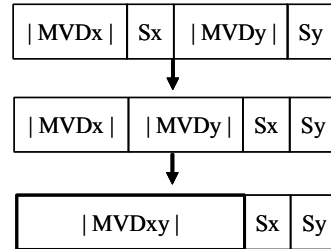
기존 부호어가 크기부와 부호부로 분리될 수 있다는 사실은 움직임 벡터 부호화에 대한 기존 비트열 구분 구조를 그림 3의 (a)와 같이 변경할 수 있게 한다. 여기서 S는 부호비트를 의미하고 첨자 x와 y는 방향을 나타낸다. 그림 3의 (a)에서 새롭게 제시된 |MVD_{xy}|는 |MVD_x|와 |MVD_y|를 결합한 2차원 형태의 단일 구분 요소이다. 따라서 |MVD_{xy}|에 대하여 어떤 부호화 방식을 적용할 것인가는 매우 중요한 사항이다.

표 2. MPEG-4 압축 표준에서의 MVD에 대한 부호어.

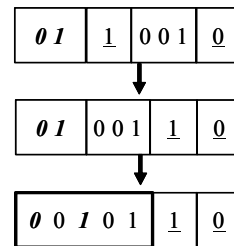
MVD	부호어	
	크기(MVD _i)	부호비트
0	1	x
0.5 (-0.5)	01	0 (1)
1.0 (-1.0)	001	0 (1)
1.5 (-1.5)	0001	0 (1)
2.0 (-2.0)	0000 11	0 (1)
2.5 (-2.5)	0000 101	0 (1)
3.0 (-3.0)	0000 100	0 (1)
....

본 논문에서는 복원 가능성이 보장되고 기존 VLC 테이블을 활용한다는 조건하에서 다음과 같은 단일 결합 부호어 생성 기법을 제안한다.

- |MVD_x|와 |MVD_y|에 대한 부호어를 기존 VLC 테이블에서 읽는다.
- 읽혀진 부호어들을 짝수 위치에는 |MVD_x|의 비트가, 홀수 위치에는|MVD_y|의 비트가 오도록 재구성한다.



(a) 구분 구조 변경



(b) MVD_x=-0.5, MVD_y=1.0

그림 3. 구분 구조 변경과 단일 결합 부호어 생성의 예.

그림 3의 (b)는 MVD_x=-0.5, MVD_y=1.0인 경우에 제안하는 생성 기법에 따라 얻어지는 비트열을 보여준다. 그림 3의 (b)로부터 단일 결합 부호어가 기존 부호어들로부터 쉽게 생성됨을 알 수 있다.

그러나 이렇게 생성된 단일 결합 부호어는 실질적인 비트율의 개선을 가져오지 못한다. 왜냐하면 이것은 국부 영역의 특성을 고려하지 않고 2개의 부호어들을 결합한 것이기 때문이다. 이 같은 사실은 그림 3의 (b)에서 총 비트 수에 변화가 없다는 사실에서 쉽게 확인할 수 있다. 따라서 국부 영역의 특성을 반영하는 단일 결합 부호어가 필요하다.

이를 위하여 본 논문에서는 표 3과 같이 정의되는 단일 결합 부호어를 제안한다. 표 3에서 d는 |MVD_x|와 |MVD_y|의 최소값이고 P는 x 또는 y방향을 나타내는 비트이다.

표 3을 볼 때, 최초의 1이 나타나는 위치로부터 d값을 쉽게 알 수 있다. 그리고 최초의 1이후에 존재하는 비트 열들을 방향별로 분리하면 |MVD_x|와 |MVD_y| 각각에 대한 원 부호어들을 얻을 수 있다. 따라서 제안하는 단일 결합 부호어는 부가적인 정보 없이 항상 복원이 가능하다.

표 3. 제안하는 단일 결합 부호어.

d	0	0.5	1.0	1.5	...
(0,d) (d,0)	1				
(0.5,d) (d,0.5)	01 P 1	001			
(1.0,d) (d,1.0)	01 P 01	0001 P 1	000011 000011		...
(1.5,d) (d,1.5)	01 P 001	0001 P 01	000010 1 000001 1	00000011 00000011	...
(2.0,d) (d,2.0)	01 P 00011	0001 P 0011	000010 011 000001 011	00000010 11 00000001 11	...
(2.5,d) (d,2.5)	01 P 000101	0001 P 00101	000010 0101 000001 0101	00000010 100 00000001 100	...
...

3.2 국부 영역 부호화 방식

앞에서 제안한 단일 결합 부호어는 MVD의 2차원 확률 분포가 (0,0)에 집중된 경우에 비트율 이득을 가져오지만 확률 분포가 넓을 수록 비트율 손실이 야기될 수 있다. 일반적으로 움직임이 작은 영상에서 좁은 확률 분포가, 움직임이 큰 영상에서 넓은 확률 분포가 나타날 것이라는 것을 쉽게 예상할 수 있다. 따라서 비트율 손실을 제거하기 위해서는 궁극적으로 움직임 정도에 대한 정보가 요구된다.

그런데 MBP 방식에서 움직임의 정도를 측정하기 위하여 사용된 Δ_i 는 실제로 문제점을 지니고 있다. Δ_i 는 단순히 주위 후보 블록의 움직임 벡터들간에 존재하는 최대 변이를 나타낸다. 따라서 Δ_i 가 작다는 사실이 MVD_i 값 역시 작다는 것을 의미하지 않는다. 이러한 이유로 단일 결합 부호어의 효과를 증가시키기 위하여 움직임 정도를 보다 잘 반영하는 새로운 파라메타가 필요하다.

동영상 압축에서 주어진 현재 매크로 블록에 대한 정합 블록이 탐색 영역의 중앙에 위치하고 대응하는 오차 블록의 DCT 계수들이 모두 0으로 양자화되는 경우가 존재한다. 이러한 매크로 블록을 생략 매크로 블록 (Skipped MB)이라고 한다. 이 경우에 복원은 탐색 영역의 중앙에 위치하는 블록을 현재 블록의 위치에 단순히 복사함으로써 수행된다. 일반적으로 생략 매크로 블록은 움직임이 작을수록 많이 나타난다. 따라서 생략 매크로 블록 수와 동영상의 움직임 정도간에는 상관성이 존재할 가능성이 크다.

이에 본 논문에서는 다양한 동영상들에 대하여 생략 매크로 블록의 비율을 조사하였다. 표 4는 이전 프레임에 있어서 3가지 후보 블록들중 하나라도 생략 매크로 블록에 해당하는 경우의 발생 비율을

나타낸다.

표 4. 생략 매크로 블록의 발생 비율.

Sequences	QP8_FR10	QP8_FR15	QP8_FR30
Hall	39.47	45.41	55.87
Container	39.98	47.22	50.87
News	24.67	28.56	36.49
Silent	19.20	22.22	28.08
Foreman	1.14	2.21	6.65

표 4로부터 움직임이 작은 동영상일수록 비율이 높은 반면에 움직임이 큰 동영상에서는 비율이 낮음을 알 수 있다.

이러한 사실에 기초하여 본 논문에서는 다음과 같은 파라메타를 정의한다.

$$Skip_rate = \frac{\text{후보블록에 생략 매크로블록이 존재할 경우의 수}}{\text{움직임 벡터의 전체 개수}} \quad (6)$$

이전 프레임에서 계산된 Skip_rate가 주어진 임계값보다 클 경우에 현재 프레임의 움직임이 작다고 판단하여 국부 영역에 대하여 단일결합 부호어를 적용한다. 그림 4는 제안 알고리즘의 흐름도이다.

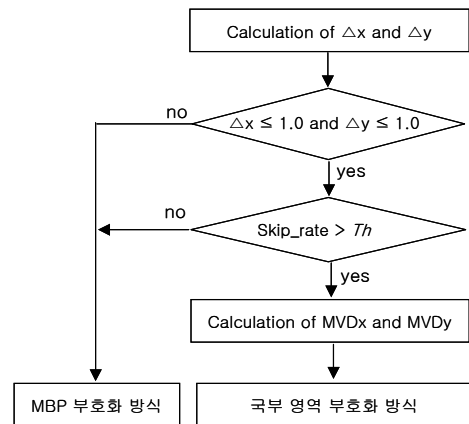


그림 4. 제안 알고리즘의 흐름도

IV. 실험 결과 및 고찰

기존 방식들과 제안 방식은 움직임 추정에서 결정되어진 움직임 벡터 정보를 무손실로 압축한다. 따라서 제안 방식에 의하여 동영상의 화질은 저하되지 않으며 기존 방식들을 적용하였을 경우와 동일한 복원 영상을 얻게 된다. 이 같은 이유로 본 논문에서는 제안 알고리즘의 우수성을 확인하기 위해

여 MPEG-4 부호화기[9]를 통하여 기존 방식들과 제안 방식간의 압축 성능을 비교, 평가하였다. 모의 실험은 300프레임으로 구성된 다양한 QCIF 및 CIF 형식의 동영상 시퀀스들에 대하여 수행되었다. 이때 탐색 범위는 -16.0~15.5로 설정하였고 고급 예측 모드를 적용하였다. 그리고 움직임 정도를 판정하기 위하여 사용된 임계값 Th 는 0.15로 설정하였다.

표 5는 QP를 8로 설정한 경우에 있어서 비트 이득을 비교한 것이다. 표 5에서 m, M, 그리고 PA는 중간값 예측 기법을 이용한 기존 표준 방식, MBP 방식, 그리고 제안 알고리즘을 각각 나타낸다. 표 5의 m_M에서 이득이 음수인 것은 MBP 방식이 기존 표준 방식보다 비트가 많이 소모된 것을 나타낸다. 또한 비교적 움직임이 작은 동영상에 대하여 MBP방식에 의한 비트 이득은 1%미만이다. 이 같은 사실은 MBP 방식이 움직임이 작은 동영상에 적합하지 않음을 의미한다. 한편 제안 알고리즘은 기존 표준 방식과 MBP 방식보다 항상 우수함을 알 수 있다. 특히, 움직임이 작은 동영상에 있어서 제안 알고리즘은 평균 15%정도의 비트 이득을 보여 준다.

본 논문은 앞에서 고찰한 사실들이 보다 다양한 압축 환경에서도 성립하는 지 조사하였다. QP=6,10,12 그리고 FR=10,15,30에 대한 모의 실험 결과 동일한 경향이 나타남을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 동영상 압축 방식에서 움직임 벡터의 부호화 효율을 개선시키기 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 기존의 방식들은 화상 회의나 화상 전화와 같은 응용 분야에서 주로 다루어지는 움직임이 작은 동영상에 대하여 효과적인 압축을 수행하지 못하였다.

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 동영상의 움직임 정도를 반영하는 새로운 파라메타와 움직임이 작은 경우에 효과적인 압축을 수행하는 단일 결합 부호어를 제안하였다. 모의 실험 결과는 기존 방식들에 비하여 제안 알고리즘이 우수함을 보여준다. 특히, 움직임이 작은 동영상에 있어서는 제안 알고리즘은 기존 방식들에 비하여 평균 15%정도의 압축 성능 향상을 보였다. 또한 제안 알고리즘은 새로운 통계치의 계산이나 부가적인 메모리 사용이 요구되지 않는 장점을 지닌다.

표 5. 움직임 벡터 부호화에 대한 비트 이득 비교

Sequences	Res.	m vs. M	m vs. PA	M vs .PA
Hall	QCIF	1.41	9.02	7.71
Claire		-1.23	1.27	2.47
Grandma		-0.72	4.75	5.43
Container		1.81	13.77	12.18
News		6.74	8.50	1.88
Silent		9.10	10.09	1.10
Foreman	CIF	9.05	9.05	0.00
Akiyo		1.63	4.08	2.49
Coastguard		8.82	8.82	0.00
Foreman		12.54	12.54	0.00
News		9.51	10.74	1.36

(a) QP8_FR10

Sequences	Res.	m vs. M	m vs. PA	M vs .PA
Hall	QCIF	0.01	16.18	16.17
Claire		-1.05	12.01	12.92
Grandma		-0.49	18.43	18.83
Container		0.62	34.42	34.01
News		2.44	8.42	6.18
Silent		5.89	8.96	3.27
Foreman	CIF	4.77	4.93	0.16
Akiyo		-0.64	9.15	9.73
Coastguard		4.93	4.93	0.00
Foreman		7.75	7.91	0.18
News		6.12	10.34	4.50

(b) QP8_FR30

참고 문헌

- [1] ISO/IEC13818-2, "MPEG-2 video," ITU-T Recommendation H.262, Jan.1995
- [2] ITU-T, "Video Coding for Low Bitrate Communication," Draft Recommendation H.263, May 1996.
- [3] ISO/IEC14496-2, "Generic Coding for Audio-Visual Object: Part-2 Visual," MPEG-4, May 1998.
- [4] J. Ribas-Corbera and D. L. Neuhoff, "Optimizing motion-vector accuracy in block-based video coding," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 11, no. 4, pp. 497-511, Apr. 2001

[5] J. Saste, A. Ferreras, and J. F. Hernandez-Gil, "Motion vector size-compensation based method for very low bit-rate video coding," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 10, no.7, pp. 1192-1197, Oct. 2000.

[6] G. Cote, M. Gallant, and F. Kossentiai, "Semi-fixed-length motion vector coding for H.263-based low bit rate video compression," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 10, pp. 1451-1455, Oct. 1999

[7] G. Y. Yu and C.T. Chen, "Two-Dimensional Motion Vector Coding for Low Bitrate Videophone Applications", Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 414-417, Oct. 1995.

[8] S. D. Kim and J. B. Ra, "An Efficient Motion Vector Coding Scheme Based on Minimum Bitrate Prediction", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 8, pp. 1117-1119, Aug. 1999.

[9] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/MPEG97/N164, "MPEG-4 Video Verification Model Version 7.0", Apr. 1997.

문 용 호 (Yong ho Moon) 정회원
한국통신학회 논문지 제 29권, 제 1C호 참조

김 영 국 (Young kuk Kim) 정회원
2002년 2월 경일대학교 전자공학과(공학사)
2004년 2월 부산대학교 전자공학과(공학석사)
2004년 3월~현재 LG전자 DDM사업본부 주임 연구원

장 정 환 (Jung hwan Chang) 정회원
1983년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1985년 2월 KAIST 전산학과 졸업(석사)
1993년 3월~1998년 8월 KAIST 전산학과 졸업(박사)
1985년 4월~2000년 8월 KT



선임연구원
2000년 9월~현재 부산외국어대학교 디지털정보 공학부(조교수)
<관심분야> 상호연결망 및 그래프 이론 응용, 통신망 보안

김 재 호 (Jae ho Kim) 정회원
한국통신학회 논문지 제 29권, 제 1C호 참조