

H.264 표준 동영상 부호화 방식을 위한 순차적 움직임 벡터 오류 은닉 기법

준회원 정 중 우*, 정회원 홍 민 철**

Sequential Motion Vector Error Concealment Algorithm for H.264 Video Coding

Jong-woo Jeong* *Associate Member*, Min-Cheol Hong** *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 H.264 표준 동영상 부호화 방식을 위한 순차적 움직임 벡터 오류 은닉 기법에 대해 제안한다. H.264 표준 동영상 부호화 방식에서의 움직임 예측과정은 다양한 크기의 서브 매크로 블록 모드에 따라 각기 다른 움직임 벡터 개수를 갖게 되고, 이로 인해 움직임 벡터는 기존의 표준 부호화 방식에 비해 상대적으로 적은 영역을 대표하게 된다. 그러므로 이웃한 블록의 움직임 벡터간의 상관관계는 서브 매크로 블록의 크기가 작을수록 더 커지게 된다. 제안 방식에서는 변화된 국부 통계 특성에 대한 적응도에 따른 α -trimmed mean 필터를 이용하여 움직임 벡터를 순차적으로 복구하는 움직임 벡터 오류 은닉기법에 대해 제안한다. 실험 결과를 통해 제안한 방식이 실시간 동영상 전송에 적합하며 기존의 블록 경계 정합 방식 및 라그랑즈 보간 방식과 유사한 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

Key Words : sequential motion vector recovery, video coding, H.264, motion estimation, α -trimed mean filter.

ABSTRACT

In this paper, we propose a sequential motion vector recovery algorithm for H.264 video coding standard. Motion vectors of H.264 video coding standard cover relatively smaller areas than other standard, since motion estimation of H.264 takes place in the fashion of variable block size. Therefore, the correlation of motion vectors between neighboring blocks increases as the block size of motion estimation is lowered. Under the framework of sequential recovery, we introduce a motion vector recovery using α -trimed mean filter. Experimental results show that proposed algorithm is useful in real time video delivery with nearly comparable or better visual quality than previous approaches such as macro block boundary matching and Lagrange interpolation.

I. 서 론

압축 동영상 전송에서 가장 중요한 문제점으로는 네트워크 및 채널 전송 오류에 의해한 비트 스트림

손상을 들 수 있으며, 비트 스트림의 손상은 인트라 영역의 손상과 인터 영역의 손상 및 압축 부가 정보의 손상으로 구분할 수 있다. 상기 문제점을 해결하기 위해 동영상 압축 방식의 발전에 따라 각 동

* LG 전자 (nobreaky@vpl.ssu.ac.k),

논문번호 : KICS2005-05-207, 접수일자 : 2005년 5월 17일

※ 이 논문은 학술진흥재단 중점연구소 지원에 (KRF-2004-005-D00198) 의해 연구되었음.

** 숭실대학교 정보통신전자 공학부 (mhong@e.ssu.ac.kr)

영상 표준 압축방식에 적합한 효과적인 오류 은닉 기법이 제안되어 왔다. 새로운 동영상 표준 부호화 방식인 H.264는 기존의 H.263이나 MPEG4 part 2 와 같은 동영상 압축 방식과 비교하여 다양한 새로운 압축 기법을 사용하고 있다. 그러므로 H.264 동영상 표준 압축방식에 적합한 오류 은닉 기법이 요구되고 있으며 본 논문에서는 H.264를 위한 효과적인 움직임 벡터 복원 방식에 대해 제안한다.

H.264 동영상 표준 압축방식의 가장 주된 특성은 가변 블록 크기의 움직임 예측 방식을 들 수 있으며, 특히 16×16 매크로 블록 단위의 움직임 예측이 아닌 하나의 매크로 블록을 여러 개의 다양한 크기의 서브 매크로 블록으로 나누어 각각의 움직임 예측을 수행함으로써 움직임 예측 오류를 최소화하여 원영상과 움직임 보상 영상과의 오차 신호를 최소화하여 압축 효율을 개선하는데 있다¹¹⁾. 그러므로 각각의 서브 매크로 블록은 고유의 움직임 벡터를 갖게 되어 하나의 매크로 블록의 움직임 벡터의 수는 움직임 벡터 예측을 위한 서브 매크로 블록 모드에 의해 결정된다. 그러므로 기존의 블록 경계 매칭 기법이나 중첩 움직임 보상 방식들은 H.264에서는 서브 블록의 움직임 예측 특성에 부합하지 않는다²¹⁾³⁾. 더불어 기존의 움직임 벡터의 오류 은닉 기법인 수정된 블록 경계 매칭 방식은 복호기에서 움직임 예측을 수행해야 하는 계산량과 복잡도 문제가 있으며, 라그랑주 (Lagrange) 보간법을 이용한 방식과 함께 동영상 압축방식의 부호화 순서가 아닌 블록 인터리빙 기법을 사용하기 때문에 부호화 버퍼링 지연과 복호화 지연의 문제점을 갖고 있다⁴⁴⁾⁵⁾. 이와 같은 이유로 인해서 H.264를 위한 부호기의 부호화 순서에 부합하는 움직임 벡터의 오류 은닉기법이 요구된다.

본 논문에서는 H.264 동영상 표준 부호화 방식의 순차적인 부호화 순서를 따르며 비교적 적은 계산량을 가지는 alpha-trimmed mean (ATM) 필터를 이용한 움직임 벡터 복원 알고리즘에 대해 제안한다. 저 연산량을 필요로 하는 움직임 벡터 오류 은닉 기법의 대표적인 방식으로는 미디어 벡터 필터 기법 및 평균 벡터 필터 기법 등이 실용적으로 사용되어 왔다. 미디어 벡터 (median vector) 필터 기법은 전송 오류에 의해 손실된 움직임 벡터 인접 블록의 움직임 벡터의 국부 통계 특성이 비정적인 (non-stationary) 경우 상대적인 성능이 우수하며, 국부 통계 특성이 정적인 (stationary) 영역에서는 평균 벡터 (mean vector) 필터 기법의 성능이 우수한

것으로 알려져 있다⁶⁾. 이와 같이 인접 블록의 통계 특성에 따라 미디어 벡터 또는 평균 벡터 필터의 장점을 수용할 수 있는 ATM 필터를 이용하여 움직임 벡터의 국부 통계 특성에 따라 적응적으로 움직임 벡터의 오류 은닉 성능을 최대로 보장할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. II장에서는 ATM 필터의 기본적인 배경에 대해 설명하고, III장에서는 제안된 ATM 필터 기법을 이용한 순차적 움직임 벡터 오류 은닉 기법에 대해 기술하며, 실험 결과 및 결론을 IV장 및 V장에서 기술하기로 한다.

II. ATM(Alpha Trimmed Mean) 필터

ATM 필터 방식은 노이즈 제거를 위한 신호 복원 기법에 사용되어 왔다. 입력 신호 $\{x(n)\}$ 에 대한 ATM 필터의 출력 $\{y(n)\}$ 은 다음과 같이 기술된다⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾.

$$y(n) = \left(\sum_{j=\alpha N+1}^{N-\alpha N} x_{(j/N)}(n) \right) / [N(1-2\hat{\alpha})] \quad (1)$$

식 (1)에서 $x_{(j/N)}(n)$ 은 $x(n-M), \dots, x(n), \dots, x(n+M)$ 으로 구성된 $N=2M+1$ 개의 입력 신호를 $x_{(1/N)}(n) \leq \dots \leq x_{(N/N)}(n)$ 와 같이 크기 순으로 재정렬한 결과를 의미한다. 더불어 연산되는 입력 신호의 개수를 결정하는 매개변수 α 를 $\hat{\alpha} = (N-1)/2N - \alpha$ 로 대치하면 $y(n)$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$y(n) = \left(\sum_{j=N_M-\alpha N}^{N_M+\alpha N} x_{(j/N)}(n) \right) / (2\alpha N+1) \quad (2)$$

식 (2)에서 $N_M = (N+1)/2$ 을 의미한다. 식 (1), (2)에서 알 수 있듯이 ATM 필터는 데이터 특성을 따르는 사전 정보를 이용한 고정된 α 값에 따라, 또는 국부적인 데이터의 통계적인 특성을 따르는 가변의 값에 α 값에 따라 조절되는 미디어 데이터를 원점으로 하는 필터 탭 내의 데이터들의 평균을 취하는 필터이다. 본 논문에서 제안하는 움직임 벡터 오류 은닉 기법에서 사용하는 ATM 필터는 필터 탭의 크기를 조절 하는 α 를 결정함에 있어 마스크 내의 데이터 분포에 따른 분산을 이용하여 윈도우의 활동성을 결정하여 필터 탭을 조절하는 적응적인 ATM 필터라 할 수 있다.

III. 국부 통계 특성을 이용한 ATM 오류 은닉 기법

3.1 오류 은닉을 위한 ATM 필터의 윈도우 구성

H.264 동영상 표준 부호화 방식의 움직임 예측 과정은 아래 그림 1에서와 같이 16×16 크기의 매크로 블록을 기준으로 다양한 블록 크기 중 최적 모드를 결정하도록 되어 있다. 그러므로 임의의 매크로 블록의 움직임 벡터 수는 1개에서 16개를 갖게 된다. 또한 실제 JM(Joint Model)에서 각각의 서브 매크로 블록의 움직임 벡터는 4×4 블록 단위로 모두 16개를 갖게 된다. 예를 들어 8×4 블록의 움직임 벡터는 4×4 블록 단위로 2개가 존재하게 된다. 따라서 본 논문에서 움직임 벡터의 오류 은닉에 있어 기본 처리 단위는 4×4블록이 된다. 순차적 복원의 ATM 필터를 위한 이웃한 4×4 크기의 서브 매크로블록의 움직임 벡터들로 구성된 필터 윈도우는 마코프(Markov) 순서를 따르며 아래 그림 2와 같이 나타내고 수평 및 수직 방향의 움직임 벡터 오류 은닉을 위한 윈도우는 아래 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} X(i) &= MV_X(n-i) \\ Y(i) &= MV_Y(n-i) \end{aligned} \text{ for } 0 \leq i \leq N \quad (3)$$

식 (3)에서 i 는 윈도우의 인덱스를 나타낸다.

H.264 동영상 표준 부호화 방식의 부호화 순서에 따라 현재의 매크로 블록을 기준으로 왼쪽과 아래쪽의 매크로 블록은 재구성되지 않았으며, 하나의

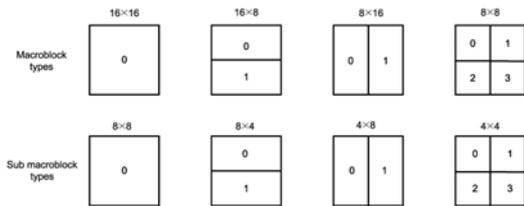


그림 1. 움직임 예측을 위한 분할 모드

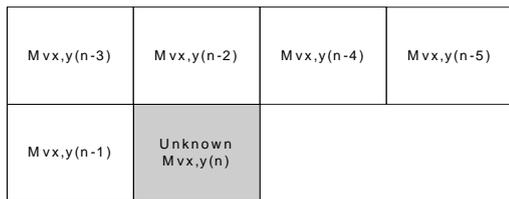


그림 2. ATM 필터의 데이터 윈도우

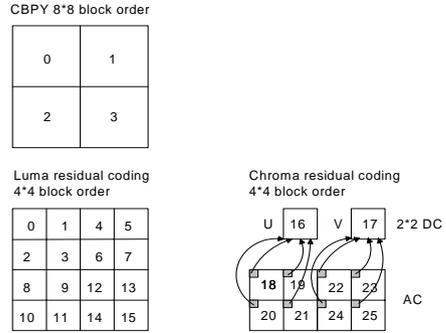


그림 3. 매크로 블록의 부호화 순서

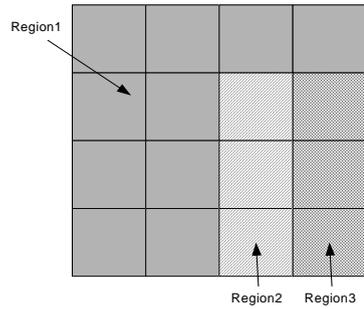


그림 4. 손상된 매크로 블록의 영역 분류

매크로 블록 내에서도 그림 3에서와 같은 부호화 순서를 가지게 된다. 따라서 손상된 하나의 매크로 블록에서 복원될 16개의 움직임 벡터를 위한 4×4 블록 단위의 서브 매크로 블록을 그림 4에서와 같이 정보의 유효함의 정도에 따라 3개의 영역으로 나누어 필터에 필요한 마스크를 정의한다. Region 1의 경우는 순차적 복원에 따른 필터 윈도우 내의 이웃한 움직임 벡터들이 모두 유효한 영역이며 Region 2와 3은 각각 1개와 2개의 움직임 벡터가 유효하지 않은 영역이다. 따라서 그림 5에서와 같이 유효하지 않은 움직임 벡터는 가장 가까운 인덱스의 움직임 벡터로 대체 하여 영역에 따른 필터 윈도우를 정의 할 수 있다.

3.2 국부 통계 특성을 이용한 순차적 ATM 움직임 벡터 오류 은닉 기법

움직임 벡터의 오류 은닉 기법에 있어 이웃한 움직임 벡터의 국부 통계 특성에 대한 적응성은 성능을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 1절에서 구성한 움직임 벡터의 수평 및 수직방향의 데이터 윈도우를 이용하여 각 방향에 대해 N 개 데이터의 국부 통계 특성인 평균과 분산을 식 (2)의 재정렬된 $\{x_{(j/N)}\}$

(n)의 데이터에 대해 다음 식 (4)와 같이 정의 할 수 있다.

$$Mean(n) = \left(\sum_{i=1}^N x_{(i/N)}(n) \right) / N$$

$$Var(n) = \left(\sum_{i=1}^N |x_{(i/N)}(n) - Mean(n)|^2 \right) / N$$
(4)

식 (4)에서 정의한 국부 통계특성을 이용하여 데이터 윈도우의 평탄함의 기준이 되는 윈도우의 활동성 ACT는 다음과 같이 정의된다^{[9][10][11]}.

$$ACT_x(n) = \sigma_x^2(n) / \{ \sigma_x^2(n) + T_x \}$$

$$ACT_y(n) = \sigma_y^2(n) / \{ \sigma_y^2(n) + T_y \}$$
(5)

식 (5)에서 ACT는 0에서 1사이의 값을 갖게 되고, 수평 및 수직 방향의 σ^2 은 다음과 같이 정의된다.

$$\sigma_x^2(n) = \begin{cases} Var_x(n) - T_x & \text{if } Var_x(n) \geq T_x \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_y^2(n) = \begin{cases} Var_y(n) - T_y & \text{if } Var_y(n) \geq T_y \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$
(6)

식 (6)의 파라미터 T는 데이터 윈도우의 돌연한 변화의 기준이 되는 분산 임계값을 의미하며, 본 절의 후반부에 기술하기로 한다.

데이터 윈도우의 변화 정도를 나타내는 ACT를 이용하여 최종 파라미터 α 는 다음 식 (7)과 같이 결정할 수 있다. 식 (7)에서와 같이 윈도우의 활동성에 따라 α 는 0에서 M까지의 변화 정도를 가지며 이에 따라 ATM 필터는 Mean 필터에서 Median 필터의 형태로 적응적으로 동작하게 된다.

$$\alpha_x(n) = round[(1 - ACT_x(n))M]$$

$$\alpha_y(n) = round[(1 - ACT_y(n))M]$$
(7)

식 (7)에서 round[.]는 rounding 함수를 의미한다. 식 (7)에서 구한 α 를 이용하여 수평 및 수직 방향의 손상된 움직임 벡터를 오류 은닉하여 얻은 최종 움직임 벡터 $\widehat{MV}_x(n)$ 및 $\widehat{MV}_y(n)$ 는 아래 식 (8)과 같이 표현된다.

$$\widehat{MV}_x(n) = \sum_{i=N_M-\alpha_x(n)}^{N_M+\alpha_x(n)} X(i)$$

$$\widehat{MV}_y(n) = \sum_{i=N_M-\alpha_y(n)}^{N_M+\alpha_y(n)} Y(i)$$
(8)

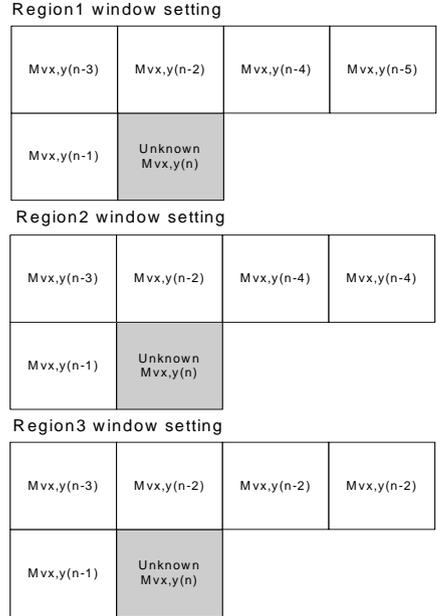


그림 5. 영역별 윈도우 구성

이미 기술한 바와 같이 ATM 필터의 적응도를 결정하는 파라미터 α 에 따라 ATM 필터는 각각의 4×4 서브 매크로 블록 마다 Mean 필터와 Median 필터의 형태로 적응하게 된다. 이는 움직임 벡터 오류 은닉 전체의 과정을 Mean 필터 또는 Median 필터만을 이용한 결과에 비해 국부 통계 특성의 반영도가 높아지므로 국부 데이터의 특성에 따라 적응적으로 최적의 필터 형태를 취하게 된다. 그러나 ATM 필터의 국부 통계 특성 적용에 있어 식 (5)의 파라미터 T는 제안 방식의 성능을 결정하는 중요한 변수가 된다. 실제로 파라미터 T는 데이터 윈도우의 모든 데이터를 ATM 필터를 위해 사용하게 되는 움직임 평탄화 영역의 국부통계특성 임계치이다. 즉 임의의 손상된 움직임 벡터를 오류 은닉하기 위한 이웃한 블록의 움직임 벡터로 구성된 데이터 윈도우의 국부 통계 특성이 임계치 T보다 작은 경우에는 실제로 데이터 윈도우를 구성한 영역이 매우 평탄하고 선형적인 움직임을 갖게 되는 것이다. 따라서 파라미터 T의 결정은 ATM 필터의 적응도에 영향을 줄 수 있다.

본 논문에서는 파라미터 T를 결정하기 위해 다양한 동영상 시퀀스의 120 만개 움직임 벡터의 수평 및 수직 방향 성분의 국부 통계 특성 이용하여 그림 6과 같은 데이터 윈도우 국부통계특성의 확률 분포를 획득하였다. 본 논문에서는 ATM 필터를 위

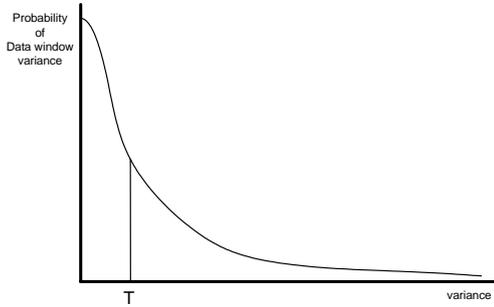


그림 6. 데이터 윈도우 국부 통계 특성의 확률 분포와 T의 결정

한 데이터윈도우의 크기 N 을 마코프(Markov) 순서에 따라 5를 사용하였으며 파라미터 T 는 분산값 0부터 누적 확률 값이 최초 1/3이 되는 지점으로 결정하여 본 논문에서는 식 (6)의 임계값을 $T_x = 3.1$, $T_y = 2.4$ 를 이용하였다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안된 ATM 필터를 이용한 순차적 움직임 벡터 오류 은닉 기법은 시간적 대체 방식, 블록 경계 영역 정합 방식등 기존의 방식과의 객관적, 주관적 성능을 비교하기 위해 QCIF 해상도의 Foreman, Mobile, News 동영상에 다양한 QP에 대해 실험 하였다. 실험에 사용한 영상은 JVT JM 2.1을 이용하여 부호화 복호화 하였으며 10 frame/s로 부호화 하였다. 제안된 방식의 객관적 성능을 측정하기 위해 PSNR을 사용하였으며 이는 화소당 8비트로 구성된 $M \times N$ 크기 영상에 대해 다음과 같이 정의 된다.

$$PSNR = 10 \log \frac{MN \times 255^2}{\|f - \hat{f}\|^2} \quad (9)$$

식 (9)의 $\|\cdot\|$ 은 유클리디안 Norm을 의미하며 f 및 \hat{f} 은 각각 원영상과 오류 은닉된 영상을 의미한다.

제안된 방식의 성능을 측정하기 위한 실험은 순차적 복원의 실험과 인터리빙을 적용한 실험으로 나누었으며, 순차적 복원 실험의 경우 시간적 대체 방식과 블록 경계 영역 정합 방식과 비교하여 기존 방식대비 성능 향상을 확인하였고 33% 매크로 블록 오류 환경에서 실험하였다. 더불어 ATM 필터의 국부통계 특성 적용도는 Mean 방식과 Median 방식과 비교하여 확인 하였다. 그림 7-9에 각 영상에 대

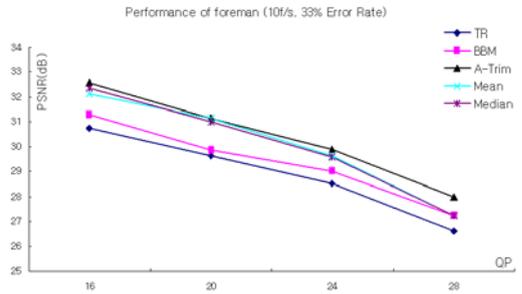


그림 7. QP 인덱스에 따른 PSNR 비교 (Foreman 영상)

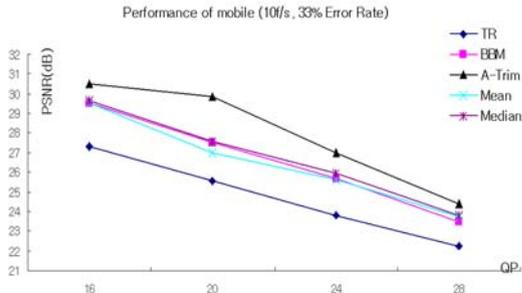


그림 8. QP 인덱스에 따른 PSNR 비교 (Mobile 영상)

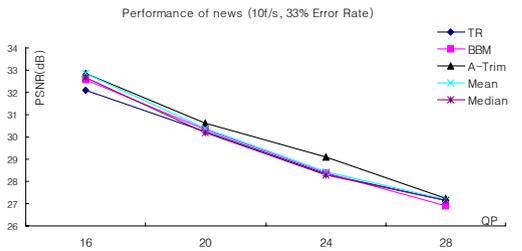


그림 9. QP 인덱스에 따른 PSNR 비교 (News 영상)

한 다양한 방식의 오류 은닉 기법에 대한 PSNR 성능 비교를 나타내었다. 위의 실험 결과에서 확인할 수 있듯이 제안된 방식은 기존 방식보다 개선된 성능을 보이고 있으며, ATM 필터의 국부 통계 특성의 적용성에 기인하여 Mean 방식과 Median 방식보다 개선된 성능을 나타내고 있다. Mobile 영상에 대한 결과에서 전체적인 성능은 Mobile 영상의 복잡한 움직임 특성을 적용적으로 반영한 결과로 인해 기타 방식보다 개선된 성능을 보이며, News 영상에 대한 결과는 대부분의 영역이 움직임이 없는 영역이므로 비교하는 대부분의 방식이 비슷한 성능을 나타내었다.

주관적인 화질 평가를 위해 각 영상에 따른 결과 영상을 그림 10-12에 나타내었다. 그림 10 (b)의 결과는 손상된 움직임 벡터를 (0,0) 으로 오류 은닉한



그림 10. Foreman QCIF 영상의 화질 비교 (a) 손실된 매크로 블록 위치, (b) Temporal Replacement, (c)Block Boundary Matching, (d)Mean, (e)Median, (f)Alpha Trimmed Mean

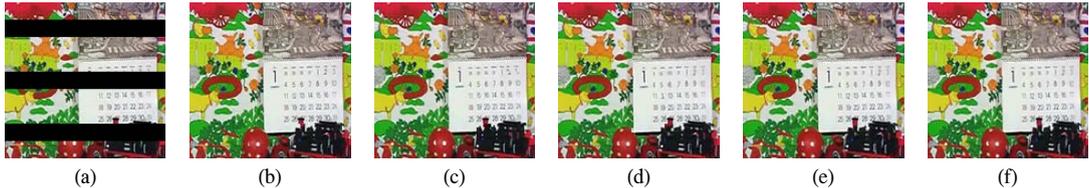


그림 11. Mobile QCIF 영상의 화질 비교 (a) 손실된 매크로 블록 위치, (b) Temporal Replacement, (c)Block Boundary Matching, (d)Mean, (e)Median, (f)Alpha Trimmed Mean



그림 12. News QCIF 영상의 화질 비교 (a) 손실된 매크로 블록 위치, (b) Temporal Replacement, (c)Block Boundary Matching, (d)Mean, (e)Median, (f)Alpha Trimmed Mean

이유로 큰 움직임을 갖는 얼굴 영역에서 일그러짐 현상이 발생하였으며, 그림 10 (c)의 블록 경계 영역 정합 방식은 16×16 블록 단위의 움직임 벡터 복원의 이유로 이웃한 움직임 벡터와는 상이한 움직임을 갖는 영역에 대해서는 신호 불일치 현상이 발생하였다. 반면에 그림 10 (f)의 ATM 필터를 이용한 오류 은닉 기법은 H.264 표준 부호화 방식의 움직임 예측방식에 적합하므로 움직임이 큰 얼굴 영역에서 움직임이 보다 완화된 것을 확인할 수 있다. 그림 11에서는 영상내의 움직임을 갖는 움직임 영역들이 각각 선형적인 움직임 특성을 보이고, 또한 카메라의 팬 현상에 의한 영상 전체적으로 선형적 움직임 특성으로 인해 주관적 화질의 차를 확인하기에는 어려움이 있으나 그림의 좌측 하단부의 ‘기차’ 부근에서는 그림 11 (f)의 경우는 움직임의 완화 정도를 확인할 수 있다. 그림 12에서는 거의 대부분의 영역이 움직임이 없는 영역이며 영상의 중앙 부분의 ‘발레리나’ 영역과 ‘아나운서’의 머리 부분에서 성능 개선을 확인할 수 있다. 위의 실험 결과 영상들을 통해 ATM 필터를 이용한 오류 은닉 기법의 성능 확인뿐만 아니라 움직임이 큰 영상에서 보다 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

인터리빙을 적용한 실험은 수정된 블록 경계영역 정합방식(MBBM : Macro Block Boundary Matching)과 라그랑즈 보간법(LI : Lagrange Interpolation) 이용한 방식과 비교 하였으며 20%의 매크로 블록 오류 환경에서 실험하였다. 각 방식에 대한 PSNR 성능 비교 실험 결과는 그림 13-15에 나타내었다. 상기 실험 결과에서 알 수 있듯이 기존의 버퍼링 지연 등의 문제가 있는 방식과 제안한 방식이 유사한 성능을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과로부터 제안 방식이 순차적 복원의 결과로 버퍼링 지연의 문제점을 극복하면서도 기존의 방식과 유사한 성능을 보임으로써 실시간 구현이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

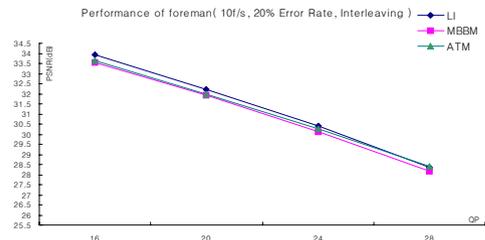


그림 13. Foreman 영상의 PSNR 비교 (인터리빙 적용)

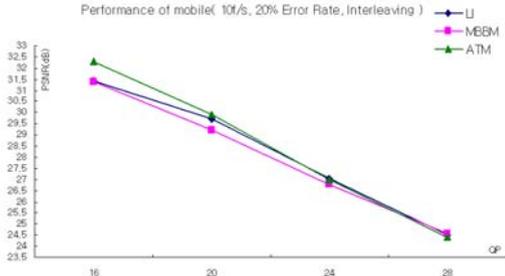


그림 14. Mobile 영상의 PSNR 비교 (인터리빙 적용)

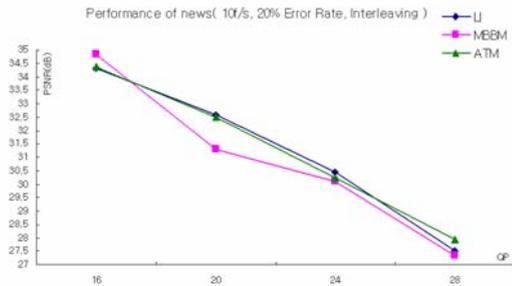


그림 15. News 영상의 PSNR 비교 (인터리빙 적용)

V. 결론

본 논문에서는 이웃한 움직임 벡터의 국부 통계 특성에 따라 윈도우 마스크의 크기가 결정되는 ATM 필터를 이용하는 순차적 움직임 벡터 오류 은닉 기법을 제안 하였다. 제안된 방식은 H.264 표준 동영상 부호화 방식의 움직임 예측을 위한 다양한 크기의 서브 매크로블록에 적합하며 표준 부호화 방식의 부호화 및 복호화 순서를 따르는 이유로 인터리빙을 사용하는 기존 방식들의 버퍼링 지연과 비트율 상승에 대한 문제점을 극복하면서 블록 경계 영역 정합 방식 및 라그랑즈 보간 기법과 유사한 성능을 유지함을 확인할 수 있었다.

향상된 성능을 위해 ATM 필터의 국부 통계 특성 적용성을 결정하는 최적의 임계값 결정을 위해 데이터 윈도우 분산값의 보다 정확한 확률 분포 획득과 확률 모델에 따른 분석의 연구가 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T SG16/Q6, Draft ITU-T Recommendation on Final Draft International Standard of Joint Video Specification, May 2003.
 [2] M. J. Chen, L. G. Chen, and R. M. Wang,

“Error concealment of lost motion vectors with over lapped motion compensation” IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 6, pp. 560-563, June 1997.
 [3] M.-C. Hong, H. Schwab, L. P. Kondi, and A. K. Katsaggelos, “Error concealment algorithms for compressed video,” Signal Processing: Image Communication, vol. 14, no. 6-8, pp. 473-492, May 1999.
 [4] Y. Wang, M.M. Hannuksela, V. Varsa, A. Hourunranta, and M. Gabbouj, “The error concealment feature in the H.26L test model,” IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing, vol. 2, pp. 729-732, Sept. 2002.
 [5] J. Zheng and L.P. Chau, “A Motion Vector Recovery Algorithm of H.264 for Digital Video Using Lagrange Interpolation,” IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 49, no. 4, pp. 383-389, Dec. 2003.
 [6] Y. Wang, S. Wenger, J. Wen, and A. K. Katsaggelos, “Error resilient video coding technique,” IEEE Signal Processing Magazine, vol. 17, no. 4, pp. 61-82, July 2000.
 [7] Akira Taguchi, “Data-Dependent Alpha-Trimmed Mean Filters for Image Restoration,” IEEE Proc of ISCAS, pp.289-292, 1994.
 [8] J. B. Bednar and T. L. Watt, “Alpha-trimmed means and their relationship to median filter,” IEEE Trans. Acoust., Speech Signal Processing, vol. ASSP-32, no. 1, pp. 145-153, Feb. 1984.
 [9] A. Taguchi, “Adaptive alpha-trimmed mean filters with excellent detail-preserving,” IEEE Proc. of ICASSP, pp. 61-64, April. 1994.
 [10] S-J. Ko and Y. H. Lee, “Center weighted median filters and their applications to image enhancement,” IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. CAS-38, no. 9, pp. 984-993, Sep. 1991.
 [11] J. S. Lee, “Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-2, no. 2, pp. 165-168, March 1980.

정 종 우 (Jong-woo Jeong)

준회원



2003년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업
2005년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 석사
2005년 2월~현재 LG 전자 근무
<관심분야> video coding, error concealment

홍 민 철 (Min-cheol Hong)

정회원



1988년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사
1990년 8월 연세대학교 전자공학과 공학석사
1997년 9월 Northwestern University 전기및컴퓨터 공학과 공학박사
1990년 7월~1991년 8월 (주)LG 정보통신 (연구원)
1997년 9월~1998년 8월 Northwestern University (Research Fellow)
1998년 8월~2000년 2월 (주)LG 전자 (선임연구원)
2000년 3월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수
<관심분야> 영상복원, 비선형 영상처리 및 필터링, 차세대 동영상 압축 방식, Blind image deconvolution