

레터논문-03-08-4-16

프레임에 기반한 키를 이용한 동영상 워터마킹

안 일 영*, 박 성 한**

Video Watermarking Algorithm using the Frame-dependent Key

I-Y Ahn* and S-H Park**

요 약

본 논문에서는 프레임간 움직임 차를 이용한 워터마킹 방법을 제안한다. 이를 위하여 프레임차의 최대치를 양자화한 값을 계산하여 워터마크 삽입과 검출시에 사용되는 키값을 구한다. 실험 결과, 이 방법은 전체 프레임 중에서 1~3% 정도의 프레임에서 워터마크 삽입시에 계산한 키 값과 워터마크 검출시에 계산한 키 값이 ± 1 정도의 오차가 발생하는데 이것은 검출된 워터마크의 BER(bit error rate)에 따라 키값을 다시 정하여 워터마크를 검출하면 해결됨을 알 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 각각의 프레임에 다른 워터마크 키를 사용하므로 프레임 삭제와 평균화 공격(averaging attack)에 강함을 보인다.

Abstract

In this our watermarking method, a key is determined by quantizing the maximum motion difference between frames. We have a problem the key value for embedding and detection are different in 1 to 3% frames of all frames. This problem can be easily solved by using a new key according to bit error rate of the extracted watermark. Since the watermark is embedded in each frame with different keys and detected in all the frames, our method is resistant against attacks such as the frame averaging and frame drop.

I. 서 론

동영상의 워터마킹에 대한 문제는 디지털 이미지나 프레임 각각에 워터마크를 삽입했을 때에 비하여 추가적으로 고려되어야 할 사항들이 있다^[1]. 처리해야 할 데이터의 양이 엄청나게 많으며 방송과 같은 응용에서 실시간으로 동작해야 한다는 제한이 있으며 워터마크 알고리즘의 복잡도가 증가함으로 인해 정교한 인간 시각적 모델을 사용할 수 없게 된다.

Tsang과 Au는 움직임이 거의 없는 동영상 프레임에 있

어서 인접한 프레임들간의 동일한 위치에서의 화소값이나 8x8 블록의 DCT 계수값이 변화가 거의 없으므로 워터마크 검출시 원 영상의 영향을 최소화할 수 있다는데 착안하여 2개의 프레임마다 쌍을 이루어 워터마크를 삽입하였다^[2]. 그러나 첫 번째 프레임 삭제 등의 편집에서 워터마크를 전혀 검출할 수 없으며 움직임이 빠른 광고 영상에 있어서 원 영상의 영향을 받아 삽입된 워터마크 검출 효율이 떨어진다. 대부분의 워터마킹 관련 논문들에서 주어진 키를 사용한 PN 시퀀스 발생기를 사용하여 워터마크를 생성하고 있다. 공격자로부터 워터마크를 제거하거나 조작하는 것을 방지하기 위한 워터마킹 과정의 핵심은 비밀 키를 생성하고 워터마크 검출과정에서 프레임으로부터 이 비밀 키를 설정할 수 있는가 이다^[3]. Kalker는 같은 워터마크 패턴을

* 송호대학 멀티미디어전공
Songho College Department of Multimedia

** 한양대학교 컴퓨터공학과
Hanyang University Computer Science and Engineering

일정한 길이의 시퀀스마다 반복하여 삽입하였다^[4]. 이것은 프레임 동기화 계산에 있어서 많은 계산량을 필요로 하며 일부 프레임 삭제에 워터마크를 검출할 수 없다.

동영상 프레임에 같은 워터마크를 삽입하였을 경우, 공격자는 여러 개의 워터마크된 프레임의 평균 값을 계산하고 이 값을 워터마크된 프레임에서 빼면 워터마크 W 를 추출할 수 있다. 즉, 워터마크가 삽입된 각각의 프레임이 $M1+W$, $M2+W$, ..., $Mk+W$ 라고 하면 워터마크와 각 프레임간의 상관관계가 없으므로 평균화 과정의 결과는 워터마크 W 가 된다. 공격자는 이미지에서 워터마크 W 를 추출할 수 있다. 이 공격에 대한 해결책은 각 프레임마다 다른 키를 사용하거나 각 프레임에 다른 위치에 워터마크를 삽입하는 것이다. 또한 시간축 방향으로 워터마크 시퀀스를 삽입할 경우 일부 프레임 삭제와 같은 공격에 워터마크를 검출할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 동영상의 각 프레임간의 움직임의 차이에 기반한 키를 생성하여 워터마킹하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 워터마킹 알고리즘

각 입력 프레임을 16×16 픽셀마다 블록으로 나누고 인접한 두 프레임 사이의 같은 위치의 블록에 대하여 16×16 픽셀의 평균값의 차이를 계산한다. 이 평균값의 차가 두 프레임간의 움직임 차이이며 해당 프레임에 대하여 움직임의 최대치를 구하고 공격에 대한 키 값의 변화를 줄이기 위하여 이 값을 미리 정한 상수값으로 나눈 후 PN 시퀀스를 생성하는 키로 사용한다. 즉, 프레임의 움직임 차이를 반영한 생성된 키 f_K 는 다음과 같이 계산된다.

$$f_K = \max_j \left\{ \overline{B_{i+1}} - \overline{B_i} \right\} \quad (1)$$

B_j 는 임의의 프레임내의 블록이며 j 는 각 블록의 인덱스이고 $j=0, 1, \dots, H \times W / 16 \times 16$, $H \times W$ 는 프레임 크기이다. i 는 프레임 번호이다. 이 f_K 값을 10으로 나누어 양자화한 값을 PN 시퀀스를 생성하는 키로 사용한다.

삽입할 워터마크는 2진 시퀀스를 사용하며 주파수 확산 방식을 이용하여 삽입한다^{[5][6]}. 워터마크의 강인성을 높이기 위해 인간의 시각이 저주파 영역에서보다 고주파 영

역에서 화질의 왜곡에 대한 민감도가 떨어지는 특성을 이용한 공간적 마스크 기법을 적용한다. 본 논문에서는 Chang^[7]이 제안한 식(2)을 사용하여 MPEG 압축에 강인한 공간적 마스크 기법을 사용한다.

$$C = \sum_{i=0}^{255} h(i) - \max_i h(i) \quad (2)$$

여기서 $h(i)$ 는 gray level i 에서의 픽셀 수이다. $C = 0$ 이면 이미지는 gray level의 변화가 없으며 큰 값을 가질수록 이미지가 복잡하게 구성되어 있다. 8×8 블록에서 복잡도를 계산하여 미리 정한 임계값보다 크면 워터마크 크기를 증가시킨다.

동영상의 각 프레임에서 워터마크를 삽입할 때 사용되었던 키를 워터마크 검출시에 사용된 방법과 같이 두 프레임 사이 움직임 차에 따라 추출한다. 이 때 워터마크 삽입과 MPEG 압축으로 인해 워터마크 삽입시에 사용하였던 키와 오차가 생길 수 있다. 이 키의 오차 범위는 ± 1 이 된다. 워터마크 삽입시 사용된 키와 검출시에 사용하는 키가 반드시 같아야 하므로 이 키 오차에 따른 검출 오류를 보완하기 위하여 검출된 워터마크에 대하여 비트 에러율이 0.4 이상이면 워터마크가 없거나 주어진 키가 아닌 것이므로 새로운 키로 워터마크를 검출한다. 새로운 키는 주어진 키 값에 $+1$, -1 하여 계산하고 이 키 값으로 PN 시퀀스를 생성하여 워터마크를 검출한 후 최소의 BER 값을 해당 프레임의 BER 값으로 한다.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 Pingpong 동영상과 Football 동영상을 사용한다. 워터마크 삽입시에 생성한 PN 시퀀스 키와 워터마크 검출시에 생성한 PN 시퀀스 키를 다음 그림 1에서 보여준다. 워터마크 삽입시에 각 프레임에서 추출한 키와 워터마크 검출시에 추출한 키가 전체 프레임 중에서 4~8개까지의 키 인식에 대한 오류가 발생한다. 이러한 오류에 대한 키 값의 오차 범위는 ± 1 이다. 이것은 원본 영상에서 구한 움직임차의 최대값이 워터마크를 삽입과 MPEG 압축 과정에서 변하기 때문이며 이러한 오류를 보완하는 방법은 워터마크 검출 과정 계산된 BER 값이 0.4이상이면 키 값

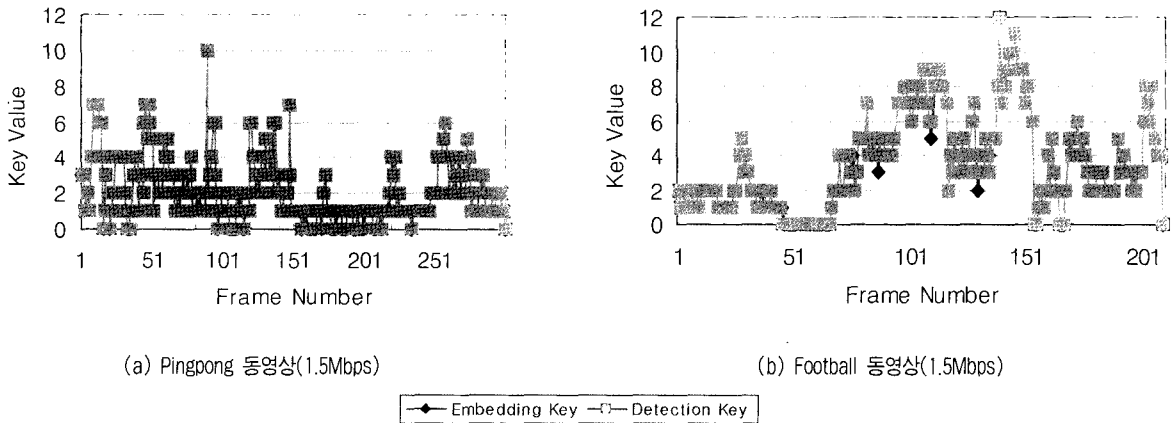


그림 1. PN 시퀀스 생성시 사용된 키 비교
 Fig. 1 Comparisons of the key to generate PN sequences.

을 1 더하거나 뺀 값으로 키 값을 수정하여 PN 시퀀스를 생성하고 다시 워터마크를 검출할 수 있다. 검출된 워터마크의 BER 값중 최소값을 워터마크가 삽입된 해당 프레임의 워터마크의 BER 값으로 선택한다.

그림 2는 전체 프레임에 대하여 계산한 BER값을 보여준다. 전체 프레임 중에서 동영상의 움직임이 적은 90~170번 프레임인 경우 Tsang의 방법을 사용하였을 때 BER 값이 작게 나왔으나 평균 BER은 제안한 방법이 0.12, Tsang의 방법이 0.16가 되어 제안한 방법이 우수함을 보인다.

원 영상과의 차이를 나타내는 척도인 평균 PSNR은 제안한 방법이 평균 32.8dB, Tsang의 방법은 평균 33.2dB를 보였다. 제안한 방법이 Tsang의 방법보다 낮게 나오나 한 개의 프레임내에서 복잡도에 따라 워터마크 세기의 가중치를 다르게 주어 시각적으로 거의 차이가 없다. 또한 삽입된 워터마크 검출율인 BER값이 0.2이하가 되어야 한다고 보았을 때 제안한 방법은 전체 프레임에 대하여 0.2이상인 프레임의 개수가 46, Tsang의 방법이 78개가 되어 제안한 방법이 우수하다.

프레임 평균화 공격에 대한 워터마크의 강인성을 실험하기 위해 워터마크가 삽입된 영상에 대하여 실험한다. 워터마크가 삽입되어 1.5Mbps로 압축된 Pingpong 동영상을 복호화하여 1~90번 프레임에 평균화 공격을 가한 영상에 대하여 워터마크가 추출되는지를 실험한 결과는 그림 3과 같다. 제안한 방법은 평균 BER은 0.11, Tsang이 제안한 방법은 평균 BER 0.15를 나타내어 제안한 방법의 우수함을 나

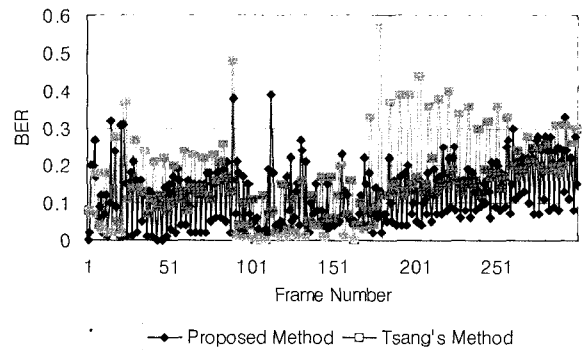


그림 2. 검출된 워터마크의 BER (1.5Mbps Pingpong 동영상)
 Fig. 2 BER of a detected watermark (1.5Mbps Pingpong video)

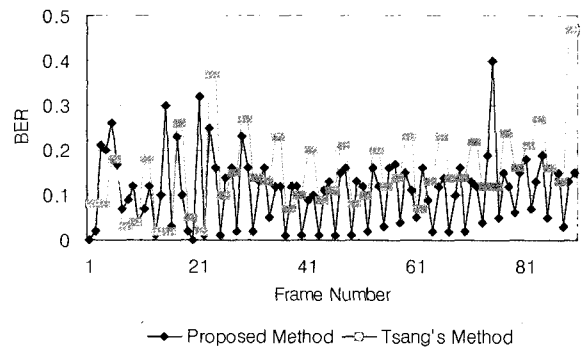


그림 3. frame averaging attack 영상에서의 BER
 Fig. 3 BER in the frame averaging attack

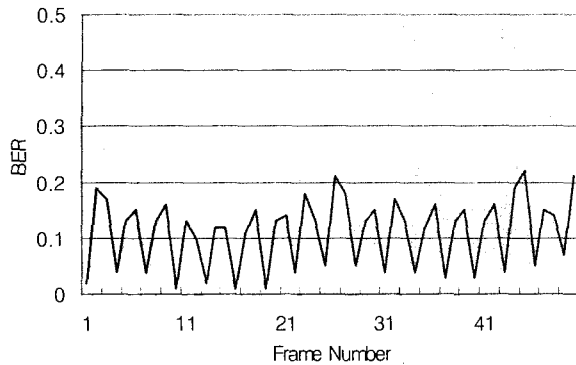


그림 4. 일부 프레임 삭제에 대한 워터마크의 BER
Fig. 4 BER of the watermark in the frame drop

타낸다. 그림 4는 Pingpong 동영상에서 1~90 번 프레임에 대하여 임의의 몇 개의 프레임에 삭제한 후 검출된 워터마크의 BER 값을 계산한 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 프레임간 움직임 차이를 이용하여 각 프레임에 삽입할 PN 시퀀스를 생성하는 키를 이용한 워터마킹 방법을 제안한다. 이 방법은 워터마크 삽입시에 계산한 키와 워터마크 검출시에 계산한 키가 ± 1 정도의 오차가 발생하는데 이것은 검출된 워터마크의 상태에 따라 키값을

다시 정하여 워터마크를 검출한다. 이 결과 평균 BER값과 BER이 0.2인 프레임 개수면에서 제안한 방법이 우수함을 보이며 생성된 키에 의해 각 프레임에 다른 워터마크를 삽입하므로 프레임 평균화 공격과 프레임 삭제나 비트 레이트의 변경과 같은 공격에 강인하다. 향후 워터마크 삽입시에 계산한 키와 워터마크 검출시에 계산한 키 값의 오차를 줄이는 방법에 대한 연구와 움직임이 거의 없는 영상에서 프레임의 특징을 추출하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] T. Kalker, G. Depovere, J. Haitsma and M. Maes, "A video watermarking system for broadcast monitoring", *Proc. of the SPIE In Security and Multimedia Contents*, vol.3657, 1999
- [2] K. F. Tsang, O. C. Au, "Robust and High Quality Video Watermarking with the use of Temporal Redundancy", *Proc. of SPIE vol.4314*, pp.55-63, 2001
- [3] W. Macy, M. Holliman, M. M. Yeung, "Robust Frame-dependent Video Watermarking", *Proc. of the SPIE In Security and Multimedia Contents II*, vol.3971, pp.186-197, 2000
- [4] J. Haitsma and T. Kalker, "A Watermarking Scheme for Digital Cinema", *Proc. of IEEE ICIP*, pp.487-489, 2001,
- [5] F. Hartung, B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video", *Signal Processing* 66, pp.283-301, 1998
- [6] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shanon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", *IEEE Trans. on Image Processing* vol.6 no.12, pp.1673-1687, Dec 1997
- [7] S-K Chang, "Principles of Pictorial Information Systems Design", Prentice-Hall, pp.61-71, 1989