

벡터양자화 기반의 디지털 워터마킹을 위한 부호책 생성 방법

Codebook generation method for Vector Quantization-based Digital Watermarking

심정보, 김형철, 임중열*
동신대학교, 남부대학교*

Shim Jeong-Bo, Kim Hyeong-Cheol,
Im Jung-Yeol*
Dongshin Univ., Dongshin Univ.,
Nambu Univ.*

요약

이전의 벡터양자화 기반의 워터마킹은 기본 부호책과 확장 부호책으로 구성된 사용자 부호책에 의해서 수행된다. 확장 부호책의 설계 방법은 매우 중요하지만 구체적인 방법이 제시되지 못하였다. 본 논문에서는 거리의 가중치(δ)를 사용하여 기본 부호책과 확장 부호책을 생성하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 워터마크 삽입에 관계없이 항상 일정한 성능을 가지는 부호책을 얻을 수 있다.

Abstract

Former Vector Quantization-based digital watermarking was operated by the user codebook which is combined by the basic and extended codebook. The design way of extended codebook is very important, but still not proposed the concrete way. This paper proposes how to make the basic and extended codebook using the weight of distance. The proposed way can always get the standardizing codebook without inputting watermark.

I. 서론

디지털 워터마킹이란 멀티미디어 콘텐츠에 추출 가능한 워터마크, 즉 저작권 및 인증 정보를 삽입하여 디지털 콘텐츠에 대한 저작권을 주장할 수 있도록 하는 방식이다[1-3]. 워터마킹 방법은 공간영역과 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 두 가지 방법으로 연구되어 왔다. 대부분의 주파수 영역의 워터마킹 기술은 코사인 변환(DCT: Discrete Cosine Transform)[2], 고속 푸리에 변환(FFT: Fast Fourier Transform), 이산 웨이브릿 변환(DWT : Discrete Wavelet

Transform)[3] 등을 이용한다.

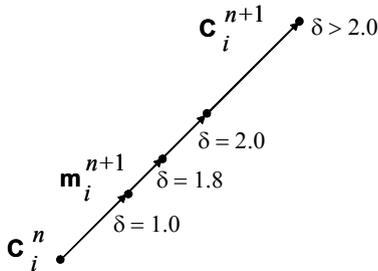
최근 부호책 확장 방법을 사용한 벡터양자화 기반의 워터마킹 방법이 소개되고 있다. 부호책 확장 방법은 기본 부호책에서 의도적으로 오차를 포함시킨 확장 부호책과 기본 부호책을 결합하여 사용자 부호책을 구성하고, 삽입할 워터마크 정보에 따라서 그 색인을 전송한다[4]. 확장 부호책은 주어진 임계치의 범위안에서 기본 부호책에 임의의 오차를 포함시켜 생성하는 것으로, 임계치와 생성방법은 벡터양자화의 성능을 결정하는 것으로 매우 중요하지만 이에 대한

구체적인 방법이 제시되지 않았다.

본 논문에서는 벡터양자화 기반의 워터마킹에서 기본 부호책과 확장 부호책의 효율적인 생성 방법을 제안한다. 제안된 방법은 거리의 가중치(δ)를 적용하여 기본 부호책과 확장 부호책을 생성하는데, 확장 부호책 생성시 최소한의 오차를 포함시킴으로써 워터마크 삽입에 따른 이미지의 품질 저하를 최소화할 수 있다.

II. 부호책 생성 알고리즘

벡터양자화에 사용되는 부호책을 설계하는 알고리즘 중에서 가장 대표적인 방법은 K-means 알고리즘으로 LBG(Linde, Buzo, and Gray) 알고리즘[5] 혹은 GLA(generalised Lloyd algorithm)라고도 알려져 있다. 이 알고리즘은 최소거리 조건과 중심조건을 반복적으로 만족시키며 주어진 초기 부호책에 대하여 평균 거리오차가 감소하는 부호책을 생성한다.



▶▶ 그림 1. 거리의 가중치(δ)에 따른 새로운 부호책의 결정

K-means 알고리즘과 거의 동일하지만 각 반복과정에서 중심 조건이 변형된 알고리즘을 Jancey가 제안했는데, 이 방법은 그림 1에서와 같이 현재 벡터와 새로운 군집의 중심점과 일직선상에 있는 반대편의 점, 즉 거리의 가중치(δ)가 2.0인 점을 새로운 부호책으로 사용하지만, 이 점이 수렴영역의 경계선에 놓여 임의의 데이터에 대하여 수렴이 되지 않는 경우가

있을 수 있다. 이러한 문제를 보완한 것이 D. Lee가 제안한 개선된 K-means 알고리즘이다[6]. D. Lee의 방법은 Jancey가 제안한 방법에서 $\delta = 2.0$ 대신 $\delta = 1.8$ 인 점을 새로운 부호책으로 사용하는 것으로 기존의 K-means 알고리즘 보다 더 좋은 성능을 보인다.

크기 N 의 부호책은 $C = \{c_i: i=1, \dots, N\}$ 로 정의하고, $c_i = \{c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ik}\}$ 는 k 차원의 부호 벡터이다. 학습벡터 집합 $X = \{x_j: j=1, 2, \dots, S\}$ 에서 j 번째 학습벡터와 i 번째 부호책 사이의 거리 $d(x_j, c_i)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$d(x_j, c_i) = \sum_{l=1}^k (x_{jl} - c_{il})^2 \quad (1)$$

학습벡터 x_j 에 대해서 가장 가까운 부호책이 c_h 라고 하면, x_j 는 c_h 에 사상된다. 주어진 학습 벡터 x_j 에 가장 가까운 부호책 $Q(x_j)$ 를 찾기 위한 최소거리 조건은 다음과 같다.

$$Q(x_j) = c_h \text{ if } d(x_j, c_h) \leq d(x_j, c_i) \text{ for } \forall i \quad (2)$$

c_h 의 새로운 중심은 c_h 에 소속된 학습 벡터의 평균이다. $|c_h|$ 는 c_h 에 소속된 학습 벡터의 수를 나타낸다.

$$c_i = \frac{1}{|c_h|} \sum_{x_n \in c_h} x_n \quad (3)$$

위 식에서 새로운 부호책을 구하기 위해 현재 부호책과 새로운 군집의 중심점과 일직선상에 있는 거리의 가중치를 적용하면 다음과 같다.

$$c_i^{n+1} = c_i^n + \delta (m_i^{n+1} - c_i^n) \quad (4)$$

c_i^n 은 n 번 반복 시 부호벡터, c_i^{n+1} 은 $n+1$ 번 반복 시 부호벡터, m_i^{n+1} 은 $n+1$ 번 반복 시 부호벡터에 대응되는 중심벡터이다. $\delta=1.0$ 인 경우 기존의 K-means 알고리즘을 나타내고, $\delta=1.8$ 인 경우는 D. Lee의 방법이다.

K-means 알고리즘은 최소거리 조건과 중심조건을 만족시키며 반복되며 다음의 4단계로 구성된다.

- 단계 1 : 초기 부호책을 구한다.
- 단계 2 : 최소거리 조건으로 가장 가까운 부호벡터를 찾아서 해당 클래스에 할당한다.
- 단계 3 : 중심조건과 δ 에 의해 새로운 부호벡터를 생성한다.
- 단계 4 : 제안된 학습반복수가 될 때까지 단계 2 와 3을 반복한다.

III. 제안된 방법

벡터 양자화 기반의 워터마킹을 위한 부호책은 기본 부호책과 확장 부호책으로 구성된다. 워터마킹을 위한 사용자 부호책을 $C = \{c_i; i=1, \dots, 2N\}$ 로 정의한다. 여기서 N 은 기본 부호책과 확장 부호책 각각의 크기를 나타내며, 사용자 부호책의 크기는 $2N$ 이다. 먼저 $\delta=1.8$ 을 적용한 확장 부호책과 $\delta=1.0$ 을 적용한 기본 부호책을 각각 생성하고, 두 개의 부호책을 결합하여 최종적인 사용자 부호책을 구성한다.

원 영상은 T 개의 블록으로 나누어지고, 크기 B 의 워터마크 정보가 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_B\}$, $w_r \in \{0, 1\}$, $T \geq B$ 라고 가정한다.

각 블록에 대한 워터마크 삽입 과정은 다음의 5단계로 구성된다.

- 단계 1 : 삽입하고자 하는 워터마크 비트 $w_r=0$ 이면, 기본 부호책에서 입력 벡터에 가장 가까운 부호벡터 c_i 를 찾고, $w_r=1$ 이면 확장 부호책에서 가장 가까운 부호벡터를 찾는다.
- 단계 2 : c_i 의 색인을 전송한다.
- 단계 3 : 색인을 수신한다.
- 단계 4 : 색인에 해당하는 부호벡터를 사용하여 원 영상을 복원한다.
- 단계 5 : 단계 1에서 4까지 모든 입력 영상 블록에 대해서 실행한다.

워터마크 추출처리는 다음과 같이 구성된다.

- 단계 1 : 사용자 부호책에서 워터마크된 영상 블록과 일치하는 부호벡터를 찾는다.
- 단계 2 : 부호벡터가 기본 부호책에 있으면 w_r 은 0이고, 확장 부호책에 있으면 w_r 은 1이다.
- 단계 3 : 단계 1과 2를 워터마크된 전체 영상 블록에 대해서 실행한다.
- 단계 4 : 추출된 워터마크 비트를 조합한다.

IV. 실험 및 결과

본 실험에서는 256 그레이 레벨을 갖는 512×512 크기의 영상을 4×4로 블로킹하여 이를 학습벡터로 사용하고 이분미소분리 방법을 사용하여 초기 부호책을 생성한다. 입력 영상은 LENA, PEPPERS를 이용하고, 기존의 K-means 알고리즘($\delta=1.0$)과 D-Lee($\delta=1.8$)의 방법을 적용한 부호책을 각각 생성하여 사용자 부호책을 구성한다. 제안된 방법에 의해 생성된 부호책의 평가를 위해 PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용한다. 삽입될 워터마크 비트는 랜덤하게 생성하고 0과 1의 비율에 따라서 PSNR을 비교한다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\sqrt{\frac{1}{512^2} \sum_{i=1}^{512} \sum_{j=1}^{512} (f_{ij} - g_{ij})^2} \right) \quad (5)$$

여기서 f_{ij} 는 원 영상의 화소값이고, g_{ij} 는 복원된 영상의 화소값이다.

표 1은 LENA와 PEPPERS 영상에 제안된 방법의 워터마크 비트의 0의 비율에 따른 PSNR을 비교한 것이다. $w_r=0$ 일 때 기본 부호책을 사용하고 $w_r=1$ 이면 확장 부호책을 사용한다. 따라서 워터마크 비트의 0의 비율은 기본 부호책의 사용율을 의미하고, 비율이 1.0일 때 기본 부호책만을 사용한 워터마크가 삽입되지 않은 것을 의미한다. 표 1에서와 같이 워터마크를 삽입한 경우 그렇지 않은 경우보다 PSNR이 최대 0.12 정도로 근소하게 감소되었다. 따라서 제안된 방법으로 부호책을 생성할 경우 워터마크 삽입에 따른 이미지의 품질 저하를 최소화할 수 있음을 알 수 있었다.

[표 1] 제안된 방법의 워터마크 비트의 0의 비율에 따른 PSNR 비교

워터마크 비트의 0의 비율	LENA	PEPPERS
	PSNR	PSNR
0.1	31.65	31.26
0.2	31.67	31.27
0.3	31.69	31.28
0.4	31.69	31.29
0.5	31.71	31.32
0.6	31.70	31.34
0.7	31.71	31.33
0.8	31.72	31.36
0.9	31.75	31.36
1.0	31.76	31.38

V. 결 론

벡터양자화 기반의 워터마킹에서 거리의 가중치 (δ)를 사용하여 기본 부호책과 확장 부호책을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 거리의 가중치(δ)를 적용하여 기본 부호책과 확장 부호책을 생성한다. 실험결과에 의하면 워터마크를 삽입한 경우 PSNR이 최대 0.12 정도로 근소하게 감소되었다. 따라서 제안된 방법으로 부호책을 생성할 경우 워터마크 삽입에 따른 이미지의 품질 저하를 최소화할 수 있다.

■ 참고문헌 ■

- [1] S. W. Kim, S. Suthaharan, H. K.Lee and K. R. Rao, "Image watermarking scheme using visual model and BN distribution," Electron. Lett., Vol. 35, No. 3, pp. 212-213, 1999.
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shammon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. Image Process., Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, 1997.
- [3] Xiang-Gen Xia, C. G. Bonchelet and G. R. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing, Vol. 1, pp. 548-551, 1997.
- [4] Z. M. Lu, J. S. Pan, and S. H. Sun, "VQ-based digital image watermarking method," Electron. Lett., Vol. 36, No. 4, pp. 1201-1202, 2000.
- [5] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, pp. 84-95, 1980.
- [6] D. Lee, S. Baek, and K. Sung, "Modified K-means algorithm for vector quantizer design," IEEE Signal Processing Letters, Vol. 4, pp. 2-4, 1997.