

# 새로운 Splitting 방법을 이용한 초기 코드북 생성 알고리즘

김형철, 조제황

동신대학교 전기전자공학부

## Initial codebook generation algorithm using a new splitting method

HyungCheol Kim, CheHwang Cho

Dept. of Electrical & Electronic Eng., Dongshin Univ.

khc519@hanmail.net, chcho@whie.dongshinu.ac.kr

### 요약

코드북을 설계하는 알고리즘 중에서 가장 대표적인 방법은 K-means 알고리즘이다. 이 알고리즘은 그 성능이 초기 코드북에 크게 의존한다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 Splitting 방법을 이용한 새로운 초기 코드북 생성 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 방법에서는 기존의 초기 코드북 생성 알고리즘인 Splitting 방법을 적용하여 코드벡터를 생성하되, 미소분리 과정 시 학습벡터의 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터를 제거하고 수렴 빈도가 가장 높은 코드벡터를 미소분리 하여 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 설계한다.

제안된 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용하여 K-means 알고리즘을 수행한 결과 기존의 Splitting 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용한 경우보다 코드북의 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

### I. 서론

벡터양자화를 이용한 데이터 압축방법은 음성이나 영상의 압축방법으로 많은 관심을 받아왔다. 벡터양자화는 부호화 단계와 복호화 단계로 구성되는데 부호화 단계에서는 입력벡터에 가장 근접한 코드벡터를 찾아 그

색인을 전송하고, 복호화 단계에서는 전송된 색인에 해당하는 코드벡터를 찾아 복원하는 것으로 주어진 학습 벡터를 가장 잘 대표할 수 있는 코드벡터의 집합인 코드북을 구하는 것이 매우 중요한 문제이다[1]-[5].

이러한 코드북을 구하는 문제는 음성인식, 영상인식, 패턴인식의 분야에서 연구되고 있으며, 코드북을 구하는 알고리즘에는 여러 가지가 있으나 그 중 가장 대표적인 것이 K-means 알고리즘이다[6]-[9]. 그러나 이 알고리즘은 두가지 문제점을 가지고 있다. 첫째는 국부적으로 최적화되어 전체 최적 코드북으로 수렴을 보장하지 못한다는 것이고, 둘째는 그 성능이 초기 코드북에 크게 의존한다는 것이다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 랜덤 초기화, Splitting, 최대거리 초기화, PNN (pairwise nearest neighbor), Pruning 등의 여러 가지 알고리즘이 제안되었으며, 그 중 가장 널리 쓰이는 초기화 알고리즘이 Splitting 방법이다[2][3].

기존의 Splitting 방법은 전체 학습벡터의 중심을 구해 크기가 매우 작은 벡터를 더하고 빼서 두 개의 코드벡터를 구한 다음 K-means 알고리즘을 수행하고, 이 두 개의 코드벡터를 같은 방법으로 네 개의 코드벡터를 만들어 최종적으로 원하는 크기만큼의 초기 코드북을 생성하는 것이다. 따라서 코드북의 성능 향상을 위해 새로운 Splitting 방법을 이용한 초기 코드북 생성 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 초기 코드북 생성 알고리즘인 Splitting 방법을 적용하여 코드벡터를 생성하되, 미소분리 과정 시 학습벡터에 대한 소속 빈

도가 가장 낮은 코드벡터를 코드북에서 제거하고 소속 빈도가 가장 높은 코드벡터를 다시 미소분리 하여 소속 빈도가 가장 낮은 코드벡터와 대체하여 코드북을 만든 다음 K-means 알고리즘을 수행하여 초기 코드북을 설계하는 방법이다.

## II. Splitting 방법과 제안된 방법

### II-1. Splitting 방법

Splitting 방법은 K-means 알고리즘의 초기 코드북을 설계하는 알고리즘으로 가장 널리 쓰이며, 그 자체 내에 K-means 알고리즘을 사용한다. 그 과정은 다음과 같다.

단계1:  $N$ 개의 전체 학습벡터의 중심벡터를 구한다.

$$c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1 \leq i \leq N)$$

단계2: 중심벡터에 크기가 매우 작은 벡터를 더하고 빼서 두 개의 코드벡터를 구한다.

$$\text{초기값} : k=1 \text{ 이고 } 2^k = j$$

$$y_j^{n+1} = c \pm s \quad (j = 1, 2)$$

단계3: 두 개의 코드벡터에 K-means 알고리즘을 수행한다. 중심벡터  $m_j^{n+1}$  을 새로운 코드벡터  $y_j^{n+1}$  로 결정한다.

$$y_j^{n+1} = m_j^{n+1} \quad (j = 1, 2)$$

단계4: 원하는 코드벡터의 개수와 같으면 종료하고, 아니면  $k = k + 1$  로 하고 단계2를 수행한다.

### II-2. 제안한 방법

제안한 방법에서는 기존의 Splitting 방법을 적용하여 코드벡터를 생성하되, 미소분리 과정 시 학습벡터의 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터를 제거하고 수렴 빈도가 가장 높은 코드벡터를 미소분리 하여 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 설계한다. 알고리즘의 구성은 다음과 같다.

단계1:  $N$ 개의 전체 학습벡터의 중심벡터를 구한다.

$$c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1 \leq i \leq N)$$

단계2: 중심벡터에 크기가 매우 작은 벡터를 더하고 빼서 두 개의 코드벡터를 구한다.

$$\text{초기값} : k=1 \text{ 이고 } 2^k = j$$

$$y_j^0 = c \pm s \quad (j = 1, 2)$$

단계3: 두 개의 코드벡터에 K-means 알고리즘을 수행한다. 중심벡터  $m_j^{n+1}$  을 새로운 코드벡터  $y_j^{n+1}$  로 결정한다.

$$y_j^{n+1} = m_j^{n+1} \quad (j = 1, 2)$$

단계4: 소속 빈도가 가장 높은 코드벡터  $y_{\max}$  와 소속 빈도가 가장 낮은 코드벡터  $y_{\min}$  을 구하여  $y_{\min}$  을 제거하고  $y_{\max}$  를 미소분리 한다.  $k = k + 1$  후 원하는 수가 될 때까지 단계 2 를 수행한다.

## III. 실험 및 결과

본 실험에서는 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘을 비교하기 위해 256 그레이 레벨을 갖는  $512 \times 512$  크기의 LENA, PEPPER 영상을 사용하여 16384개의  $4 \times 4$  블록단위로 나누어 학습벡터로 사용한다. 코드북의 성능을 비교하기 위해 원 영상과 복원된 영상을 비교 평가한 PSNR(peak signal to noise ratio)은 다음과 같다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{\sqrt{\frac{1}{512^2} \sum_{i=1}^{512} \sum_{j=1}^{512} (f_{ij} - g_{ij})^2}} \right) \quad (1)$$

여기서  $f_{ij}$ 는 원 영상의 화소 값이고,  $g_{ij}$ 는 복원된 영상의 화소 값이다.

기존의 알고리즘을 적용한 경우 입력영상을 미소분리 하여 초기 코드북을 설계하고, 초기 코드북의 성능을 평가하기 위해 다음과 같이 K-means 알고리즘을 적용한다. 새로운 코드벡터를 구하기 위해 현재 코드벡터와 새로운 군집의 중심점과 일치선상에 있는 거리의 가중치( $\delta$ )를 적용하면 다음과 같다.

$$y_j^{n+1} = y_j^n + \delta (m_j^{n+1} - y_j^n) \quad (2)$$

여기서,  $y_j^n$ 은  $n$ 번 반복 시 코드벡터,  $y_j^{n+1}$ 은  $n+1$ 번 반복 시 코드벡터,  $m_j^{n+1}$ 은  $n+1$ 번 반복 시 코드벡터에 대응되는 중심벡터이며,  $\delta=1$ 인 경우 기존의 K-means 알고리즘을 나타내고,  $\delta=1.8$ 인 경우는 D. Lee의 방법으로 두 가지 가중치에 대해 실험한다.

또한, 제안한 방법인 새로운 Splitting 방법을 이용한 초기 코드북 생성 알고리즘으로 초기 코드북을 설계하고, K-means 알고리즘을 적용하여 두 가지 가중치에 대해 실험한다.

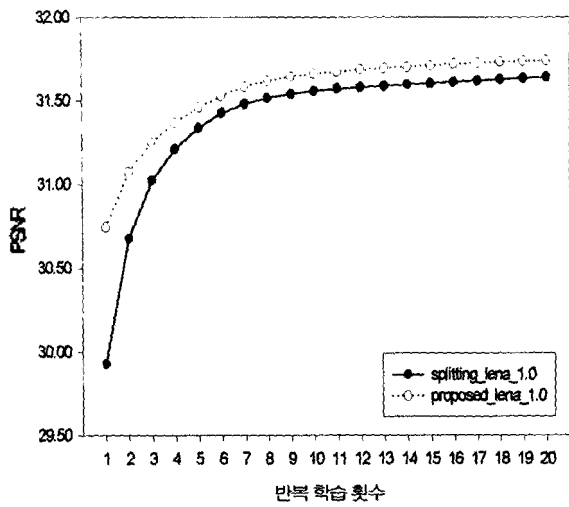


그림 1. 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에  $\delta=1$ 을 적용(LENA 영상)

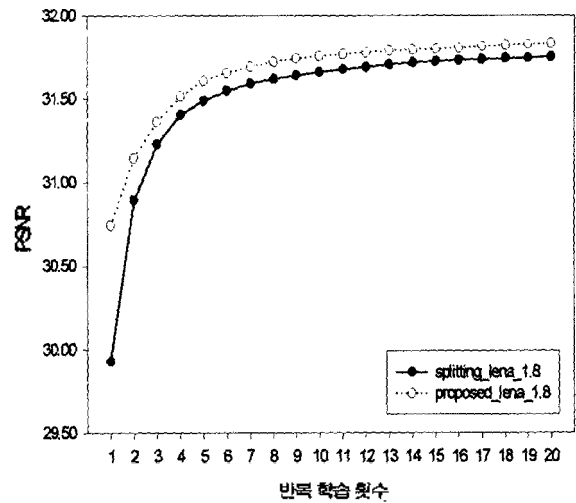


그림 3. 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에  $\delta=1.8$ 을 적용(LENA 영상)

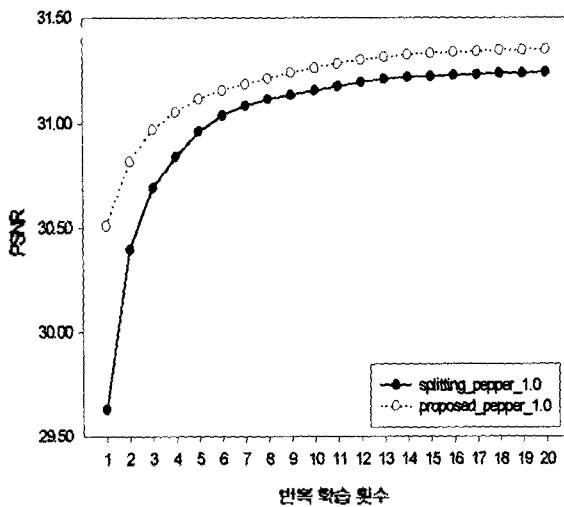


그림 2. 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에  $\delta=1$ 을 적용(PEPPERS 영상)

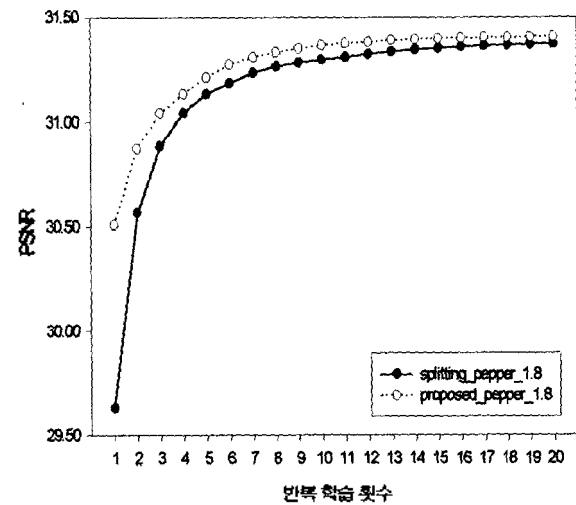


그림 4. 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에  $\delta=1.8$ 을 적용(PEPPERS 영상)

그림 1과 그림2는 LENA 영상과 PEPPERS 영상에 대해 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에 의해 설계된 초기 코드북을 K-means 알고리즘에 적용한 것으로 제안된 방법으로 설계된 초기 코드북을 적용하였을 때 PSNR이 더 높게 나타났다.

그림 3과 그림4는 LENA 영상과 PEPPERS 영상에 대해 기존의 Splitting 방법과 제안한 방법에 의해 설계된 초기 코드북을 D. Lee의 방법에 적용한 것으로 제안된 방법으로 설계된 초기 코드북을 적용하였을 때 PSNR이 더 높게 나타났다.

#### IV. 결론

Signal Processing Letters, vol. 7, no.9, pp. 250-252, Sep. 2000.

본 논문에서는 초기 코드북 설계를 위해 가장 널리 쓰이는 Splitting 방법에 변화를 주어 초기 코드북의 성능을 개선하는 방법을 제안하였다. 이는 미소분리 과정 시 학습벡터의 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터를 제거하고 수렴 빈도가 가장 높은 코드벡터에 크기가 매우 작은 벡터를 더하여 분할한 후 수렴 빈도가 가장 낮은 코드벡터와 대체해가며 초기 코드북을 설계하는 것으로, 제안된 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용하여 K-means 알고리즘을 수행한 결과 기존의 Splitting 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용한 경우보다 PSNR이 높게 나타났다. 또한, 위의 두가지 방법으로 생성된 초기 코드북에 현재 코드벡터와 새로운 군집의 중심점과 일직선상에 있는 거리의 가중치를 1.8로 적용한 D. Lee의 방법에서도 동일한 결과를 보였다.

따라서, 제안된 방법으로 설계한 초기 코드북의 성능이 향상되었고, 코드북 설계 시 초기 코드북의 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Y.Linde, A.Buzo, and R.M.Gray, "An algorithm for vector quantizer design", IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, pp. 84-95, 1980.
2. A.Gersho and R.M.Gray, Vector Quantization and Signal Compression, KAP, 1992.
3. M.Rabbani and P.W.Jones, Digital image compression techniques, SPIE Press, 1991.
4. W.H.Equitiz, "A new vector quantization clustering algorithm", IEEE Trans. Acoust. Speech and signal Proc., pp. 1568-1575, 1989.
5. M.R.Anderberg, Cluster analysis for applications, Academic, New York, 1973.
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.
7. 김형철, 조재황, "수정된 K-means 알고리즘," 한국음향학회 학술대회 논문집, Vol. 18, No. 2(s), 1999.
8. K.K.Paliwal and V.Ramasubramanian, "Comments on Modified K-means algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, no. 11, pp. 1964-1967, Nov. 2000.
9. Peter Veprek, A. B. Bradley, "An improved algorithm for vector quantizer design", IEEE