

# 소속 학습벡터 수를 고려한 초기 코드북 생성 알고리즘

김형철, 조제황

동신대학교 전기전자공학부

## Initial codebook generation algorithm considering the number of member training vectors

HyungCheol Kim, CheHwang Cho

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

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

### 요 약

벡터양자화에서 주어진 학습벡터를 가장 잘 대표할 수 있는 코드벡터의 집합인 코드북을 구하는 것은 가장 중요한 문제이다. 이러한 코드북을 구하는 알고리즘 중에서 가장 대표적인 방법은 K-means 알고리즘으로 그 성능이 초기 코드북에 크게 의존한다는 문제점을 가지고 있어 여러 가지 초기 코드북을 설계하는 알고리즘이 제안되어 왔다. 본 논문에서는 splitting 방법을 이용한 수정된 초기 코드북 생성 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 방법에서는 기존의 splitting 방법을 적용하여 초기 코드북을 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 방법의 적용은 기존 방법에서 MSE(mean square error)의 감소율이 가장 작은 미소분리 과정에서 시작하여 원하는 코드북 크기를 얻을 때까지 반복한다. 제안된 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용하여 K-means 알고리즘을 수행한 결과 기존의 splitting 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용한 경우보다 코드북의 성능이 향상되었다.

벡터양자화는 벡터 형태로 주어진 데이터를 양자화하는 것으로 스칼라 양자화와 대비되며, 크게 부호화 단계와 복호화 단계로 구분할 수 있다. 부호화 단계에서는 미리 주어진 코드벡터의 집합인 코드북에서 입력벡터에 가장 근접한 코드벡터를 찾아 그 색인을 전송하고, 복호화 단계에서는 전송된 색인에 해당하는 코드벡터를 찾아 데이터를 복원하는 것이다. 주어진 학습벡터를 가장 잘 대표할 수 있는 코드벡터의 집합인 코드북을 구하는 것은 매우 중요한 문제로 여러 가지 방법들이 제시되어왔다[1]-[5].

이러한 코드북을 구하는 알고리즘 중에서 가장 널리 쓰이는 것은 K-means 알고리즘이다. K-means 알고리즘의 성능을 개선하기 위한 방법은 크게 초기 코드북을 잘 구하는 것과, K-means 알고리즘 보다 성능이 우수한 코드북을 구하는 새로운 알고리즘을 제안하는 것이고[6]-[9], 부호화 단계에서 입력벡터와 가장 가까운 코드벡터를 찾기 위한 고속 부호화 알고리즘 및 코드북 학습단계에서의 학습시간 감축 알고리즘을 설계하는 것이다.

K-means 알고리즘의 성능을 개선하기 위해 초기 코드북을 잘 설계해야 한다는 것은 K-means 알고리즘의 성능이 초기 코드북에 크게 의존하기 때문이다. 이러한 K-means 알고리즘의 초기 코드북을 잘 구하는 방법으로 랜덤 초기화, 최대거리 초기화, PNN(pairwise nearest neighbor), pruning, splitting 등의 여러 가지 초기화 알고리즘이 제안되어 왔으며, 그 중 K-means 알고리즘의 초기화 알고리즘으로 가장 널리 쓰이는 것이

### I. 서 론

splitting 방법이다[2][3].

splitting 방법은 그 자체 내에 K-means 알고리즘을 사용하는 것으로 먼저 전체 학습벡터의 중심을 구해 미소벡터를 더하고 빼서 두 개의 대표벡터를 구한 다음 K-means 알고리즘을 수행하여 두 개의 코드벡터를 구하고, 이 두 개의 코드벡터를 위와 같은 방법으로 원하는 크기만큼의 초기 코드북을 생성하는 것이다. 이를 개선한 방법으로 대표벡터를 구한 후 K-means 알고리즘을 수행할 때 거리의 가중치를 기존의 splitting 방법과 다르게 하여 초기 코드북의 성능을 기선했었다[10].

본 논문에서는 코드북의 성능 향상을 위해 소속 학습벡터 수를 고려한 초기 코드북 생성 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 초기 코드북 생성 알고리즘인 splitting 방법을 적용하여 코드벡터를 생성하되, splitting 과정 시 소속 학습벡터의 수가 가장 적은 코드벡터를 제거하고 소속 학습벡터의 수가 가장 많은 코드벡터를 이분 미소분리 하여 소속 수가 가장 적은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 설계한다.

## II. splitting 방법

K-means 알고리즘의 초기화 알고리즘으로 가장 널리 쓰이는 알고리즘인 splitting은 Linge Buzo, Gray에 의해 제안되었다. splitting은 자체 내에 K-means 알고리즘을 사용하는 것으로 그 과정은 다음과 같다.

먼저 전체 학습벡터의 중심벡터를 구해 크기가 매우 작은 미소벡터를 더하고 빼서 두 개의 대표벡터를 구한 다음 구해진 두 개의 대표벡터에 K-means 알고리즘을 수행하여 두 개의 코드벡터를 만든다. 위와 같은 방법으로 2의 지수배의 개수 단위로 원하는 K개의 코드벡터를 만든다.

## III. 소속 학습벡터 수를 고려한 초기 코드북 생성 알고리즘

제안된 방법에서는 splitting 방법과 같이 전체 학습벡터의 중심벡터를 구해 크기가 매우 작은 미소벡터를 더하고 빼서 두 개의 대표벡터를 구한다. 다음으로 구해진 두 개의 대표벡터에 K-means 알고리즘을 수행하여 두 개의 코드벡터를 생성하고, 원하는 K개의 코드벡터를 만들 때까지 반복하되, 각 반복단계에서 MSE (mean square error)의 차가 가장 적은 시점에서 종료 시까지 소속 학습벡터의 수가 가장 적은 코드벡터를 제거하고 소속 학습벡터의 수가 가장 많은 코드벡터를 미소분리 하여 소속 수가 가장 적은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 설계한다.

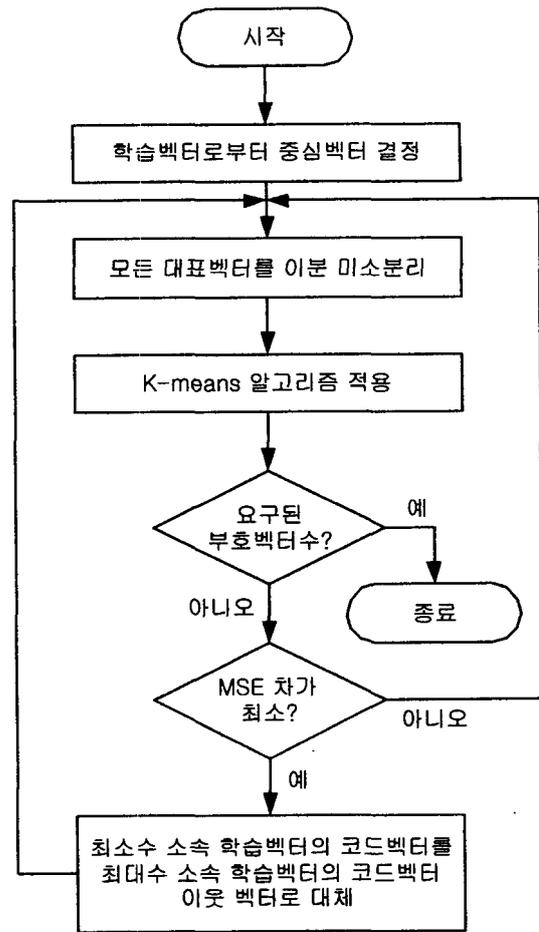


그림 1. 제안된 초기 코드북 생성 알고리즘

## IV. 실험 및 결과

본 실험에서는 256 그레이 레벨을 갖는 512×512 크기의 흑백 USC 영상 20개를 학습벡터로 사용하였고, 초기 코드북의 크기는 1024이다. 입력 영상으로 Lena, Peppers를 사용하여 16,384개의 4×4 블록 단위로 나누어 입력벡터로 사용하였고, 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘을 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 화소값이고,  $g_{ij}$ 는 복원된 영

상의 화소값이다.

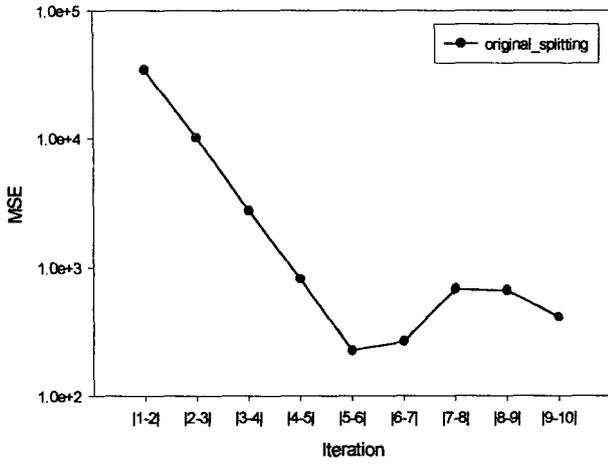


그림 2. 초기 코드북 생성시 MSE의 변화량

그림 2는 초기 코드북 생성시 MSE의 변화량을 나타낸 것으로 5회와 6회 반복 사이에서 변화량이 가장 작았다. 따라서 MSE의 감소율이 가장 작은 5회 반복시점부터 소속 학습벡터의 수가 가장 적은 코드벡터를 제거하고 소속 학습벡터의 수가 가장 많은 코드벡터를 이분 미소분리 하여 소속 수가 가장 적은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 생성한 결과 이후 반복단계에서 기존의 방법보다 MSE가 감소하였다.

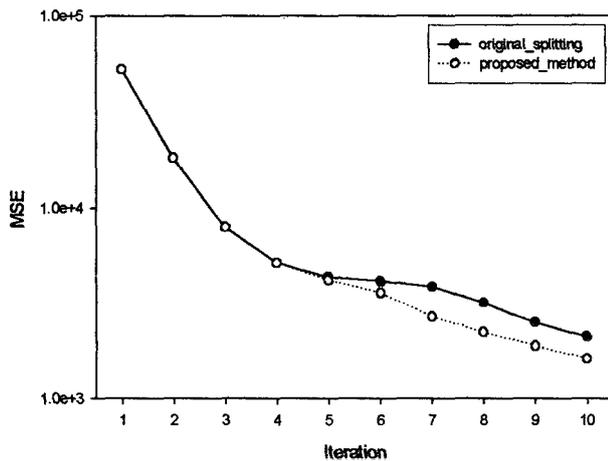


그림 3. 기존 방법과 제안된 방법의 MSE

그림 3은 기존 방법과 제안된 방법에서의 MSE로 초기 코드북 생성 시 제안된 방법에서 MSE가 더 감소함

을 나타낸다.

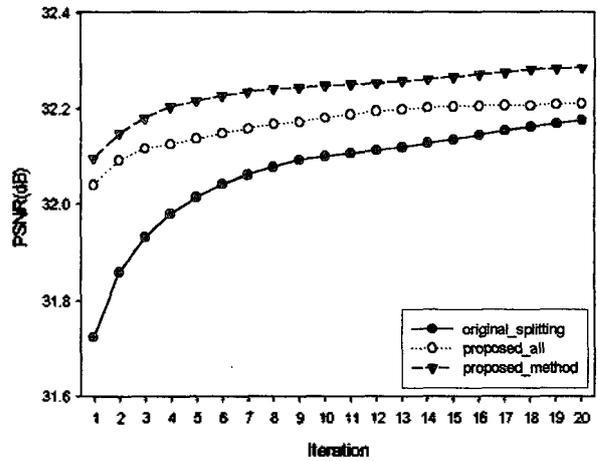


그림 4. 기존 방법과 제안된 방법의 PSNR (Lena 영상)

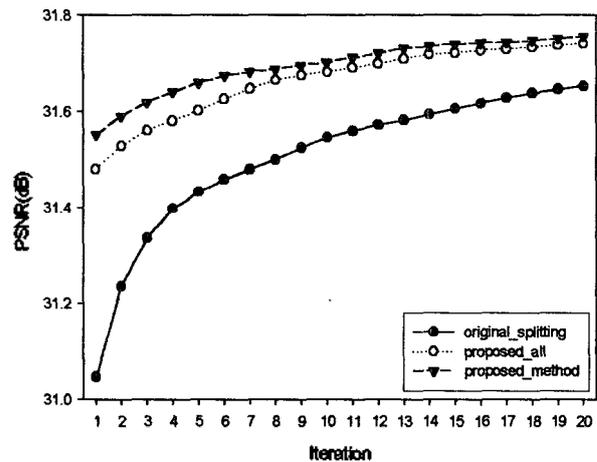


그림 5. 기존 방법과 제안된 방법의 PSNR (Peppers 영상)

그림 4와 5는 기존 방법과 제안된 방법으로 생성된 초기 코드북의 성능을 평가하기 위해 기존 K-means 알고리즘을 적용하여 생성된 코드북의 PSNR을 나타낸 것이다. 여기서 proposed\_all은 MSE의 변화량을 고려하지 않고 모든 반복단계에서 소속 학습벡터의 수에 따라 코드벡터를 대체하여 초기 코드북을 생성한 것이고, proposed\_method는 MSE의 변화량이 가장 작은 시점에서 종료시까지 코드벡터를 대체하여 초기 코드북을 생성한 것이다. 각각 Lena 영상과 Peppers 영상을 사용

하였으며, 기존 방법보다 제안된 방법에서 PSNR이 더 높게 나타남을 알 수 있다.

## V. 결론

코드북을 구하는 여러 가지 방법들 중에서 가장 대표적인 방법은 K-means 알고리즘으로 그 성능을 개선하기 위한 하나의 방법은 초기 코드북을 잘 설계하는 것이다. 초기 코드북 설계 방법으로 여러 가지 알고리즘이 제안되어 왔으며, 그 중 K-means 알고리즘의 초기화 알고리즘으로 가장 널리 쓰이는 것이 splitting 방법이다.

본 논문에서는 소속 학습벡터 수를 고려한 초기 코드북 생성 알고리즘을 제안하였으며, 제안된 방법에서는 splitting 방법과 같이 전체 학습벡터의 중심벡터를 구해 크기가 매우 작은 미소벡터를 더하고 빼서 두 개의 대표벡터를 구한 다음 K-means 알고리즘을 수행하여 코드벡터를 생성하고, 원하는 코드북 크기까지 반복하되, 반복단계에서 MSE (mean square error)의 차가 가장 적은 시점에서 종료 시까지 소속 학습벡터의 수가 가장 적은 코드벡터를 제거하고 소속 학습벡터의 수가 가장 많은 코드벡터를 미소분리 하여 소속 수가 가장 적은 코드벡터와 대체하며 초기 코드북을 설계한다.

제안된 방법으로 생성된 초기 코드북에 K-means 알고리즘을 적용하여 실험한 결과 기존의 splitting 방법으로 생성된 초기 코드북을 사용한 경우보다 PSNR이 높게 나타났고, MSE의 변화량을 고려하여 MSE의 감소율이 가장 작은 5회 반복시점부터 소속 학습벡터의 수에 따라 코드벡터를 대체하여 초기 코드북을 생성한 것이 모든 반복단계에서 코드벡터를 대체한 경우보다 더 우수한 성능의 초기 코드북을 설계할 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.Equitz, "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] 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.
- [8] P. Veprek and A. B. Bradley, "An improved algorithm for vector quantizer design", IEEE Signal Processing Letters, vol. 7, no.9, pp. 250-252, Sep. 2000.
- [9] 김형철, 조제황, "수정된 K-means 알고리즘", 한국음향학회 학술대회 논문집, Vol. 18, No. 2(s), 1999.
- [10] 김형철, 조제황, "수정된 Splitting method에 의한 초기 코드북의 성능 향상", 한국통신학회 학술대회 논문집, 1999.