

벡터 양자화를 위한 삼각 부등식을 이용하는 빠른 코드북 탐색법

김성재, 안철웅, 김승호
경북대학교 컴퓨터공학과

Fast Codebook Search Method using Triangle Inequality for Vector Quantization

Seong-Jae Kim, Cheol-Woong Ahn, Sung-Ho Kim
Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

영상 자료는 일반적으로 많은 정보량을 가지기 때문에 저장 공간과 전송 시간의 문제 등이 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 영상 압축 기법이 사용되며 그 방법 중의 하나로 벡터 양자화가 있다. 벡터 양자화는 압축률은 높지만 시간이 많이 걸리는데, 전체 처리 시간 중에서도 영상의 각 블록에 해당하는 코드벡터를 찾기 위해 주어진 코드북을 탐색하는 단계에 소요되는 시간이 가장 큰 비중을 차지한다. 본 논문에서는 코드북 탐색에 소요되는 시간을 줄여 벡터 양자화를 빠르게 하기 위한 방법으로 삼각 부등식을 이용하는 빠른 코드북 탐색법을 제안한다. 제안된 방법은 삼각 부등식을 이용해 구한 하한값을 기준으로 불필요한 계산을 줄여서 탐색 속도를 증가시킨다. 제안된 방법의 평가를 위해 100장의 256×256 , 256 레벨 흑백 영상을 사용하였고, 기존의 전체 탐색 방법에 비해 배 이상의 속도 향상을 얻을 수 있었다.

1. 서론

영상 자료는 그 특성상 많은 정보량을 가진다. 따라서 이를 저장하기 위해서는 대용량의 저장 장치가 필요하고, 통신망을 통해 전송하는 경우에도 큰 대역폭이 필요하다. 그러나 저장 장치의 용량과 통신망의 대역폭은 한정되어 있기 때문에 영상을 압축하여 사용하는 방법에 대한 요구가 생기게 되었고, 이를 위한 여러 가지 방법들이 제안되었다[1, 2].

효율적인 영상 압축 방법의 하나로 벡터 양자화가 있다[3]. 벡터 양자화는 영상을 일정한 크기의 블록으로 나눈 후 각각의 블록을 하나의 벡터로 보고 준비되어 있는 코드북의 코드벡터들과 비교한다. 코드벡터는 영상의 한 블록이 가질 수 있는 모든 경우들 중의 한 가지이고, 코드북은 이러한 코드벡터들의 유한집합이다. 이 때, 각각의 블록과 유클리드 공간에서의 거리가 가장 가까운 코드벡터의 인덱스를 해당 블록 전체를 대신하여 저장하는 것으로 압축이 이루어진다.

이 과정에서 코드북을 탐색하는 초보적인 방법은 영상의 각각의 블록을 코드북에 있는 모든 코드벡터와 하나하나 비교하여 보는 전체 탐색 방법이다. 이 경우 영상의 각각의 블록과 가장 차이가 작은 코드벡터를 선택할 수 있어서 벡터 양자화 한 후 복원한 영상은 주어진 코드북에서 최선의 것이 된다. 그렇지만 비교 회수가 많아 그만큼 벡터 사이의 거리

계산을 많이 해야 하기 때문에 시간이 오래 소요된다.

이 시간을 줄이기 위한 몇 가지 방법들이 제안되었다. 그 중에서 대표적인 것으로 해싱을 사용하여 코드북을 구성하는 방법과 영상의 블록보다 작은 코드벡터에서 영상의 국부성을 이용하여 블록의 외곽을 추정하는 방법 등이 있다[4, 5] 그런데 두 가지 방법 모두 탐색 시간은 줄어들지만, 벡터 양자화 한 후 복원한 영상은 전체 탐색 방법과 차이가 있다. 그런데 전체 탐색 방법에 의한 영상이 주어진 코드북에서 최선의 것이므로 위의 두 가지 방법에 의한 영상의 질은 나빠진다고 할 수 있다.

본 논문에서는 벡터 양자화의 코드북 탐색 과정에서 삼각 부등식을 이용하여 영상의 각각의 블록과 가장 차이가 작은 코드벡터를 빠르게 찾는 방법을 제안하고 이를 구현, 평가한다. 제안된 방법으로 구한 영상은 전체 탐색 방법에 의한 영상처럼 주어진 코드북에서 최선의 것을 구하면서 소요 시간은 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 벡터 양자화와 삼각 부등식의 개념에 대해 설명하고 3장에서는 삼각 부등식을 이용한 빠른 코드북 탐색 방법을 제안한다. 4장에서는 실험 방법을 기술하고 결과를 분석하여 기존의 방법과 비교, 평가하며 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 벡터 양자화와 삼각 부등식의 개념

2.1 벡터 양자화

벡터 양자화 과정은 다음과 같다. 먼저 영상을 일정한 크기의 블록으로 나눈 다음 각각의 블록을 하나의 벡터로 보고 준비되어 있는 코드북의 코드벡터들과 비교한다. 이 때, 각각의 블록과 가장 차이가 작은 코드벡터의 인덱스를 그 블록을 대신하여 저장하는 것으로 압축이 이루어진다. 코드벡터는 영상의 한 블록이 가질 수 있는 모든 경우들 중의 임의의 하나이고, 코드북은 이러한 코드벡터들의 집합이다.

이 과정을 도식화하면 그림 1과 같다.

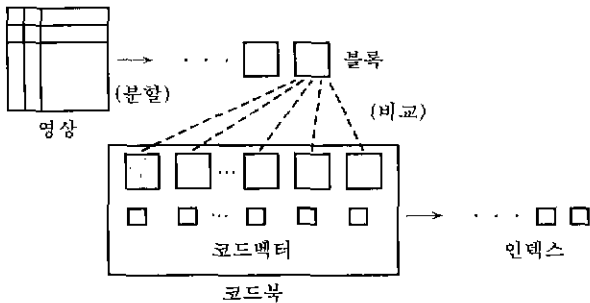


그림 1. 벡터 양자화

벡터와 벡터의 차이를 측정하는 기준에는 여러 가지가 있는데 일반적으로는 유클리드 공간에서의 두 벡터 사이의 거리를 사용한다. 즉, 두 벡터 사이의 거리가 가까우면 가까울수록 그 두 벡터는 차이가 작은 것으로 보는 것이다.

이렇게 압축된 영상을 복원하는 것은 저장된 인덱스와 코드북만으로 가능하다. 그러나, 압축을 위해 적은 수의 코드벡터로 가능한 모든 블록을 대표해서 나타냈기 때문에 발생하는 정보의 손실에 의해 대부분의 경우 인덱스가 나타내는 코드벡터는 원래의 영상의 해당 블록과 같지 않다. 따라서 벡터 양자화 한 후 복원한 영상은 원래의 영상과 차이가 난다. 그러므로 이 차이를 줄이면서 압축 효율도 높여려면 코드북의 코드벡터들이 영상의 한 블록이 가질 수 있는 모든 경우를 잘 대표할 수 있는 것들이어야 하고 코드벡터와 코드북의 크기도 잘 결정해야 한다.

2.2. 삼각 부등식

삼각형의 두 변의 길이의 합은 다른 한 변의 길이보다 항상 크다. 세 변의 길이를 각각 A, B, C 라고 두고 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$A + B > C$$

두 변의 길이의 차를 L이라고 두고 이 식을 변형하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$A > |C - B| = L$$

결과적으로, 삼각형의 한 변의 길이 A는 다른 두 변의 길이의 차 L보다 항상 크다. 바꿔 말하면, 삼각형의 두 변의 길이의 차는 다른 한 변의 길이가 가질 수 있는 하한값이 된다.

3. 삼각 부등식을 이용한 빠른 코드북 탐색

제안하고자 하는 방법에서는 먼저 비교의 기준의 될 키벡터 K를 하나 선정한 후 이 키벡터와 코드북의 코드벡터 C들 사이의 유클리드 공간에서의 거리 $D(K, C)$ 를 벡터 양자화 과정 전에 미리 구하여 저장해 둔다. 실제로 코드북을 탐색하는 과정에서는 각각의 블록 B와 키벡터 K와의 거리 $D(B, K)$ 를 구하고, 이 거리와 미리 구해 둔 키벡터와 코드벡터 사이의 거리에 삼각 부등식을 적용한다. 이를 도식화하면 그림 2와 같다.

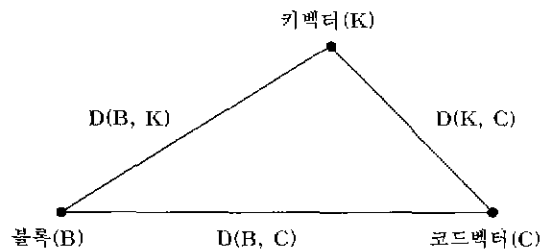


그림 2. 유클리드 공간에서의 벡터들의 관계

이 때, 블록과 코드벡터 사이의 하한 거리 $L(B, C)$ 는 다음 식과 같이 계산할 수 있다.

$$D(B, C) > L(B, C) = |D(B, K) - D(K, C)|$$

하한 거리 $L(B, C)$ 는 실수의 차를 계산하는 것이기 때문에 빠르게 구할 수 있다. 이 하한 거리가 가장 작은 코드벡터부터 블록과의 실제 거리 $D(B, C)$ 를 구한다. 이 거리보다 하한 거리가 큰 코드벡터들은 현재의 코드벡터보다 블록과의 거리가 가까울 수 없다. 그러므로 이런 코드벡터들은 블록과의 거리 계산에서 제외하고 남아 있는 코드벡터들 중 하한 거리가 작은 순서대로 계속 탐색한다. 결과적으로 각각의 블록과 가장 차이가 작은 코드벡터를 구하면서 거리 계산에서 제외되는 코드벡터의 수 만큼 벡터 사이의 거리를 구하는 회수를 줄일 수 있으므로 탐색 시간은 줄어든다. 즉, 벡터 양자화 한 후 복원한 영상은 전체 탐색 방법과 같으면서 탐색은 빠르게 할 수 있다.

4. 실험

4.1. 실험 방법

제안된 방법을 평가하기 위해 유닉스 환경에서 C 언어로 구현한 프로그램으로 256×256 크기의 256 레벨 흑백 영상 100장에 대해 실험하였다. 인물이나 동·식물, 풍경 등 다양한 종류의 영상을 사용하였고 코드북은 기본적인 LBG 알고

리즘으로 구성하였다[6]. 제안된 방법에 필요한 키백터는 임의의 것을 선택해도 무방하나, 실험의 편의를 위해 코드북의 모든 코드백터들의 산술평균을 선택하였다.

성능을 평가하는 기준은 영상의 모든 블록들에 해당하는 코드백터의 인덱스들을 구하는데 소요되는 시간이며 제안된 방법의 평가를 위해 전체 탐색 방법도 함께 구현하여 소요되는 시간을 측정, 비교하였다.

4.2. 실험 결과 및 분석

제안된 방법은 전체 탐색 방법과 마찬가지로 항상 주어진 코드북의 코드백터들 가운데 최선의 선택을 한다. 따라서 그림 3에서처럼 전체 탐색 방법으로 백터 양자화 한 후 복원한 영상 (b)와 제안된 방법으로 백터 양자화 한 후 복원한 영상 (c)는 똑같았다. 즉, 두 가지 방법에서 영상의 질은 차이가 없었다. 그렇지만 (b)와 (c)를 원래의 영상 (a)와 비교해 보면 백터 양자화 한 후 복원한 영상의 질이 원래의 영상에 비해 떨어짐을 알 수 있다.



그림 3. image001 : Lena 영상에 대한 실험 결과

100장의 영상에 대해 두 가지 방법으로 실험한 결과를 그래프로 나타내면 그림 4와 같다.

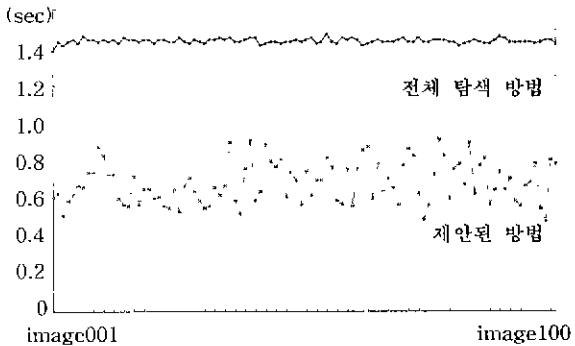


그림 4. 100장의 영상에 대한 실험 결과

그래프에 따르면 전체 탐색 방법은 영상에 무관하게 거의 일정한 시간이 소요된 반면 제안된 방법은 영상에 따라 소요된 시간이 많은 차이를 보였다. 이는 키백터와 영상의 블록이 가지는 특성 때문에 하한값 비교를 통해 백터 사이의 거리 계산에서 제외되는 코드백터의 수가 달라지기 때문인 것으로 보인다.

전체적인 결과는 표 1과 같다.

표 1. 영상의 모든 블록의 인덱스를 구하는데 걸린 시간

이름	전체 탐색 방법(sec)	제안된 방법(sec)
Maximum	1.47	0.92
Minimum	1.38	0.48
Average	1.43	0.68

결과적으로 제안된 방법은 기존의 전체 탐색 방법에 비해 소요되는 시간을 평균 52% 줄여 100% 이상의 속도 향상을 얻을 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 백터 양자화 과정 전체에 소요되는 시간을 줄이기 위해, 코드북을 탐색할 때 삼각 부등식을 이용하여 영상의 각각의 블록과 가장 차이가 작은 코드백터를 빠르게 찾는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 압축 후 복원한 영상이 기존의 전체 탐색 방법에 의한 영상과 같은 질을 유지하면서도 그 과정에 소요되는 시간은 평균 52% 줄어드는 것을 알 수 있었다. 그러므로 하한 거리 계산에 필요한 키백터와 코드백터 사이의 거리를 가지는 테이블만 준비된다면, 제안된 방법은 영상의 실시간 전송 등의 빠른 압축 속도가 필요한 분야에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

향후에는 보다 효율적인 키백터 선택에 관한 연구와 다양한 코드북과 코드백터에 대한 비교 연구등이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] A. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, pp. 9-10, PRENTIS HALL, 1989.
- [2] R. Gonzalez, R. Woods. *Digital Image Processing*, pp. 307-308, Addison Wesley, 1993.
- [3] R. Gray, "Vector Quantization," *IEEE ASSP Mag.*, vol. 1, pp. 4-29, Apr. 1984.
- [4] C. Choo, E. Kristenson, N. Nasrabadi and X. Ran, "A hashing-based scheme for organizing vector quantization codebook," *Proc. ICASSP-95*, vol. 4, pp 2495-2498, May 1995.
- [5] C. Chang, J. Chou and T. Chen, "A predictive image coding scheme using a smaller codebook," *Signal Processing: Image Commu.*, vol 12, No. 1, pp. 23-32, Mar. 1998.
- [6] Y. Linde, A. Buzo and R. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Trans. on Commu.*, vol. 28, No. 1, pp. 84-95, Jan. 1980.