

MC-SVD영상 부호화에서의 벡터양자화의 검토

도재수*, 장익현**

*동국대학교 컴퓨터학과

**동국대학교 정보통신공학과

e-mail:dojesu@dongguk.ac.kr

Vector Quantization for MC-SVD Image Coding

Jae-Soo Doh*, Ik-Hyeon Jang**

*Dept. of Computer Science, Dongguk University

**Dept. of Information & Communications, Dongguk University

요 약

동영상은 포함하고 있는 정보량이 아주 많기 때문에, 영상처리기술 중에서도 데이터 압축기술은 대단히 중요하다. 본 논문에서는 DCT 이외의 수법을 이용할 때의 동영상의 부호화에 대하여 검토하고, 특이값 전개에 주목한다. 이 방식이 DCT가 갖는 문제점을 모두 해결할 수 있는 것은 아니지만, 다른 방식에서의 영상부호화의 가능성을 보이고자 한다.

1. 서론

영상신호 중에서도 동영상은 그 정보량이 팽대한 것이다. 그러므로 영상처리기술 중에서도 데이터 압축기술은 대단히 중요하다. 그 분야의 기술에서는 현재, 이산 코사인 변환이 주류로 되어 폭넓은 연구가 되고 있다. 그러나, DCT도 모든 면에서 유효한 기술이 되지 못하고, 블록 노이즈의 문제나 화소간의 상관성이 낮은 화상에 대해서는 그 효율이 저하하는 등 문제도 포함하고 있다.

본 논문에서는 DCT이외의 수법을 이용할 때의 동영상의 부호화에 대하여 검토하고, 특이값 전개에 주목한다. 이 방식이 DCT가 갖는 문제점을 모두 해결할 수 있는 것은 아니지만, 다른 방식에서의 영상 부호화의 가능성을 보이고자 한다.

동영상의 부호화에서는 프레임간의 차분을 취한 차분오차신호를 취급하지만, 이 때에 프레임간에서 움직임 보상을 행한 후, 차분을 취하는 것이 일반적이다. 본 논문에서도 움직임 보상의 차분오차신호를 이용하여 부호화를 검토한다.

특이값 전개(Singular Value Decomposition 이후 SVD)는 영상으로부터 직접 정의된 대칭행렬을 고유값과 중방향, 횡방향의 성질을 나타내는 일대의 고유벡터로의 조합으로 분해하여 표현하는 것이다. 이것을 이용하여 고유값이 큰 부분의 데이터를 중점적으로 전송하는 것으로, 영상의 데이터압축에 이용할 수 있다.

SVD에 의한 영상의 변환[1]을 간단하게 설명한다. 영상신호를 n 차의 정방행렬 $[F]$ 로 표현한 때에 $[F][F]^T, [F]^T[F]$ 를 생각하면, 이것들은 대칭행렬이 된다. $[F][F]^T$ 은 영상배열이 행간의 내적의 성질을 표현하고, $[F]^T[F]$ 은 열간의 성질을 표현하는 행렬이 된다. 양자는 대칭행렬이므로,

$$[U][A][U]^T = [F][F]^T [V][A][V]^T = [F]^T[F] \quad (1)$$

와 같이 $[U], [V], [A]$ 를 이용하여 표현할 수 있다. 여기서 $[A]$ 는 $[F][F]^T, [F]^T[F]$ 의 고유값으로 되는 대각행렬이고, $[U], [V]$ 는 각각 $[F][F]^T, [F]^T[F]$ 의 고유벡터를 열로 갖는 행렬이다. $[U], [V]$ 를 상기와 같이 선택하면

$$[a] = [U]^T [F] [V] \quad (2)$$

2. 에이전트 개발도구의 요구사항

에 의하여 대각행렬 $[a]$ 를 산출할 수 있다. 이 $[a]$ 의 대각요소 a_i 의 2승은 $[A]$ 의 대각요소 A_i 와 같다. 이것을 이용하면 영상신호 $[F]$ 는 이하의 식으로 나타낼 수 있다.

$$[F] = \sum_{i=1}^N a_i u_i v_i^T \quad (3)$$

u_i, v_i 는 i 번째의 고유값에 대한 대칭행렬 $[F][F]^T$ 와 $[F]^T[F]$ 의 고유벡터의 열벡터이다. 이렇게 하여 a_i, u_i, v_i 의 곱을 취한 것을 합하는 것으로 영상을 재구성할 수 있다. 고유값 a_i 는 $i=1, 2, \dots, n$ 으로 큰 순으로 나열한 것이 된다. a_i 가 큰 순으로 번호를 부여하는 것으로, $[F]$ 의 근사형을 쉽게 만들 수 있다. 이와 같은 방식을 이용하여 영상을 변환한다. 특이값 전개를 행하는 신호로는 동영상에 대하여 움직임 보상을 행하여 프레임사이에서 차분을 취한 것을 이용하였다. 움직임 보상에는 3단계 탐색법을 사용하였다.

3. 고유값 및 고유벡터의 통계적 성질

영상을 효율적으로 부호화하기 위하여 변환후의 데이터의 통계적인 성질을 파악할 필요가 있다.

신호를 중형 8화소의 블록으로 분할하여, 각 블록에 대하여 SVD를 행한다. 이 때의 고유값과 고유벡터의 산출에는 Jacobi법을 이용하여 계산을 행한다. 영상신호로서 8×8 의 정방행렬을 취한 경우 식(3)의 i 는 8까지이고, a_i 도 8종류 산출된다.

3.1 단계별 데이터의 분석

각 단계의 고유값의 분산은 전체를 합친 값으로 본 비율로 나타내고 있다. 고유값 최대의 단계의 분포의 모양을 표1, 그림1에 보인다.

Level	Football	Cheer Leader	Flower Garden
1	67.773	65.716	56.991
2	20.989	20.969	22.201
3	7.240	7.942	11.172
4	2.695	3.396	5.528
5	0.919	1.343	2.693
6	0.298	0.492	1.027
7	0.077	0.125	0.335
8	0.009	0.016	0.044

표1. 고유값의 분산

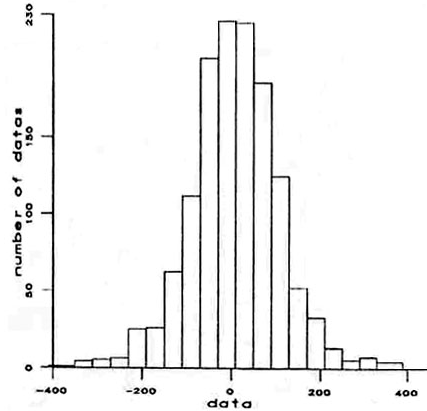


그림 1. 최대의 고유값의 분포

다음에 고유벡터의 분산을 보인다. 8단계의 고유벡터의 단계별 분산을 표2에 보이고, 제1단계에서의 신호의 분포를 그림2에 보인다.

Level	Football	Cheer Leader	Flower Garden
1	0.089	0.107	0.111
2	0.116	0.117	0.119
3	0.122	0.119	0.120
4	0.124	0.121	0.122
5	0.125	0.123	0.123
6	0.125	0.124	0.123
7	0.125	0.124	0.124
8	0.125	0.124	0.123

표2. 고유벡터의 분산

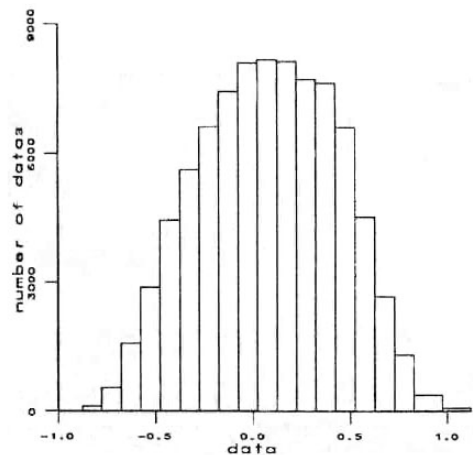


그림 2. 제1벡터 신호의 분포

고유값의 분포에 대하여는, 분산으로도 알 수 있는 것과 같이 고유값이 큰 신호가 보다 폭이 넓은 분포를 나타낸다. 또 영상에 따라 다르고, 고유값의

순번에 따라 그 값은 상당히 변동하는 것을 알 수 있다.

고유벡터의 분포에 대하여는 각 단계별로 보아도 신호의 분포는 거의 변하지 않고, 동일한 분포를 보인다. 또 일반의 영상의 경우는 종방향과 횡방향에 대하여 영상의 성질이 크게 변하지 않는 것으로부터 알 수 있는 것처럼, u 벡터, v 벡터의 분포는 거의 같게 된다. 또한 이러한 고유벡터의 통계적 성질은 영상간에서도 크게 변화하는 것이 없고, 안정된 분포를 가진다. 이러한 성질은 고유벡터를 양자화할 때에 범용성이 높은 양자화기를 사용할 수 있는 가능성이 있음을 나타낸다.

3.2 다른 직교변환과의 비교

영상을 부호화하여 데이터 압축하는 경우, 사용하는 데이터는 변환 후의 데이터 전체의 절반 이하로 되는 경우가 많다. 변환하는 영상으로서는 난수를 이용하여 작성한 테스트 데이터를 이용하여, 상관을 변화시켜 실험을 행하였다. DCT, KLT에 대하여도 같은 실험을 행하였다. 결과를 그림3, 그림4에 보인다.

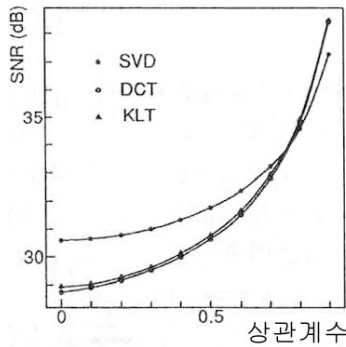


그림 3. 데이터 사용율 12.5%

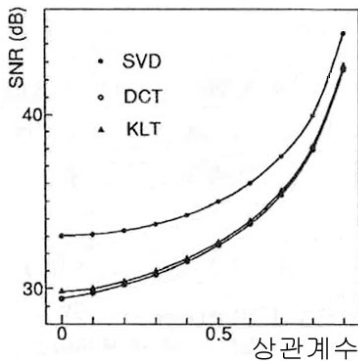


그림 4. 데이터 사용율 25.0%

이 결과로부터 SVD가 낮은 상관의 영상에 대하

여, 유효하게 될 가능성이 있음을 알 수 있다.

4. 양자화 오차의 화질에의 영향

디지털 부호화를 행할 때, 양자화를 행하면 조금이지만 양자화 오차가 발생한다. 이 오차에 의한 복원된 영상에 대한 영향이 될 수 있는 한 작은 것이 바람직하다. 특히값 전개에서는 전개 후의 데이터의 삼중적에 의하여 영상이 표현되므로, 노이즈가 복원 영상에 미치는 효과가 복잡하다. 그러므로 SVD에 의하여 변환된 고유값, 고유벡터에 포함되는 노이즈가 어느 정도 영상의 열화를 일으키는지를 조사할 필요가 있다.

4.1 시뮬레이션

실험은 SVD에 의하여 변환된 고유값, 고유벡터에 대하여 노이즈를 첨가하여, 그 데이터를 이용하여 영상을 복원한 때의 화질을 조사하였다.

양자화 오차의 역할이 되는 노이즈의 발생에는 일양분포를 갖는 난수를 사용하였다. 또 8단계인 고유값과 고유벡터를 모두 이용한 경우, 표시가 복잡하게 되어 양자화 오차의 영향을 하기가 어렵게 될 가능성이 있기 때문에, 최상위의 고유값과 그 고유벡터만을 이용하여 실험을 행한다. 그림5에 그 결과를 보인다. 단, 노이즈의 양의 척도로는 원 신호의 신호전력에 대한 노이즈의 신호전력의 비를 대수를 이용하여 계산하였다.

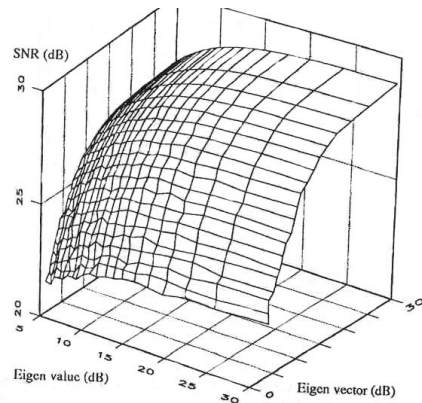


그림 5. 노이즈의 양과 화질

그림5로부터 알 수 있는 것과 같이, 고유값, 고유벡터 모두 노이즈의 양이 적을수록, 화질이 좋아지는 것은 당연하지만, 그 향상되는 모양이 똑같게 되지 않는 것을 알 수 있다. 고유벡터의 노이즈가 어

느 정도 이상 큰 경우에는 고유값을 아무리 정밀도 높게 전송하여도 복원된 영상의 화질은 좋아지지 않는다. 즉, 고유벡터에는 최저한 어느 정도 이상의 비트 배분이 필요하다. 고유벡터는 기본적으로 영상의 기복을 나타내는 것이므로, 어느 일정 이상의 정밀도가 없으면 영상의 복원이 가능하지 않는 것으로 생각된다. 이러한 데이터의 성질의 차이를 고려하여 양자화의 방법을 생각할 필요가 있다.

5. 양자화

양자화를 할 때에는 데이터의 특성에 맞는 양자화기를 이용하는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 고유값에 대해서는 비선형 스칼라양자화를 이용하고, 고유벡터에 대해서는 벡터양자화[2]를 이용하여 양자화한다. 양자화 오차와 화질과의 관계에 비트율과 그 때에 발생하는 양자화 오차를 고려하는 것에 따라 비트 배분을 결정할 수 있다. 실제로 오차 영상의 전송에 대해 비트율을 1.0bit/pel로 하여 비트 배분하여(움직임 벡터의 전송 비트는 포함하지 않음), 양자화를 행하여, 영상의 복원을 행한다.

DCT를 이용하여 행한 결과는 비선형 양자화를 행한 것이고, SVD와 마찬가지로 차분 오차영상에 1.0bit/pel을 부여하였다. 벡터양자화의 설계에 이용하는 데이터에는 각 영상의 데이터를 사용하므로 양자화기는 각 영상별로 설계한 것을 사용한다. 이 점에 대하여 실용상에는 재고할 필요가 있다.

특이값 전개된 데이터에 벡터양자화를 행함으로써 왜곡이 적은 데이터 압축을 행할 수 있는 가능성이 있음을 알 수 있다.

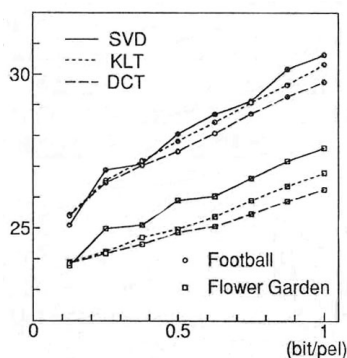


그림 6. 비트율과 화질

비선형 양자화 등에서는 R-D이론을 고려한 근사를 이용한 비트 배분을 행하지만, 현재 행하고 있는 데이터의 양자화에서는 각 단계에 있어서는, 고유값

과 고유벡터의 양쪽을 다른 양자화기로 양자화하는 것이 되므로, 동일한 방법으로 행하면 벡터의 비트 배분이 부족하게 된다. 그러므로 이번에는 단순히 고유값이 갖는 분산의 비율을 그대로 비트 배분의 비율로 하였다.

6. 결론

특이값 전개에 의하여 변환된 고유값, 고유벡터는 몇 가지 특성이 있다. 특히, 그 영상의 형상을 표현하는 고유벡터는 영상사이에서의 변동이 작고 통계적으로 안정된 성질을 보인다. 이것에 의하여, 고유벡터의 양자화를 할 때의 벡터양자화의 유효성이 확인된다. 또, 고유값의 변동도 절대적인 값은 영상에 따라 크게 변동하지만, 각 단계사이에서의 상대적인 비율을 고려한 경우에는 변동이 상당히 작다고 말할 수 있다.

본 논문에 있어서의 구체적인 양자화의 방식에 대하여는 고찰이 불충분하지만, 특이값 전개의 영상신호에 대하여 데이터 압축의 가능성을 보일 수 있었다.

참고문헌

- [1] R.J.Clarke, "Transform Coding of Images," Academic Press, 1985
- [2] Y.Linde, A.Buzo and R.Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans, Comput., COM-28 Vol.1, 1998