

웨이브렛 변환 영상 부호화용 범용 벡터양자화기에 관한 연구

도 재 수
동국대학교 전산정보학부

Robust Vector Quantizer for Wavelet Transformed Image Coding

Do Jae-Su
Dept. of Computer Science & Statistics, Dongguk University

요 약

본 논문에서는 웨이브렛 변환을 이용한 영상 부호화에서 입력 영상의 통계적 성질에 관계없이 부호화 결과에 범용성을 갖는 새로운 벡터 양자화기 설계법을 제안한다. 제안하는 벡터 양자화기에서는 대표벡터를 생성하기 위한 학습계열로 난수에 영상의 상관과 에지성분을 첨가한 모사 영상을 사용한다. 제안한 방식에 의해 설계된 벡터양자화기와 코드북 생성에 이용하는 학습계열에 부호화 대상이 되는 영상과 같은 실제의 영상을 사용한 종래방식으로 설계된 벡터양자화기와 부호화 성능을 비교하여 종래방식의 문제점을 명확하게 밝힌다.

1. 서론

최근, 웨이브렛 변환(1)(2)을 이용한 영상신호처리의 연구가 널리 진행되고 있다. 웨이브렛 변환의 영상신호처리로의 응용으로는 영상부호화가 활발히 연구되어지고 있다(3)(4)(5)(6). 직교, 비직교 웨이브렛과 종래의 다양한 부호화 수법과의 조합에 의한 고능률부호화의 연구가 행하여져왔다(7).

영상의 변환부호화에 있어 양자화 조작은 복호영상의 품질에 직접 관계한다. 영상신호의 저부호화레이트에 있어 고능률부호화 방식으로는 벡터양자화가

활발하게 검토되고 있다. 벡터양자화의 코드북은 Linde 등이 제안한 학습계열을 이용하는 LBG 알고리즘에 의해 설계되는 경우가 많다(8). 그러나, 영상신호자체의 성질은 영상마다 크게 변동하기 때문에, 특정의 영상을 학습계열로 원신호공간으로 두고 설계된 벡터양자화기로 다른 영상을 양자화할 경우 일반적으로 양자화 손실이 증대하여 부호화 특성은 떨어진다. 이러한 문제점을 해결하고 범용성이 높은 벡터양자화법을 실현하기 위해서는 많은 영상에 공통되는 통계적 성질을 모델화하여 이 확률모델에 근거를 둔 벡터양자화기를 설계할 필요가 있다. 그러나,

웨이브렛 변환의 경우 변환계수의 모델화는 어렵다고 일반적으로 알려져있다. 이와 같은 이유로 필자는 난수를 이용하여 모사영상신호를 만들어 모사영상의 웨이브렛 변환계수를 코드복생성의 학습계열로 사용하는 벡터양자화법을 제안하여 그 유효성을 확인하였다(9)(10). 본 논문에서는 그 벡터양자화의 부호화의 범용성에 대하여 검토를 한다. 또한, 종래 방식에 의해 생성된 코드북의 부호화 특성의 문제점을 실험에 의해 명확하게 한다.

2. 영상의 웨이브렛 변환

쌍직교 웨이브렛 기저에 근거를 둔 필터의 설계는 아주 자유도가 높고 직교 웨이브렛기저의 경우보다 설계가 용이하다. 또한, 짧은 탭길이의 필터로도 좋은 성능을 달성할 수가 있다. 이러한 이유로 본 논문에서는 웨이브렛변환에 라플라시안 피라미드 필터의 계수를 바탕으로한 Daubechies의 유한차수의 필터식중에서 쌍직교 웨이브렛필터를 이용한다. 표1에 본 논문에서 이용한 저역 필터의 계수 h_n, \tilde{h}_n 를 보인다.

표1. 쌍직교 웨이브렛필터 계수

n	0	±1	±2	±3	±4
h_n	0.6	0.25	-0.05	0	0
\tilde{h}_n	17/28	73/280	-3/56	-3/280	0

또한, 고역필터의 계수 g_n, \tilde{g}_n 는

$$g_n = (-1)^{n+1} h_{-n+1} \quad (1)$$

$$\tilde{g}_n = (-1)^{n+1} \tilde{h}_{-n+1} \quad (2)$$

식 (1), (2)을 이용하여 구하고 h_n 과 \tilde{g}_n 를 송신측의 필터조합으로 \tilde{h}_n 과 g_n 을 수신측의 필터조합으로 사용한다.

필터를 이용한 영상신호의 계층화는 다음과 같이

실현된다. 부호기측에서는 먼저 수평방향에 대한 필터처리를 행한 영상을 2개의 영역으로 분할하여 각각의 영역에 2:1의 다운 샘플링을 행한다. 같은 처리를 수직방향에 대해서도 시행하여 4개의 영역의 성분을 얻는다. 위의 처리를 최저주파수 영역에 대해서만 반복하여 그림1과 같은 영역분할을 수행한다. 복호기에서는 부호기측의 역처리를 행하여 복원영상을 얻는다.

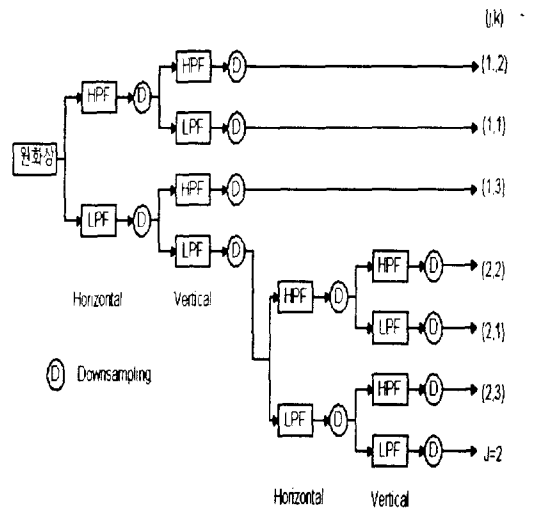


그림 1. 웨이브렛 변환을 이용한 영상의 대역분할

3. 양자화기의 설계

양자화기의 설계에 필요한 파라미터, 즉 벡터의 차원수, 양자화대표 벡터수, 왜곡측도 및 양자화 대표 벡터의 생성법에 대하여 본 논문에서는 다음과 같이 지정한다.

- ◆ 차원수 : HH1, HL1, LH1영역에서는 4×4화소를 1블럭 16차원벡터, HH2, HL2, LH2영역에서는 4×2화소를 1블럭 8차원벡터로 하고 HH3, HL3, LH3영역에서는 2×2화소를 1블럭 4차원벡터로 한다. 최저해상도영역 LL3은 8비트 DPCM(전치에

측)에 의해 양자화를 한다.

- ◆ 왜곡측도 : 2승오차측도
- ◆ 양자화대표벡터수 : $N = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256$
- ◆ 양자화 대표벡터 : 학습계열로부터 Linde 등에 의해 제안된 LBG 알고리즘을 이용하여 생성한다.

생성된 동일 해상도의 각 영역의 출력벡터를 조합하여 다중해상도 양자화기를 구성한다.

3.1 종래방식

코드북생성을 위한 학습계열에 영상의 웨이브렛 변환계수를 이용한 것을 종래방식이라한다. 학습계열에 이용하는 영상의 종류에 따라 부호화 결과에 큰 차이가 생기는 것을 보이기 위해 다음과 같은 2개의 양자화기를 준비한다.

3.1.1 양자화기 1

- 학습계열 : 영상의 웨이브렛 변환계수.
- 학습계열에 이용한 영상 : SIDBA의 girl, aerial, cronkite.

3.1.2 양자화기 2

- 학습계열 : 양자화기 1과 같음.
- 학습계열에 이용한 영상 : SIDBA의 pentagon, chest, aerial2.

3.2 제안방식

3.2.1 모사 영상 작성의 순서

- (1) 평균0, 표준편차1의 가우시안수를 발생시킨다.
- (2) 가우시안수에 상관과 에지성분을 부여한다.
 - 부여한 상관 : 0.70 ~ 0.99. 상관은 다음의 식을 이용하여 부여한다.

$$\tilde{u}(m, n) = h \times \tilde{u}(m-1, n) - d \times \tilde{u}(m-1, n-1) + v \times \tilde{u}(m, n-1) + u(m, n) \quad (3)$$

- h : 수평방향의상관
- d : 대각선방향의상관
- v : 수직방향의상관

- u 는 백색잡음, \tilde{u} 는 영상의 상관을 갖는 신호
- 에지성분의 생성 : 모사영상에 블러화하여 에

지성분을 부여한다. 본 논문에서는 블러의 크기를 변화시켜 에지의 양이 다른 4개의 모사영상을 만든다. 에지의 양의 계산에는 Roberts의 오퍼레이터를 이용한다.

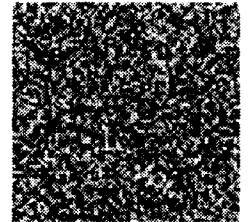
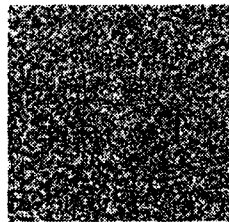
$$b(x, y) = |s(x, y) - s(x+1, y+1)| + |s(x+1, y) - s(x, y+1)| \quad (4)$$

$s(x, y)$ 는 처리대상영상의 화소치이다. 위의 식을 이용하여 실험적으로 문턱치 $Th=20$ 를 설정하여 $b(x, y) \geq Th$ 인 부분을 에지부로서 검출하였다. 각 모사 영상을 그림 2에 보였다.

- (3) 영상의 평균과 표준편차를 부여한다.
- (4) 모사영상의 웨이브렛 변환계수를 벡터양자화의 학습계열로서 이용한다.

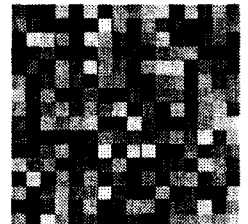
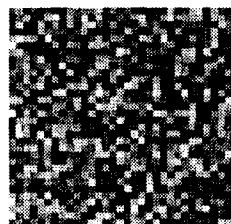
3.2.2 학습계열의 생성

3.2.1에서 작성한 다른 에지량을 갖는 4개의 모사영상의 웨이브렛 변환계수의 같은 주파수 성분을 모아 학습계열을 생성한다. 그림 3에 제안방식에 의한 코드북 생성법을 보인다.



(a)블러크기 4×4

(b)블러크기 8×8



(c)블러크기 16×16

(d)블러크기 32×32

그림2. 모사화상

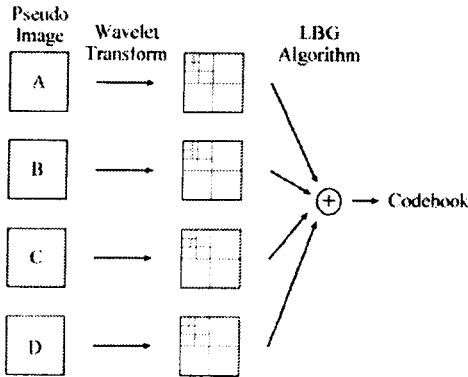


그림3. 제안 방식에 의한 코드북의 생성

4. 부호화 실험

본 논문에서 제안한 양자화기의 부호화 성능을 검토하기 위해 복수의 영상 샘플을 이용하여 컴퓨터에 의한 부호화 실험을 하였다. 실험에 이용한 영상은 SIDBA의 흑백영상 plant, auto, face, milkdrop이다. 휘도치의 변화가 비교적 완만한 것으로서 face와 milkdrop을 선택하였고 급격한 변환가 많은 것으로 auto와 plant를 선택하였다. 또한, 각각의 영상은 256×256화소로 그레이 레벨은 8bit 이다. 부호화 결과로부터 제안한 난수에 의한 양자화기가 종래의 방식에 의해 설계된 양자화기의 결과와 비교하여 조금 고성능인 것을 알 수 있다. 종래방식에서는 영상을 학습계열로 이용하여 양자화기를 설계한다. 이 경우 어떤 영상을 이용하는 것이 적절한 것인지 명확하게 되어있지 않다. 말을 바꾸면 양자화기에 적용가능한 대상이 불명확하다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환영역에서의 벡터양자화기 설계에 있어서 중요한 요소인 부호화 대상영상의 상관과 예지성분의 양을 고려한 학습계열을 이용한 제안방식이 웨이블릿 변환계수의 부호화에 범용성을 갖고 광범위의 부호화 영상에 안정된 결과를 나타냄을 보였다. 성능 평가에 사용되는 SN비는 다음식으로 정의된다.

$$SNR = 20 \times \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \text{ [dB]} \quad (5)$$

MSE.: 평균자승오차

표2의 부호화 특성으로부터 3.2.1에서 생성된 학습계열을 이용하여 설계한 벡터 양자화기가 웨이블릿 변환 부호화에 유효한 것을 알 수 있다.

표2. 부호화 결과의 비교(1.04 bpp)

부호화 영상	부호화 특성(1.04bpp)		
	종래방식 1	종래방식 2	제안방식
plant	29.40	27.69	28.85
auto	29.73	28.80	29.39
face	36.34	34.86	36.48
milkdrop	33.30	31.79	33.43

(단위 : dB)

5. 결론

실험결과에 의해 벡터 양자화기의 학습계열에 영상의 웨이블릿 변환계수를 이용한 종래방식의 경우 부호화대상영상의 통계량을 고려하지 않았기 때문에 학습계열에 이용하는 화상에 따라 부호화 결과의 차가 큰것이 확인되었다. 그러한 이유로 양자화기로서 범용성이 없는 것이 분명하게 밝혀졌다. 이에 반하여 제안방식에서는 여러가지 상관, 예지성분을 갖는 대표 벡터를 준비하여 보다 넓은 범위의 영상에서 뛰어난 부호화 결과를 얻었다.

본 논문에서 제안한 방식 중에서 모사 영상에 블러화를 행하여 예지성분을 추가하는 부분은 영상의 종류별로 블러의 크기를 변화시키는 것으로 광범위한 영상에 대하여 같은 수법으로 대응된다. 그러나, 수직과 수평방향의 예지성분밖에 부여 되지 않는 문제점이 있기 때문에 다른 방향의 예지성분 예를 들면, 대각선방향의 예지성분을 추가하여 보다 높은 범용성을 갖는 양자화기의 설계가 가능하다고 생각되므로 이후의 검토해야할 과제로 한다.

참고 문헌

- (1) S. Mallat, "A Theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel., vol.11, no.7, pp.674-693, July 1989.
- (2) I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," Commun. Pure. Appl. Math., vol.41, pp.909-996, 1988.
- (3) K. Sayood, J.D. Gibson, and M.C. Rost, "An algorithm for uniform vector quantizer design," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-30, no.6, pp.805-814, 1984.
- (4) M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," IEEE Trans. Image Processing, vol.1, no.2, pp.205-220, April 1992.
- (5) C. K. Cheong, K. Aizawa, T. Saito, and M. Hatori, "Subband image coding with biorthogonal wavelets," IEICE Trans. Fundamentals, vol.E75-A, no.7, pp.871-881, July 1992.
- (6) A. Cohen, I. Daubechies, and J. Feauveau, "Biorthogonal base of compactly supported wavelets," Commun. Pure. Appl. Math., vol.XLV, pp.485-560, 1992.
- (7) 都在鉄, 小川 吉彦, 白川 智昭, 北島 秀夫, "ウェーブレット變換畫像符號化における量子化器設計のための信號統計量の検討", 日本電子情報通信學會, 信學技報, IE93-106, pp.61-66, Jan. 1994.
- (8) Y. Linde, A. Buzo, and R. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, no.1, pp.84-95, Jan. 1980.
- (9) 도재수, "화상의 웨이브렛 변환 부호화용 범용 벡터양자화기의 설계", 한국정보처리학회 춘계학술발표논문집, 1998.
- (10) 도재수, "웨이브렛 변환을 이용한 범용 영상부호화기의 설계", 한국정보과학회 춘계학술발표논문집 제25권 1호, pp.598-600, 1998.