

다단계 벡터 양자화를 이용한 웨이브렛 기반 생체 신호 압축

*박 서 영, 김 영 주, 이 인 성
충북대학교 전자공학과

e-mail : interseo@hotmail.com, yjkim@cbnu.ac.kr, inslee@chungbuk.ac.kr,

Wavelet-based Biomedical Signal Compression Using a Multi-stage Vector Quantization

*Seo-Young Park, Young-Ju Kim, In-Sung Lee,
Department of Radio Engineering
Chung-buk National University

II. 본론

Abstract

In this paper, the biomedical signal compression method with multi-stage vector quantization is proposed. It utilizes characteristic of wavelet coefficients in which the energy is concentrated on approximation coefficients. The transmitted codebook index consists code vectors obtained by wavelet coefficients of ECG and Error signals from the 1024 block length, respectively. The proposed compression method showed 2.1298% in average PRD and 1.8 kbits/sec in CDR.

I. 서론

최근 영상분석에 사용되는 웨이브렛 변환을 생체신호에 적용하여 압축하는 기법에 관한 연구가 국내외에서 활발히 진행 중에 있다.[1][2] 여러 생체신호 중에서, 심전도(ECG) 신호는 압축 후 복원된 생체신호의 충실도 및 전송률을 PRD(the Percent of Root mean-square Difference) 와 CDR(the Compressed Data Rate)로 나타낸다.[2]

본 연구에서는 웨이브렛 계수들의 에너지가 저주파 대역에 집중된다는 특성에 근거하여 ECG의 웨이브렛 계수로 이뤄진 256 size의 코드북을 설계하고, 임상적으로 허용 가능한 PRD를 유지하기 위해 원본ECG 신호와 복원된 신호의 차인 에러신호의 웨이브렛 계수들로 구성된 코드북으로 다단계 벡터 양자화 기법을 적용하였다.

II.본론에서는 본 연구의 기초가 되는 이론과 알고리즘에 대해 간략히 설명하고, III.실험에서 본 연구에서 적용한 실험내용에 대해 설명하며, IV에서 결론을 맺는다.

2.1 Wavelet Lifting Scheme

Lifting 연산은 1994년 WIM Sweldens가 발표했으며, 기존의 웨이브렛 변환에 비해 실용적인 장점을 지니고 있다. 일반적으로 거의 대부분의 신호는 시간과 주파수 상에서 일정한 correlation을 지니고 형성되었으며 따라서 신호의 부분적인 정보로부터 전체적인 정보를 예측할 수 있다는 점에 연산의 기초를 두고 있다. Lifting 연산은 Split, Predict, Update의 3단계로 구성되며, 모든 연산이 시간 또는 공간상에서 이뤄지며 푸리에 변환 즉, convolution을 이용하지 않는다.[4]

2.2 Treevector Extraction

M개의 입력 샘플을 n단계의 웨이브렛 변환하면 n+1개의 부대역이 생긴다. 각 부대역의 첫 번째와 두 번째 계수들을 계층적으로 추출하여 treevector를 구할 수 있으며, 이때 treevector의 차원은 2^{n+1} 이며 M개의 입력 샘플로부터의 treevector 개수는 $M / 2^{n+1}$ 개이다.[2]

2.3 Multistage Vector Quantization

다단계 벡터양자화에서는 입력 샘플을 여러 단계로 양자화하게 된다. 즉 N번째 양자화의 입력은 이전의 N-1 번째 출력에서 얻은 복원 신호와 원본신호의 차이 값이 된다.[3] X를 입력, Q1, Q2, Q3을 양자화라 할 때, 3단계 벡터 양자화와 그 복원 신호 Xr은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_1 &= Q_1(X) \\ Y_2 &= Q_2(X - Q_1(X)) \\ Y_3 &= Q_3(X - Q_1(X) - Q_2(X - Q_1(X))) \\ X_r &= Y_1 + Y_2 + Y_3 \end{aligned}$$

III. 실험

본 연구에서는-그림 1- MIT-BIH의 ECG 신호 100, 101, 102 ,103 ,107, 109, 111, 117 ,118, 119신호를 1024 size(samples)의 블록으로 나누고 biorthogonal 7/9 필터로 5 level의 웨이블릿 리프팅을 적용하였다. 그 결과, 총 6개의 서브 밴드 a5,d5,d4,d3,d2,d1 중에서 에너지 분포가 적은 상세(detail) 성분 d2 ,d1계수는 버려 1024개의 계수들 중에서 256개의 계수들을 추출한다. 이들 256개의 계수들로 16차의 차원을 갖는 16개의 treevector를 구하고, 이것을 첫 번째 단계의 벡터양자화기 Q1의 입력으로 하며, 거리 측정을 통해 가장 유사한 treevector의 인덱스를 구하고 역웨이블릿 리프팅을 적용하여 복원 ECG를 구한다.

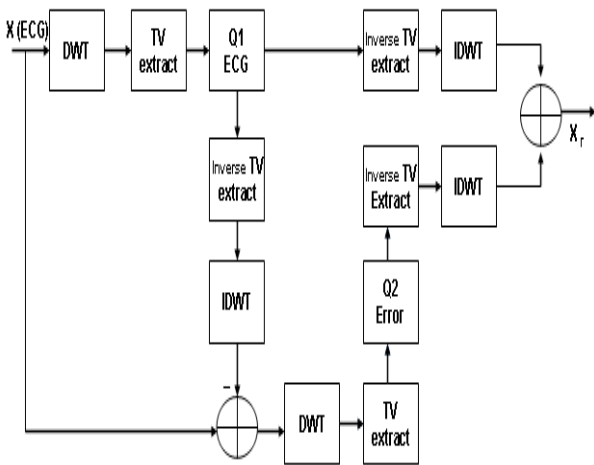


그림 1. 제안하는 기법의 블록 다이어그램

원본 ECG와 복원 ECG의 차인 에러(Error) 신호에 대해서는 db4필터 3 level의 웨이블릿 리프팅을 적용하여, 웨이블릿 계수의 에너지 분포가 적은 상세(detail) 성분 d1을 버려 512개 계수를 구하고, 이 계수들로 16차의 차원을 갖는 32개의 treevector를 구해 두 번째 단계의 벡터양자화기 Q2의 입력으로 한다. 이 입력으로 거리 측정을 하여 가장 유사한 벡터의 인덱스 3개를 구한 뒤, 복원했을 때 이들 중에서 가장 낮은 PRD를 갖는 인덱스를 디코더에 전송한다. 단, 코드북 Q1과 Q2는 LBG 알고리즘을 이용하여 각각 256 size와 64 size로 설계하였다. 이 코드북은 DCCR[2]알고리즘을 적용하여 입력에 따라 적응적으로 갱신되도록 하였다. 복원 ECG는 위에서 기술한 순서의 반대과정으로 얻을 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

다음 그림 3은 MIT-BIH db 중에서 aha100 신호를 압축 후 복원했을 때의 결과를 나타낸 것이다. 이 경우 한 블록은 1024개의 샘플로 이루어져 있으며, 복원 후 PRD는 약 2.5543% CDR은 약 1.440kbts/sec 이다. 기존의 연구에서는[2] 1024개의 샘플들로 이루어진 입

력 ECG를 웨이블릿 변환하여, 1024개의 계수들을 64차의 차원과 16개의 인덱스를 갖는 treevector로 구성하여 1024size의 코드북으로 양자화 하여, 그 결과 약 평균 7.3%의 PRD와 146b/s의 CDR의 성능을 보였다. 그러나 본 연구에서는 웨이블릿 리프팅으로 얻은 계수를 모두 사용하지 않고 계수의 에너지 분포가 적은 상세(detail) 성분의 일부를 버림으로써 256size 16차의 코드북을 설계하여 크기와 차원을 줄이고, 임상적으로 중요한 특징점인 P, Q, R, S, T를 보존하기 위해 에리신호를 두 번째 단계에서 64size 16차의 코드북으로 양자화 함으로써 약 평균 2.1298%의 PRD를 얻었다. 하지만 낮은 PRD를 얻기 위해서는 CDR은 기존보다 높아져 약 1.8 kbts/sec가 되었다. 이것은 DCCR 알고리즘으로 코드북을 갱신할 때 설정한 threshold 값에 따라 디코더 측에 전송되는 treevector들의 수와 코드북 내에서의 위치가 달라지기 때문에 전송해야 할 bit 수가 증가하는 것이 요인이라 판단된다. 따라서 더 낮은 CDR을 얻기 위해서 threshold 값에 의존적이지 않은 코드북 갱신 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

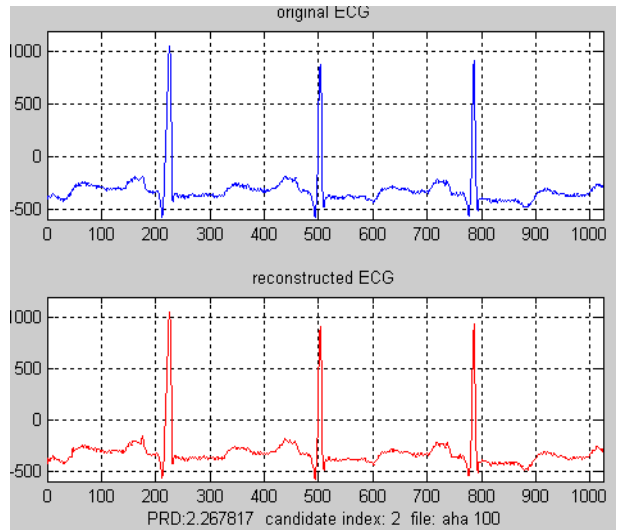


그림 2 aha 100신호의 원본 파형과 압축 후 복원 파형

" 이 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음."

참고문헌

- [1] Z..Lu,Y.Kim, W. Pearlman, "Wavelet compression of ECG signals by the set partitioning in hierarchical trees algorithm," *IEEE Trans. Biomed. Eng.* vol 47, pp.849-856, July 2000.
- [2] Miaou SG, Yen HL, Lin CL, "Wavelet-Based ECG Compression Using Dynamic Vector Quantization With Tree Codevectors in Single Codebook", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol 49, NO 7, July 2002.
- [3] Khalid Sayood, "Introduction to Data Compression", *Morgan Kaufmann*
- [4] 이승훈, 윤동한, "웨이블릿 변환 이론 및 적용", 보성각, pp.474-520, 2004