

적응적인 확장된 코드북을 이용한 분할 벡터 양자화기 구조의 ISF 양자화기 개선

A Method For Improvement Of Split Vector Quantization Of The ISF Parameters Using Adaptive Extended Codebook

임 종 하*, 정 규 혁**, 홍 기 봉*, 이 인 성*

(Jongha Lim*, Gyu-Hyeok Jeong**, Gibong Hong*, Insung Lee*)

*충북대학교 전자통신공학과, **LG전자

(접수일자: 2010년 10월 1일; 수정일자: 2010년 11월 30일; 채택일자: 2010년 12월 23일)

본 논문에서는 ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 분할구조 벡터양자화기의 단점을 보완하여 ISF 계수 양자화의 성능을 높이는 알고리즘을 제안하고, 이를 이용한 광대역 음성 부호화기용 ISF 계수 양자화기를 설계한다. 16차 이상의 광대역 코덱의 ISF 계수는 계산량과 메모리 사용을 줄이기 위해서 분할구조의 벡터 양자화기를 사용한다. 분할구조 양자화기는 ISF 계수간의 상관도를 충분히 활용하지 못하는 단점이 발생한다. 제안하는 알고리즘은 이러한 단점을 극복하기 위하여 ISF 계수의 순서화 성질을 이용한다. ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 각 서브벡터의 불필요한 코드북 (Codebook Redundancy)을 검색할 수 있다. 이러한 불필요한 코드북은 ISF 계수의 순서화 성질, ISF 계수 예측과정과 기존 코드북의 보간법 (Interpolation)을 통해 적응적인 확장된 코드북으로 교체되어 양자화기의 성능을 향상시킨다. 제안된 알고리즘은 기존의 분할구조 양자화기에서 사용되지 못했던 17%가량의 불필요한 코드북 인덱스를 적응적인 확장된 코드북에 할당하여, 표준화된 코덱인 AMR-WB의 ISF 계수 양자화기에 비해서 주파수 왜곡 관점에서 약 2 bit 가량의 이득을 보는 결과를 얻었다.

핵심용어: LPC양자화기, 순서화 성질, 적응적인 확장된 코드북, AMR-WB, 불필요한 코드북

투고분야: 음성처리 분야 (2.2)

This paper presents a method for improving the performance of ISF coefficients quantizer through compensating the defect of the split structure vector quantization using the ordering property of ISF coefficients. And design the ISF coefficients quantizer for wideband speech codec using proposed method. The wideband speech codec uses split structure vector quantizer which could not use the correlation between ISF coefficients fully to reduce complexity and the size of codebook. The proposed algorithm uses the ordering property of ISF coefficients to overcome the defect. Using the ordering property, the codebook redundancy could be figured out. The codebook redundancy is replaced by the adaptive-extended codebook to improve the performance of the quantizer through using the ordering property, ISF coefficient prediction and interpolation of existing codebook. As a result, the proposed algorithm shows that the adaptive-extended codebook algorithm could get about 2 bit gains in comparison with the existing split structure ISF quantizer of AMR-WB (G.722.2) in the points of spectral distortion.

Keywords: LPC Quantizer, Ordering Property, Adaptive Extended Codebook, AMR-WB, Codebook Redundancy

ASK subject classification: Speech Signal Processing (2,2)

I. 서론

대부분의 음성 부호화기들은 음성의 단시간 스펙트랄 포락선 (Spectral Envelope) 정보를 전송하기 위해 선형

예측 계수 (LPC:Linear Predictive Coefficients) [1]을 사용한다. LPC 계수들은 수학적으로 동등하며 양자화 및 보간에 좋은 성능을 갖는 ISF (Immittance Spectral Frequency) 계수로 표현된다. ISF (Immittance Spectral Frequency)계수는 여러 가지 양자화 방법들을 이용해서 양자화 되며, 그 중에 하나의 기준이 되는 VQ (Vector Quantization) 알고리즘은 Paliwal과 Atal에 의해 설계

된 SVQ (Split VQ) [2]이다. SVQ는 스칼라 양자화기에 비해 복잡도가 큰 VQ의 단점을 보완하기 위하여 ISF 계수를 여러 개의 서브벡터로 나누어 코드북 검색의 복잡도를 감소시킨다. 하지만 기존의 SVQ는 벡터가 분할되면서 각 서브벡터 사이의 순서화 특징을 이용하지 못하며, ISF 계수의 상관도를 충분히 사용하지 못하게 된다.

표준화된 코덱인 AMR-WB (G.722.2) [3]는 16차 이상의 LPC 계수를 사용한 광대역 코덱으로 양자화기의 계산량을 줄이고, 코드북의 메모리 수요를 줄이기 위하여 MSVQ방식의 LPC 양자화기를 사용한다. 이 구조는 간단하고 계산량이 적은 특성을 갖고 있지만 벡터가 분할되면서 각 서브벡터 사이의 순서화 특징을 이용하지 못하였다. 하지만 최근 표준화된 G.718 [4] 음성 코덱에서는 LPC 계수를 분할하지 않고 Multistage 방식의 양자화기를 사용하여 양자화기의 성능을 높였지만 계산량과 코드북의 메모리 수요를 줄이지 못하였다.

본 논문에서는 SVQ에서 포먼트 (Formant) 필터의 안정성을 유지하기 위해 높은 차수 ISF 계수 값은 낮은 차수의 ISF 계수 값보다 커야한다는 ISF 계수의 순서화 특성 [5]을 이용하여 양자화하는 방법을 사용한다. 순서화 특성을 이용하면 각 서브벡터의 코드북에는 불필요한 코드북 (Codebook Redundancy)이 존재함을 알 수 있다. 본 논문에서는 불필요한 코드북 (Codebook Redundancy)을 ISF 계수의 순서화 특성을 고려하여 유효한 적응적인 확장된 코드북으로 대체한다. 이를 통해 벡터가 분할되면서 사용하지 못하였던 ISF 계수의 상관도를 충분히 사용하여 양자화한다. 이러한 ISF 계수의 순서화 특성을 이용하여 설계된 새로운 양자화기의 성능을 실제 광대역 음성 데이터를 사용하여 기존 표준화된 코덱인 AMR-WB와 비교한다.

본 논문의 내용은 다음과 같다. II장에서는 간략하게 ISF 파라미터의 특성을 기술하였으며, III장에서는 적응적인 확장된 코드북의 설계과정을 설명하였고, IV장에서는 적응적인 확장된 코드북의 알고리즘의 성능을 설명하고, 이를 이용한 양자화기와 AMR-WB와의 성능을 비교한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

II. ISF 계수의 정의와 순서화 특성

광대역 코덱은 16차 이상의 선형 예측 필터 계수 (LPC)를 수식 (1)을 이용하여 수학적으로 동등하며 양자화 및

보간에 좋은 성능을 갖는 ISF로 변환하여 주파수영역 (0~6400 Hz)에서 양자화 한다.

$$\begin{aligned} f_i &= \frac{f_s}{2\pi} \arccos(q_i), \quad i = 0, \dots, 14 \\ &= \frac{f_s}{4\pi} \arccos(q_i), \quad i = 15 \end{aligned} \quad (1)$$

f_i 는 ISF의 [0, 6400 Hz] 주파수영역을 가리키고, $f_s = 12800$ 는 샘플링 주파수 (Sampling Frequency)이다. ISF 계수 벡터 원소 (Component)간의 상관성을 이용하기 위하여 양자화 과정에서 순서화 특징을 이용한다. 순서화 특징이란 수식 (2)와 같이 ISF 계수 벡터 원소들이 0 ~ 6400 Hz 까지의 주파수 영역에서 순서적으로 증가하는 것을 가리킨다.

$$0 = \omega_0 < \omega_1 < \dots < \omega_{p-2} < \omega_{p-1} = \pi, \text{ and } -1 < K_p < 1 \quad (2)$$

p 는 15개의 ISF 계수를 나타내고, K_p 는 ISF 계수의 이득 (Gain)값이다. 만약 위 식의 순서화 특성을 만족한다면 단구간 합성 필터의 안정성은 보장될 수 있다. 또한 이러한 순서화 특성은 효율적인 ISF 파라미터의 양자화를 위해 사용될 수 있으며, 본 논문에서는 이러한 특성을 적용하였다.

III. 적응적인 확장된 코드북 설계 (Adaptive-extended Codebook Design)

본 논문에서 제안된 SVQ구조의 양자화기는 ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 각 서브벡터의 불필요한 코드북 (Codebook Redundancy)을 제거하고, ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 불필요한 코드북의 개수만큼의 적응적인 확장된 코드북 (Adaptive-extended Codebook)을 설계한다. 적응적인 확장된 코드북은 ISF 계수의 예측과 기존 코드북의 보간법 (Interpolation)을 통해 효율적으로 설계된다.

3.1. ISF 계수의 순서화 성질과 벡터의 분할 (Split)

본 장에서는 SVQ를 위한 ISF 계수의 분할에 대해 정의한다. 일반적으로 벡터 양자화는 SVQ를 이용하여 코드북 (Codebook)의 크기를 줄이고, 양자화 계산량을 감소시

표 1. ISF 벡터 분할
Table 1. Split of ISF coefficients.

Subvector	Vector Components
r_1	$\omega_0, \omega_1, \omega_2, \omega_3$
r_2	$\omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7$
r_3	$\omega_8, \omega_9, \omega_{10}, \omega_{11}$
r_4	$\omega_{12}, \omega_{13}, \omega_{14}, \omega_{15}$

킨다. 16차 ISF 계수 벡터는 순서화 성질을 이용하기 위해 4차원 (Dimension)으로 이루어진 4개의 서브벡터 (Subvectors) r_1, r_2, r_3, r_4 로 분할된다.

서브벡터 r_1, r_2, r_3, r_4 는 순차적으로 양자화 된다. 이때 ISF 계수의 순서화 특징에 의해 제2서브벡터의 첫 번째 원소 ω_4 는 제1서브벡터의 네 번째 원소 ω_3 보다 크고, 제3서브벡터의 첫 번째 원소 ω_8 는 제2서브벡터의 네 번째 원소 ω_7 보다 크고, 제4서브벡터의 첫 번째 원소 ω_{12} 는 제3서브벡터의 네 번째 원소 ω_{11} 보다 크다. 이와 같이 분할된 ISF 벡터의 순서화 특징은 적응적인 확장된 코드북을 설계하는데 이용된다.

3.2. 불필요한 코드북 검색을 위한 코드북의 재정렬 (Codebook Rearrangement)

분할된 각 서브벡터의 코드북 벡터는 ISF 벡터의 예측과 적응적인 확장된 코드북 설계를 위하여 재정렬된다. 각 서브벡터의 코드북은 첫 번째 코드워드 (Codeword)의 오름차순 (Ascending order)으로 재정렬된다. 이는 순서화 특징에 따른 각 서브벡터의 불필요한 코드북 검색을 용이하게 하기 위함이다.

3.3. 불필요한 코드북 검색 (Search Codebook Redundancy)

일반적으로 벡터양자화를 위한 코드북은 LBG 알고리즘 [6]을 이용해 설계된다. LBG 알고리즘은 벡터의 통계적 특성을 이용하여 최적화된 코드북을 설계한다. LBG 알고리즘을 이용해서 설계된 코드북은 모든 샘플벡터 (Sample Vector)에 대해서는 최적화가 이루어 졌다고 볼 수 있지만, 개별 샘플벡터를 대상으로는 최적화가 이루어 졌다고 판단 할 수 없다. 코드북은 통계적인 특성에 의해서 설계되었기 때문에, 개별 샘플벡터에 대해서 최적화가 이루어 지지 않은 코드북 원소 (Codebook Component)가 존재한다.

ISF 계수 벡터의 순서화 특징을 이용하여 불필요한 코

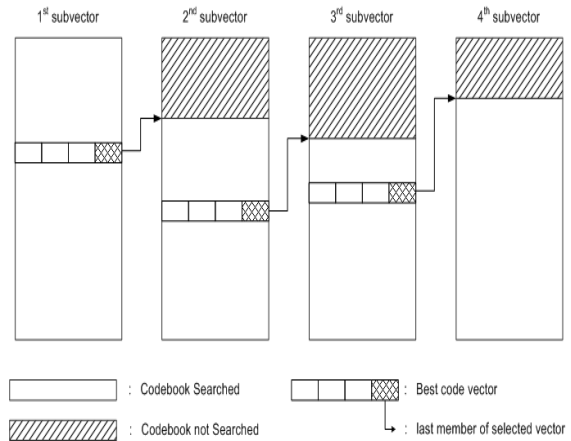


그림 1. ISF 벡터의 순서화 특성을 이용한 불필요한 코드북 검색
Fig. 1. Figure out the codebook redundancy of each subvectors using ordering property.

드북을 검색할 수 있다. ISF 계수는 순차적으로 증가하기 때문에, 이미 양자화된 서브벡터의 ISF 계수를 이용하여 양자화될 서브벡터의 불필요한 코드북을 구별 할 수 있다.

두 번째, 세 번째, 네 번째 서브벡터의 첫 번째 원소는 각각 이전 서브벡터의 마지막 원소보다 큰 값이어야 한다. 제2서브벡터의 첫 번째 원소 ω_4 는 제1서브벡터의 네 번째 원소 ω_3 보다 크고, 제3서브벡터의 첫 번째 원소 ω_8 는 제2서브벡터의 네 번째 원소 ω_7 보다 크고, 제4서브벡터의 첫 번째 원소 ω_{12} 는 제3서브벡터의 네 번째 원소 ω_{11} 보다 크다.

이러한 관계에 의해서 각 코드북은 첫 번째 코드워드를 기준으로 이전 서브벡터의 네 번째 원소 보다 작은 코드워드를 갖고 있는 코드북을 불필요한 코드북 (Codebook Redundancy)으로 구분한다. 이러한 불필요한 코드북은 전체 코드북에서 평균 17%를 차지한다. 불필요한 코드북을 대신하는 적응적인 확장된 코드북 (Adaptive-extended Codebook)을 설계하여 코드북의 효율을 높이게 된다.

3.4. ISF 계수의 예측 (Prediction)

ISF 계수는 [0, 6400 Hz]까지의 주파수 범위에서 순차적으로 증가한다는 순서화 특징을 이용하여 수식 (3)과 같이 개별 ISF 계수는 이전 순서의 ISF 계수를 이용하여 예측 된다. 각각의 서브벡터의 첫 번째 ISF 계수는 이미 양자화된 이전 서브벡터의 네 번째 ISF 계수를 이용하여 예측된다.

$$\omega_i^p = \widehat{\omega}_{i-1} + \Delta_i, \quad i = 4, 8, 12 \quad (3)$$

ω^p 는 예측된 ISF 계수이며, $\hat{\omega}$ 는 이미 양자화된 ISF 계수이다. Δ 는 통계적으로 계산된 ISF 계수의 기울기 평균 (Gradient Mean)이다. $\Delta_4, \Delta_8, \Delta_{12}$ 의 값은 각각 422, 400, 413이다. 예측된 ISF 계수 ω^p 와 실제 ISF 계수 ω 의 예측 오차는 통계적으로 평균이 0인 라플라시안 (Laplacian)분포를 따른다. 이렇게 예측된 ISF 계수 값은 적응적인 확장된 코드북을 설계 할 때 이용된다.

3.5. 적응적인 확장된 코드북 설계 (Adaptive-extended Codebook Design)

ISF 계수 벡터의 순서화 특징을 이용하여 검색된 불필요한 코드북의 개수만큼의 코드북을 적응적으로 추가 설계하여 전송되는 비트 (Bit)의 낭비를 없애고, 불필요한 코드북의 개수만큼 유효한 코드북을 설계하여 양자화 효율을 증가 시킨다. 적응적인 코드북의 설계는 수식 (4)와 같이 불필요한 코드북을 제외한 나머지 코드북 중에서 두 개의 코드북을 코드워드끼리 평균을 취하여 설계한다.

$$CB_{2i}^{EXT} = \frac{(CB_{2i-1} + CB_{2i+1})}{2}, \quad i = 1, \dots, M \quad (4)$$

CB^{EXT} 는 새롭게 적응적으로 설계된 확장된 코드북 (Adaptive-extended Codebook)이며, i 는 코드북 인덱스이며, M 은 불필요한 코드북의 개수이다. 적응적으로 설계되는 코드북의 효율을 높이기 위하여 이전 서브벡터 ISF계수를 사용하여 예측된 코드워드 주변 코드북 인덱스를 이용하여 코드북을 설계한다.

예를 들어 L 개의 코드북 중 M 개의 불필요한 코드북이 검색이 되었고, 이미 양자화된 서브벡터의 ISF계수를 통해서 예측된 현재 서브벡터의 첫 번째 ISF계수의 값과

가장 유사한 코드북의 인덱스가 N ($1 \leq N \leq L$)인 경우, 오름차순으로 재정렬된 인덱스 N 주위의 코드북을 사용하여 M 개의 확장된 코드북 (Extended-Codebook)을 설계한다. 위와 같은 일련의 과정은 복호화기, 부호화기에서 추가적인 비트 (Bit)전송 없이 이루어지게 된다.

적응적인 확장된 코드북을 이용한 양자화기의 복잡도는 기존 벡터 양자화기의 복잡도와 유사하다. 적응적인 확장된 코드북 알고리즘은 불필요한 코드북 검색, ISF 계수 예측, 적응적인 확장된 코드북의 설계와 적응적인 확장된 코드북을 포함한 벡터 양자화의 4단계로 이루어져 있다. 기존 벡터 양자화기와 비교하여 추가적인 복잡도를 요구하는 단계는 불필요한 코드북 검색과 ISF 계수 예측의 과정이며, 이 두 과정은 벡터 양자화에 비해서 아주 적은 복잡도를 요구한다.

적응적인 확장된 코드북 설계는 부호화 단계에서는 이루어 지지 않는다. 벡터 양자화는 타겟 벡터와 최소의 MSE (Mean Square Error)를 갖는 코드북을 찾는 과정이다. 또한, 설계되어야 할 코드북은 수식 (4)와 같이 기존에 존재하는 두 인접 코드북의 평균을 통해 설계된다. 그러므로 적응적인 확장된 코드북을 설계하지 않아도, 타겟 벡터와 기존에 존재하는 코드북의 MSE를 구하는 과정에서 적응적인 확장된 코드북의 MSE를 계산해 낼 수 있다.

불필요한 코드북을 검색하여 불필요한 코드북의 개수만큼 적응적인 확장된 코드북을 설계한다. 불필요한 코드북의 개수만큼의 MSE를 구하는 복잡도의 이득은 적응적인 확장된 코드북의 MSE를 구하는 과정의 복잡도에 사용되므로 적응적인 확장된 코드북 알고리즘의 복잡도는 일반적인 벡터 양자화의 복잡도와 유사하다.

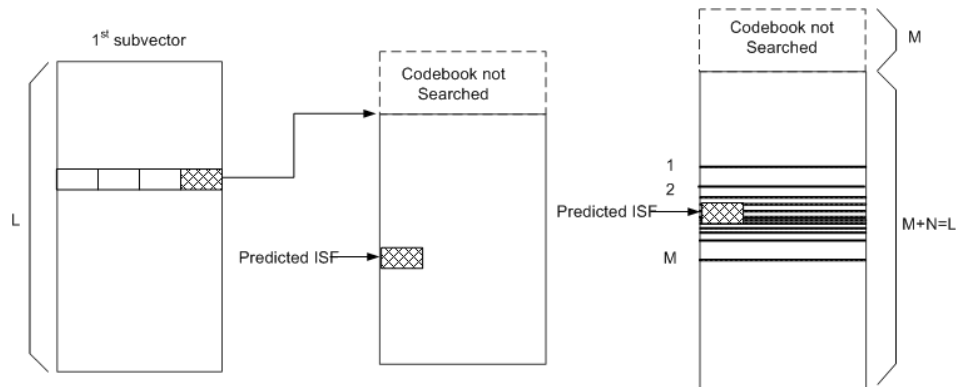


그림 2. ISF 계수 예측을 통한 적응적인 확장된 코드북 설계
 Fig. 2. Design the adaptive-extended codebook using prediction of ISF coefficient.

IV. 적응적인 확장된 코드북을 이용한 양자화기의 성능

적응적인 확장된 코드북의 SVQ에서의 성능을 측정하기 위하여 모의실험을 수행하였다. 또한, 실제 광대역 코덱에서의 적응적인 확장된 코드북의 성능을 측정하기 위하여 ISF양자화기를 설계하여 표준화된 코덱 중 SVQ 방식의 ISF양자화기를 포함하는 AMR-WB와 성능을 비교를 한다.

4.1. 적응적인 확장된 코드북 모의실험

적응적인 확장된 코드북의 성능을 실험하기 위하여 간단한 모의실험을 하였다. 16차의 ISF계수를 4개의 서브벡터로 분할한 SVQ와 적응적인 확장된 코드북 (Adaptive-extended Codebook)을 적용시킨 SVQ의 주파수 왜곡 (Spectral Distortion) [7]을 비교하여 적응적인 확장된 코드북의 성능을 측정한다. 성능평가를 위해 평균 주파수 왜곡 (Average Spectral Distortion)값을 이용한다. 주파수 왜곡 (Spectral Distortion)값은 수식 (5)와 같이 정의 된다.

$$SD(dB) = \frac{1}{NF} \sum_{n=1}^{NF} \left[\left(\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [10 \log_{10} |A_n(e^{j\omega})|^2 - 10 \log_{10} |\hat{A}_n(e^{j\omega})|^2] d\omega \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

NF는 프레임의 개수이고 $A_n(e^{j\omega})$ 및 $\hat{A}_n(e^{j\omega})$ 는 n번째 프레임의 스펙트럼 값이다. 설계된 광대역 ISF 양자화기는 평균 주파수 왜곡 (Spectral Distortion)이 1 dB 이하이

고, 2 ~ 4 dB의 왜곡을 갖는 프레임이 2 %이하이며 4 dB 이상의 왜곡을 갖는 프레임이 없어야 한다.

코드북의 크기에 따른 불필요한 코드북과 적응적인 확장된 코드북과의 관계를 알아보기 위하여 4개의 서브벡터의 양자화 비트를 6, 7, 8, 9, 10 씩 증가시켜 벡터 양자화를 한다. 본 논문에서 실험을 위해 사용된 음성 데이터는 NTT 음성데이터로써 여성 화자 60명, 남성 화자 58명의 각 30문장을 사용하였다.

표 2는 불필요한 코드북으로 선택된 코드북과 불필요한 코드북을 대체한 적응적인 확장된 코드북이 가장 작은 MSE (Mean Square Error)를 갖는 경우를 나타내었다. 15 % 가량의 불필요한 코드북을 대신해 설계된 적응적인 코드북이 17 %의 확률로 최적의 코드북으로 선택이 되었다. 최적의 코드북으로 선택된 17 % 가량의 확장된 코드북은 기존에 존재하는 코드북에 비해 더 적은 MSE를 갖게 되어 결과적으로 양자화기의 성능이 개선된다.

표 3은 16차의 ISF계수를 4개의 서브벡터로 분할한 SVQ 구조의 양자화기와 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용한 양자화기의 주파수 왜곡 (Spectral Distortion)을 나타낸다. 양자화에 할당된 비트 (Bit)가 증가함에 따라 주파수 왜곡은 감소하며, 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용하면 약 0.5 Bit의 비트를 추가로 양자화에 할당하는 것과 같은 주파수 왜곡의 감소를 보인다.

모의실험을 통해 SVQ 구조의 양자화기는 15 %의 불필요한 코드북을 검색하였으며, 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용하여 0.5 bit의 양자화 이득을 얻을 수 있었다. 하지만 실제 음성코덱에서는 벡터 양자화이외에

표 2. 불필요한 코드북의 비율과 적응적인 확장된 코드북의 선택 비율

Table 2. The portion of codebook redundancy and adaptive-extended codebook choiced as best index.

Bits/frame	6*4=24	7*4=28	8*4=32	9*4=36	10*4=40
Codebook Redundancy [%]	18.06	16.70	15.02	12.71	11.82
Adaptive-Extended Codebook Choiced As Best Index [%]	20.38	18.69	16.93	14.5	13.06

표 3. 적응적인 확장된 코드북 알고리즘의 성능 (주파수 왜곡)

Table 3. The performance of adaptive-extended codebook (Spectral distortion).

	Bits /frame	Avg. SD (in dB)	Outliers (in %)	
			2-4 dB	>4 dB
SVQ	6*4=24	2.28	62.8	2.03
	7*4=28	1.96	48.6	0.49
	8*4=32	1.71	32.5	0.13
	9*4=36	1.49	18.7	0.05
	10*4=40	1.29	9.8	0.02
SVQ + Adaptive-extended codebook algorithm	6*4=24	2.23	60.8	2.13
	7*4=28	1.93	46.8	0.56
	8*4=32	1.67	31.0	0.14
	9*4=36	1.46	17.9	0.05
	10*4=40	1.27	9.3	0.02

효율적인 알고리즘이 적용되어 있어서, 불필요한 코드북의 개수와 양자화 이득은 더욱 증가하게 된다.

4.2. 적응적인 확장된 코드북을 적용한 양자화기 설계

적응적인 확장된 코드북의 성능을 실험하기 위하여 표준화된 코덱인 AMR-WB의 ISF 양자화기를 적응적인 확장된 코드북을 적용한 양자화기로 대체한다. 양자화기는 표준화된 광대역 코덱인 AMR-WB (G.722.2) [8]에 사용된 2차 MSVQ, Candidate, 1차 MA (Moving Average) Predictor 알고리즘을 사용하여 적응적인 확장된 코드북의 성능을 높일 수 있는 구조의 부호화기를 설계한다. 설계된 양자화기의 부호화 블록도는 그림 3과 같다. 46 bit를 사용하는 SVQ방식의 AMR-WB의 ISF 양자화기와의 성능을 비교를 위해 46 bit의 비트를 할당하여 양자화기를 설계한다. 각 서브벡터의 구조와 비트할당은 그림 3에 표시된 것과 같다.

4.3. 적응적인 확장된 코드북을 적용한 양자화기와 AMR-WB 양자화기의 성능비교

적응적인 확장된 코드북을 적용한 양자화기와 AMR-WB 양자화기의 성능을 비교하여 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 검증하였다. 표준화된 코덱인 AMR-WB의 ISF양자화기는 46 bit를 사용하여 ISF계수를 양자화한다. 본 논문에 제안된 양자화기는 46 bit의 양자화기를 설계하여 AMR-WB와 동일한 조건하에 성능을 비교한다. 또한 제안된 양자화기에 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용하여 AMR-WB와의 주파수 왜곡 (Spectral Distortion)을 비교하여 적응적인 확장된 코드북 알고리즘의 효과를 검증한다. 본 논문에서 실험을 위해 사용된 음성 데이터는 NTT 음성데이터로써 여성 화자 60명, 남성 화자 58명의 각 30문장을 사용하였다.

표 4는 AMR-WB의 양자화기, 제안된 양자화기와 적응적인 확장된 코드북 알고리즘이 적용된 제안된 양자화기

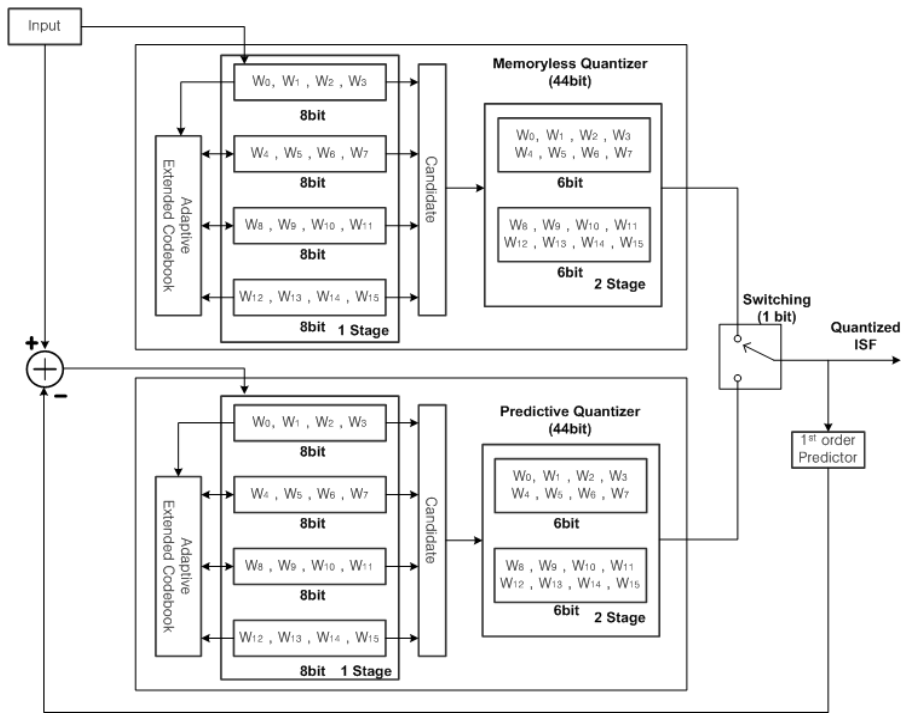


그림 3. 제안된 양자화기의 부호화기 블록도
Fig. 3. The encoder structure of ISF quantizer using adaptive-extended codebook.

표 4. 양자화기의 성능비교 (주파수 왜곡)
Table 4. Comparison of the quantizers (spectral distortion).

	Bits /frame	Avg. SD (in dB)	Outliers (in %)	
			2-4 dB	>4 dB
AMR-WB	46	0.77205	0.3592	0.000
SVQ	46	0.74357	0.3391	0.000
SVQ + Adaptive-extended codebook algorithm	46	0.72713	0.3435	0.000

의 주파수 왜곡 (Spectral Distortion)을 나타낸다. 46 bit를 할당한 제안된 양자화기는 46 bit를 할당한 AMR-WB의 ISF 양자화기 보다 더 좋은 성능을 보이며, 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용한 제안된 양자화기는 가장 좋은 성능을 나타낸다.

제안된 양자화기는 AMR-WB의 양자화기와 비교하여 약 0.9 bit의 이득을 보이며, 적응적인 확장된 코드북 알고리즘이 적용된 제안된 양자화기는 알고리즘이 적용되지 않은 제안된 양자화기와 비교하여 약 0.9 bit의 이득을 보인다. 결론적으로 적응적인 확장된 코드북 알고리즘이 적용된 양자화기를 사용하여 AMR-WB의 양자화기와 비교하여 약 1.8 bit의 이득을 얻을 수 있었다.

ISF벡터의 순서화 성질을 사용하여 SVQ 방식의 ISF계수 양자화기에서 불필요한 코드북을 검색하였고, 순서화 성질, ISF 벡터의 예측과정, 코드북 보간법을 이용해 불필요한 코드북을 유효한 적응적인 확장된 코드북으로 교체함으로써 양자화기의 성능이 개선되었다.

V. 결론

본 논문에서는 ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 분할구조 벡터 양자화기의 성능을 개선하는 알고리즘에 관해 연구하였다. 제안한 알고리즘은 기존에 분할구조 벡터 양자화기를 사용함으로써 사용하지 못하였던 ISF 계수간의 상관도를 ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 충분히 활용하여 양자화기의 성능을 개선한다. ISF 계수의 순서화 성질을 이용하여 17% 가량의 불필요한 코드북을 검색하였고, ISF 계수의 예측과 기존 코드북의 보간법 (Interpolation)을 이용하여 불필요한 코드북을 유효한 적응적인 확장된 코드북으로 교체함으로써 양자화기의 성능을 개선한다. NTT음성데이터를 사용한 모의실험을 통해서 적응적인 확장된 코드북 알고리즘의 성능을 검증하였다. 또한 실제 적응적인 확장된 코드북 알고리즘을 적용한 ISF벡터 양자화기를 설계하고, 표준화된 코덱인 AMR-WB의 양자화기와 비교하여 약 2 bit 가량의 양자화 이득을 얻는 것을 확인 할 수 있었다. 적응적인 확장된 코드북 알고리즘은 추가적인 비트 (Bit)할당 없이 약간의 계산량 증가를 통해 주파수 왜곡측면에서 기존 분할구조 벡터 양자화 (SVQ)방식의 ISF벡터 양자화기의 성능을 개선시킬 수 있었다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 적은 계산량을 갖는 간단한 구조로 추가적인 비트 (Bit)할당 없이 분할구조

벡터 양자화 (SVQ)방식의 ISF벡터 양자화기의 성능개선에 활용될 수 있으리라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 엘지전자 연구과제지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. O'Shaughnessy, D., "Linear predictive coding", *IEEE Potentials* vol. 7, pp. 29-32, 1988.
2. Paliwal K.K. and Atal B.S., "Efficient vector quantization of LPC parameters at 24 bits/frame", *IEEE Trans.* vol. 1, no. 1, pp. 3-14, Jan. 1993.
3. Bessette, B. and Salami, R., "The adaptive multirate wideband speech codec (AMR-WB)", *IEEE Trans.* vol. 10, no. 8, pp. 620-636, Nov. 2002.
4. ITU-T Rec. G.718 "Frame error robust narrowband and wideband embedded variable bit-rate coding of speech and audio from 8-32 kb/s," Jun, 2008.
5. Bistriz Y. and Pellerin S., "Immittance spectral pairs (ISP) for speech encoding", *IEEE*, vol. 2, Apr. 1993.
6. Linder, Y. and Buzo, A. and Gray, R., "An algorithm for vector quantizer design", *IEEE Trans.* vol. 28, no. 1, pp. 84-95, Jan. 1980.
7. A.M. Kondoz, "Digital Speech", pp. 106-107.
8. ITU-T Rec. G.722.2 "Wideband coding of speech at around 16 kbit/s using Adaptive Multi-Rate Wideband", Jul. 2003.

저자 약력

• 임종하 (Jongha Lim)



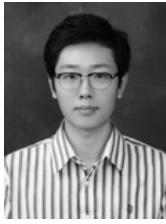
2009년: 충북대학교 정보통신공학과 (학사)
2009년 ~ 현재: 충북대학교 전파통신공학과 (석사)
※ 관심분야: 음성 / 오디오 신호처리

• 정규혁 (Gyu-Hyeok Jeong)



2004년: 충북대학교 전기전자공학 (학사)
2006년: 충북대학교 전파통신공학과 (석사)
2011년: 충북대학교 전파통신공학과 (박사)
2010년 ~ 현재: LG 전자기술원 미래IT융합연구소
선임연구원
※ 관심분야: 음성 / 오디오 신호처리

•홍 기 봉 (Gibong Hong)



2010년: 충북대학교 정보통신공학과 (학사)
2010년 ~ 현재: 충북대학교 전자통신공학과 (석사)
※ 관심분야: 음성/ 오디오 신호처리

•이 인 성 (Insung Lee)



1983년: 연세대학교 전자공학과 (학사)
1985년: 연세대학교 전자공학과 (석사)
1992년: Texas A&M University 전기공학과 (박사)
1993년 ~ 1995년: 한국전자 통신연구원 이동통신
기술연구단 선임연구원
1995년 ~ 현재: 충북대학교 전기전자공학부 정교수
※ 관심분야: 음성/ 오디오 신호처리, 이동통신, 적
응필터