

광대역 신호 압축기를 위한 주파수 대역 특성에 선택적인 양자화 방법

Selective Quantization Based on Band Property for Wideband Signal Codec

송재종*, 박호종*, 김무영**, 김도석**, 김정수**
(Jai-Chong Song*, Hochong Park*, Moo-Young Kim**, Doh-Suk Kim**, Jeongsu Kim**)

* 광운대학교 전자공학과, ** 삼성종합기술원
(접수일자: 2001년 3월 12일; 채택일자: 2001년 7월 19일)

본 논문에서는 7 kHz 대역의 광대역 신호 압축기를 위한 새로운 양자화 방법을 제안한다. 일반적인 광대역 신호 압축기는 입력 신호를 주파수 영역으로 변환하고 청각 모델을 적용하여 주파수 대역별로 양자화하여 Huffman 코딩하는 구조를 가진다. 그러나, 주파수 대역별로 신호의 특성이 일정하지 않으므로 모든 대역을 동일한 방법으로 양자화하면 각 주파수 대역의 특성에 적합한 양자화를 하지 못하므로 전체 압축기의 성능이 저하된다. 따라서 본 논문에서는 각 주파수 대역별로 특성을 분석하여 주파수 영역 또는 시간 영역 중에서 양자화에 효율적인 영역을 선택하여 양자화하는 새로운 방법을 제안한다. 제안한 양자화 방법의 성능을 측정하여 ITU G.722.1 표준 압축기의 양자화 방법보다 우수한 성능을 가지는 것을 확인하였다.

핵심용어: 양자화, 광대역 신호 압축기, Huffman 코딩, MLT, DCT

투고분야: 음성처리 분야 (2.2), 전기음향 분야 (3.2)

In this paper, a novel quantization method for wideband signal codec with 7 kHz bandwidth is proposed. In the transform-based wideband signal codecs, the signal is transformed to frequency domain and the spectral coefficients in each frequency band are quantized based on human perceptual model, followed by Huffman coding. However, the property of each band varies with frequency, and the codec has poor performance when all bands are quantized with the same method. Therefore, a selective quantization method is proposed, which analyzes the band property and selects the quantization domain between frequency domain and time domain based on the quantization efficiency. It is confirmed that the proposed method has better performance than the quantizer of G722.1 codec.

Keywords: Quantization, Wideband Signal Codec, Huffman Coding, MLT, DCT

ASK subject classification: Speech signal processing (2.2), Electro-acoustics (3.2)

1. 서론

고품질의 디지털 음성 서비스를 제공하기 위하여 7 kHz 대역을 가지는 광대역 음성 신호의 압축이 요구되며 이를 위하여 고성능의 광대역 신호 압축기가 필요하다. 이에 따라 최근에 ITU에서 광대역 신호 압축기인 G.722.1

책임저자: 박호종 (hcopark@mail.gwu.ac.kr)
139-701 서울시 노원구 월계동 447-1
광운대학교 전자공학과
(전화: 02-940-5104; 팩스: 02-942-0107)

표준을 확정하였으며[1], 광대역 신호 압축기는 기존의 4 kHz 협대역 음성 압축기보다 음질을 크게 개선시키고 음성 이외에 오디오 등 다양한 종류의 신호도 큰 음질 저하없이 효율적으로 압축할 수 있어 매우 다양한 음성 및 오디오 서비스를 제공할 수 있다.

G.722.1은 16 Bit, 16 kHz로 샘플링된 7 kHz 대역 신호를 24 kbps로 압축하며, 입력 신호를 주파수 영역으로 변환하여 양자화 및 Huffman 코딩하는 구조를 가진다. 그러나, 모든 주파수 대역을 동일한 방법으로 양자화 및

Huffman 코딩을 하므로 각 주파수 대역의 특징에 적합한 양자화 및 Huffman 코딩을 하지 못하고, 이로 인하여 압축기의 성능이 저하되는 문제점을 가진다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 각 주파수 대역별로 적합한 Huffman 코딩 테이블을 선택하는 방법과 프레임별 입력 신호의 특성을 분석하여 푸리에 변환과 웨이블릿 변환을 선택적으로 사용하는 방법 등이 개발되었다[2,3]. 이들은 입력 신호의 주파수 특성을 양자화 과정에 활용하여 성능이 향상되지만 많은 Huffman 코딩 테이블을 이용하는 문제점과, 변환 방법을 선택하기 위하여 프레임 입력 신호의 특성을 분석하여야 하는 문제점을 가진다. 더욱이 이들 방법들도 G.722.1과 동일하게 각 프레임에 대하여 모든 주파수 대역을 동일한 방법으로 양자화하는 근본 제약점을 가지게 되어 주파수 대역에 따라 변하는 신호의 세부 특성을 양자화 과정에서 이용하지 못하는 문제점을 여전히 가지고 있다.

본 논문에서는 이와 같은 기존 양자화 방법의 문제점을 해결하기 위하여 각 주파수 대역의 특성에 따라 양자화 및 Huffman 코딩 방법을 선택적으로 실행하는 새로운 양자화 방법을 제안하고, 이 양자화 방법을 G.722.1의 양자화 방법과 비교하여 성능을 측정한다. 2장에서 G.722.1의 양자화 방법을 간단히 설명하고, 3장에서 제안한 양자화 방법을 설명하고, 4장에서 제안한 양자화 방법과 G.722.1 양자화 방법의 성능을 측정하여 비교한다.

II. G.722.1 광대역 신호 압축기의 양자화 방법

G.722.1 광대역 신호 압축기는 변환 과정, 양자화 스텝 크기 결정 과정 및 양자화 과정으로 구성된다. 변환 과정에서는 320개의 현재 프레임 입력 샘플과 320개의 Look-Ahead 입력 샘플로 구성된 640개 입력 신호를 MLT (Modified Lapped Transform)를 사용하여 320개의 주파수 영역 계수로 변환하고, 0 Hz ~ 7 kHz 주파수 영역을 14개의 500 Hz 대역으로 나누고, 각 대역별 20 개씩 총 $14 \times 20 = 280$ 개의 MLT 계수를 구한다. 다음, 각 대역별 MLT 계수들의 RMS (root mean square)값을 이용하여 MLT 계수를 정규화하고 양자화 및 Huffman 코딩한다.

G.722.1은 매우 특이한 방법으로 대역별 양자화 스텝 크기를 결정한다. 일반적인 방법은 입력 신호의 주파수 분포에 청각 모델을 적용하여 마스크 곡선을 구하고 이를

기준으로 양자화 오차가 임계값을 넘지 않도록 각 대역별로 양자화 스텝 크기를 정한다. 그러나, G.722.1에서는 앞에서 구한 주파수 대역별 양자화된 RMS 값의 분포만 이용하여 매우 간단하게 각 대역의 양자화 스텝 크기를 정한다. 양자화 스텝 크기는 총 8가지가 정의되어 있고 각 종류를 Category라고 하며, Category=0은 스텝 크기= $2^{-1.5}$, Category=1은 스텝 크기 = $2^{-1.0}$ 에 해당하고, Category=7은 무한대 스텝 크기에 해당하며 계수를 전달하지 않고 버린다. 대략적인 개념은 주어진 Bit 수를 고려하여 RMS 값이 큰 대역에 작은 스텝 크기를 할당하고 큰 RMS 대역 사이에 있는 대역에는 큰 스텝 크기를 할당하는 것이며, 이와 같은 방법으로 총 16 가지의 대역별 스텝 크기 분포, 즉 Category 분포를 구한다. 실제 사용되는 스텝 크기는 나중에 Huffman 코딩 후에 결정된다.

표 1은 특정 입력 신호에 대하여 G.722.1에서 구하여진 16가지의 대역별 Category 분포를 보여준다. 예로 첫 번째 Category 분포 (인덱스 = 0)에서는 대역 0 ~ 3의 계수들은 스텝 크기 = $2^{-1.5}$ (Category = 0)로, 대역 4의 계수들은 스텝 크기 = $2^{-0.5}$ (Category = 2)로 양자화하며, 마지막 Category 분포 (인덱스=15)에서는 대역 0 및 1의 계수들은 스텝 크기 = $2^{-1.0}$ (Category = 0)으로 양자화하고 대역 9, 10, 11, 13의 계수들은 전달하지 않는다 (Category = 7).

각 대역의 계수 양자화는 계수값을 RMS 값으로 정규화하고 스칼라 양자화 후 벡터 Huffman 코딩한다. 이 때 16가지의 Category 분포에 따라 정해진 스텝 크기로 각 대역의 계수를 양자화하고, 각 Category 분포별로 양자화에 필요한 총 Bit 수를 계산하여 허용된 Bit 수를 초과하지 않으면서 가장 근접한 Bit 수를 가지는 Category 분포를 최종 선택한다. 압축기와 복원기가 동일한 양자화된 RMS 값을 이용하여 동일한 과정으로 16 가지의 Category 분포를 정하므로 4 Bit로 표시되는 Category 분포 인덱스만 전달하면 전체 대역의 양자화 스텝 크기를 간단하게 전달할 수 있다. 계수 양자화에서 Huffman 코딩을 사용하므로 각 스텝 크기에 대하여 최종 양자화에 필요한 Bit 수를

표 1. 대역별 양자화 스텝 크기를 정하기 위한 총 16 가지 Category 분포 예
Table 1. Example of 16 Category patterns for computing quantization step size of each band.

Band Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	0	0	0	2	4	4	4	5	6	6	6	5	5
1	0	0	0	0	3	4	4	4	5	6	6	6	5	5
...														
15	0	0	1	2	4	5	5	5	6	7	7	7	6	7

미리 예측할 수 없고 미리 결정된 16가지 스텝 크기에 대한 양자화를 모두 실행하고 주어진 Bit 수 범위 내에서 양자화를 실행하는 결과를 최종적으로 선택하여 사용하게 된다. 상세한 G.722.1의 동작은 [1]을 참조한다.

III. 제안한 양자화 방법

본 논문에서 제안하는 광대역 신호 압축기를 위한 양자화 방법은 G.722.1의 양자화 방법과 유사하다. 즉, 각 주파수 대역별로 RMS 값으로 정규화된 계수를 스칼라 양자화하고 벡터 Huffman 코딩하는 방법을 사용한다. 그러나 제안하는 양자화 방법은 각 대역별로 “주파수 영역” 또는 “시간 영역” 계수를 선택하여 양자화를 하는 새로운 구조를 가진다. 즉, G.722.1은 모든 대역에서 MLT 계수(즉, 주파수 영역 계수)를 양자화하지만 제안하는 양자화 방법은 각 대역의 특성에 따라 MLT 계수 또는 이를 시간 영역으로 변환시킨 새로운 계수를 선택하여 양자화하는 방법을 사용한다. 이와 같은 선택적 양자화를 하는 이론적 근거는 다음과 같다.

양자화에 Huffman 코딩이 포함되므로 실제 양자화에 필요한 Bit 수는 스텝 크기뿐만 아니라 양자화 인덱스의 분포와 Huffman 테이블의 관계에 따라 결정된다. G.722.1에 사용하는 Huffman 테이블은 Zero 벡터에 적은 Bit를 할당하므로, Zero 인덱스의 분포가 많으면 Huffman 코딩에 필요한 Bit가 줄어든다. 즉, Zero 계수의 분포가 많으면 적은 Bit로 양자화가 가능하고, 동일한 수의 Bit를 이용할 경우보다 작은 스텝 크기로의 양자화가 가능하여 양자화 성능이 향상된다.

그림 1 (a)는 20 msec의 남성 음성 신호이고 (b)는 이 신호의 정규화된 MLT 계수이다. 여기서 세로 Grid 선은 20개의 MLT 계수로 구성된 500Hz 대역을 표시한다. (b)에서 보듯이 대역 11 (x 축 인덱스 220 ~ 240)의 MLT 계수는 Zero 근처에 집중되어 있어 Huffman 코딩의 효율이 높지만, 대역 2 (x 축 인덱스 40 ~ 60)의 MLT 계수 분포는 매우 확산되어 있어 Huffman 코딩 효율이 매우 떨어진다. 이와 같이 특성이 틀린 모든 대역을 동일한 방식으로 Huffman 코딩하면 전체적으로 최적의 코딩을 하지 못하여 성능이 저하된다. 이를 극복하기 위하여 에너지 집중이 적은 대역의 계수를 추가 변환 과정을 통하여 에너지 집중이 높게 한 후에 양자화하는 것이 필요하다.

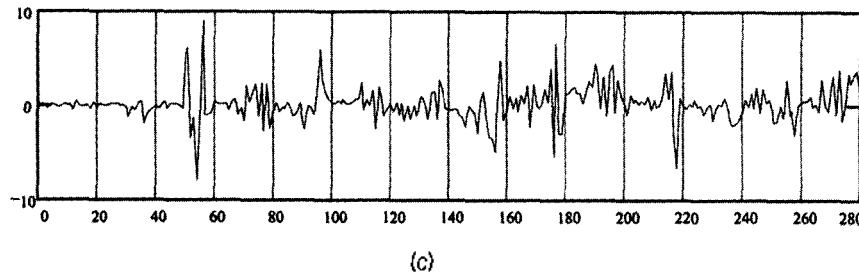
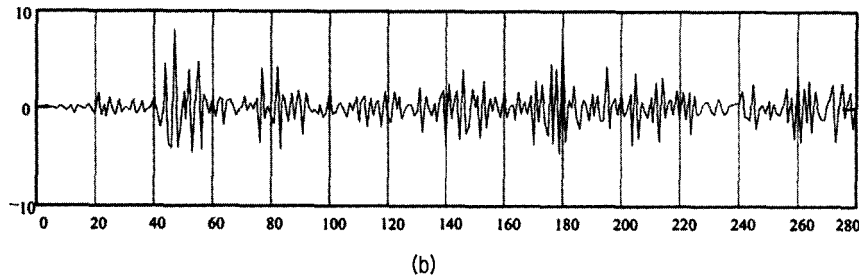
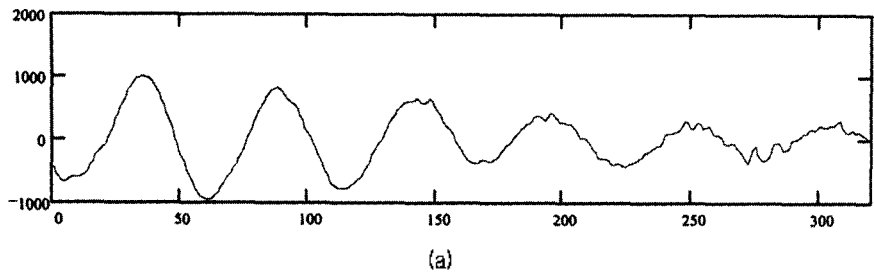
MLT 계수는 주파수 영역의 값이고 이를 만일 DCT

(Discrete Cosine Transform)하면 개념적으로 특정 주파수 대역에 해당하는 시간 영역 신호가 되며, 일반적으로 에너지가 확산된 주파수 신호를 시간 영역으로 변환시키면 에너지가 집중된 신호를 얻게 된다. 따라서 대역 2에서는 MLT 계수를 직접 양자화하는 것보다 이를 DCT 하여 양자화하는 것이 Huffman 코딩 관점에서 더 효율적 양자화가 될 것이다. 동일한 개념으로 모든 대역에 대하여 주파수 영역인 MLT 계수와 DCT를 통하여 구한 시간 영역 계수 중에서 Huffman 코딩의 효율성이 좋은 계수를 선택하여 양자화하면 필요한 Bit 수가 줄어들고 양자화 성능이 향상될 것이다. 이와 같은 근거로 본 논문에서는 각 대역별로 20개의 MLT 계수에 20-포인트 DCT를 적용하여 새로운 계수 20개를 추가로 구하고 두 종류의 계수 중에서 Huffman 코딩의 효율이 좋은 계수를 선택하여 양자화하는 새로운 방법을 개발하였다.

그림 1 (c)는 (b)의 대역별 MLT 계수에 20-포인트 DCT를 적용하여 얻은 DCT 계수를 보여주고, (d)는 각 대역별로 최종 선택된 Category 및 MLT 계수와 DCT 계수의 Huffman 코딩에 필요한 Bit 수를 정리한 것이다. 대역 2를 MLT 계수 양자화하면 44 Bit가 필요하지만 DCT 변환 후 양자화 하면 34 Bit만 필요하다. 각 대역에서 양자화 스텝 크기는 동일하므로 Bit 수의 차이는 완전히 MLT 계수와 DCT 계수의 분포 차이에 의한 것이다.

제안한 양자화 방법은 입력 신호의 각 대역별 특성에 따라 주파수 영역 (MLT) 또는 시간 영역 (DCT)에서 선택적으로 양자화하므로 각 대역별 양자화 영역을 알려주기 위하여 총 14 개의 Bit가 추가적으로 필요하지만, 선택적 양자화 방법으로 얻는 Bit 감소의 효과가 더 크면 전체적으로 Bit 수가 감소하고 전체 압축기의 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 14번의 DCT 계산이 추가적으로 필요하지만 20-포인트 DCT이므로 계산량이 매우 적고, DCT에 의하여 주파수 대역의 RMS 값이 변하지 않고 겹침없이 DCT를 실행하므로 프레임별 및 대역별로 간단하게 MLT 및 DCT 영역을 선택하여 사용할 수 있다.

제안한 방법을 사용하기 위하여 대역별로 어느 영역에서 양자화 할지를 정하는 기준이 필요하다. 이론적으로 각 영역 신호에 대하여 엔트로피를 이용한 에너지의 집중도를 수식으로 정의하고 이 값에 따라 양자화 영역을 결정하면 된다. 그러나, 제안된 방법에서 최종적으로 원하는 것은 Huffman 코딩에 필요한 Bit 수를 줄이는 것이고 실제 수식적 에너지 집중도가 좋다고 항상 Huffman 코딩 Bit 수가 감소하는 것은 아니다. 따라서 보다 현실적인



Frequency Band	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Category	1	1	2	3	2	3	4	3	4	5	6	6	7	6	
# of Bits for Huffman Coding	MLT	66	64	44	39	44	43	26	38	28	16	22	14	0	12
	DCT	75	44	34	39	37	37	30	36	30	27	15	21	0	15

그림 1. 남성 음성 신호에 대한 양자화 (a) 남성 음성 신호 (b) 정규화된 MLT 계수 (c) 정규화된 DCT 계수 (d) MLT 계수 및 DCT 계수의 Huffman Coding에 필요한 Bit 수

Fig. 1. Quantization of male speech signal. (a) male speech signal (b) normalized MLT coefficients (c) normalized DCT coefficients (d) number of bits for Huffman coding of MLT and DCT coefficients.

조건은 양자화에 필요한 Bit 수이며, 각 대역별로 두 영역 계수에 대하여 양자화 및 Huffman 코딩을 직접 실시하여 필요한 Bit 수를 구하고 적은 Bit를 필요로 하는 영역을 최종 양자화할 영역으로 결정하는 방법을 제안한다. 이와 같은 선택 기준을 그림 1의 예에 적용하면 표 2와 같은

결과를 얻게 되어 추가 14 Bit를 사용하여도 MLT를 사용하는 G.722.1와 비교하여 동일한 스텝 크기를 사용하는 양자화에서 38 Bit를 절약할 수 있다. 여기서 대역 0, 3, 6, 8, 9, 11, 13에서는 MLT, 나머지 대역에서는 DCT 영역이 선택되었다.

표 2. MLT 영역, DCT 영역 및 선택적 영역 결정 방법을 사용한 경우의 Huffman 코딩에 필요한 Bit 수
Table 2. Number of bits for Huffman coding of MLT, DCT, and selective method.

Quantization Domain	Total # of Bits for Huffman Coding
MLT	456
DCT	440
Selective Method	404 + 14 = 418

제안한 양자화 방법은 위의 예와 같이 MLT와 DCT 영역이 비슷한 빈도로 선택되면 Bit 감소의 효과가 크다. 그러나, 극단적으로 모든 대역에서 MLT 영역 또는 DCT 영역이 동일하게 선택되면 오히려 14 Bit만 추가되는 성능 저하가 발생하고, 실험 결과 특히 오디오 신호에서 대부분의 대역에서 MLT가 선택되는 경우가 자주 발생한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 모든 대역에서 양자화 영역을 독립적으로 선택하지 않고 표 3과 같이 4 가지

표 3. 4가지 모드를 사용한 대역별 양자화 영역 선택 방법
Table 3. Four modes for selecting quantization domain of each band.

모드	영역 선택 방법	추가 Bit 수 (모드 선택용 Bit + 영역 선택용 Bit)
0	모든 14 대역에서 양자화 영역 선택	2 + 14 = 16
1	모든 14 대역에서 MLT 영역 고정	2 + 0 = 2
2	하위 8 대역에서 양자화 영역 선택 상위 6 대역에서 MLT 영역 고정	2 + 8 = 10
3	하위 8 대역에서 양자화 영역 선택 상위 6 대역에서 DCT 영역 고정	2 + 8 = 10

모드를 정하여 양자화 영역을 선택하는 대역을 한정하는 방법을 제안한다. 즉, 16 가지의 Category 분포 각각에 대하여 각 모드별로 필요한 Bit를 구하고 가장 적은 Bit를 사용하는 모드를 각 Category 분포의 최종 모드로 선택한다. 이와 같은 모드를 사용하면 모드 선택을 위하여 2 Bit가 추가되지만 대역별 영역 선택을 위한 Bit 수가 평균적으로 줄어들어 성능이 향상된다. 표 4는 남성 음성 신호와 재즈 신호 각 1000 프레임에 대하여 각 모드의 발생 빈도 및 이에 따른 평균 추가 Bit 수를 구한 것이다. 재즈 신호에 대하여 모드 선택 없이 모든 대역을 선택적 방법으로 양자화하면 추가 14 Bit/프레임이 필요하지만, 4가지 모드를 사용하면 $2 + 14 \times 0.314 + 8 \times 0.09 + 8 \times 0.271 = 9.3$ Bit/프레임이 추가 필요하여 프레임 평균 4.7 Bit를 절약할 수 있다.

이와 같이 각 대역별 특성에 따라 양자화 영역을 선택하고 4 가지 선택 모드를 사용하는 양자화 방법을 통하여 동일한 스텝 크기에 대한 Huffman 코딩에 필요한 Bit 수를 줄일 수 있고, 이를 통하여 동일한 수의 Bit에 대하여 각 대역의 양자화 스텝 크기를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 양자화 성능을 향상시키기 위하여 Category = 0에서의 스텝 크기를 G.722.1의 1/2로 줄였다. 즉, 제안된 양자화 방법을 통하여 절약된 Bit를 Category = 0 대역의 스텝

크기를 줄이는 용도로 사용하여 양자화 성능을 향상시키도록 하였다.

제안한 양자화 방법을 정리하면 다음과 같다.

입력: 14 개 주파수 대역의 MLT 계수 280개와 16 가지 Category 분포

1. 각 대역의 MLT 계수를 20-포인트 DCT 한다.
2. 각 Category 분포에 의하여 정의된 대역별 스텝 크기에 따라 MLT 계수와 DCT 계수를 각각 양자화하고 Huffman 코딩한다.
3. 각 대역별로 두 계수의 양자화에 필요한 Bit 수를 계산하고, 4 가지 모드에 따라 각 대역의 양자화 영역을 선택하고 각 모드별로 양자화에 필요한 총 Bit 수를 구하고, 가장 적은 Bit를 가지는 모드를 선택한다.
4. 2-3 과정을 모든 Category 분포에 대하여 실행하고, 선택된 모드에 필요한 총 Bit 수가 허용된 Bit 수보다 적으면서 가장 근접한 Category 분포를 구하고 이때의 대역별 양자화 영역 및 모드를 출력한다.

출력: Category 분포 인덱스 (4 Bit), 모드 (2 Bit), 각 대역별 양자화 영역, 각 대역별 Huffman 코딩 인덱스

표 4. 남성 음성 신호와 재즈 음악 신호에 대한 모드 분포 및 이에 대한 프레임당 평균 추가 Bit 수
Table 4. Mode distribution and average overhead bits per frame of male speech and jazz signal.

	Mode	Occurrence (%)	# of Overhead Bits for Each Mode	Average # of Overhead Bits per Frame
Male Speech	0	38.6	2 + 14	10.8
	1	8.5	2 + 0	
	2	17.8	2 + 8	
	3	35.1	2 + 8	
Jazz	0	31.4	2 + 14	9.3
	1	32.5	2 + 0	
	2	9.0	2 + 8	
	3	27.1	2 + 8	

표 5. 평균 SNR로 측정된 G.722.1 양자화 방법과 제안한 양자화 방법의 성능 결과

Table 5. Performance of G.722.1 quantizer and the proposed quantizer measured in terms of average SNR.

Input Signal	Average SNR (dB)				Input Signal	Average SNR (dB)					
	Full Band		Low Band			Full Band		Low Band			
	G.722.1	New	G.722.1	New		G.722.1	New	G.722.1	New		
Korean Male Speech	1	17.07	18.52	17.28	18.79	Classic Inst.	1	16.60	17.00	16.78	17.23
	2	17.15	18.64	17.38	18.94		2	16.49	17.03	16.67	17.25
	3	17.00	18.13	17.33	18.55		3	17.14	17.90	17.33	18.15
	4	17.64	18.97	18.01	19.45		4	15.97	16.27	16.20	16.54
Korean Female Speech	1	17.43	18.50	17.69	18.82	Modern Vocal	1	17.55	18.68	17.87	19.11
	2	17.79	18.93	18.02	19.22		2	18.81	20.50	18.92	20.68
	3	17.88	18.97	18.05	19.18		3	18.05	19.15	18.28	19.47
	4	17.73	19.04	17.91	19.31		4	15.67	16.17	16.04	16.63
Classic Vocal	1	19.26	20.86	19.32	20.96	Modern Inst.	1	21.11	22.47	21.12	22.49
	2	19.44	20.62	19.52	20.73		2	16.80	18.05	17.13	18.47
	3	18.39	19.17	18.53	19.34		3	16.04	16.69	16.45	17.15
	4	17.13	17.60	17.29	17.80		4	17.40	18.80	17.66	19.13

IV. 제안한 양자화 방법의 성능

본 논문에서 제안한 양자화 방법의 성능을 측정하고 이를 G.722.1 양자화 방법의 성능과 비교한다. 양자화 성능은 양자화된 MLT 또는 DCT 계수의 프레임 평균 신호 대 잡음비로 측정하였으며, 전대역에 대한 성능과 청각적으로 중요한 4kHz까지의 저주파 대역의 성능을 별도로 측정하였다. 성능 평가에 사용된 신호는 ITU의 광대역 신호 압축기 평가 항목에서 정의된 남성 음성, 여성 음성, 고전 성악, 고전 기악, 현대 성악, 현대 기악 등 6가지 종류의 총 24개 신호이다[4].

표 5는 측정 결과를 정리한 것이다. 전대역과 저주파수 대역에 대하여 모두 제안한 양자화 방법의 성능이 G.722.1 양자화 방법의 성능에 비하여 향상된 것을 볼 수 있고, 특히 저주파 대역에서 양자화 성능이 크게 향상된 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 신호의 주파수 대역 특성에 따라 각 대역의 양자화를 주파수 영역 또는 시간 영역에서 선택적으로 실행하는 새로운 양자화 방법을 제안하였다. 기존의 G.722.1 양자화 방법은 특성이 서로 다른 모든 주파수 대역의 계수를 동일한 방법으로 양자화 및 Huffman 코딩하므로 주파수 대역의 특성에 따라 코딩 효율에 많은 차이를 가지고 이로 인하여 양자화의 성능이 저하된다. 제안

된 양자화 방법에서는 이를 극복하기 위하여 대역의 특성에 따라 선택적으로 양자화 영역을 정하여 최적의 환경에서 양자화 및 Huffman 코딩을 실시하여 양자화의 성능을 향상시킨다. 제안한 양자화 방법의 성능을 G.722.1 양자화 방법의 성능과 비교하였으며, 모든 주파수 대역에서 양자화 성능이 향상되는 것을 확인하였다. 현재 새로운 양자화 방법을 적용한 광대역 신호 압축기에 대한 연구가 진행 중에 있으며, G.722.1 보다 우수한 성능의 광대역 신호 압축기를 개발할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 중점국가연구개발사업의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

1. ITU Recommendation G.722.1, "Coding at 24 and 32 kbit/s for hands-free operation in systems with low frame loss," September, 1999.
2. ISO/IEC 11172-3, "Information technology—Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s - Part 3 : Audio," 1993.
3. D. Sinha and J. Johnston, "Audio compression at low bit rates using a signal adaptive switched filterbank," *Proc. ICASSP*, pp. 1053-1056, May, 1996.
4. ITU, "Subjective qualification test plan for the ITU-T Wideband (7kHz) speech coding algorithm around 16kbit/s", 1999.

저자 약력

● **송 재 중 (Jai-Chong Song)**

1999년: 원광대학교 전자공학과 (공학사)
1999년~ 현재: 광운대학교 전자공학과 석사과정
※ 주관심 분야: 음성신호처리, 오디오 신호처리

● **박 호 중 (Hochong Park)**

1986년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1987년: Univ. of Wisconsin-Madison 전자공학과 (M.S.)
1993년: Univ. of Wisconsin-Madison 전자공학과 (Ph.D.)
1993년~1997년: 삼성전자 선임연구원
1997년~ 현재: 광운대학교 전자공학과 조교수
※ 주관심 분야: 음성/오디오 신호처리, 통신 신호처리, 영상 신호처리

● **김 무 영 (Moo-Young Kim)**

1993년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1995년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년~2000년: 삼성종합기술원 연구원
2001년~ 현재: 스웨덴 KTH대 박사과정
※ 주관심분야: 음성코딩, 음성인식, VoIP

● **김 도 석 (Dho-Suk Kim)**

1991년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1993년: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
1997년: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학박사)
1997년~1998년: Lucent Technologies Post-Doctoral Member of Technical Staff
1998년~2001년: 삼성종합기술원 전문연구원
2001년~ 현재: Lucent Technologies 연구원 (MTS)
※ 주관심분야: 음향심리, 음성품질평가, 음성코딩, 음성인식

● **김 정 수 (Jeongsu Kim)**

1988년: 연세대학교 전산학과 (이학사)
1990년: 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)
1990년~1992년: 삼성전자 연구원
1993년~ 현재: 삼성종합기술원 전문연구원
※ 주관심분야: 음성합성, 자연어처리, 음성대화시스템