

계층구조 음성 부호화기를 위한 지연 없는 MDCT 구조

Delayless MDCT for Scalable Speech Codec

박 호 종*, 성 호 상**

(Hochong Park*, Ho-Sang Sung**)

*광운대학교 전자공학과, **삼성종합기술원 Computing Lab.

(접수일자: 2007년 4월 6일, 채택일자: 2007년 4월 24일)

고성능 계층구조 음성 부호화기는 매우 낮은 전송율의 1차 계층과 미세 계층구조를 가지는 2차 계층을 요구하고, 이는 각 계층에서 하모닉 부호화기와 MDCT 기반 변환 부호화기를 사용하여 구현할 수 있다. 그러나 이 구조는 하모닉 부호화기와 변환 부호화기에서 각각 독립적인 주파수 변환이 필요하고 각 변환에서 발생하는 시간지연이 누적되어 전체 부호화기의 시간지연이 증가하는 문제를 가진다. 본 논문에서는 시간지연이 누적되는 문제를 해결하기 위하여 2차 계층의 MDCT가 1차 계층의 Look-Ahead 영역을 공유하도록 하고 이 때 발생하는 MDCT 동작의 오류를 분석하고 이 성분을 IMDCT 출력에서 제거하는 새로운 MDCT 동작 구조를 제안한다. 제안한 지연 없는 MDCT 구조를 위하여 추가로 전송할 정보는 없으며 동등한 부호화 성능을 유지하면서 시간지연을 감소시켜 부호화기 성능을 크게 향상시킨다.

핵심용어: 음성 부호화기, 계층구조, MDCT, 변환 부호화기, 하모닉 부호화기, 시간지연

투고분야: 음성 처리 분야 (2,2)

A high-performance scalable speech codec generally requires a very low-rate first layer and a fine granule second layer, and this codec can be implemented with the harmonic codec and the MDCT-based transform codec for each layer. In this structure, however, each codec requires independent frequency transform and the time delay of each codec is accumulated, resulting in long time delay for the overall codec. In this paper, new MDCT structure in the second layer is proposed, where MDCT is forced to share the look-ahead region of the first layer in order to prevent the time delay accumulation and the resulting functional error of MDCT is analyzed and removed after IMDCT. The proposed delayless MDCT requires no additional bits and provides the equivalent coding performance with the reduced time delay, yielding a meaningful enhancement of the overall codec.

Key words: Speech Codec, Scalable Codec, MDCT, Transform Codec, Harmonic Codec, Time Delay

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

I. 서론

기존의 회선망 (circuit switching networks)을 통해 이루어지던 디지털 음성통신이 패킷망 (packet switching networks)으로 확대됨에 따라 패킷망에서 최적의 음성통신을 지원하기 위한 계층구조 음성 부호화기 (scalable speech codec)가 필요하게 되었다 [1-5]. 계층구조 부호

화기는 입력 신호를 여러 개의 독립적인 계층으로 부호화하고, 가변 전송율을 가지는 패킷망을 통하여 전송된 일부 계층만으로 신호를 복호화 하여 출력한다. 일반 부호화기에서는 채널 전송률이 감소하면 해당 프레임의 전체 패킷이 손실로 처리되지만 계층구조 부호화기에서는 주어진 패킷망 환경에 대하여 계층 단위로 최대의 정보 전달이 가능하여 최적의 통신이 가능하게 된다.

계층구조 음성 부호화기는 다양한 구조를 가지며 그에 따른 고유 특징을 가진다. 대역폭 (bandwidth) 계층구조는 입력 신호를 여러 대역으로 분리하고 각 대역을 독립

적인 계층으로 부호화하는 구조이며, 전송률이 증가함에 따라 대역폭이 증가하고 품질이 향상된다. 전송률 계층구조는 대역폭을 고정하고 1차 계층에서 낮은 전송률로 정보를 전송하고, 2차 이상의 계층에서 1차 계층의 잔여신호(residual signal)를 추가 전송하는 구조이며, 계층 레벨이 증가함에 따라 동일 대역폭 내에서 신호의 품질이 점차 향상된다. 이 때 1차 계층은 일부 대역의 정보만 전송하고 2차 이상의 계층에서 1차 계층 대역의 잔여신호와 나머지 대역 정보를 전송하는 구조를 가질 수도 있다.

기존 구조에서는 1차 계층에서 기존 표준 부호화기와 호환성을 가지기 위하여 8kbps 영역의 표준 CELP 부호화기가 주로 사용되었지만, 이는 1차 계층의 전송률이 높은 문제점을 가진다 [3-5]. 따라서 호환성을 배제하고 매우 낮은 전송률의 1차 계층을 제공하기 위하여 4kbps 이하의 저전송을 부호화에 주로 사용되는 하모닉 부호화기(harmonic codec)를 사용하는 것이 필요하다 [6, 7]. 또한, 2차 이상의 계층에서 미세 계층 구조를 제공하여 보다 정밀하게 채널 환경에 적응하는 것이 요구되며, 이 때 청각적 중요도 순서로 계층을 할당하기 위하여 주파수 영역에서의 부호화가 필요하므로 변환 부호화(transform coding) 방법으로 처리하게 된다. 예로, 최근에 표준화된 G.729.1은 3차 이상의 계층에서 변환 부호화를 사용하여 마세 계층 구조를 제공한다 [5].

하모닉 부호화기와 변환 부호화기를 사용하는 계층구조 부호화기의 전체 블록도는 그림 1과 같다. 각 부호화기에는 입력 신호를 주파수 영역으로 변환하기 위하여 주파수 변환이 포함되며, 일반적으로 프레임 경계에서의 불연속 문제를 해결하기 위하여 Look-Ahead를 포함하는 중첩 윈도우(overlap window)를 사용하며 그에 따라 부호화 동작에 Look-Ahead 만큼의 시간지연(time delay)이 발생한다. 여러 계층을 가지는 그림 1의 구조에서는 각 계층이 독립적인 중첩 윈도우를 사용하고 각 계층이 이전 계층의 잔여 신호를 처리하는 직렬연결 구조를 가지므로 각 계층의 시간지연이 누적되어 전체 부호화기의 지연이 매우 길어지는 문제를 가진다.

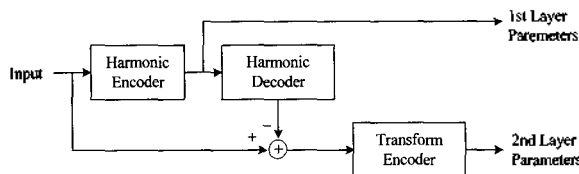


그림 1. 하모닉 부호화기와 변환 부호화기가 연결된 계층구조의 음성 부호화기
Fig. 1. Scalable speech codec with cascaded harmonic codec and transform codec.

본 논문에서는 그림 1과 같이 1차 계층에 하모닉 부호화기를 사용하고 2차 계층에서 MDCT(modified discrete cosine transform) 기반의 부호화기를 사용하는 구조에서, 각 계층의 주파수 변환에 의한 시간지연이 누적되지 않고 전체 시간지연을 감소시킬 수 있는 새로운 MDCT 적용 구조를 제안한다. 시간지연을 줄이기 위하여 두 변환이 동일한 Look-Ahead 영역을 공유하여야 한다. 그러나 이렇게 하면 MDCT 동작에 오류가 발생하여 그대로 사용하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 Look-Ahead를 공유할 때 발생하는 MDCT 동작 오류를 분석하고 이 오류를 보상하는 새로운 기법을 제안한다. 이를 위한 추가 정보 전송은 없고 동등한 비트 전송률과 성능을 유지하면서 지연 시간을 감소시키는 효과를 제공한다.

본 논문에서 제안하는 지연 없는 MDCT 방법의 기본 개념은 그림 1 구조의 부호화기에 국한된 것이 아니라 주파수 변환을 사용하는 이전 계층의 잔여신호를 MDCT로 처리하는 모든 구조에 확장하여 적용 가능하다. 예로, MDCT 구조의 부호화기가 다수 연결될 경우, 매 계층의 MDCT 마다 지연이 누적되어 증가하지 않도록 할 수 있다.

II. 계층구조에서의 시간지연 분석

그림 1과 같이 하모닉 부호화기의 DFT와 2차 계층의 MDCT가 직렬로 연결될 경우, 시간지연이 누적되는 현상과 시간지연을 줄이기 위하여 Look-Ahead를 공유하는 구조의 동작을 설명한다. 시간지연이 발생하는 일반 동작 구조는 그림 2와 같다. 프레임 길이가 N 이고 DFT와 MDCT는 모두 50% 중첩 윈도우를 사용하는 구조를 가정한다. (a)는 이전 프레임, 현재 프레임, 그리고 Look-Ahead 프레임의 입력 신호를 나타낸 것이며, 현재 프레임은 $n=0, \dots, N-1$ 에 해당한다. 그림 2에서 각 신호 구간을 나타내는 변수의 아래 첨자는 프레임을 표시하며, 현재 프레임을 1로 정의한다. (b)는 현재 프레임의 1차 계층 출력을 얻는 과정이며, 하모닉 부호화기에서 현재 프레임에 대한 부호화를 진행하기 위하여 Look-Ahead를 포함하여 x_1, x_2 신호에 DFT를 적용하고 하모닉 부호화를 진행한다. 본 절에서는 설명을 간단히 하기 위하여 윈도우는 생략한다. 1차 계층의 출력 신호를 구하기 위하여 현재 프레임의 IDFT 결과 A_1, A_2 와 이전 프레임의 IDFT 결과 B_0, B_1 사이의 중첩-합(overlap-add)를 통하여 현

재 프레임의 출력 신호 $P_1 = B_1 + A_1$ 를 구한다. 이 과정에서 길이 N 의 1차 지연이 발생한다.

(c)는 2차 계층의 MDCT를 적용하는 1차 계층 잔여신호를 보여준다. 현재 프레임의 원 신호 X_1 와 P_1 신호 사이의 잔여신호 $R_1 = X_1 - P_1$ 을 구하고, 잔여신호 R_1 에 MDCT를 적용하기 위하여 이전 프레임의 잔여신호 R_0 을 연결하여 두 프레임 길이의 신호를 생성하여 윈도우를 적용하여야 한다. (d)는 2차 계층 IMDCT에 대한 최종 출력을 구하는 과정이다. IMDCT에서 현재 프레임의 출력을 구하기 위하여 이전 프레임의 IMDCT 출력 U_{-1}, U_0 과 현재 프레임 출력 V_0, V_1 사이의 중첩-합 방식으로 최종 출력 $Q_0 = U_0 + V_0$ 을 구하며, 1차 계층의 이전 프레임 출력 신호 P_0 와 더하여 최종 복호화기 출력 $Y_0 = P_0 + Q_0$ 이 구하여진다. 이 과정에서 길이 N 의 2차 지연이 추가로 발생하며, 부호화기/복호화기의 최종 지연 시간은 $2N$ 이 된다.

이와 같은 시간지연 누적의 근본 원인은 각 계층이 서로 다른 Loop-Ahead 프레임을 사용하여 출력 신호에서 독립적인 지연이 발생하기 때문인데, 이와 같은 지연 증가 현상을 제거하기 위하여 1차 계층에서 IDFT에 대한 중첩-합 없이 “중간 출력”을 이용하여 잔여신호를

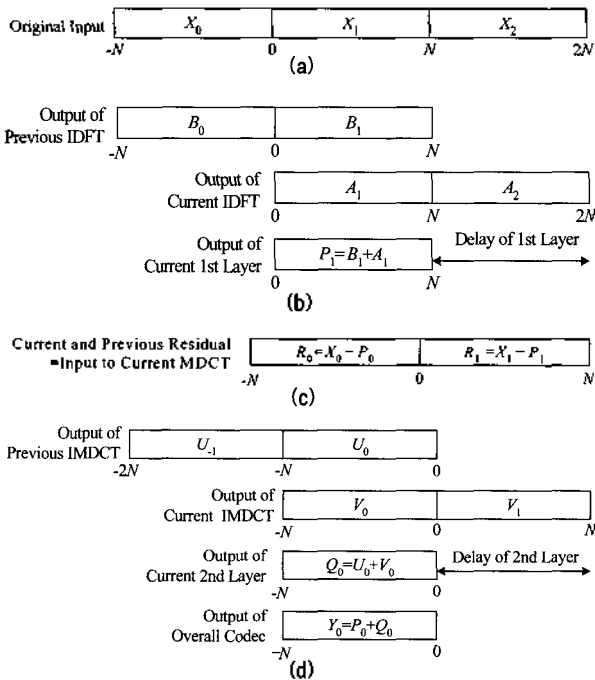


그림 2. 각 계층의 DFT와 MDCT에 의한 시간지연 증가 구조 (a) 최초 입력 신호 (b) 현재 프레임의 1차 계층 출력 (c) MDCT를 적용하는 1차 계층 잔여신호 (d) 최종 IMDCT 출력 신호
Fig. 2. Accumulation of time delay by DFT and MDCT in each layer (a) Original input (b) 1st layer output of current frame (c) 1st layer residual signal applied to MDCT (d) Final IMDCT output.

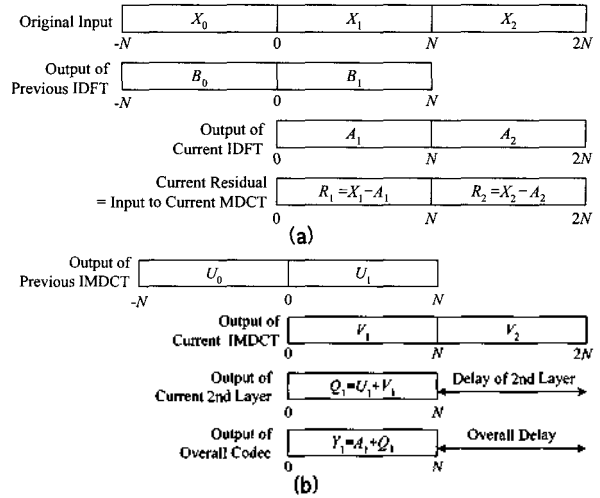


그림 3. 시간지연을 줄이기 위한 MDCT 적용 구조 (a) 중첩-합 과정이 없는 잔여 신호 계산 (b) IMDCT와 최종 출력 신호
Fig. 3. MDCT structure for reduced time delay (a) Residual signal without overlap-add (b) Output of IMDCT and final output.

구하고 MDCT를 적용하는 방식을 사용할 수 있다. 그림 3 (a)와 같이 현재 프레임의 IDFT 출력 A_1, A_2 에 대하여 직접 원 신호에 대한 차이를 구하여 잔여신호 $R_1, R_2 = (X_1 - A_1), (X_2 - A_2)$ 를 구하고 (즉, 중간에 A_1 을 구하지 않고), R_1, R_2 에 MDCT를 적용하여 계수를 양자화하여 전달한다. 물론 이전 프레임에서는 잔여신호가 $(X_0 - B_0), (X_1 - B_1)$ 이 되고, 여기에 MDCT를 적용한다. 이와 같이 하면 DFT와 MDCT가 동일한 Loop-Ahead를 공유하고 모두 $n = 0, \dots, 2N-1$ 에 해당하는 윈도우를 사용하게 되어 지연이 누적되지 않게 된다. 이 경우 (b)와 같이 현재와 과거 프레임에 대한 IMDCT 중첩-합 동작에 의하여 최종 출력 신호는 지연 시간 N 을 가지게 된다. 그러나 이 방법은 다음 절에서 설명하는 이유에 의하여 MDCT가 오동작을 하게 되어 사용이 불가능한 구조이다.

본 논문에서는 시간지연을 줄이기 위한 그림 3의 구조를 그대로 사용하며, 이 때 발생하는 오류 성분을 분석하고 복호화기에서 오류 성분을 상쇄하여 정확한 출력을 얻는 방법을 개발한다. 이 방법을 사용하면 그림 2 방법에 비하여 시간지연이 반으로 줄고 양자화 오차 이외의 오류 성분은 전혀 없게 된다.

III. 시간지연 없는 MDCT 구조 개발

3.1. MDCT/IMDCT 동작

그림 3의 구조에서 발생하는 MDCT 오류를 유도하기 위하여 MDCT의 동작을 살펴본다. MDCT는 일반적인

DFT 또는 DCT와 다르게 MDCT/IMDCT에 의하여 원 신호가 완전 복원 되지 않으며, 중첩 프레임에서의 중첩-합을 통하여 완전 복구가 되는 성질을 가지며, 이 성질을 Time-Domain-Aliasing-Cancellation (TDAC)이라 한다. 이에 대한 설명은 그림 4에 자세하 나타나 있다. (a)는 세 프레임의 입력 신호를 나타내고, 1/2 프레임 길이 ($N/2$) 구간의 신호를 각각 A, B, C, D, E, F 라 정의한다. (b)는 50% 중첩을 제공하는 $2N$ 길이 윈도우를 나타내며, $N/2$ 크기로 분할하여 각각 w_1, w_2, w_3, w_4 라 정의한다. 여기서 신호의 표기법을 정의하면, 두 신호를 연속으로 표기할 때 윈도우 신호 w_i 에 대하여서는 앞 신호와의 곱을 의미하고 나머지 경우는 $N/2$ 길이의 두 신호가 시간적으로 연결된 것을 의미한다. 즉, AB 는 A 와 B 를 연결하여 만든 길이 N 신호를 의미하고, Aw_1Bw_2 는 A 에 윈도우 조각 w_1 을 곱하고 B 에 윈도우 조각 w_2 를 곱하고 두 신호를 연결하여 만들어진 길이 N 신호를 의미한다.

(c)는 (a) 신호에 MDCT/IMDCT를 적용하는 상세 과정을 보여준다. 먼저 입력 신호에 윈도우를 적용하여 윈도우 적용된 신호 (windowed input)를 얻고, 여기에 MDCT와 IMDCT를 순차적으로 적용하면 Output After MDCT/IMDCT 신호를 얻고, 다시 윈도우를 곱하면 프레임 별로 최종 윈도우 적용된 출력 (windowed output)을 얻는다. 여기서 아래첨자 R 은 신호를 해당 시간영역에서

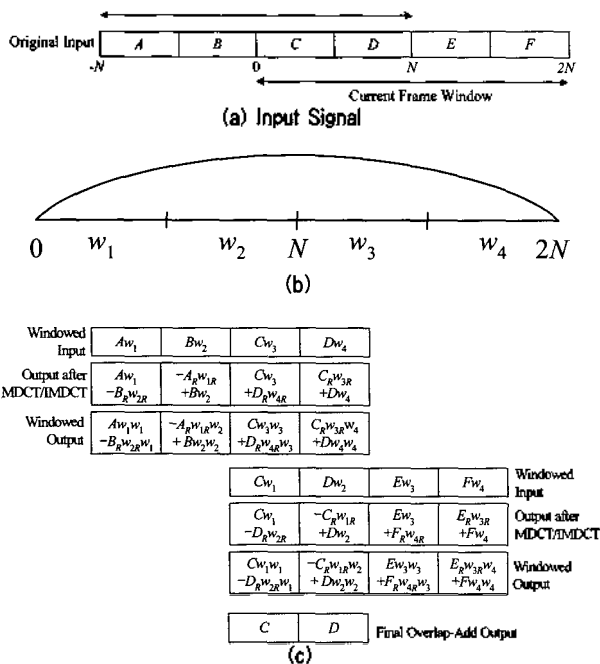


그림 4. 중첩-합 동작에 의한 MDCT-IMDCT (a) 최초 입력 신호 (b) 50% 중첩 윈도우 (c) MDCT/IMDCT 동작
 Fig. 4. MDCT-IMDCT with overlap-add (a) Original input (b) 50% overlap window (c) MDCT-IMDCT operation.

시간 축 반전 (reverse)을 시킨 결과이다. 이 출력 신호들은 최초 입력 신호와 동일하지 않으며, 중첩 구간에서 두 출력 신호 (그림에서 음영으로 표시된 신호)의 합을 구하여 최종 출력 신호를 구한다. 만일 (b)의 윈도우가 MPEG 오디오 부호화에서 사용하는 윈도우와 같이

$$w_1w_1 + w_3w_3 = w_2w_2 + w_4w_4 = 1.0, w_1 = w_{4R}, w_2 = w_{3R} \quad (1)$$

을 만족하면 최종 출력이 CD 가 되어 비로소 완전 복원이 이루어지게 된다 [8]. 중첩 영역의 신호를 더하는 과정에서 Aliasing에 의한 오류 성분이 제거되는데 이 과정이 TDAC 이다.

이상과 같은 MDCT/IMDCT 동작이 정상적으로 이루어지기 위하여 그림 4 (c)와 같이 중첩 영역에서의 TDAC 동작이 정확하게 이루어져야 하며, 이것을 위한 조건은 식 (1)의 윈도우 조건과 두 프레임의 MDCT가 적용되는 중첩 영역의 신호 (그림 4에서 CD 영역)가 동일하여야 한다는 것이다.

3.2. MDCT 동작 오류 분석

그림 4의 동작을 기반으로 그림 3에서 발생하는 MDCT 오류 성분을 분석한다. 그림 5 (a)는 두 프레임에 대한 1차 계층 IDFT 신호를 보여준다. 이 때 중첩 영역에서 서로 다른 신호가 존재하는데, 중첩 영역에서 이전 프레임과 현재 프레임의 최초 입력 신호는 동일하지만 각 프레임별로 독립적인 1차 계층 부호화가 진행되고 그 결과 중첩 영역에 각각 서로 다른 출력 신호 AB 와 CD 를 가지게 된다.

그림 5 (b)는 그림 3과 같이 중첩 영역에서의 합 과정 없이 구한 잔여 신호이다. 중첩 영역의 최초 입력 신호를 XY 라 하고, 입력 신호 XY 에 윈도우를 적용한 후 DFT를 구현하므로 1차 계층의 잔여 신호는 각 프레임에서 $(Xw_3 - A)(Yw_1 - B)$ 와 $(Xw_1 - C)(Yw_2 - D)$ 가 된다. (b)와 같이 두 프레임의 중첩 영역에서 서로 다른 신호가 있을 경우, 각 프레임 별로 MDCT와 IMDCT를 실행하면 (c) 신호가 출력되고, 각 프레임에 해당하는 윈도우(이전 프레임에서 w_3w_4 , 현 프레임에서 w_1w_2)를 출력 신호에 곱하면 (d)를 얻고, 마지막으로 중첩 영역에 대하여 Overlap-Add 동작을 하면 최종 출력 신호는

$$(X - Aw_3 - Cw_1 - B_Rw_2 + D_Rw_1)(Y - Bw_4 - Dw_2 - A_Rw_4 + C_Rw_2) \quad (2)$$

이다. 여기서 식(1) 조건을 적용하였다.

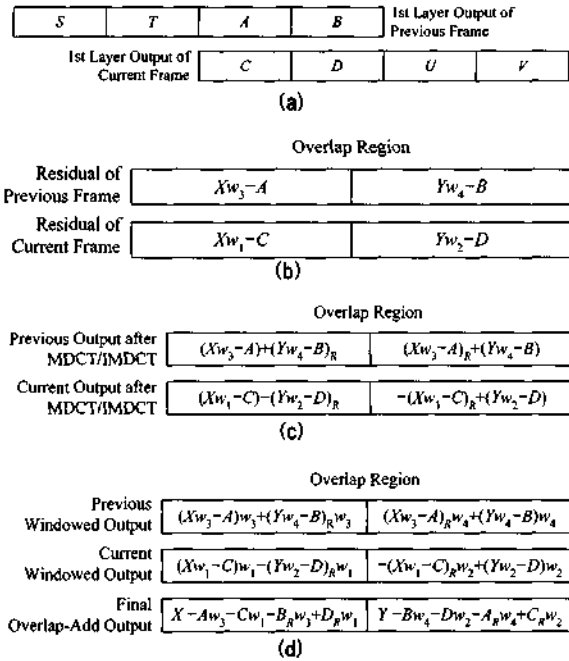


그림 5. MDCT 오류가 발생하는 구조 (a) 1차 계층의 출력 (b) 중첩 영역에서의 잔여신호 (c) 중첩 영역에서의 MDCT/IMDCT 출력 신호 (d) 윈도우 적용된 출력 신호와 중첩-합 신호.
 Fig. 5. Error analysis of MDCT (a) Output of 1st layer (b) Residual signal in overlap region (c) MDCT/IMDCT output in overlap region (d) Windowed output and final overlap-add signal.

MDCT 동작에서의 오류 신호를 계산하기 위하여 MDCT 계수 양자화가 없을 때의 목표 신호를 구하여야 한다. 즉, 정상적인 경우에 출력이 되어야 하는 신호를 구하고 이로부터 최종 오류 신호를 구하면 된다. 복호화기에서 1차 계층 출력 신호는 1차 계층 IDFT 출력에 윈도우를 곱하고 중첩-합 한 것이므로

$$(Aw_3 + Cw_1)(Bw_4 + Dw_2) \quad (3)$$

가 된다. 최종 출력은 이 신호에 2차 계층 출력 신호를 더하여 구하게 되므로 2차 계층의 목표 출력 신호는 원 입력 신호 XY 로부터 식 (3)을 뺀 신호가 되며, 이를 수식으로 표현하면

$$(X - Aw_3 - Cw_1)(Y - Bw_4 - Dw_2) \quad (4)$$

이 된다. 따라서 정확한 오류 성분은 식 (2)와 식 (4)를 비교하면

$$(-B_R w_3 + D_R w_1)(-A_R w_4 + C_R w_2) \quad (5)$$

이 되며, 잔여 신호에 대한 MDCT/IMDCT 출력의 중첩-합 이후에 이 성분을 제거하면 정상적인 출력이 구해진다.

이 값들은 부호화기에서 복호화기로 추가정보를 전달하여 복호화기에서 상쇄하는 것이 아니라, 1차 계층 하모닉 복호화기에서 직접 주어지는 값들이다. 즉, 2차 계층 복호화기 동작을 수행할 때 1차 계층 복호화기의 출력 신호로부터 직접 구할 수 있고, 그 정보를 활용하여 2차 계층 복호화기 동작의 오류를 보상하는 개념이다.

IV. 제안한 MDCT 구조의 적용

4.1. 부호화기/복호화기 구조

Look-Ahead를 공유하는 그림 3의 MDCT 동작에 오류 제거 동작을 적용한 전체 구조는 그림 6과 같다. 복호화기에서 1차 계층 출력 신호에 대한 중첩-합 없이 그대로 잔여신호를 구하여 MDCT를 적용하며, 이 때 오류 성분을 포함하여 부호화 하게 된다. 복호화기에서는 1차 계층 출력 신호를 구하고, 이 과정에서 식 (5)에 정의된 오류 성분을 계산한다. 다음, 2차 계층 출력 신호로부터 이 오류 성분을 제거하여 최종 2차 계층 출력 신호를 구한다. 이 구조를 사용하면 기존의 방법인 그림 2 보다 총 지연 시간을 1/2로 감소시키게 된다.

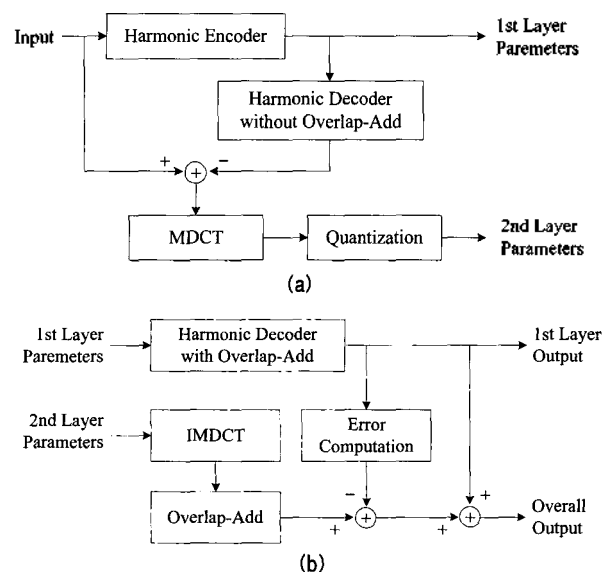


그림 6. 제안한 지연 없는 MDCT를 적용한 부호화기와 복호화기 구조 (a) 부호화기 (b) 복호화기
 Fig. 6. Encoder and decoder with proposed delayless MDCT (a) Encoder (b) Decoder.

4.2. 제안한 MDCT 구조의 검증

본 논문에서 개발한 지연 없는 MDCT 방법은 시간지연을 줄이기 위한 새로운 부호화기 구조를 MDCT 동작을 기반으로 이론적으로 유도한 것으로서, 구현을 통하여 실제 동작 결과를 확인하였다. 제안한 지연 없는 MDCT 방법의 적용 예가 그림 7에 있다. (a)가 1차 계층에서 주어지는 잔여신호로서 MDCT를 적용하는 신호이고, (b)의 큰 신호는 MDCT 계수 양자화 없이 MDCT 오류를 보상하지 않고 그대로 복원한 잔여신호이고, (b)의 작은 신호는 이때의 오류 신호이다. 복원된 잔여신호에서 오류 신호를 제거하면 (a)의 원 신호와 완전 일치하게 된다. 이를 통하여 개발한 MDCT 구조의 동작을 검증할 수 있고, 오류 신호의 상대적 크기를 알 수 있고 부호화에서 무시하지 못할 성분을 알 수 있다.

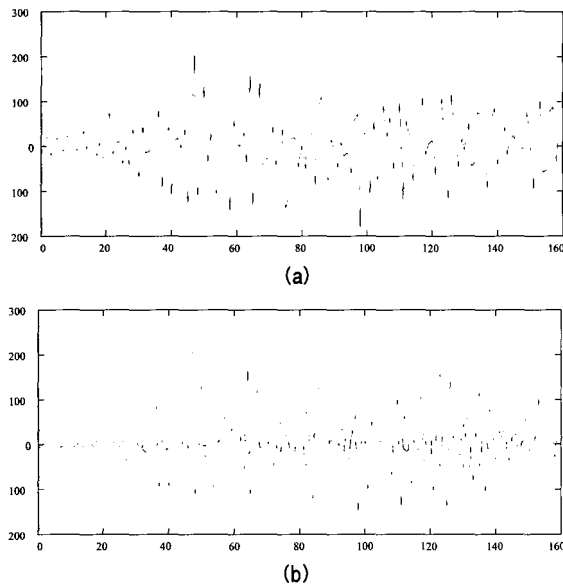


그림 7. 제안한 지연 없는 MDCT 적용 예 (a) MDCT가 적용되는 잔여신호 (b) 오류 신호(small)와 오류 신호를 포함한 IMDCT 출력 신호(large)

Fig. 7. Example of proposed delayless MDCT operation (a) Residual signal applied to MDCT (b) Error signal(small) and IMDCT output including error signal(large).

V. 결론

본 논문에서는 계층구조 음성 부호화기에서 매우 낮은 전송률의 1차 계층을 위하여 하모닉 부호화기를 사용하고 2차 계층에서 미세 계층을 제공하기 위하여 잔여신호에 대한 MDCT 기반의 변환 부호화기를 사용하는 경우, 두 계층의 주파수 변환이 직렬 연결될 때 발생하는 지연 누

적 문제를 해결하는 새로운 MDCT 적용 방법을 개발하였다. 시간지연을 감소시키기 위하여 1차 계층 IDFT에서 중첩-합 없이 잔여신호를 구하고 MDCT를 동작시켜 두 변환이 동일한 Look-Ahead 프레임을 공유하도록 한다. 이 때, MDCT 성질에 따라 중첩 영역에서 신호의 오차가 발생하며 그에 따라 MDCT 복원 동작에서 오류가 발생한다. 전체 부호화기 구조와 MDCT 동작을 바탕으로 오류가 발생하는 과정을 이론적으로 분석하여 정확한 오류 성분을 확인하고, 복호화기에서 오류 성분을 보상하여 오류를 완전하게 제거하는 방법을 개발하였다.

본 논문에서 개발한 방법을 구현하기 위하여 추가 정보 전달은 필요 없으며, 복호화기에서 약간의 추가 연산을 통하여 오류 성분만 계산하면 된다. 이로부터 얻는 이득은 기존 방법에 비하여 시간지연이 반으로 감소하는 것으로서, 부호화기의 성능에서 매우 의미 있는 개선이 이루어졌다고 할 수 있다. 본 논문에서 개발한 방법은 본 논문에서 가정한 부호화 구조에 국한되는 것이 아니라, MDCT의 중첩 영역에서 서로 다른 신호가 생성되어 MDCT 동작에 오류가 발생하는 모든 경우에 적용하여 문제를 해결할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 삼성종합기술원의 연구비 지원과 2006년도 광운대학교 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

1. A. McCree, "A 14kbps wideband speech coder with a parametric highband model," Proc. IEEE ICASSP, 1153-1156, 2000.
2. K. Koishida, V. Cuperman and A. Gersho, "A 16-kbit/s bandwidth scalable audio coder based on the G.729 standard," Proc. IEEE ICASSP, 1149-1152, 2002.
3. Kyung Tae Kim, Sung Kyo Jung, Young Cheol Park, and Dae Hee Youn, "A new bandwidth scalable wideband speech/audio coder," Proc. IEEE ICASSP, 657-660, 2002.
4. 이우석, 박호중, 손창용, 이영범, "대역폭 계층 구조의 광대역 음성 부호화기 개발," 한국음향학회지, 23 (6) 400-406, 2004. 8.
5. ITU G.729.1, G.729 based embedded variable bit-rate coder : An 8-32kbit/s scalable wideband coder bitstream interoperable with G.729, 2006.
6. D. W. Griffin and J. S. Lim, "Multi-band excitation vocoder," IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, 36 (8) Aug., 1988.

7. ISO/IEC 14496-3 Subpart 2, *Speech Coding - HVXC* (Harmonic Vector eXcitation Coding), 1999.
8. ISO/IEC 13818-7, *Advanced Speech Coding (AAC)*, 1997.

저자 약력

• 박 호 종 (Hochong Park)

1986년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 12월: Univ. of Wisconsin-Madison, 전자공학과 (M.S.)
 1993년 5월: Univ. of Wisconsin-Madison, 전자공학과 (Ph.D.)
 1993년 9월~1997년 8월: 삼성전자 선임연구원
 1997년 9월~현재: 광운대학교 전자공학과 교수
 * 주관실 분야: 음성/오디오 신호처리, 통신 신호처리, 영상 신호처리

• 성 호 상 (Ho-Sang Sung)

1996년 2월: 한양대학교 제어계측공학과 (공학사)
 1999년 2월: 한양대학교 제어계측공학과 (공학석사)
 1999년 6월~2003년 8월: 한국전자통신연구원 연구원
 2003년 9월~현재: 삼성종합기술원 Computing & Intelligence Lab
 전문연구원
 * 주관실 분야: 음성/오디오 신호처리, End-to-End QoS