

フィードフォワードシラビックコンパングの提案とその構成

A Proposal of the Feed - Forward Syllabic Compander and its Configuration

岸 政七†, 石黒 孝†, 小崎 康成†
Masahichi KISHI, Takashi ISHIGURO, Yasunari KOZAKI

ABSTRACT Conventional syllabic companders are suffered from such distortions as harmonics and intermodulation owing to employing feed - back loop for the purpose of compressing input signals. Feed - forward syllabic compander is newly proposed to exclude the feed - back loop without any loss of generalities in conventional syllabic companders.

1. まえがき

シラビックコンパング(コンパング)は送信側で音声信号から得られたエンビローブにより入力信号を圧縮するコンプレッサおよび、受信側で逆に圧縮された信号を伸長するエキスパンダによって構成されておりAV機器のテープヒステリシスや移動体通信等におけるフェージングのノイズ・リダクションとして広く用いられている。従来のデジタル処理の多くはフィードバック構造を有し(以下FBコンパングと称す)、処理特性に機能の劣化が見られる^{(1)・(2)}。本論文では、この欠点の原因の1つとなるフィードバックループ(以下FBLと略す)を廃し、かつ包絡検出を線形位相特性とするFIRフィルタ⁽³⁾を適用する全フィードフォワード(FF)コンパングを提案し、その動作特性を検証する。

2. 構成及び原理

従来のFBコンパングにおいてコンプレッサでは図1(a)に示すようにFBLが存在し、エキスパンダは同図(b)に示すようにFF構造で構成されていた。同図においてENVは包絡検出回路を示す。以下にFBコンパングの動作原理を示す。FBコンパングのコンプレッサの入力を $x(t)$ とすればその出力 $y(t)$ は

式1の様に表示される。

$$y(t) = x(t)/E\{y(t)\} \quad (1)$$

ここで、 $E\{y(t)\}$ は入力 $y(t)$ のエンビローブを表現する。従って、エンビローブの意味において式1は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} E\{y(t)\} &= E\{x(t)\}/E\{y(t)\} \\ E\{y(t)\} &= E^{0.5}\{x(t)\} \end{aligned} \quad (2)$$

式2に示すように入力 $x(t)$ に対し、出力 $y(t)$ のエンビローブが対数の意味で2:1に圧縮される。しかし、コンプレッサがフィードバック構造を有するために直線位相を得ることは難しい上に、インパルス性入力等の急激な入力変動が出力に対して長時間影響し過渡状態の収束性も悪くなる。従って、FB

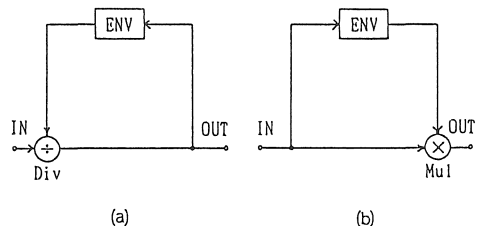


図1 従来のFBシラビックコンパングの構成
(a) コンプレッサ, (b) エキスパンダ

Fig.1 Configuration of existing feed-back syllabic compander, (a) compressor, (b) expander.

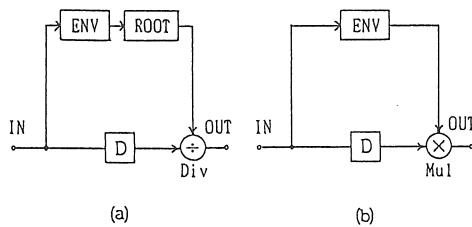


図2 FFシラビックコンパングの構成

(a) コンプレッサ, (b) エキスパンダ

Fig. 2 Configuration of feed-forward syllabic compander, (a) compressor, (b) expander.

ループを廃し, FFループを導入することは過渡特性の改善に有効であろう。

図2にFF構成を導入したFFコンパングの構成を示す. 同図においてROOTは平方根演算回路を意味する. FFコンパングの各信号をFBコンパングと同様に定義した場合, コンプレッサ出力 $y(t)$ は式3のように求められる.

$$y(t) = x(t)/E^{0.5}\{x(t)\} \quad (3)$$

従って, エンベロープの意味において $y(t)$ は, 次のように対数の意味で2:1に圧縮されることが明らかになる。

$$\begin{aligned} E\{y(t)\} &= E\{x(t)\}/E^{0.5}\{x(t)\} \\ &= E^{0.5}\{x(t)\} \end{aligned} \quad (4)$$

従って, 平方根回路を採用すればFBLを排除することができ, かつシラビックコンプレッサとして正しく機能することができよう。

3. エンベロープ検出回路

包絡検出回路はコンパングの特性を左右する重要な回路である. アナログ処理形における包絡検出回路は全波整流回路と低域通過フィルタによって構成されている. 一方, デジタル処理形では, 全波整流回路と低域通過フィルタをそれぞれ絶対値回路 (ABS) とデジタルローパスフィルタ (LPF) を対応させることによって実現される. FBコンパングでは包絡検出回路におけるLPFにIIRフィルタを用いていた. IIRフィルタはアナログ回路から線型変換を用いることで比較的容易に設計でき, 低次で実現できる利点を有している. しかしながら, 包絡検

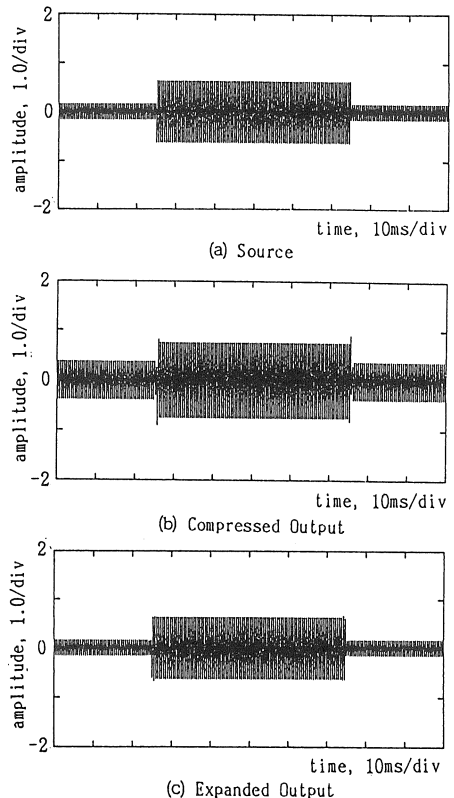


図3 FF-Sコンパング($m=8$)の時間域応答

(a) 入力信号, (b) コンプレッサ, (c) エキスパンダ

Fig. 3 Transient response of the feed-forward syllabic compander ($m=8$), (a) Source, (b) compressed, (c) expanded output signals.

出回路の特性として重要である過渡状態からの収束が遅い等の欠点を有し, コンパングに適用した場合, 過渡特性等の劣化が見られた. そこで, これらの欠点を解決するためFFコンパングの包絡検出回路には過渡状態からの収束性に優れ, 直線位相が得られる移動平均形FIRフィルタを採用する. ここで, 注意すべきことは, FIRフィルタにおいてフィルタの段数を m とすれば入力信号からフィルタの出力信号を得るまでに $m/2$ のサンプルの処理遅延が生じる. ゆえに乗除算器に入力される信号の時刻を一致させるためにコンプレッサ, エキスパンダにそれぞれ遅延量($m/2$)の遅延器を設ける必要がある.

4. 動作特性

新たに提案したFFコンパングの動作確認のために, CCITT勧告⁽⁴⁾に従い, 2,000Hzのトーンバースト信号を入力信号としたときにおけるコンプレッサ

出力結果と、ベースバンド折り返し接続した場合のコンパンダ出力を図3に示す。図3(a)は-16dBm~-4dBmの12dBステップのトーンバースト入力信号を示している。同図(b)はFFコンプレッサ出力であり振幅が-8dBm~-2dBmと対数の意味で2:1に変動が正しく圧縮されていることを示している。また、出力トーンバーストの変動幅も6dBと圧縮されている。*図3(c)のエクスパンダ出力では、出力信号が-16dBm~-4dBmと正しく入力信号が再生されていること、またステップ幅も12dBとなっていることが示されている。

なお図3の実験において、コンパンダの基準レベルを0dBmにしている。

トーンバースト応答をみる限り、FFコンプレッサは、ほぼ理想応答を示していると考えられよう。

5. むすび

平方根演算回路と完全フィードフォード(FF)回路トポロジーを導入し、フィードバックループを一切有さないFFコンパンダが実現しうることを示した。

FFコンパンダのトーンバースト応答はほぼ理想

的であり、目的とした過渡応答に優れた新しいシラビックコンパンダが存在することを明らかにした。今後、このFFコンパンダの高調波ひずみ及び、混変調ひずみ等の特性と詳細に検討してゆく必要がある。

文献

- (1) 田島 淳, 小林勝美: “DSP技術を適用したシラビック・コンパンダの構成と特性”, 信学論(B), J67-B, 8, pp.892-899(1982-08).
- (2) 岸 政七, 冠 昇: “FIR形フィルタを用いたデジタル信号処理コンパンダ”, 信学技報, CS82-88,(1982-11).
- (3) 鈴木健弥, 岸 政七: “フィードフォワード形シラビック・コンパンダの構成と実現法”, 1988信学会春季全大, B532.
- (4) CCITT RED BOOK FASCICLE III.1: “General characteristics of international telephone connections and circuits”, Recommendation G.162 (Oct. 1984, pp.217-223).

(受理 平成4年3月20日)