

フィードフォワードシラビックコンパンダの過渡応答特性

A Transient Response of the Feed - Forward Syllabic Compander

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

ABSTRACT The feed-forward syllabic compander, which is already proposed in previous paper, has equality in companding functions with existing feed-back syllabic companders as described in this letter. The transient responses of this compander are substantiated through computer simulations to be so ideal as detecting neither attack time nor recovery time.

1. まえがき

通信分野等においてフェージング雑音抑圧等のノイズリダクションとして重要な役割を果たすコンパンダは数多く研究されている^{(1), (2)}. 従来のフィードバックコンパンダ(以下FBコンパンダと称す)では, 直線位相や過渡応答特性に機能の劣化が生じていた. そこで, これら問題点を解決するためにフィードフォワード(FF)コンパンダを既に提案した⁽³⁾. 本論文ではこのFFコンパンダにおける過渡応答特性について従来形との比較を通じ所要の特性が得られることを明らかにする.

2. FFコンパンダ

従来のFBコンパンダにおいては, その構成上, コンプレッサにフィードバックループ(以下FBLと略す)が存在するために, 直線位相を得ることが難しい. 更に, 入力に急な変動が生じた場合に, 出力は過渡状態からの収束に時間を要する. これは, 信号の再現性の悪化の要因ともなっている. 平方根演算回路を導入することで, FBLを排除してもコンプレッサ機能が実現できることは既に報告したところである. ここでは, これらの過渡応答特性にもFFコンパンダが優れることを明らかにする.

図1に示す構造を有するFFコンパンダの動作原

理を示す. 入力を $x(t)$, コンプレッサの出力を $y(t)$ としたとき, コンプレッサの出力 $y(t)$ は式(1)のように表される.

$$y(t) = x(t)/E^{0.5}\{x(t)\} \quad (1)$$

従って, エンベロープの意味においては $y(t)$ は, 次のように与えられる.

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

式(2)より, 入力 $x(t)$ に対し出力 $y(t)$ は対数の意味で2:1に圧縮されており, コンプレッサにおいて正しく圧縮操作が行われていると言えよう. エキスパンダにおいては, 従来のものと同様に機能し, 1:2に伸長する.

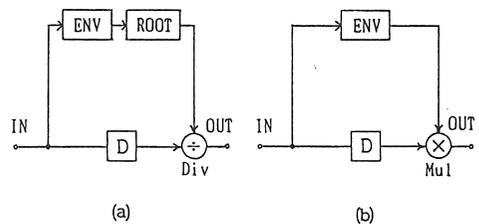


図1 FFシラビックコンパンダの構成
(a) コンプレッサ, (b) エキスパンダ

Fig. 1 Configuration of Feed-forward syllabic Compander. (a) compressor, (b) expander

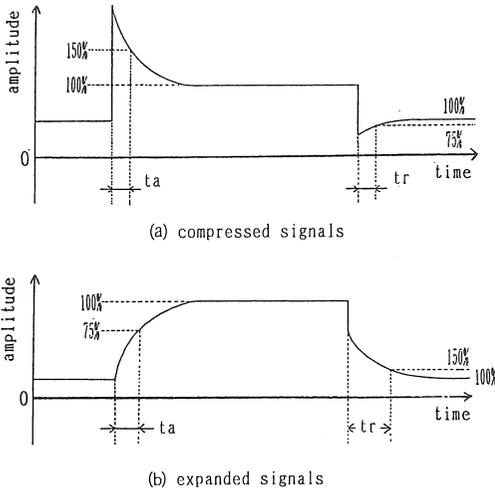


図2 CCITTにおけるコンパングのアタックタイムとリカバリタイム
 Fig. 2 Definition of both of attack time t_a and recovery time t_r of CCITT Rec. G162.

3. 過渡応答特性

CCITT勧告⁽⁴⁾に従い以下の条件の下で, シミュレーション実験を行い, FFコンパングの過渡応答特性について検討した. 実験は, 計算誤差を避けるために単精度64bitの高精度なCRAY X-MP/14se上でCFT77(CRAY FORTRAN77)を使用して実験した.

実験条件としては,

- サンプリング周波数: 8 kHz
- 入力信号 (2,000Hzのトーンバースト信号)
- 変化量:

- コンプレッサ: -16dBm ~ -4dBm (12dB幅)
- エキスパンダ: -8dBm ~ -2dBm (6dB幅)

また, コンプレッサおよびエキスパンダのアタックタイム t_a , リカバリタイム t_r はそれぞれ図2(a), (b)に示すように定義されており, それぞれの上限値は $t_a: 5\text{ms}$, $t_r: 22.5\text{ms}$ となっている. 図3(a), (b)においては, コンプレッサ出力とエキスパンダ出力を示す. 同図によりトーンバーストの立ち上り, 立ち下りにおいてエンベロープの意味でオーバーシュート, アンダーシュートが生じているが, 比較的小さく抑えられている. 更に, 定常状態に達した場合, その特性は安定している.

エンベロープ検出回路におけるFIRフィルタの段数 m をパラメータにとり過渡応答特性を測定した結果を図4に示す. 実験において比較対象とするFB

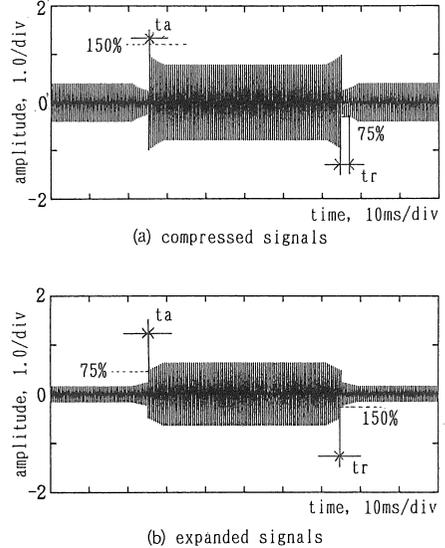


図3 FF-Sコンパング($m=64$)の時間域応答
 (a) コンプレッサ, (b) エクスパンダ

Fig. 3 Transient response of the Feed-forward syllabic compander. (a) compressed output, (b) expanded output

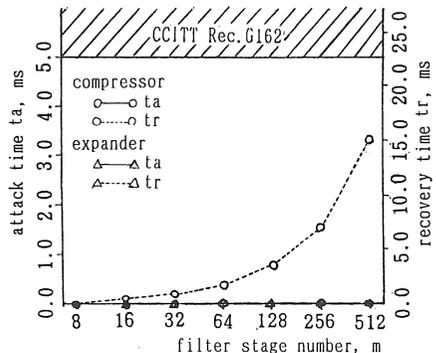


図4 FFコンパングの段数 m とアタックタイム t_a ・リカバリタイム t_r 特性

Fig. 4 Characteristics of attack time t_a and recovery time t_r as filter length m in the Feed-forward syllabic compander.

コンパングにおけるローパスフィルタの遮断周波数はFFコンパングのそれと一致するように定めた. 図4から知れるように, $m=64$ の場合, FFコンプレッサでは $t_a: 0.0\text{ms}$, $t_r: 2.0\text{ms}$ となり, エクスパンダではアタック・リカバリタイム共にほとんど検出されず, CCITT勧告値を十分に満たしている. 一方, 図5に示すように遮断周波数を等しくした場合のFBコンパングでは, コンプレッサの $t_a: 3.0\text{ms}$, $t_r: 12.5\text{ms}$, エクスパンダの $t_a: 12.75\text{ms}$, $t_r: 12.75\text{ms}$ となる. 一方, FFコンプレッサの段数 $m=1024$ と十分多

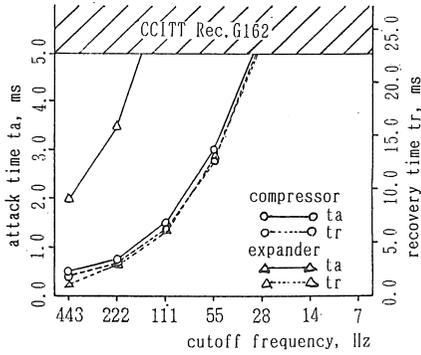


図5 FBコンパンダ(1次IIR Filter)におけるアタックタイム t_a ・リカバリタイム t_r 特性

Fig. 5 Cut-off frequency responses both of attack time t_a and recovery time t_r of the Feed-back syllabic compander with 1st order IIR filter.

くすると、 t_r :30.00ms となり、CCITT勧告を満たさなくなり、包絡検出回路のフィルタ段数を適切に選択する必要が生じる。また、図6に入力信号の周波数を400~3,200Hzまでの400Hzごとに測定した場合の過渡応答特性の結果を示す。同図より、コンプレッサにおいては、周波数3,200Hzのとき最大で t_a :0.0ms, t_r :2.5ms, エキスパンダにおいてはほとんど検出されず t_a :0.0ms, t_r :0.0msとなり、あらゆる周波数に対してもアタック・リカバリタイム共にほとんど検出されない。

以上のことより、FFコンパンダは従来のFBコンパンダに比べ過渡応答特性に優れていることが知れた。

4. おわりに

FFコンパンダは、FBループを廃することにより、過渡応答特性の欠点を改善することができた。また、実験結果より知れるように、段数 m を適切な値を越

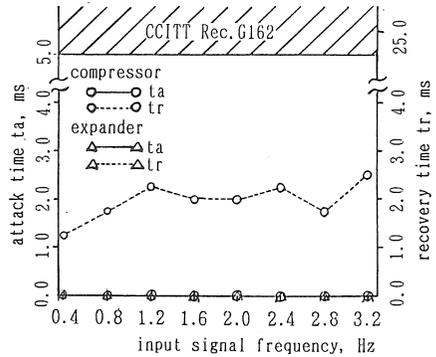


図6 FF-Sコンパンダにおける周波数特性, $m=64$

Fig. 6 Frequency responses of the Feed-forward syllabic compander, $m=64$

え多くしてゆくとCCITT勧告値を満たさなくなってしまう。そのために、他の諸特性との影響を鑑み適切な段数 m を選ぶ必要がある。

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) 岸 政七, 石黒 孝, 小崎康成: “フィードフォワードシラビックコンパンダの提案及びその構成”, 信学論(B), **J74-B-I**, 6, pp.532-534(1991-06).
- (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)