

1 はじめに

高速で柔軟性の高い DSP は、適応フィルタの用途に非常に適している。しかし DSP での処理、アナログ信号を扱う場合には LPF、D/A 変換などの処理により出力信号と元の信号との間に位相や振幅のずれが生じる。そのため出力信号の位相を補償する必要がある。

そこで本研究では、狭帯域雑音を DSP を用いてキャンセルする際に発生する、位相のずれの補償を高精度化することを試みる。

2 適応型狭帯域雑音キャンセラの構成

本研究の対象とする適応型狭帯域雑音キャンセラは 2 次 IIR 形フィルタの並列接続からなる ADF である。それぞれの 2 次 IIR 型フィルタは 2 次の非巡回部と 1 次の巡回部からなる。対象とする入力信号は、広帯域信号 $S_0(n)$ に狭帯域雑音 $S_i(n)$ ($1 \leq i \leq N$) が混入した信号 $x(n)$ とする。並列接続された IIR 形フィルタ F_i ($1 \leq i \leq N$) は、狭帯域雑音 $S_i(n)$ を近似するよう乗算器の係数を変化させてゆく。

3 適応型狭帯域雑音キャンセラの DSP による実現

入力信号がすでに標準化されている場合、前節のシステムを用いて狭帯域雑音を除去することが可能である。入力信号が連続である場合、前節のシステム以外に LPF、A/D 変換、D/A 変換が必要であり、変換に要した時間だけ、元の信号との間に遅延が生じる。そのため入力信号から ADF の出力信号を減じても、狭帯域雑音を十分に除去することができない。よって位相を補償する必要がある。

そこで、前節で示した IIR 形フィルタ F_i の後段に、図 1 に示す位相補償フィルタを追加する。これは LPF と A/D、D/A 変換で起こる遅延を補償するものである。利得が 1 となる係数 e_i 、 f_i は、 F_i の中心周波数を θ_i としたとき、

$$\begin{cases} e_i = \cos \phi_i + \sin \phi_i \frac{\cos \theta_i}{\sin \theta_i} \\ f_i = -\frac{\sin \phi_i}{\sin \theta_i} \end{cases} \quad (1)$$

となる。ここで ϕ_i は位相変化量を表し、系のインパルス応答を実測し、位相特性を算出することで得る。

4 位相補償の高精度化

前節で述べた位相補償フィルタは測定や ADF の動作でおこる遅延を考慮していないため、完全に位相補償を行うことができない。そこで完全に位相補償を行うため、遅延の原因とその補償法を考察する。

4.1 補償を不完全にする要因と補償方法

補償を不完全にする要因として、位相については以下が考えられる。

- (i) DSP による遅延
- (ii) インパルス応答測定時の D/A の変換遅延
- (iii) ADF 動作時の D/A の変換遅延
- (iv) DSP と A/D-D/A 変換器間での遅延

(i)、(ii)、(iii) に関して、測定したインパルス応答はサンプリング周期を T 、D/A の変換遅延を τ としたとき位相

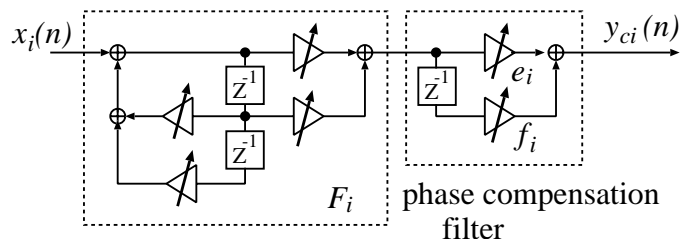


図 1: 位相補償フィルタを含む ADF の構成

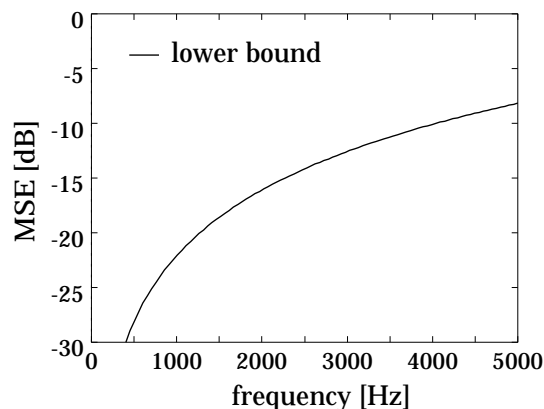


図 2: MSE の下界

にして $\omega(T - 2\tau)$ だけ進んでいることがわかった。よってインパルス応答で得た位相特性をこの分だけ進めることによって真の位相特性を得ることができ、より精度の高い位相補償が可能である。

また振幅については、前節では利得を 1 としているが、実際は LPF 等で減衰が生じるため利得 1 を得ることはできない。よって系の振幅特性 $A(\omega)$ を調べ、角周波数 ω の時に出力を $\frac{1}{A(\omega)}$ 倍することで完全に補償が可能である。

4.2 補償の限界

次に補償の限界について具体的に考える。DSP と A/D-D/A 変換器は互いに非同期に動作しているため、DSP が変換開始要求を送信してから A/D-D/A 変換器がコマンドを受け取り変換を開始するまでに最大 1.25 [μ s] の位相のずれが発生する。1.25 [μ s] の遅延が生じた時の、フィルタへの入力信号の周波数とその MSE を図 2 に示す。

振幅については振幅特性を用いることで完全に補償することができるが、位相特性については図 2 で示す MSE が補償の限界となる。

5 まとめ

本研究では適応型狭帯域雑音キャンセラに使用する位相補償フィルタについて、その高精度化についての検討をおこなった。

その結果、(i)、(ii)、(iii) については完全に補償できることが可能であるが、(iv) の、DSP と A/D-D/A 変換器が非同期に動作することから起こる位相のずれについてはその補償に限界があることが明らかとなった。