

音波による距離計測を用いたハウリング除去

学籍番号：90134143 飯國研究室 藤本 護

1 はじめに

ハウリングを除去するために、スピーカ・マイクロホン間のフィードバックパスを推定し除去する方法が提案されている。しかし、実環境下では外乱などの影響でフィードバックパスの推定が困難になるという問題がある。そこで、本論文では、フィードバックパスを推定するのではなく、スピーカ・マイクロホン間の距離を音波を用いて計測し、その距離からハウリング周波数を推定し除去する方法を提案する。

2 距離計測によるハウリング除去

本節では、スピーカ・マイクロホン間の距離を利用してハウリングを除去する方法について説明する。まず、スピーカから音波を放射して、マイクロホンで受信するまでの時間を求める。具体的には、0.5秒毎に参照信号をスピーカから放射し、同時にマイクロホン側で時間計測を行う。そして、受信信号と参照信号で相関をとり、参照信号を検出した時間から、信号長の時間を減算した時間 T_d を信号の到来時間とする。そして、音波の到来時間 T_d から次式より、スピーカ・マイクロホン間の距離 L を求める。

$$L = vT_d \quad (1)$$

ここで、 v は音速 [m/s] である。距離 L と n 番目のハウリング周波数の候補 f_{hn} には次の関係がある。

$$f_{hn} = \frac{nv}{L} \quad (2)$$

ハウリングは、 f_{hn} のいずれかで生じる。そこで提案法では、求めたハウリング周波数の候補 f_{hn} を除去するために、ノッチフィルタを用いた。ノッチフィルタの伝達関数 $H_n(z)$ を次式に示す。

$$H_n(z) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{r_A + \alpha_n z^{-1} + z^{-2}}{1 + \alpha_n z^{-1} + r_A z^{-2}} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $\sqrt{r_A}$ は極半径、 α_n は、 $\alpha_n = -(r_A + 1) \cos(2\pi \frac{f_{hn}}{F_s})$ (F_s はサンプリング周波数) で表されるフィルタ係数である。しかし、ハウリングがどの周波数で生じるかは未知である。よって、ノッチフィルタを縦続接続して、複数のハウリング周波数を除去する。

しかし、ノッチフィルタの縦続接続により、多数の周波数を除去すると、出力音質が劣化するという問題が生じる。そこで、ノッチフィルタ $H_n(z)$ の代わりに、次式に示す音質改善型ノッチフィルタ $H'_n(z)$ を用いる。

$$H'_n(z) = (1 - k)H_n(z) + k \quad (4)$$

ここで、 k は 0 から 1 の音質改善率である。音質改善型ノッチフィルタの構成を図1に示す。この方法によれば、除去対象の利得を 0 にするのではなく、 k にできるという特長がある。したがって、適当な k を選ぶことで、周波数成分を保持でき、出力音質を改善することができる。

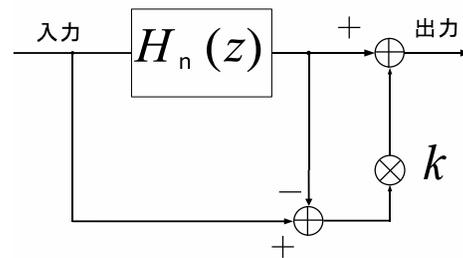


図1: 音質改善型ノッチフィルタの構成

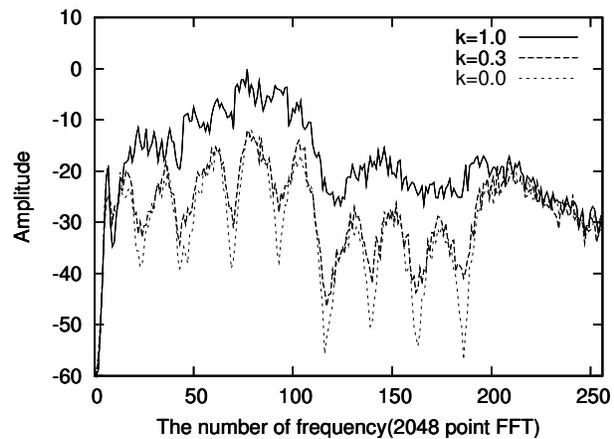


図2: 放射音の振幅スペクトル比較

3 DSP への実装と評価

前節で述べた提案法を TI 社製 DSP (Digital Signal Processor), TMS320C6713 に実装した。サンプリング周波数を 44.1[kHz]、音速 v を 346.5[m/s]、 $r_A = 0.95$ とした。まず、適当な k の値を求めるための実験を行った。代表値として、 $k = 1.0, 0.3, 0.0$ のときの結果を図2に示す。ここで、 $k = 1.0$ は未処理の出力結果、 $k = 0.0$ は音質改善なしのノッチフィルタを用いた出力結果に一致する。実験の結果から、音質を確保するためには、 $k = 0.3$ 以上が望ましいことがわかった。しかし、 k を大きくすると、当然のことながらハウリングが発生しやすくなる。このため、今回は $k = 0.3$ としてハウリング除去実験を行った。実験の結果から、実環境下においてもハウリング除去でき、音質を保持したまま出力音量を増大することができた。

4 まとめ

本論文では、スピーカ・マイクロホン間の距離を用いてハウリング周波数を推定し、これを除去する方法を提案した。また、DSP による実験結果から、提案法が実環境下においても有効に動作することが確認できた。