確率共鳴現象を利用した微弱信号波形検出に関する一検討

1230362　平井 友樹　【 ワイヤレスネットワーク研究室 】

1　はじめに

確率共鳴 (stochastic resonance: SR) 現象を利用した信号検出では，通常は検出の難しい閾値以下の微弱信号であっても，雑音を加えることで検出できるようにする．そのため，SR 現象は信号波形の検出精度を向上させる手段として利用されている．

本研究では，検出対象となる微弱信号と入力雑音共に理想矩形ローパスフィルタ (lowpass filter: LPF) で帯域制限された白色ガウス信号とし，これらのレベル差や帯域幅の違い，加算ネットワークの並列数が信号波形検出の精度にどのような影響を及ぼすか検討する．

2　微弱信号波形検出

2.1　検出方法

検出対象となる微弱信号を $S_1(t)$，その帯域幅を B_1，$S_1(t)$ を検出するために入力する雑音を $S_{2i}(t)$，その帯域幅を B_2 とする．並列数が N の加算ネットワークは，本研究では次式の $D_\Sigma(t)$ が得られるように機能する．

$$D_\Sigma(t) = \sum_{i=1}^{N} \mathrm{sgn}(S_1(t) + S_{2i}(t)) \qquad (1)$$

ここで，$S_{2i}(t)$ の電力は全て等しく，$E[S_{2i}(t)S_{2j}(t)] = 0 \quad (i \neq j)$ とする．

本研究における信号対雑音比 (signal-to-noise ratio: SNR) を次式で定義する．

$$\mathrm{SNR} = \frac{E[s_1^2(t)]}{E[s_{2i}^2(t)]} \qquad (2)$$

2.2　検出精度の確認方法

$S_1(t)$ に対する検出精度を $S_1(t)$ と $D_\Sigma(t)$ の相互相関 C により確認する [2].

$$C = \frac{\overline{S_1(t)D_\Sigma(t)}}{\overline{[S_1^2(t)]}^{\frac{1}{2}}\ \overline{[(D_\Sigma(t) - \overline{D_\Sigma(t)})^2]}^{\frac{1}{2}}} \qquad (3)$$

$S_1(t)$ の検出精度が高いほど C の値は 1.0 に近づく．

3　実験結果・考察

図 1 は，検出対象の $S_1(t)$，加算ネットワークを流れるブランチ信号 $S_1(t) + S_{2i}(t)$，検出後の信号 $D_\Sigma(t)$ の例を示している．加算ネットワークの並列数を $N = 100$，$S_1(t)$ の実効値を 0.1mV，SNR $= -10$dB，$S_{2i}(t)$ の帯域幅を $S_1(t)$ の 10 倍 ($B_2 = 10B_1$)，サンプリングレートを $S_{2i}(t)$ に対するナイキストレートとした．

図 2 は，並列数 N を除き図 1 と等しい条件で得られたデータから求めた相互相関 C と並列数 N の関係を表している．図 2 より，SNR[dB] が負の領域において N を増やすと C の値を 1.0 に近づけられることが分かる．また，N を増やすことで，大きな C が得られる SNR[dB] のレンジを広げられることが分かる．

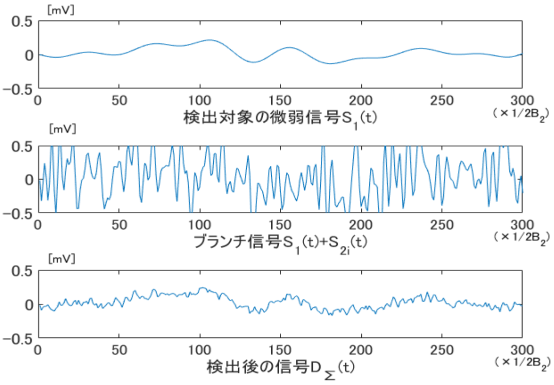

図 1　微弱信号の検出結果の例

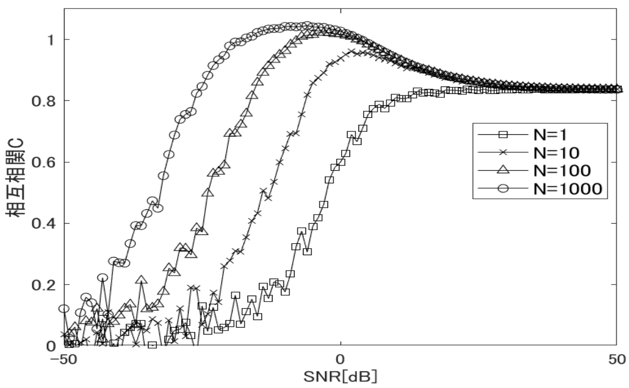

図 2　並列数の違いによる相互相関の変化

4　まとめ

本研究では，SR 現象を利用した N 並列の加算ネットワークによる微弱信号波形検出について検討し，並列数の増加が検出精度にどのような影響を及ぼすか明らかにした．帯域幅の違いについても検討したが，調べた範囲内では興味深い結果が得られなかったため，更なる検討が必要である．

参考文献

[1] 石渡 信吾，小泉 一弥，“確率共鳴による微弱信号検出とその応用，” 応用力学研究所研究集会報告 no. 17me-s2，article no. 09，Nov. 2005.

[2] J.J Collins，C.C. Chow，and T.T. Imhoff，“Stochastic resonance witbehout tuning，” Nature，vol.376，pp.236-238，July 1995.