

確率共鳴を用いたバイポーラパルス受信機についての基礎検討

Preliminary Study on Bi-Polar Pulse Receiver using Stochastic Resonance

田中裕也¹
Hiroya TANAKA

山里敬也²
Takaya YAMAZATO

荒井伸太郎³
Shintaro ARAI

名古屋大学工学部¹
Faculty of Engineering,
Nagoya University

名古屋大学 教養教育院²
Institute for Liberal and Sciences,
Nagoya University

香川高等専門学校³
Kagawa National College of Technology

1 背景と目的

確率共鳴 (SR) とは、雑音によって系の応答が高まる現象のことであり、雑音電力の増大と共に SNR が向上する領域が存在する。よって、雑音環境下で従来は検出されないような微弱信号を検出することが可能である [1]。

本研究では、SR の通信分野への応用について考える。従来、雑音は通信システムにとって好ましくないものとされ、いかに除去するかに焦点が置かれた。しかし、雑音に対して高効率な制御が求められる環境下では、雑音を積極的に利用することに意義があると考えられる。よって本稿では、その初歩的段階として AWGN チャネルにおける SR を用いたバイポーラパルス受信機について述べる。

2 SR の力学的モデル

SR の力学的モデルを以下の式で示す [1]。

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial U(x)}{\partial x} + s(t) + n(t) \quad (1)$$

$$U(x) = -\frac{a}{2}x^2 + \frac{b}{4}x^4 \quad (2)$$

上式で、 x は出力信号、 $s(t)$ は入力信号、 $n(t)$ は平均 0、分散 σ^2 の AWGN とする。 $U(x)$ は SR 系のポテンシャルを示しており、本稿では式 (2) で示す二重井戸ポテンシャルを扱う。ここで、出力は 2 値を取り、雑音と入力信号が共鳴することで出力が得られる。

3 SR による SNR 改善

SR の効果をシミュレーションを用いて確認した。式 (1) を時刻 t で数値積分して、得られた出力のスペクトルから SNR を求めた。入力信号を振幅 $\pm 8/\sqrt{2}$ のバイポーラパルス、サンプル間隔を 0.005 秒、式 (2) において $a = 32$ 、 $b = 1$ とし、各雑音電力毎に SR 通過後の SNR を計算した結果を図 1 に示す。点線がシミュレーション結果、実線が理論値を示している。理論値は文献 [1] の (5.9) 式を参照して求めた。図 1 より、雑音電力に対して SNR が向上する領域を確認できた。

4 BER 特性

前節で求めた SR 通過後の SNR を用いて、バイポーラ受信機における BER 特性を求めた。システムモデルを図 2 に示す。振幅 $\pm A$ のパルス波を AWGN チャネルに送信し、受信側でそれを SR に入力する。加える雑音電力を調節して BER 特性を求めた。

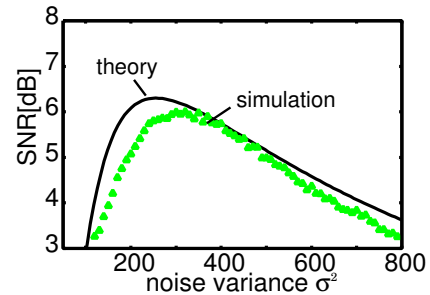


図 1 SR 特性シミュレーション結果

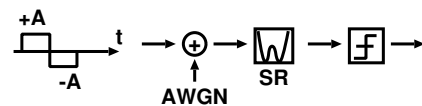


図 2 提案システムモデル

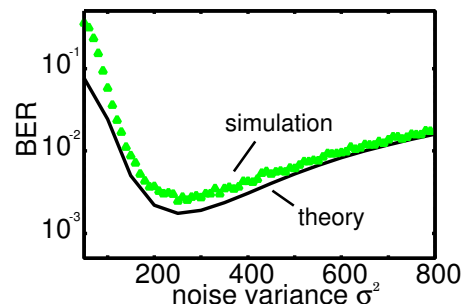


図 3 BER 特性シミュレーション結果

シミュレーション結果を点線、理論値を実線として図 3 に示す。理論値は前節で求めた SNR の理論値を $BER = 0.5 \operatorname{erfc} \sqrt{\text{SNR}}$ に代入して求めた。図 3 より、雑音電力によって BER 特性が改善されていることが分かる。

5 むすび

本稿において、SR による BER 特性の向上をシミュレーションを用いて確認できた。今後は、他の通信方式との比較を考えて SR を用いた通信システムの性能を評価していきたい。

6 謝辞

日頃熱心にご指導頂く、豊田中央研究所 田所幸浩氏、名古屋大学 エコトピア科学研究所 教授 片山正昭先生、准教授 岡田啓先生、助教 小林健太郎先生に深く感謝する。

参考文献

- [1] Bruce McNamara, and Kurt Wiesenfeld, "Theory of stochastic resonance", PHYSICAL REVIEW A, vol.39, NUMBER 9, MAY 1 1989