

# 確率共鳴を用いた2ユーザーBFSK受信機の特性評価

Performance Evaluation of 2 users BFSK Receiver using Stochastic Resonance

田中裕也<sup>1</sup>  
Hiroya TANAKA

山里敬也<sup>2</sup>  
Takaya YAMAZATO

荒井伸太郎<sup>3</sup>  
Shintaro ARAI

名古屋大学 工学研究科<sup>1</sup>  
Graduate School of Engineering,  
Nagoya University

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

香川高等専門学校 通信ネットワーク工学科<sup>3</sup>  
Dept. of Communication Network Engineering,  
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、低 SNR 下で従来は検出でき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、確率共鳴との親和性の高い BFSK 信号について考える。従来、確率共鳴では入力として単一ユーザーのみを扱い、複数ユーザーは扱っていない。そこで、本稿ではユーザーが二人の場合を想定する。そして、低 SNR 変調信号を確率共鳴を用いた BFSK 受信機によって復調したときの特性について評価する。

## 2 確率共鳴系

本稿では、確率共鳴系を以下の式で与える [1]。

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

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

上式で、 $y(t)$  は出力信号、 $x(t)$  は入力信号、 $n(t)$  は平均 0、分散  $\sigma^2$  のガウス雑音とする。 $U(y(t))$  は確率共鳴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。

## 3 システムモデル

システムモデルを図 1 に示す。図 1 において、各ユーザーは、

$$r(t) = A \sum_{i=1}^2 \sum_{k=-\infty}^{\infty} g(t - kT_b) \cos(2\pi f_k^{(i)} t) + n_c(t) \quad (3)$$

の信号を受信する。上式で、 $A$  は振幅、 $k$  は時刻を表すインデックス、 $T_b$  は 1 シンボル時間、 $g(t)$  は区間  $[0, T_b]$  で大きさ 1 をもつ矩形パルス波形とする。また、 $f_k^{(i)} \in f_0, f_1, f_2, f_3$  はユーザー  $i$  における  $k$  番目のシンボルの周波数とし、周波数の間隔を  $1.0/T_b$  とする。通信路では、平均 0、分散  $\sigma_c^2$  のガウス雑音  $n_c(t)$  が加わる。このとき、受信信号の SNR ( $= 10 \log(A^2/2\sigma_c^2)$ ) は 0dB とし、受信信号が雑音に埋もれているものとする。

この受信信号に、平均 0、分散  $\sigma_{SR}^2 (= \sigma^2 - \sigma_c^2)$  のガウス雑音 (=Intentional noise) を加えたものを二重井戸ポテンシャルへの入力とする。そして、得られた出力を各ユーザーにおいて相関検波して判定する。

## 4 シミュレーション

シミュレーション諸元、結果を表 1、図 2 に示す。

図 2(a) に、ユーザーが一人のときの BER 特性を示す。横軸は雑音の分散  $\sigma_{SR}^2$ 、縦軸は BER を示している。図より、雑音を加えることで BER が低下したことが分かる。

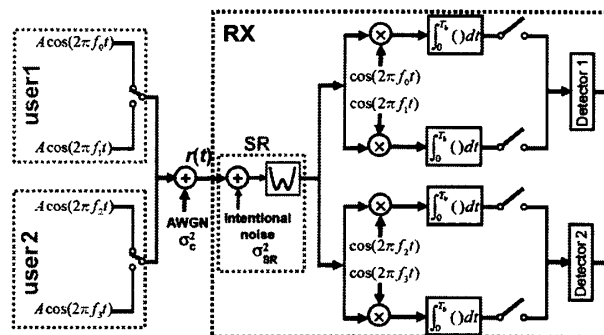


図 1 システムモデル。

表 1 シミュレーション諸元。

通信路	AWGN	Intentional noise	AWGN
信号振幅 A [V]	20.0	式 2 のパラメータ a	32.0
シンボル時間 T <sub>b</sub> [s]	100.0	式 2 のパラメータ b	1.0
搬送波周波数 f <sub>c</sub> [Hz]	1.0		

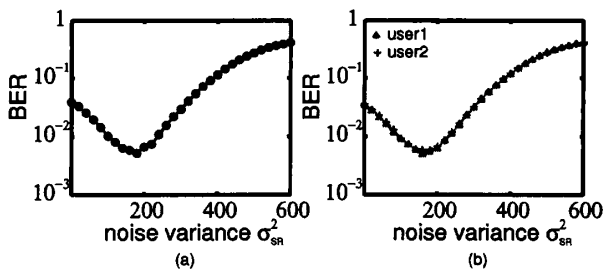


図 2 確率共鳴を用いた BFSK 受信機の BER 特性：(a) ユーザーが一人のとき、(b) ユーザーが二人のとき。

図 2(b) に、ユーザーが二人のときの BER 特性を示す。図より、ユーザーが二人のときも確率共鳴による非線形特性が得られた。また、ユーザーが一人のときと比較して同様の BER 特性が得られた。よって、複数ユーザーにおいても確率共鳴は有効であると考えられる。

## 5 むすび

本稿では、確率共鳴を用いた BFSK 受信機において、BER 特性の非線形特性を確認できた。また、ユーザーが二人のときに同様の BER 特性が得られ、複数ユーザーにおける確率共鳴の有効性が示された。

## 6 謝辞

日頃熱心にご指導頂く、名古屋大学エコトピア科学研究科教授片山正昭先生、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] B. McNamara, and K. Wiesenfeld, "Theory of stochastic resonance," *Phys. Rev. A*, Vol. 39, No. 9, pp. 4854-4869, May 1989