

偏りを持たせたカオス系列を使用した DCSK システムの調査

Research on DCSK System Changing Deviation of Chaotic Sequence

荒井伸太郎¹
Shintaro ARAI

西尾芳文¹
Yoshifumi NISHIO

徳島大学 工学部 電気電子工学科¹
Dept. Electrical and Electronic Engineering, Tokushima University

1 はじめに

近年、カオスを利用したデジタル通信システムの研究が盛んに行われており、特に、送信機と受信機で復調に使用する系列を共有しないノンコヒーレント通信システムが注目されている [1]。これまでの研究で、私達は初期値によって効率的にカオス系列長を変化させるノンコヒーレント通信システムを提案し、その結果、従来の通信システムよりも優れた特性を示した [2]。この結果から、私達は送信信号であるカオス系列に含まれる値が強く影響を与えていると推測した。そこで本研究では、代表的なノンコヒーレント通信システムとして広く知られている Differential Chaos Shift Keying (DCSK) を基に、カオス写像の傾きを崩すことで数値に偏りを持たせたカオス系列を送信信号として使用し、ビット誤り率 (BER) 等の特性を調査する。

2 DCSK

図 1 に DCSK 送信機 (a)、受信機 (b) のブロック図を示す。送信機はカオス系列 x_i を生成し、そのカオス系

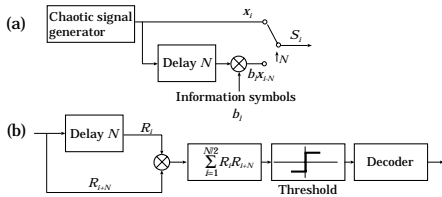


図 1 DCSK (a) 送信機, (b) 受信機.

列の後ろへ、同じ系列に情報 $b_i(\pm 1)$ を掛け合わせた系列 $b_i x_i$ を繋げて送信信号 S_i を作り出す。ゆえに送信信号は次式で表すことができる。

$$S_i = \begin{cases} x_i & (1 \leq i \leq N) \\ b_i x_{i-N} & (N+1 \leq i \leq 2N) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 N は生成されるカオス系列長を表し、DCSK の場合、送信信号は N の 2 倍の長さとなる。

伝送路でノイズ n が加えられ、受信信号は $R_i = S_i + n$ で表される。受信機では、この受信信号を半分の長さで分割し、式 (2) で表されるように、分割した 2 つの信号の相関をとる。

$$C = \sum_{i=1}^N R_i R_{N+i} \quad (2)$$

C が 0 より大きい小さいかによって、情報を 1、もしくは -1 と決定し、情報を復調することが出来る。

3 使用したカオス写像

図 2 に本研究で使用したカオス写像を示す。この写像は、代表的な一次元写像として知られている Bernoulli shift map に、パラメータ q ($0.5 \leq q \leq 1.0$)、 r ($0.0 \leq q \leq 1.0$) を与え、傾きを変化させている。写像の傾きを変化させることによって、連続するカオス系列の値が一応に分布せず、偏りを持った系列を生成することが出来る。特に、 q と r が 1 に近づくにつれ、系列が -1 と 1 周辺の値を多く含むようになる。

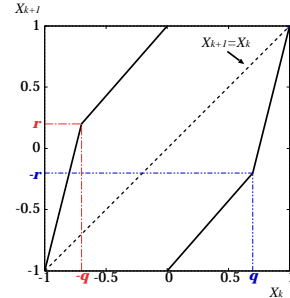
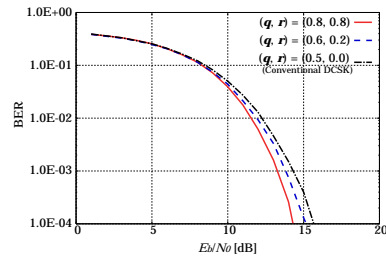


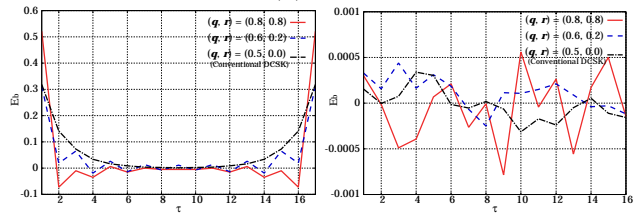
図 2 使用したカオス写像.

4 シミュレーション結果

上記のカオス写像を用いてシミュレーションした結果を図 3 に示す。条件は 10^4 ビットの情報を $N = 16$ で送信し、伝送路でのノイズは AWGN を用いた。図 3(a) から、 q と r の増加と共に、BER 特性も改善されていくのが分かる。これは図 3(b) が示すように、 q と r が増加すると自己相関特性が上昇するためである。つまり、値に偏りを持たせたことで、ノイズの影響を受けにくい値を多く含むようになったと言える。しかしながら、 q と r が上昇するにつれて相互相関特性 (図 3(c)) が悪くなることから、多重化で使用するには不向きであると考えられる。そのため、今後多重化を考える際、 q と r のバランスが重要な課題となる。



(a) BER



(b) 自己相関特性.

(c) 相互相関特性.

図 3 シミュレーション結果.

参考文献

- [1] G. Kolumbán, B. Vizvári, W. Schwarz, and A. Abel, "Differential chaos shift keying: A robust coding for chaos communication," *Proc. NDES'96*, pp. 87-92, Jun. 1996.
- [2] S. Arai and Y. Nishio, "Variable Sequence Length Transmitter for Noncoherent Chaos Shift Keying," *RISP Journal of Signal Processing*, vol. 10, no. 4, pp. 255-258, Jul. 2006.