

一类加随机扰动的 Tent-Map 数字混沌序列研究^{*1}

汤小民, 赵东风, 丁洪伟, 赵一帆
(云南大学 通信工程系, 云南 昆明 650091)

摘要:提出了一类加随机扰动的 Tent-Map, 克服了周期性和不稳定性的缺点. 用软件仿真, 研究了所加随机扰动的幅度对数字混沌序列特性的影响. 结果表明, 随机扰动的幅度只有达到合适的值, 才能得到性能优良的扩频码.

关键词:Tent-Map; 混沌; 数字混沌序列

中图分类号:TN 914 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-7971(2011)01-0033-03

混沌序列具有非周期, 不收敛, 自、互相关性小等特点, 其性能优于传统的扩频序列, 因而在通信领域, 引起了广大学者的关注^[1-7]. 人们通常采用映射迭代的方法产生数字混沌序列, 常用的映射有: Logistic 映射、Chebyshev 映射和 Tent 映射. 由于计算机具有一定的精度, 用计算机仿真, 会使得到的混沌序列是周期的. 采用比特抽取量化法^[2]和扰动法^[8-9]都可以得到非周期的数字混沌序列. 本文在文献^[9~12]的基础上, 研究了所加扰动的幅度对基于 Tent-Map 数字混沌序列特性的影响.

1 Tent 映射

1.1 典型的 Tent 映射 Tent 映射又称帐篷映射, 是分段线性的一维映射, 具有均匀的概率密度、功率谱密度和理想的自相关特性, 数学表达式详见文献^[12]. 其中当外部控制参数 $a=0.5$, Tent 映射成为标准的帐篷映射.

但 Tent 映射迭代序列中存在小周期, 例如 4 周期: (0.2, 0.4, 0.6, 0.8); 还存在不稳周期点, 如 0.25, 0.50, 0.75 都将迭代到不动点 $0^{[10]}$.

1.2 改进型 Tent 映射 为克服上述缺点, 在文献^[12]的基础上, 本文提出了一类加扰动的 Tent 映射, 表达式如下:

$$x_{n+1} = \begin{cases} 2(x_n + r(n)), & 0 \leq x_n \leq 0.5, \\ 2(1 - (x_n + r(n))), & 0.5 < x_n \leq 1, \end{cases} \quad (1)$$

其中 $r(n)$ 为 $0 \sim 1$ 之间的随机数. 由于 $r(n)$ 幅度的不同, 而构成了一类 Tent 映射.

1.3 Tent 映射的周期性和稳定性 在 MATLAB 7.1 中, 研究了典型的 Tent 映射和改进型 Tent 映射的周期性和稳定性.

当初始值分别为 0.2, 0.4, 0.6 和 0.8 时, 标准的 Tent 映射迭代 2 048 次后, 得到图 1; 同样的, 当 $r(n) = 0.0001 \times \text{rand}(1, 1)^{[12]}$ 时, 取相同的初值, 改进的 Tent 映射迭代 2 048 次, 得到图 2. 结果表明, 改进型的 Tent 映射不存在小周期.

当初始值分别为 0.25, 0.50 和 0.75 时, 标准的 Tent 映射迭代 2 048 次后, 得到图 3; 同样的, 取相同的初值, 改进的 Tent 映射迭代 2 048 次, 得到图 4. 结果表明, 改进型的 Tent 映射不存在不稳定点.

2 混沌序列特性分析

比较扩频码的性能时, 要从平衡性、最大互相关、自相关旁瓣和互相关均方根值等来综合评定扩频码的优劣^[4].

* 收稿日期: 2009-12-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61072079, 60362001, F0424104).

作者简介: 汤小民(1984-), 男, 湖南人, 硕士生, 主要从事计算机通信网络、扩频通信方面的研究.

通讯作者: 赵东风(1957-), 男, 湖北人, 教授, 博士生导师, 主要从事随机多址通信、轮询多址通信、网络通信工程等方面的研究.

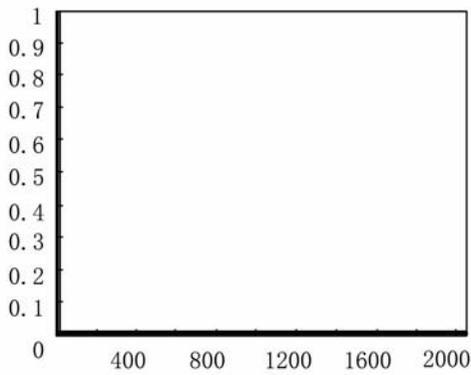


图1 初始值分别为0.2,0.4,0.6和0.8标准Tent映射的实值序列

Fig.1 Standard Tent - Map real sequences with the initial values 0.2,0.4,0.6 and 0.8

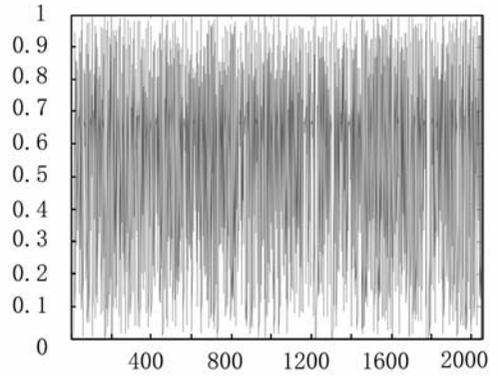


图2 初始值分别为0.2,0.4,0.6和0.8改进型的Tent映射的实值序列

Fig.2 Improved Tent - Map real sequences with the initial values 0.2,0.4,0.6 and 0.8

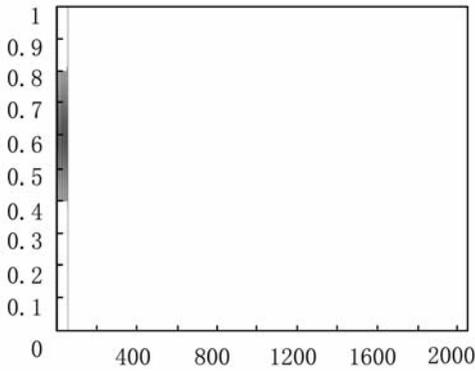


图3 初始值分别为0.25,0.50和0.75标准Tent映射的实值序列

Fig.3 Standard Tent - Map real sequences with the initial values 0.25,0.50 and 0.75

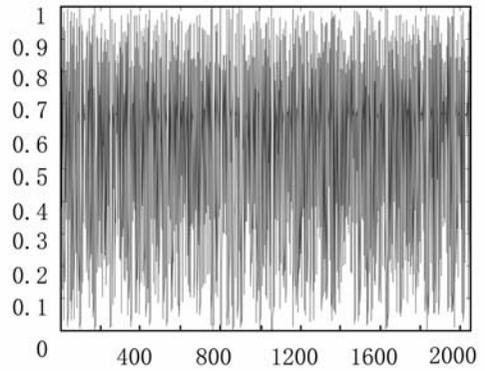


图4 初始值分别为0.25,0.50和0.75改进型Tent映射的实值序列

Fig.4 Improved Tent - Map real sequences with the initial values 0.25,0.50 and 0.75

2.1 自、互相关性 扩频系统干扰由各个用户扩频码与本地用户扩频码的奇偶互相关决定. 显然扩频码自相关峰值与互相关的比值大小将直接影响系统可以承载的用户数, 并影响判决的误码率, 选择自相关特性好的扩频码将增加用户数, 减少误码率, 提高抗干扰能力.

假设两扩频码分别为 $\{a_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$ 及 $\{b_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$.

偶相关函数: $R_{ab}(\tau) = C_{ab}(\tau) + C_{ab}(\tau - N)$, (2)

奇相关函数: $R_{ab}(\tau) = C_{ab}(\tau) - C_{ab}(\tau - N)$, (3)

其中, $C_{ab}(\tau)$ 是部分相关函数, 定义为:

$$C_{ab}(\tau) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{N-\tau} a_i b_{i+\tau}, & \tau > 0, \\ \sum_{i=1}^{N+\tau} a_{i-\tau} b_i, & \tau < 0, \\ 0, & \tau = 0. \end{cases} \quad (4)$$

而自相关函数则视为相同的2个相同用户地址码间的互相关, 即自相关函数.

2.2 自相关旁瓣和互相关均方根值 序列的自相关旁瓣和互相关均方根值表征了扩频序列的多径干扰和多径干扰的大小, 自相关旁瓣和互相关均方根值表达式分别如下:

$$\sigma_{aa} = \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^N R_{aa}(m)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

$$\sigma_{ab} = \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^N R_{ab}(m)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

2.3 平衡性 扩频序列的平衡性由序列“1”与“-1”的分布个数决定,设 P 和 Q 分别表示混沌扩频序列 $\{a_n\}$ 中“1”与“-1”的个数,则序列的平衡度 $E^{[11]}$ 为:

$$E = \frac{P - Q}{N}. \quad (7)$$

当 $E = 0$ 时,表明序列达到平衡状态;当 $E = 1$ 时,说明序列变为单值序列,即不平衡序列. E 的值越接近于 0,表明序列的平衡性越好.

3 仿真实验及结果分析

3.1 随机扰动幅度的选取 本文采用 MATLAB 7.1 编程仿真,研究随机干扰的幅度对数字混沌序列性能的影响.利用文献[12]中数字化方法,来产生改进型的 Tent 数字混沌序列.令 $r(n) = A \times \text{rand}(1,1)$,其中 A 为随机干扰的幅度.在不同的 A 值下,取初始值 $x_0 = 0.6495$,求自相关旁瓣 σ_{aa} 和平衡性 E ;取初值 $x_{01} = 0.6496, x_2 = 0.6495$,求序列的互相关的最大值 h_{\max} 和互相关均方根值 σ_{ab} .仿真 1000 次后,再求各量值的平均,得到表 1.

3.2 仿真结果分析 从表 1 可以看出:当 A 取 $10^{-3} \sim 10^{-1}$ 范围时,互相关峰值 h_{\max} 比较大,接近于 1.当 A 取 10^{-4} 时, σ_{aa} 和 σ_{ab} 比 A 取 $10^{-3} \sim 10^{-1}$ 范围时低一个数量级.而 A 在 $10^{-10} \sim 10^{-5}$ 取范围时,各特性参量均保持在一个数量等级,相差不大.由以上分析可以得出, A 取 10^{-5} 或 10^{-5} 以下时,数字混沌序列的自相关特性较小,更适合做扩频码.

表 1 不同的 A 值下各量值的平均值

Tab.1 The average of parameters under the different magnitude A

性能参数	h_{\max}	E	σ_{aa}	σ_{ab}
10^{-1}	0.999 960 0	0.001 933 6	0.989 120 0	0.988 810 0
10^{-2}	0.996 830 0	0.004 926 8	0.884 110 0	0.881 710 0
10^{-3}	0.984 490	0.011 427	0.404 180	0.260 560
10^{-4}	0.821 170	0.016 555	0.079 753	0.026 829
10^{-5}	0.103 160	0.017 521	0.036 890	0.022 056
10^{-6}	0.106 170	0.017 416	0.031 287	0.022 094
10^{-7}	0.104 120	0.017 578	0.031 260	0.022 085
10^{-8}	0.101 060	0.017 208	0.031 831	0.022 099
10^{-9}	0.103 240	0.017 272	0.031 248	0.022 078
10^{-10}	0.108 360	0.017 411	0.031 272	0.022 087

4 结束语

通过以上分析可知:本文提出的基于 Tent - Map 加随机扰动的数字混沌序列,避免了在计算机仿真过程中出现的小周期和不稳定点.通过改变随机扰动的幅度,可以产生数目众多的数字混沌序列,为数字混沌序列的产生提供了方法和依据.作者下一步的工作将研究本文产生的数字混沌序列,在扩频通信系统当中的抗干扰性能.

参考文献:

- [1] 王亥,胡健栋. Logistic - Map 混沌扩频序列[J]. 电子学报,1997,25(1):19-23.
- [2] 王亥,胡健栋. 改进型 Logistic - Map 混沌扩频序列[J]. 通信学报,1997,18(8):71-76.
- [3] 孙 娴,赵东风,丁洪伟. 扩展 Logistic 混沌序列性能[J]. 云南大学学报:自然科学版,2007,29(2):136-139.
- [4] 柳平,闫川,黄显高. 改进的基于 Logistic 映射混沌扩频序列的产生方法[J]. 通信学报,2007,28(2):134-140.
- [5] 蔡国权,宋国文,于大鹏. Logistic 映射混沌扩频序列的性能分析[J]. 通信学报,2000,21(1):60-63.
- [6] HEIDARI - BATERI, GMCGILLEM C D. A chaotic direct sequence spread spectrum communication system[J]. IEEE Trans on Communications, 1994, 42(2/3/4):1524-1527.
- [7] 尤肖虎,赵春明,程时昕. 混沌信号与多址和保密通信[C]//第四届全国青年通信学术会议论文集. 成都,1991:465-480.
- [8] 周红,凌燮亭. 有限精度混沌系统的 m 序列扰动实现[J]. 电子学报,1997,25(7):96-97.
- [9] 韦程鹏. 混沌伪随机序列及其应用研究[D]. 重庆:重庆大学,2008.
- [10] 张 浩,张铁男,沈继红,等. Tent 混沌粒子群算法及其在结构优化决策中的应用[J]. 控制与决策,2008,23(8):857-862.
- [11] 于银辉,刘卫东. 两种混沌扩频序列平衡性分析[J]. 重庆邮电学院学报,2004,16(3):61-64.
- [12] 汤小民,赵东风,谭明川. 一种改进型的 Tent 数字混沌序列在 DSSS 中的应用研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,2010,32(4):396-399.

- [2] 严国荣. 超宽带无线通信技术——UWB[J]. 电声技术, 2002(12):60-62.
- [3] 黎海涛, 徐继麟, 张平, 等. UWB 扩频通信技术研究[J]. 电子与信息学报, 2002, 24(7):1 000-1 004.
- [4] AIELLO G R, ROGERSON G D. Ultra - widebandwireless systems[J]. IEEE Microwave Mag, 2003, 4(2):36-47.
- [5] QIU R C, LIU H, SHEN X. Ultra - wideband for multiple access communications[J]. IEEE Commun Mag, 2005, 43:80-87.
- [6] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko. 射频电路设计 - 理论与应用[M]. 王子宇, 张肇仪, 徐承和, 译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [7] 刘长军. 射频通信电路设计[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] OZALKI H, ISHII J. Synthesis of transmission - line networks and the design of UHF filters[J]. IRE Trans on Circuit Theory, 1995 - C7 - 2:325-336.
- [9] 李畅游. 超宽带微波集成带通滤波器的设计方法[J]. 舰船电子对抗, 1999(1):24-27.
- [10] 唐猛, 赵东风, 余江. 3G 移动通信系统共存干扰分析与滤波电路设计[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2006, 28(S1):94-98.
- [11] 高葆薪. 波导带通滤波器设计[J]. 国外电子测量技术, 2001(1):34-37.
- [12] MAKIMOTO M, YAMASHITA S. 无线通信中的微波谐振器与滤波器[M]. 赵宏锦, 李志坚, 译. 北京: 国防工业出版社, 2002.

Design and analysis of RF filter for ultra - wideband system

TANG Meng¹, ZHAO Dong-feng²

(1. Modern Education Technology Center, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. College of Information, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: According to the characteristics of UWB wireless communication, the UWB band - pass filters are designed by using the parallel - coupled microstrip and the Hairpin - line means. Filter response is characterized by measuring its transmission and reflection coefficients. The measured results are in good agreement with the simulated results. It provide the basis for the analysis and the design of the UWB band - pass filter in the future.

Key words: Ultra Wideband(UWB); radio frequency; wireless system; band - pass filter

(上接第35页)

Study of a class of Tent - Map digital chaotic sequence with random disturbances

TANG Xiao-min, ZHAO Dong-feng, DING Hong-wei, ZHAO Yi-fan

(Department of Communication Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: In order to overcome the shortcomings of periodicity and instability, a class of Tent - Map with random disturbances is proposed. Using soft simulation, this paper studies the magnitude of random disturbances added to the digital chaotic sequence, and gives magnitude range. The results show that only the magnitude of random disturbances is appropriate, the performance of chaotic spreading code can be good.

Key words: Tent - Map; chaos; digital chaotic sequences