

基于间歇性参数自适应控制的混沌同步

戴 栋 马西奎

(西安交通大学电气工程学院, 西安 710049)

(2000 年 12 月 17 日收到)

提出了在两个不同参数混沌系统的同步中基于间歇性参数自适应的控制方法. 在选择合适的间歇反馈周期 N 和反馈系数 r 的情况下, 可以获得满意的同步结果. 以 logistic 映射为例进行了计算机模拟. 结果表明: 适当选取反馈系数 r , 可以以很小的控制代价实现预定的同步目的.

关键词: 混沌同步, 间歇控制, 自适应控制

PACC: 0545

1 引 言

自 1990 年 Pecora 和 Carroll 提出驱动-响应同步方案, 并首先在电子线路中得到实现以来^[1], 混沌的同步及其在保密通讯中的应用潜力已经引起了人们广泛的关注. 由于混沌系统对初值极端敏感, 两个相同参数的混沌系统即使初值相差很小, 它们的轨迹也会随时间呈指数发散. 且在实际应用中, 往往存在干扰和噪声, 很难找出两个参数完全一样的混沌系统. 所以两个不同参数混沌系统的同步问题, 即广义同步 (generalized synchronization) 问题, 在实际应用中具有重要意义.

在文献 [2, 3] 中讨论了具有不同参数的两个混沌系统的同步, 提出了参数自适应的控制算法, 得到了较好的同步效果. 但是在实际应用中, 必须考虑同步的控制代价问题. 近年来, 混沌的间歇性控制方法得到了一定发展, 文献 [4—7] 通过使用间歇性的控制方法实现了对混沌的控制. 与连续控制方法比较而言, 间歇性控制方法可以以较低的代价获得预定的同步要求, 且简单易行. 本文在文献 [3] 的基础上, 采用间歇性参数自适应控制方法, 实现了具有不同参数的两个混沌系数的同步.

2 间歇性参数自适应控制原理

考虑可以产生混沌的两个非线性系统

$$x_{n+1} = f(x_n, \mu_c), \quad (1)$$

$$y_{n+1} = f(y_n, \mu_0), \quad (2)$$

式中 μ_c 和 μ_0 分别为两个混沌系统的参数. 如果通过控制 y_n , 使得

$$\lim_{n \rightarrow \infty} |x_n - y_n| = 0, \quad (3)$$

则可以认为实现了两个混沌系统之间的同步. 现对 y_n 进行如下的间歇性控制:

$$y_{n+1} = f(y_n, \mu_n), \quad (4)$$

$$\mu_{n+1} = \mu_n + r_n(y_{n+1} - x_{n+1}), \quad (5)$$

式中

$$r_n = \begin{cases} r, & n = N \times i, \\ 0, & n \neq N \times i, \end{cases} \quad i = 1, 2, 3, \dots, \quad (6)$$

式中 N 为间歇反馈周期, r 为反馈系数. 由文献 [3] 可知, 当 $N = 1$ 即连续反馈控制时, 适当选取 r 的值就可以实现以上两个混沌系统的同步. 如果在某次施加反馈控制后停止反馈, 使得 μ_n 保持不变, 则两个系统的轨迹将以指数速度发散, 但只要 $|x_n - y_n|$ 在一个足够小的范围之内, 再施加一次反馈控制, 就可以保证 $|x_n - y_n|$ 不会偏离很远. 如此反复下去就可以使得 $|x_n - y_n|$ 始终保持在一个满意的范围之内, 从而实现同步的目的.

3 计算机模拟结果

现以 logistic 映射为例实现两个不同参数混沌系统的同步. logistic 映射可由如下迭代方程表示:

$$x_{n+1} = \mu x_n(1 - x_n). \quad (7)$$

当 $\mu \in [3.57, 4.0]$ 时, 对于任何 $x_0 \in (0, 1)$ 的初值, 映射都会进入混沌状态.

当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6,$

$r = -7$ 时,从迭代次数 $n = 1000$ 开始进行同步控制,图 1—图 5 为当 $N = 1, 5, 10, 20, 50$ 时的同步结果.

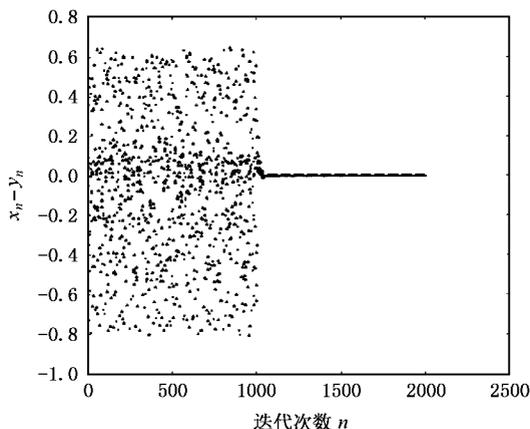


图 1 当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6, r = -7, N = 1$ 时对应的混沌同步结果

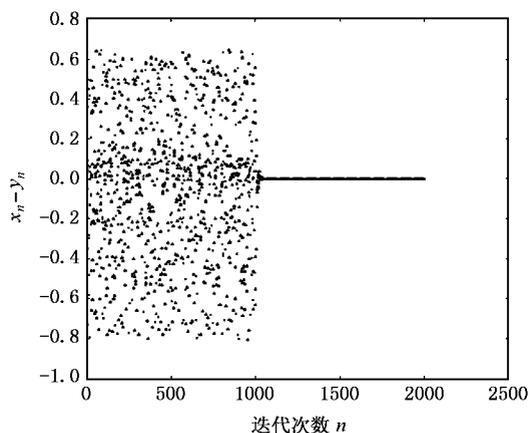


图 2 当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6, r = -7, N = 5$ 时对应的混沌同步结果

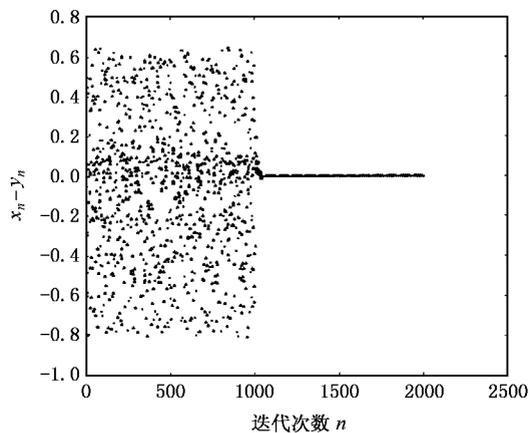


图 3 当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6, r = -7, N = 10$ 时对应的混沌同步结果

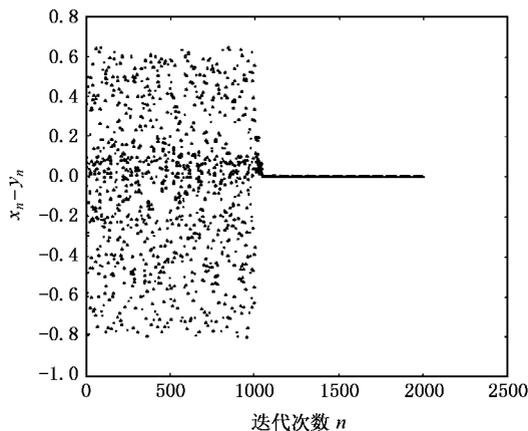


图 4 当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6, r = -7, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

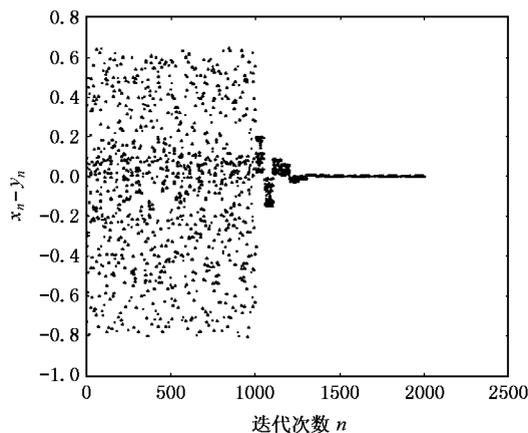


图 5 当选取 $x_0 = 0.45, y_0 = 0.5, \mu_c = 3.9, \mu_0 = 3.6, r = -7, N = 50$ 时对应的混沌同步结果

由图 1—图 5 可以看出,随着 N 增大,即意味着施加控制次数减少,同步的速度逐渐变慢,同步的效果逐渐变差.但在一定的精度范围之内仍然可以认为达到了同步的目的.根据本文的控制方法,可以看出同步的速度和效果不仅与间歇反馈周期 N 有关,而且与反馈系数 r 也有紧密的关系.图 6—图 10 为当 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, N = 20$ 时,从迭代次数 $n = 1000$ 开始进行同步控制, r 分别为 $-7, -12, -30, 0.05$ 和 0.5 时的同步结果.

当 $r = -7$ 时,由图 6 可看出同步的效果令人满意.当 $r = -12$ 时,同步的速度明显变慢,需要较长时间才能达到同步.而当 $r = -30$ 和 0.5 时,由图 8 和图 10 可看出根本就实现不了同步.当 $r = 0.05$ 时,图 9 同步的效果很差,可以认为没有实现同步.出现以上现象的原因主要在于参数自适应的控制算

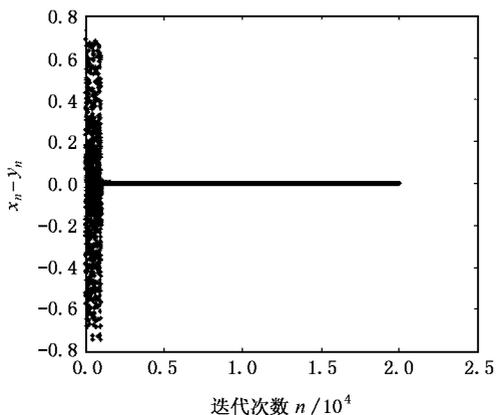


图 6 当选取 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, r = -7, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

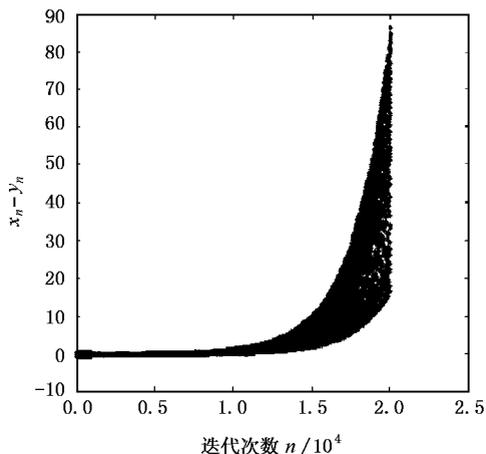


图 9 当选取 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, r = 0.05, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

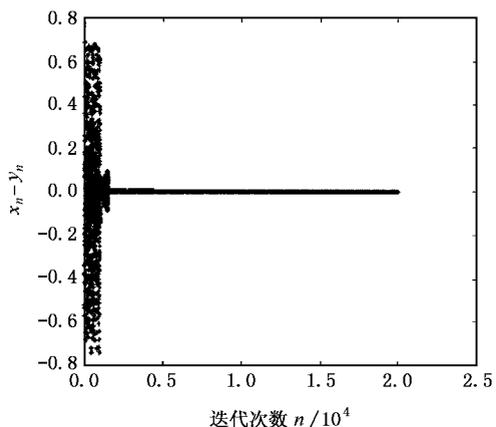


图 7 当选取 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, r = -12, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

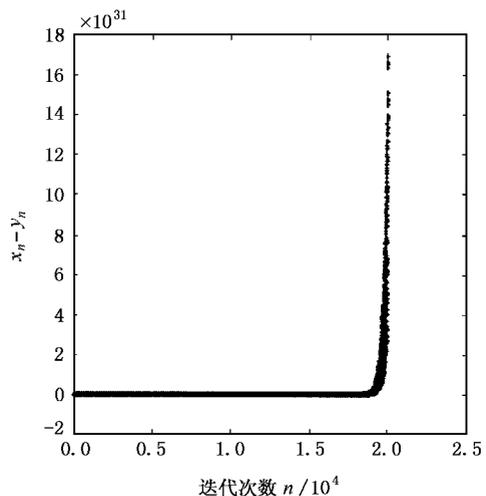


图 10 当选取 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, r = 0.5, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

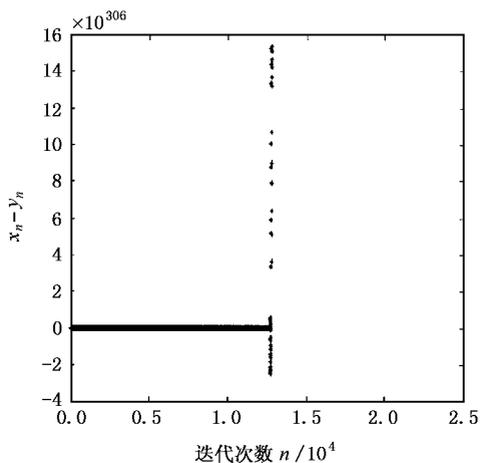


图 8 当选取 $x_0 = 0.36, y_0 = 0.7, \mu_c = 3.8, \mu_0 = 3.7, r = -30, N = 20$ 时对应的混沌同步结果

法对反馈系数 r 有一定要求,选取不当依然会使两个系统的轨迹呈指数发散.

4 结 论

本文基于间歇性参数自适应的控制算法实现了具有不同参数的两个混沌系统之间的同步,并以 logistic 映射为例进行了计算机模拟.结果表明:同步的速度和效果与间歇反馈周期 N 和反馈系数 r 有关.选取合适的反馈系数 r 可以使得在尽量大的间歇反馈周期 N 下获得预定的同步结果.由于采用了间歇性的控制方法,使得控制代价大大减小,具有一定的实用价值.

- [1] L. M. Pecora, T. L. Carroll, *Phys. Rev. Lett.* **64**(1990) 821.
- [2] D. Vassiliadis, *Physica* **D71**(1994) 319.
- [3] M. F. He *et al.*, *Acta Physica Sinica* **49**(2000) 830(in Chinese)
[贺明峰等, *物理学报* **49**(2000) 830].
- [4] J. Gumez, M. A. Matias, *Phys. Lett.* **A181**(1993) 29.
- [5] X. S. Luo *et al.*, *Acta Physica Sinica* **48**(1999) 2196(in Chinese)
[罗晓曙等, *物理学报* **48**(1999) 2196].
- [6] G. H. Li *et al.*, *Acta Physica Sinica* **49**(2000) 2123(in Chinese)
[李国辉等, *物理学报* **49**(2000) 2123].
- [7] M. Zochowski, *Physica* **D145**(2000) 181.

CHAOS SYNCHRONIZATION ON USING INTERMITTENT PARAMETRIC ADAPTIVE CONTROL

DAI DONG MA XI-KUI

(School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

(Received 17 December 2000)

ABSTRACT

In this paper a method based on intermittent parametric adaptive control algorithm is presented for chaos synchronization. A satisfactory result of chaos synchronization is obtained in the case of appropriate intermittent feedback period N and feedback coefficient r . A simulation on two logistic maps with different parameters is conducted. The results show that chaos synchronization will be achieved at very low cost of control when feedback coefficient r is adopted appropriately.

Keywords : chaos synchronization, intermittent control, adaptive control

PACC : 0545