

混沌序列的神经网络实现

石文孝¹,荆涛²,杨怀江²

(1. 长春邮电学院通信工程系, 吉林 长春 130012;
2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要:利用 BP 神经网络,对非线性系统产生的混沌序列进行学习,逼近该非线性系统的映射特征,从而使自身具有混沌特性,成为具备混沌输出能力的神经网络,建立了基于神经网络的混沌序列产生模型(CGNN)。此方法利用具有学习能力的神经网络,它不需要针对某一种非线性映射设计单一的系统结构,并利用 DSP 技术在 CGNN 基础上,制成了混沌神经网络协处理机插板,将其产生的混沌序列作为密钥,用于信息的保密通信。

关键词:混沌; BP 网络; DSP

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A

1 引言

随着近年来对混沌^[1]的深入研究,利用混沌信号优良的白噪声统计特性、确定性产生机理,对明文信息流进行处理,已成为加密或扩频通信的一个可行性研究方向。

考虑到目前各种文献中讨论的混沌信号产生方法,都是基于对某一种非线性映射设计实现^[2~3],系统局限性很大,而且映射关系可以用显示给出,具有一定的被破译风险。而利用具有学习能力的非线性神经网络,则可以通过学习而具有的某一混沌映射关系为隐式形式,且应用灵活。我们提出了一种基于神经网络的混沌序列产生模型(CGNN)^[4]。

然而,混沌神经网络理论的研究,只有最终的真实硬件实现才能对人们的生产生活产生实际的深远意义。至今,已提出的几种不同的混沌保密通信技术中,大多数方法实现的密文信号均为模拟信号,并不适合现代高度数字化的通信网络传输要求。至于计算机上实现的混沌随机序列保密技术,由于机器硬件配置的差异,无法解决混沌信号输出的稳定性问题。考虑到以上因素,我们利用 DSP(数字信号处理)技术,以计算机软、硬件结合的方法,实现基于数字式的混沌系统。由于数字计算的准确性,输出稳定性问题得以解决,而利用软

件的可编程性,可进一步控制网络输出序列性状,是一种理想的神经网络实现方案。

神经网络的实现途径分通用与专用两种。通用神经计算机采用虚拟实现技术,能支持广泛的神经网络模型的实现。而专用神经计算机采用全硬件实现,处理速度快,但只支持某一类特定神经网络的实现。考虑到全硬件实现虽实时性强,但处理单元间连接方式难以改变。而虚拟实现的通用神经计算机由于其通用性、可编辑性的优点,一直是神经网络实现的主流。本文中的混沌序列神经网络的硬件实现,则是基于现代数字计算机的虚拟实现技术。

该实现技术是在通用数字计算机上插入神经网络协处理机,形成神经计算工作站。其中神经网络协处理机一般由 DSP、局域存储器组成。DSP 快速实现每个虚拟处理单元上的内积运算、非线性传递函数,局域存储器用于存储处理单元的权值及有关运行程序。

2 神经网络混沌序列产生模型的工作原理

本编码硬件的设计模型是基于神经网络的混沌序列产生模型(CGNN),其系统结构框图如图1所示。其中,我们以神经网络的逼近理论定理为依据,提出一种 BP 神经网络结构模型:选择三层网络结构,输入、隐含、输出。

收稿日期:2000-02-06; 修订日期:2000-04-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目

邮电部重点科技发展计划资助项目

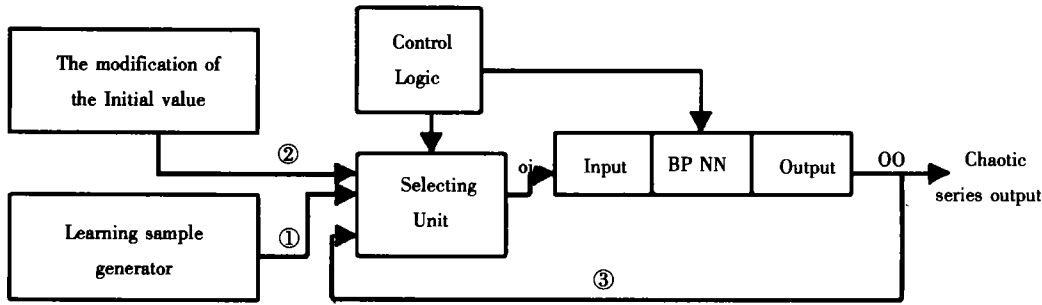


Fig. 1 Structure of CGNN system

各一层,每层节点数比例为1:8:1,如图1所示.该神经网络的输入训练序列按 Logistic 映射关系,由样本序列发生器产生.而网络采用改进后的 BP 算法学习该非线性映射关系,网络权值的调整采用同步方式进行.由网络的输出至输入端的反馈形成闭环结构,可不间断地产生混沌序列.该混沌编码系统运行分两种状态,由控制逻辑进行状态间的转换.

第一阶段:学习非线性映射阶段.先设定网络初始值参数,由学习样本发生器产生混沌序列训练矢量对,输入硬件板.再由 DSP 芯片运行固化的改进后 BP 算法,训练网络的输出特性,逼近预

定的非线性映射关系.当网络输出的混沌序列满足预期要求时,学习阶段结束.

第二阶段:序列产生阶段.由控制逻辑控制,网络输入只接受来自3的反馈信号,构成闭环结构.输入初始值,DSP 芯片依据固化程序,进行高精度定点运算,计算网络的输出.输出的混沌序列中,部分序列经3反馈至输入端,作为下次输出序列的初始值.从而可以源源不断地输出混沌序列.

3 神经网络混沌序列产生的硬件插板的设计方案

(1)系统硬件电路设计

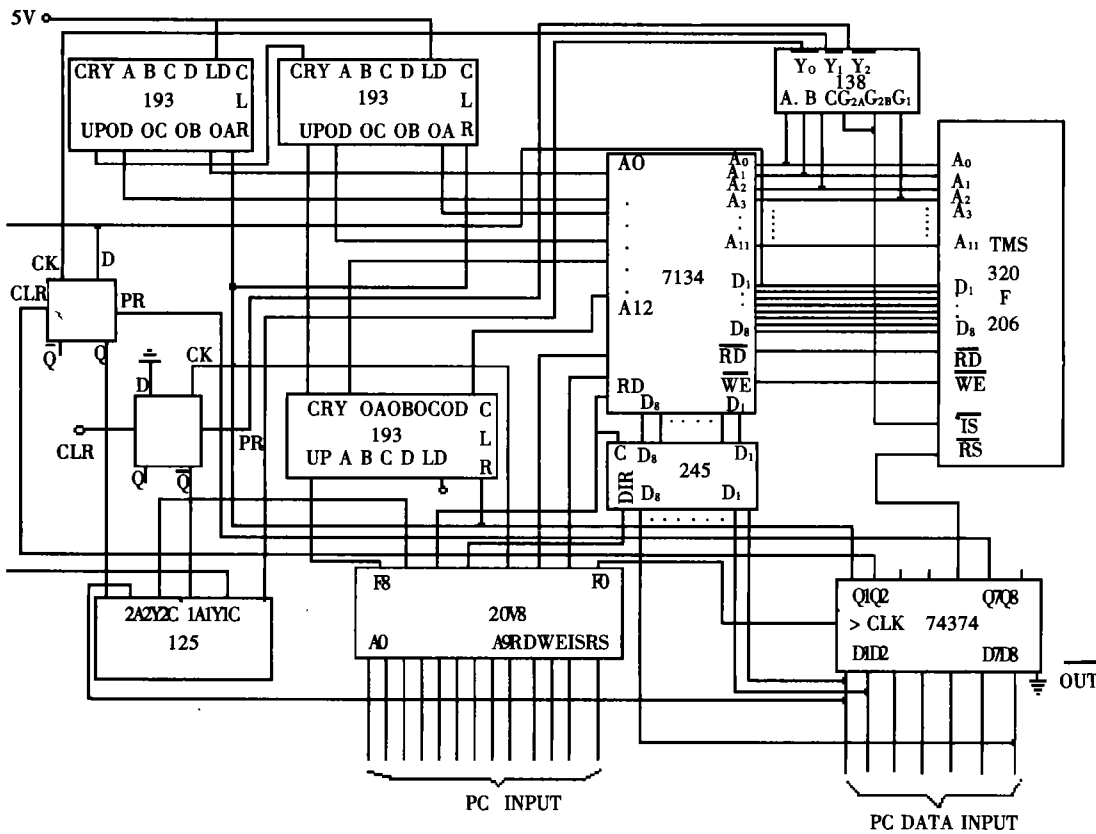


Fig. 2 The circuit diagram

本硬件系统采用了主从式系统的硬件设计,以 PC 机作为主机,完成系统与外部的通信及其它控制功能;而 DSP^[5]作为从机,主要用于模拟神

经网络进行混沌序列的计算输出,并将数值存入双端口存储器中,供主机使用.整个硬件系统包括两个部分.一是 TMS320F206 DSP 芯片处理系统,

包括 TMS320F206、程序存储器、数据存储器、晶体振荡器等;二是双端口存储及其与 TMS320F206 的接口。其中, TMS320F206 是一种低价格、高性能定点 DSP 芯片。具有处理能力强,功耗低,资源配置灵活的特点。电路板硬件原理图如图 2 所示。

电路板上采用 3 片 CD744C193E 4 位同步计数器,用于主机对片外双端口存储器的寻址。而利用可编程、可重组结构的器件 GAL20V8B,编程实现了地址译码功能。74F138 译码器实现 TM320F206 控制端口 I/O 地址译码功能;MC74F245N 用于缓冲从双向存储器至主机的 8 位数据;CD74HC374E 用于锁存主机至双向存储器计数器寻址的清零信号及 TMS320F205 的复位信号等控制信号。

(2) 系统软件流程设计

基于 TMS320F206 开发的软件包括 EPROM 引导程序和系统软件两部分。其中, EPROM 引导程序作用是将系统软件从低速 EPROM 搬移到高速 RAM 中。而系统软件由两部分组成,即 BP

算法子程序和混沌序列输出子程序。前者主要依据第一章讨论的改进型 BP 算法设计;后者主要虚拟混沌神经网络神经元,高速计算特性函数和积和运算,输出混沌序列。其中,程序首先要求输入正确的密码,确认后向 RAM 写入状态标志。而后,先计算出前 2K 字节的混沌序列存入 RAM 供加密。在对明文前 2K 字节加密过程中,再产生后 2K 字节密钥存入 RAM 中准备加密。如此反复计算产生混沌序列,直到对明文信息加密完成。此过程需由 PC 机与插板的接口程序支持运行。

4 结 论

文章首先从混沌神经网络特点入手,以改进后的 BP 神经网络算法为基础,提出了 CGNN 模型。基于此模型,进一步设计了混沌神经网络编码硬件插板。由于采用了 DSP 强大的数学运算处理能力,既加速了网络的学习进程,又快速产生了性状优良的混沌序列。

参考文献:

- [1] 刘秉正. 非线性动力学与混沌基础[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1994.
- [2] 王玄, 胡建栋. Logistic-Map 混沌扩频序列[J]. 电子学报, 1997, 25(1): 19-23.
- [3] 赵春明, 等. 混沌序列的数字发生及其在通信中的应用[J]. 东南大学学报, 1995, 25(4): 131-142.
- [4] 荆涛, 等. 一种基于神经网络的混沌序列产生方法[J]. 通信学报, 1999, 20(6): 77-81.
- [5] 黄凤英. DSP 原理与应用[J]. 南京: 东南大学出版社, 1997.
- [6] 荆涛, 等. 基于复合混沌映射的神经网络模型[J]. 光学 精密工程, 1999, 7(1): 39-45.

Chaos generation based on neural network

SHI Wen-xiao¹, JING Tao², YANG Huai-jiang²

- (1. Dept. of Communication Engineering, Changchun Institute of Post and Telecommunication, Changchun 130012, China;
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China)

Abstract: Back propagation neural network and chaos dynamics are combined in this paper. The global-optimum and dynamic-adjusting neural network is trained by the chaos series from non-linear system so as to approach the mapping feature of that system. So, a chaos generation scheme based on the neural network is proposed. By using nonlinear neural network with learning ability, this scheme doesn't have to be designed to be a single system structure for a certain nonlinear chaotic map. At last, using DSP technology, a Chaos Neural Network Co-processor Flashboard is made based on the CGNN. The chaos is used as a encrypted key in the encryption telecommunication.

Key words: chaos; BP neural networks; DSP

作者简介: 石文孝(1960-), 男, 辽宁昌图人。长春邮电学院副教授, 哈尔滨工业大学硕士, 主要从事信息处理及宽带接入网研究。