

# 基于单片机的灰度图像混沌保密通信\*

雷国伟, 陈浩, 张学荣, 游荣义

(集美大学 理学院 复杂系统研究中心, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 基于混沌保密通信原理, 在单片机上采用细胞神经网络(CNN), 实现了灰度图像的混沌保密通信。首先, 把灰度图像数据嵌入到混沌信号当中, 然后在接收端根据混沌同步原理解出图像数据。给出不同噪声参数和同步参数时的实验结果, 并作简要讨论。

**关键词:** 单片机; 图像; 混沌; 保密通信; 细胞神经网络

中图分类号: TN941.1, TP23

文献标识码: A

## Chaos secure communication of gray image based on MCU

LEI Guo Wei, CHEN Hao, ZHANG Xue Rong, YOU Rong Yi

(School of Science, Center of Complex System, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Based on theory of chaos secure communication, secure communication of gray image is implemented on MCU via cellular neural network. Firstly, data of gray image are embedded in chaos signal and then demodulated at receiver based on chaos synchronization. Experimental results for different parameters such as noise and synchronization are discussed finally.

**Key words:** MCU; image; chaos; secure communication; cellular neural network(CNN)

所谓保密通信, 就是为了防止通信秘密被窃取, 在通信的过程中对秘密信息及其传输方式采取隐蔽的手段, 从而达到保密的目的。混沌是非线性动力学系统所特有的一种运动形式。自从1990年提出混沌同步的原理并在电路中得以实现以来, 混沌控制与同步及其应用迅速成为非线性研究领域的研究热点。同时, 混沌现象具有遍历性、非周期性、连续宽带频谱、类噪声等特性, 特别适用于保密通信及图像加密领域。现在混沌保密通信大致分为3类: 第1类是直接利用混沌进行保密通信, 如基于单片机利用Logistic映射对语音信号进行加解密实验<sup>[1]</sup>、基于PC机利用Logistic映射和Henon映射对图像信号进行加解密实验<sup>[2]</sup>; 第2类是利用混沌同步进行保密通信<sup>[3-4]</sup>; 第3类是混沌数字编码的异步通信。其中, 第2类混沌同步保密通信是当前国际上研究的一大热点。

本文根据细胞神经网络(CNN)混沌同步的原理, 基于单片机进行灰度图像的保密通信实验。通过无噪声、不同程度噪声干扰及同步性能的比较验证了该方案的

可行性。

### 1 CNN混沌模型

4元CNNs混沌同步保密通信如图1所示<sup>[4]</sup>。

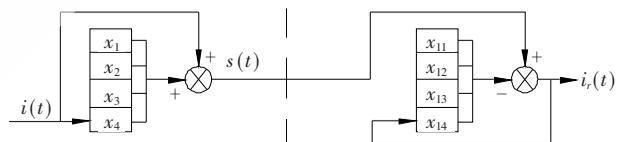


图1 4元CNNs混沌同步系统

发射系统:

$$\frac{dx_1}{dt} = -x_3 - x_4$$

$$\frac{dx_2}{dt} = 2x_2 + x_3$$

$$\frac{dx_3}{dt} = 14x_1 - 14x_2 \quad (1)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = 100x_1 - 100x_4 + 200y_4 + i(t)$$

$$y_4 = 0.5(|(x_4 + 1)| - |(x_4 - 1)|)$$

传输信号:

$$s(t) = KX + 200y_4 + i(t) \quad (2)$$

\* 基金项目: 福建省自然科学基金(C0710036)

通过同一个驱动变量  $s(t)$ , 实现同步误差  $e=x-x'$ , 当  $e=0$  时候, 也就是平衡状态稳定时, 构建的接收方程如下:

接收系统:

$$\begin{aligned} \frac{dx_{11}}{dt} &= -x_{13} - x_{14} \\ \frac{dx_{12}}{dt} &= 2x_{12} + x_{13} \\ \frac{dx_{13}}{dt} &= 14x_{11} - 14x_{12} \\ \frac{dx_{14}}{dt} &= 100x_{11} - 100x_{14} + 200y_{14} + i_r(t) \\ y_{14} &= 0.5(|x_{14} + 1| - |x_{14} - 1|) \\ i_r(t) &= s(t) - (KX_1 + 200y_{14}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中, 取  $K=[80.190\ 0, 20.154\ 6, 11.936\ 3, -89.800\ 0]$ 。

## 2 系统设计

### 2.1 单片机及开发工具

本文使用的单片机为 AT89S52, 在此基础上实现灰度图像混沌保密通信。AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS 集成电路芯片 8 位微控制器, 具有 8 KB 系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造, 与工业 80C51 单片机指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程。在单芯片上, 拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash, 使得 AT89S52 可为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。

本文使用的单片机开发工具为 Keil C51, 版本为 808A。此开发工具支持汇编/C 语言编程。并且提供各种模拟芯片供软件仿真使用。Keil C51 是美国 Keil Software 公司出品的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统, 与汇编语言相比, C 语言在功能上、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势, 易学易用。

### 2.2 设计流程

灰度图像为二维信号, 而本次设计所需的信号为一维信号, 因此, 实验前必须如图 2 所示将灰度图像的二维点阵数组 ( $m \times n$ ) 转换为一维数组, 作为输入信号  $i(t)$ 。

$$\begin{bmatrix} x[1,1], & x[1,2], & x[1,3], & \dots, & x[1,m-2], & x[1,m-1], & x[1,m] \\ \hline x[2,1], & x[2,2], & x[2,3], & \dots, & x[2,m-2], & x[2,m-1], & x[2,m] \\ \hline \dots \\ \hline x[n-1,1], & x[n-1,2], & x[n-1,3], & \dots, & x[n-1,m-2], & x[n-1,m-1], & x[n-1,m] \\ \hline x[n,1], & x[n,2], & x[n,3], & \dots, & x[n,m-2], & x[n,m-1], & x[n,m] \end{bmatrix}$$

图 2 灰度图像数据转换

整个实验流程如图 3 所示。需要说明的是, 由于单片机存储单元有限, 混沌算法经过多次乘加, 中间参量生成较多, 为了获得完整的数据结果以及单片机的运转正常, 特设定了 5 个数据为 1 次算法循环。一旦结束 1

次算法循环, 便将结果数据发送至计算机, 下次循环结果覆盖保存在相同的存储单元。这样, 保证了数据的完整性以及实验的流畅性。



图 3 实验流程图

## 3 实验结果

实验界面如图 4 所示, 功能如下:

噪声参数: 通信噪声, 模拟实际环境外界干扰下实验结果。

同步参数  $X$ : 4 元 CNN 混沌算法,  $X$  初始值, 表示通信的同步性,  $X$  为 0 时, 表示同步; 大于零时表示欠同步,  $X$  值越大, 同步性能越差。

通行测试: 测试单片机是否连接正确。

运行: 在通行测试正常情况下, 点击运行, 显示如图 4 所示。



图 4 VC++ 提示界面

输入不同的噪声参数以及同步参数获得的结果如图 5 所示。



图 5 实验结果综合截图

本文基于 CNN 混沌同步原理，在单片机上实现了灰度图像的保密通信。在噪声系数和同步系数不同的情形下分别对实验结果进行了对比，实验结果如图 5 所示。在理想情况下(即噪声为 0, 完全同步情况下)，验证了在单片机上混沌保密的可行性。而在噪声逐渐增大的

情况下，图像的失真度越来越高，这符合实际情况。在同步参数改变的情况下，图像出现欠同步现象，印证了在单片机上同步算法的运行正确性。单片机作为小型芯片设备，可嵌入在各种电子产品中，应用领域、成本低、效益高，并且保密通信效果稳定。

#### 参考文献

- [1] 常新华, 刘孝贤, 赵子婴. 基于离散混沌信息加密传输的实验研究[J]. 电子技术应用, 2004, 30(9): 7-10.
- [2] 谭建明, 丘水生, 吴敏. 基于混沌映射的图像保密系统及软件实现研究[J]. 电路与系统学报, 2002, 7(3): 55-57.
- [3] DAVID J R, VALERI M M. Synchronization of chaotic cellular neural networks based on rossler cells[C]. 8th Seminar on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEURAL-2006: 41-43.
- [4] 蒋国平. 细胞神经网络超混沌系统同步及其在保密通信中的应用[J]. 通信学报, 2000, 21(9): 79-85.

(收稿日期: 2009-06-04)

电子技术应用

APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNOLOGY

www.chinaAET.com