

基于 DSP 的系统卷积码盲识别^①

苗成林, 李彤, 吕军

(装甲兵工程学院 信息工程系, 北京 100072)

摘要: 研究了一种系统卷积码的盲识别算法, 该算法通过建立数据矩阵, 遍历所有可能的矩阵形式, 分析矩阵秩特性的方法实现对信道盲参数识别, 参数包括码长、码字起点、码率、校验多项式和生成多项式. 并提出了将该算法移植到 DSP 芯片中, 将软件仿真移植到硬件平台, 在 CCS 软件中优化算法, 完成对 1/2 码率的系统卷积码盲识别仿真. 为实现快速算法, 运用在实际工程提供支持.

关键词: 卷积码; 盲识别; DSP; 秩特性

Blind Recognition of Systematic Convolutional Code Based on DSP

MIAO Cheng-Lin, LI Tong, LV Jun

(Department of Information Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: This paper researches an algorithm about the blind recognition of systematic convolutional code. By building data matrix and analyzing the rank property of the matrix, the algorithm can realize the blind recognition of channel parameters, which include the code length, code beginning, code rate, check polynomial as well as the generating polynomial. This paper also proposes the idea to transfer the algorithm to DSP. After transferring the software codes onto the hardware platform, we optimize the algorithm in the software CCS and then finish the simulation of the blind recognition of systematic convolutional code with code rate equals 1/2. It offers support to the fast implementation of the algorithm in actual projects.

Key words: convolutional codes; blind recognition; DSP; rank characteristic

信道编码是现代数字通信系统的核心技术之一, 信道编码的参数分析是实现智能通信、通信侦察、网络对抗的必要组成部分. 卷积码由于实现简单、纠错性能较强, 在很多通信系统中得到应用^[1]. 信道编码盲识别就是在未知编码信息条件下, 仅靠未知编码数据快速识别出编码体制、编码方法和编码参数^[2]. 卷积码的快速盲识别算法^[3]是一个比较新颖并且专业性较强的领域, 随着数字通信技术向着自适应、智能化方向发展, 越来越多的领域将产生对信道编码盲识别技术的需求, 因此对该技术进行研究具有重要的理论意义和应用价值.

本文研究的卷积码的盲识别技术是实现智能通信、网络对抗的关键技术之一. 在原有卷积码盲识别理论的基础上, 简化了识别算法, 使算法更加实用. 提

出了基于 DSP 硬件平台的算法实现, 并完成了仿真实验, 结果体现了很好的特性.

1 DSP选型

TMS320F28335 DSP 是 TI 公司新推出的一款浮点型数字信号处理器^[4]. 它在已有的 DSP 平台上增加了浮点运算内核, 既保持了原有 DSP 芯片的优势, 又能够对复杂浮点数进行运算, 节省代码执行时间和存储空间, 具有精度高、功耗小、成本低、外设集成度高, AD 转换精确和数据及程序存储量大等优点. 本设计中, 由于针对于大量的 0、1 符号对数据进行处理, 对存储空间和运算速度的要求较高, TMS320F28335 的系统频率为 150MHz, 片内 Flash 和 SARAM, 支持 DSP/BIOS 实时操作系统在线仿真, 这些特点可满足设

① 收稿时间:2014-07-24;收到修改稿时间:2014-09-04

计要求. 相比之下, F2802x、F2803x 和 F2806x 在存储空间和运算速度都逊于 F2833x 系列. 新型号的 F2834x 的系统频率能达到 300MHz, 但价格偏高. 综合以上考虑, 比较各个型号的性能, 选用该 TMS320F28335 DSP.

2 盲识别识别算法研究

2.1 卷积码的识别目标

识别分析需要识别的未知参数^[5]包括: 码字起点 i , 码长 n , 码率, 生成矩阵 G , 校验矩阵 H , 生成多项式 $g(x)$ 等. 其中码长 n 是识别分析中的一个关键参数, 在识别分析中具有提纲挈领的地位.

2.2 识别算法流程

根据文献[2]论述, 线性分组码可以通过建立矩阵模型, 利用矩阵的秩特性来进行编码参数的盲识别. 卷积码也是线性分组码的一种, 同样可以利用矩阵秩的特性完成识别研究. 本文在分析文献[6]提出的算法基础上, 综合线性分组码的相关特点, 采用的具体识别流程如图 1.

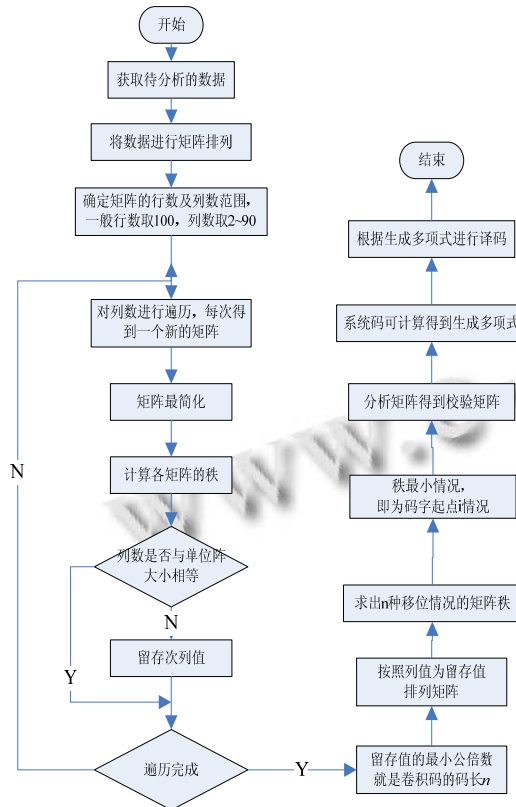


图 1 盲识别识别算法流程图

对 n 进行估值, 考虑实际应用中 n 一般不超过 10,

2 到 10 的最小公倍数为 2520, 因此矩阵每行起点位置差不超过 $d=2520$. 将待识别的卷积码数据按 x 行 y 列的矩阵形式进行排列, 其中 y 要大于编码的约束长度 $N=n(m+1)$, $x>y$. y 取 64 足矣.

矩阵各行具体确定如下, 第一行, 以 i 为起点, 取连续长为 y bit 的数据; 第二行, 以 $i+d$ 为起点, 取 y bit 的数据; 以此类推, 对第 j 行取 y bit 的数据.

对矩阵模型进行初等变换单位化处理. 如果估值 n 大于真实值, 单位化后矩阵开头会有秩为 $(n-i)$ 的单位阵, 单位阵下方和右侧都是全 0 区域. 从最后的数据子矩阵分布结果我们能很容易识别出 n 、 k 、 i , 还有校验矩阵, 如果是系统码, 也就可以直接得到其生成矩阵^[7].

3 仿真环境

本文设计中采用软硬件并行的方法.

硬件电路系统包括以下几个部分: 外部存储空间扩展电路, 如图 2; JTAG 接口电路, 如图 3; 晶振电路; 复位及电源电路; 滤波电路; 以及与 PC 通信有关的电路, 如图 4. 其中, 外部存储扩展电路采用存储器芯片 is116lv25616, 使用 DSP 中 XINT 的 ZONE7 访问, 合理编写 CMD 文件, 分配存储空间. JTAG 接口电路是程序可以在线调试, 配合下载器进行仿真. 通信电路使用 FT232 芯片, 可以实现 USB 到串行 UART 接口的转换, 也可以转换到同步、异步接口模式, 为后续与 PC 的联调提供可能.

软件方面采用 CCS 对软件算法进行设计、优化和仿真. CCS 是 TI 为 DSP 芯片设计的 IDE, 支持标准 IEEE1149.1 JTAG 接口的在线实时仿真, 支持 DSP/BIOS 实时操作系统. 非常方便实验数据直观形象地观察分析.

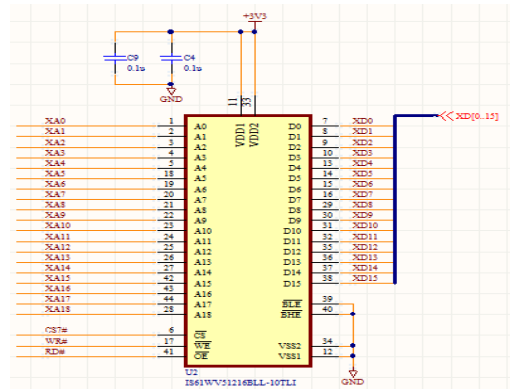


图 2 外部存储空间扩展电路

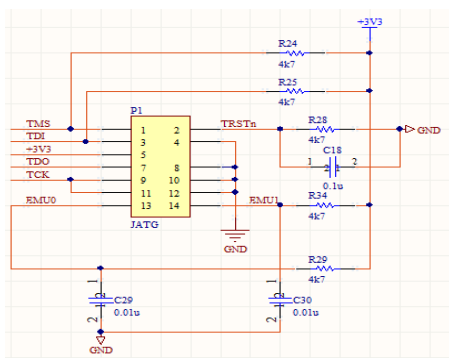


图 3 JTAG 接口电路

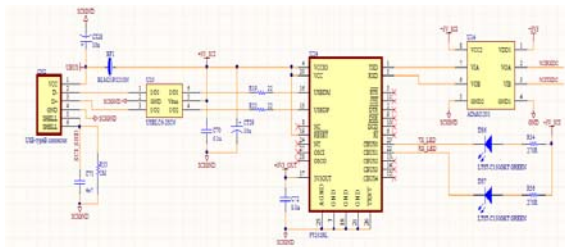


图 4 通信电路

4 仿真结果分析

我们选取 (2,1,6) 卷积码为研究对象, 基本生成多项式为 (11,01,11,11,00,10,11), $G(D)=[g_1(D) \ g_2(D)]$, $H(D)=[h_1(D) \ h_2(D)]$. 其中 $g_1(D)=[1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1]$, $g_2(D)=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]$. 因为 $G(D)H^T(D)=0$, 所以 $h_1(D)=g_2(D)$, $h_2(D)=g_1(D)$. 另外截取的序列起始点为 $i=1$.

首先, 对卷积码进行编码. 用软件模拟出卷积码序列, 该序列即截获数据, 待分析序列.

其次, 根据图 1 介绍的盲识别流程, 按列数变化将数据序列排成矩阵形式, 进行最简化处理后, 依次计算各矩阵的秩, 记下秩不等于列数的情况, 求这些数的最小公倍数得码长为 2. 再建立列数与相应单位阵的大小的关系后, 得到按照 64 行 65 列, 数据间隔取 4 的方式排列矩阵. 相关代码如下:

```
L=64; // 矩阵列数, 行数=L+1
d=4; // 数据间隔
for(k=0;k<L;k++)
{
    for(i=0;i<L+1;i++)
    {
        data[i][k]=y[k+i*d]; // data输出矩阵, y原始数据
    }
}
```

在 DSP/BIOS 中使用 LOG_Printf 函数工具可以有效输出数据状态, 得到识别矩阵模型化简结果, 如图 5.



图 5 1/2 码率卷积码识别矩阵模型化简结果($i=1$)

从图中子矩阵分布间隔情况, 我们可以得出码率 k/n 为 1/2; 左上角秩为 $(n-i)=1$ 阶的全 0 矩阵, 说明码字起点为 $i=1$; 从图中可以看出, 扣除第 1 位码字起点后, 再第 15 列出现了 1 列校验序列, 说明编码约束长度为 $N=14$, 因此存储器个数是 6, 考虑到码字起点为 1, 本应该在第 3、5、7、9、11、13 出现的校验序列由于不满足线性约束关系而没有显现. 第 15 列正好满足了完整的线性约束长度, 出现了 1 列数据正是我们所要求的校验序列.

识别的校验序列为 1101001111011, 根据卷积码生成多项式和生成矩阵的编码特征, 我们将按照码长 $n=2$ 抽取 1101001111011, 抽取方法是分别隔位抽取, 抽取结果为 1001111 和 1101101, $h_1(D)=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]$, $h_2(D)=[1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1]$, 由此可以得到生成多项式矩阵, 这和理论上是一样的. 由生成多项式矩阵可以得到生成多项式 G .

值得一提的是, 上述矩阵的最简化处理是基于 $GF(2)$ 的矩阵行列变化, 运算的基本规则是模二加原则, 这不同于一般意义上的行列变换.

另外, 修改起始点 $i=0$, 其它保持不变, 可得图(6)结果.



图 6 1/2 码率卷积码识别矩阵模型化简结果($i=0$)

可见 $i=0$ 时, $(n-i)=2$, 因为 $n=2$, 所以起始点 $i=2$ 等价于 $i=0$, 所以起始点处未出现全 0 位.

本次仿真中所用到的数据量仅为 300 多个, 而且过程简单, 容易识别, 结果准确无误, 可见这种算法是比较实用的. 但是本文所建立的模型适用于系统码和 $1/n$ 卷积码的盲识别; 对于非系统码只能盲识别出码率 k/n 和码长等部分参数, 其识别算法同上述算法, 但由于误码的存在, 有些本该留存的列数没有被留存, 但是不妨碍将可能的列数保留下来, 通过这些值仍可以识别出码长、码率、码字起点.

5 结论

本文建立识别模型, 利用数据矩阵秩的特性, 通过遍历所有可能的矩阵形式, 得到待分析的矩阵, 从该矩阵中我们得到盲识别的目标参数. 实际应用中, 对于 $1/n$ 卷积码, 当 n 大于 4 后编码效率很低, 所以一般码长 n 不会很大. 基于 DSP 的开发, 对于大量数据的处理, 合理安排存储空间可以优化算法, 提高运算

速度.

参考文献

- 1 王新梅, 肖国镇. 纠错码—原理与方法. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- 2 柴先明, 黄知涛. 信道编码盲识别问题研究. 通信对抗, 2008, (2).
- 3 孟凡刚, 刘玉君, 巩克现. 卷积码的线性系统理论研究. 解放军信息工程大学学报, 2003, 4(1).
- 4 刘陵顺, 高艳丽. TMS320F28335 DSP 原理及开发编程. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- 5 薛国庆, 李易, 柳卫平. 系统卷积码盲识别. 信息安全与通信保密, 2009, (2).
- 6 张永光. 一种卷积码编码参数的盲识别方法: 中国发明专利, 申请号: 010101711931.X.
- 7 JJ Chang, DJ Hwang, and MC Lin. Some extend results on the search for good convolutional codes. IEEE Trans. Inform. Theory, IT-43:1682-97, September 1997.