

无线传感器网络数据信道 BCH 码编译的设计

蔡爱杰¹, 耿振亚²

(1. 哈尔滨广播电视大学, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨工业大学 航天学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 针对无线传感器网络节点间的信道数据传输,研究了传感器采集数据的发送、处理和接收过程,进行信号的有效传递,并实现无线网络对特定区域的监测. 设计中的传输信道编码采用 BCH 码编译,以时域迭代算法结构校检编码,自动地纠正传输中的错误信息,并达到信道编码较低的误码率,实现了网络节点间数据的有效传输.

关键词: 无线传感器网络; 信道编码; BCH 码; 迭代算法

中图分类号: TP274.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2010)04-0023-03

Designing Encoding and Decoding of BCH Code from Data Channel of Wireless Sensor Network

CAI Ai-jie¹, GENG Zhen-ya²

(1. Harbin Open University, Harbin 150001, China; 2. School of Astronautics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to complete the data channel transmission between wireless sensor network nodes, it is researched how to send, process and receive data that a sensor has detected. With effective signal transferring, wireless sensor network nodes can detect some designated locations. This paper introduces a transmission channel code which is designed with BCH code encoding and decoding. Coding is checked with time domain iterative algorithm structure. Error messages can be corrected automatically. Simultaneously, the lower bit error is achieved. The effective transmission of the network nodes data can be realized.

Key words: wireless sensor network; channel code; BCH code; iterative algorithm

0 引 言

无线传感器网络是一种特定区域的监测网络,以传感器为节点布置网络检测信息任务,这些节点通过特定的协议高效、稳定、正确的组织起来,协同工作与应用,完成数据采集、无线通信和信息处理等功能^[1]. 因此,在环境监测、城市管理、医疗监护、仓储管理、汽车电子等领域有较

好的应用.

在无线传感器网络中,节点间传输数据通常是一个通信微系统,对采集数据的接收、处理、发送等功能都要依靠一定编码进行,从而完成对数据的处理、存储和通信,以及信号传输管理与协同管理的功能^[2],因此传感器网络节点间的数据传输信道编码是其中一个重要的研究部分,本文主要是对无线传感器网络节点间数据信道的 BCH 码编译进行设计探讨.

收稿日期: 2010-05-07

作者简介: 蔡爱杰(1960—),女,副教授, E-mail: caj20012003@yahoo.com.cn;

耿振亚(1972—),男,博士研究生.

1 信道编码原理

传感器采集数据经过模拟调制成为离散数字信号,使用数据压缩来减少信号带宽,本文设计无线传感器网络节点间数据的信道传输主要由发射芯片 T5754、接收芯片 T5743^[3] 和 MCU 微处理器 PIC18F6620^[4] 构成,信道数据的传输以一定的发射接收频率和数据传输速率协同工作.因此,无线传感器网络节点是将载荷数据的信号从 T5754 发射端传到 T5743 接收端的通道媒质,包括收发设备在内的物理设施,实际信道有天线、无线电波传播空间等.无线传感器网络节点的数据通信模拟如图 1 所示.

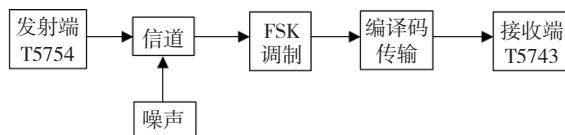


图1 无线传感器网络节点数据通信模拟

在信道中引入噪声和干扰,是一种等效的表达方式,这种随机性的噪声和干扰是信道传输能力的重要影响因素^[5].为提高系统的抗干扰能力,保证较高的功率利用率,设计中对芯片 T5754 发射是采用 FSK 调频的解决方案,而且芯片 T5743 内部自带 FSK/ASK 解调模块,只需选择 FSK 解调模式即可.数据传输时,芯片 T5754 对要发送的信号进行编码传输,编码信号经芯片 T5743 接收后,得到原始信息,再对编码信号进行解码.

由于噪声和干扰的存在,使数字信号或数据在传输过程中会出现差错,这种差错是随机的、多样的或不相关的.信道编码就是在被传输信息中增加一些冗余码,利用附加码元和信息码元之间的约束关系加以校验,以检测和纠正错误,同时增加冗余码的个数可提高纠错能力^[6].设计中采用这种编码控制方式提高信道通信能力,有效地降低噪声和干扰;利用单向信道和前向纠错来提高编码效率,进行信号传输的检错和纠错,通过提高编码效率来保证传输能力的有效性.前向纠错的编码模型如图 2, { * } 为各部分的输出序列.

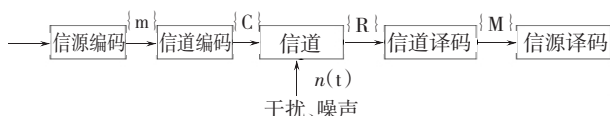


图2 前向纠错模型

在数据信道传输过程中,前向纠错(也称为自动纠错)将发送的数字信息按一定的数学关系构成具有纠错能力的码组,如果传输中出现差错并在编码的纠错能力范围内,系统接收端芯片 T5743 根据编码规则进行解码,并自动纠正错误.采用前向纠错方式的信道编码不需要反馈信道,发送端芯片 T5754 发送能够纠错的码,接收端芯片 T5743 接收到这些码后,通过纠错译码器自动地纠正传输中的错误,译码的实时性好^[7].因此,能够获得较低的误码率,并保证传输效率.

2 BCH 码编译的设计

无线传感器网络节点间信道数据的编译码设计通过 BCH 码完成,BCH 码是一种重要而有效地纠正多个随机错误的循环码,它的纠错能力很强,在短、中等码长下的性能很接近于理论值,并且构造方便,编码简单^[8].设计中信道数据采用 BCH(15,7) 码编译算法,即距离 $d=5$ 的本原 BCH 码,能有效的纠正二位随机错误,适合信道数据传递和降低延时.

在信道编码中一个 (n,k) 循环码是码长为 n ,有 k 个信息元的线性码,在信息元和校验元之间的关系为线性分组码,任一码组每一次循环移位得到的是码中的另一码组,因此具有循环移位不变性和线性分组特性.设计中信道结构完全建立在有限域基础上,其差错控制中所使用的线性分组码是循环码,易于进行 BCH(15,7) 码校验,建立一一对应关系^[9].因此,信道编码的 BCH(15,7) 码是二元线性循环码,其循环码生成多项式 $g(x)$ 具有如下形式

$$g(x) = \text{LCM} [m_1(x), m_3(x), \dots, m_{2t-1}(x)] \quad (1)$$

式中: T 为纠错个数; $m_i(x)$ 为素多项式; LCM 表示取最小公倍数.

通常称码长为 $n=2^m-1$ 的 BCH 码为本原 BCH 码,由此生成 BCH 循环码的最小码长为 $d \geq d_0 = 2t+1$,它能纠正 t 个随机独立差错,BCH 码的码长是 $n=2^m-1$ 的因子^[10].设计中 BCH 码编译在时域上直接利用代数结构进行编译码,时域编译码不仅简单,而且特定码长算法容易.对信道中 BCH(15,7) 码编译采用迭代算法方式完成,即

- 1) 由接收多项式 $R(x)$ 计算伴随式 $S(x)$;
- 2) 有伴随式得到差错图样 $E(x)$;
- 3) 最后得到码字估值 $C(x)$.

由于设计选用的 BCH 码码长较短,错误图样较少,可根据错误图样来查找错误序列,完成译码算法.因此,获得 BCH(15,7) 码为校检编码,码长 15 位,其中包含 7 位信息,最大能够纠正二位随机错误.

3 BCH(15,7) 码编译算法

在信道编码的 BCH(15,7) 码编译过程中,设 $m = (m_{k-1}, m_{k-2}, \dots, m_1, m_0)$ 为一信息序列, G 为生成矩阵,则相应的编码输出序列为: $c = mG$. $c = mG$ 执行的是一组模 2 运算^[1].

由式(1)生成多项式为

$$g(x) = m_1(x) m_3(x) = (x^4 + x + 1)(x^4 + x^3 + x^2 + x + 1) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + 1 \quad (2)$$

从而生成矩阵 G :

$$G = [Q, I], Q = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

因此,无线传感器网络节点信道设计 BCH 码的编译方法可以分为以下 3 步:

- 1) 由接收到的码字 r 计算出错误图样 s ;
- 2) 由错误图样 s 计算出错误序列 e ;
- 3) 由 $r - e$ 得到可能发送的码字.

其中,

$$r = c \oplus e \quad (3)$$

$$s = rH^T = (c \oplus e)H^T = eH^T \quad (4)$$

式中: H 为校检矩阵; $H = [Q^T, I]$.

当错误位置为 i 时,可以得到错误图样 s_i ,当错误位置为 j 时,可以得到错误图样 s_j .而当错误在 i, j 同时发生时,得到的错误图样为:

$$s_i \oplus s_j = s_{i+j} \quad (5)$$

由此可以证明: BCH(15,7) 码的错误图样 s 和两位以内的错误序列 e 满足一定的双射关系,由错误图样 s 得到错误序列 e . 所以错误序列满足下面关系

$$e_i \oplus e_j = e_{i+j} \quad (6)$$

错误图样 s 与错误序列 e 的对应关系如表 1 所示.

表 1 $s - e$ 对应表

i	s_i	e_i
0	00000000	000000000000000
1	00000001	000000000000001
2	00000010	000000000000010
3	00000100	000000000000100
4	00001000	000000000001000
5	00010000	000000000010000
6	00100000	000000000100000
7	01000000	000000001000000
8	10000000	000000010000000
9	11010001	000000100000000
10	01110011	000001000000000
11	11100110	000010000000000
12	00011101	000100000000000
13	00111010	001000000000000
14	01110100	010000000000000
15	11101000	100000000000000

4 结 语

无线传感器网络节点的信道数据传输是一个通信微系统,对传感器采集的数据进行发送、处理、接收等完成信号传递,这种功能的实现需要依靠一定编码进行,从而完成网络对特定区域的监测.设计中信道编码采用 BCH 码编译实现,在时域上应用迭代算法的代数结构校检编码,增加纠错码冗余度,自动地纠正传输中的错误信息,获得信道编码较低的误码率.

参 考 文 献:

- [1] 史永彬,叶湘滨,刘培亮.无线传感器网络技术研究现状[J].国外电子测量技术,2008,24(1):19-23.
- [2] AI-KARAKI J N, UI-MUSTAFA R, KAMAL A E. Data Aggregation in Wireless Sensor Networks-Exact and Approximate Algorithms[J]. Proceedings of the IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing,2008:241-245.
- [3] ATMEL Corporation. Atmel. T5743 and T5754 Data Sheet [Z], 2009.
- [4] Microchip Technology Corporation. PIC18F6620 Rev A4 Silicon/ Data Sheet Errata [Z], Microchip Technology Corporation, 2007.
- [5] MAO Guoqiang, BRIAN Baros_Fidan, ANDERSON D O. Wireless Sensor Network Localization Techniques[J]. Computer Networks, 2007,51:2529-2553.
- [6] BRAGINSKY D, ESTRIN D. Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks[J]. Proceedings of the 1st Workshop on Sensor Networks and Applications,2009:22-31.

(下转第 29 页)

点击数据分析,对掉过来的数据,选择故障判断,进行故障分析.相应的分析结果显示在界面上.



图6 故障分析界面

4 结 语

在数控刀架误差测量系统中,采用 Visual C++ 编制的系统控制处理软件,通过与单片机系统进行联机通讯还可进一步实现数据采集、控制、显示以及数控刀架可靠性故障分析等.丰富了系统的功能.即可构成独立的智能化系统,又可与上位机通讯完成进一步的数据处理.可直接应用于工作现场环境中,对刀架的重复定位误差和转位误差进行测量,又可

通过通讯电缆远距离与上位机进行数据交换,进行实时控制、故障分析,从而能够找出数控刀架工作的薄弱环节、确定可靠性指标、提高数控刀架的质量,提供可靠的数据基础.

参 考 文 献:

- [1] 吉 涛,刘 乘. 多工位转塔刀架的数控实现 [J]. 机电与液压, 2006, 9: 89-90.
- [2] 殷 滨,丁喜波,杨玉春,等. 数控刀架综合检测仪的研制 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 1999, 4(4): 51-53.
- [3] 王丽杰. 多工位数控刀架误差测量系统研究 [J]. 传感器世界, 2007, 13(8): 11-13.
- [4] 林巨广,郑彩霞,刘 琼. 四工位立式回转刀架的控制器的设计 [J]. 设计与研究, 2006, 10: 9-11.
- [5] 朱颖斌. 双刀车削数控编程若干技术的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007: 13-18.
- [6] 王乾廷. 双刀数控车削编程技术研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2003: 11-16.
- [7] 陈天华. 面向对象程序设计与 Visual C++ 6.0 教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 117-129.
- [8] 杨立辉,程金生,张 治,等. 数控车床转位刀架控制电路的改进 [J]. 机电一体化, 2002(6): 19-20.

(编辑: 付长纓)

(上接第 25 页)

- [9] 张宗诚. 纠错编码原理和应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 51-132.
- [10] HEINZELMAN W B, CHANDRAKASAN A P, BALAKRISHNAN H. An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008, 1(4): 660-670.
- [11] 赵 华,殷奎喜. (15,7) BCH 码编译器的 VHDL 设计 [J]. 现代电子技术, 2007(20): 100-101.

- [10] THIERRY P. BERGER, ASCALE CHARPIN. The Automorphism Groups of BCH Codes and of Some Affine-Invariant Codes Over Extension Fields [J]. Codes and Cryptography, 1999, 18: 29-53.
- [11] 唐建军,纪越峰. 超高速 BCH 码解码改进算法研究 [J]. 通信学报, 2008(9): 23-25.

(编辑: 温泽宇)