

列车调度无线通信系统设计

陈志贤^{1,2}

(1 南京工业大学 信息学院, 江苏 南京 210009; 2 南京大学 软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093)

摘 要: 设计了一套基于摩托罗拉 GP3688 的无线列车调度通信系统, 给出了系统的总体设计, 着重阐述了数据传输的接口技术、数字信号的软件调制/解调以及数据传输的纠错编码等几个关键实现。现场运行结果表明: 该系统具有较高的可靠性, 对提高铁路系统中通信的可靠性具有重要的实用价值。

关键词: 无线通信; 信道; 误码率; RS 码

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)04-0137-03

Design of Wireless Communication System for Train Dispatching

CHEN Zhi-xian^{1,2}

(1 College of Electronics & Information Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;

2 National Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: A kind of wireless communication system designed for train dispatching service is introduced. The system overall design is given first, and then interface technologies of data transmission, soft modulation and demodulation of digital signal, and error correction coding in data transmission are presented in detail respectively. The results obtained from practical use shows the high reliability of the system. It is also of important practical value for improving the reliability of communication in train dispatching.

Key words: wireless communication; channel; Bit error rate; RS code

1 引言

无线调度系统是用户群较多的移动通信业务, 主要用于作业调度人员和流动作业之间的通信, 典型应用于机场、公安、交通、消防、集装箱码头、铁路、大型工矿企业等部门或系统内流动作业的人/车的指挥调度。它能显著提高生产和运营能力, 保障作业安全, 因此具有十分重要的研发和使用价值。

文中设计了一套基于摩托罗拉 GP3688 的手持对讲机的无线通信系统。这种基于无线通信的方法可广泛应用于点对点的数据传输、野外实时数据采集及传输, 具有一定的保密性和实用性。

2 系统组成

铁路平面无线调车系统是基于无线电台加装控

制软、硬件, 用于实时传送铁路车辆平面交叉编组调车连挂作业所需的各种色灯信令和语音提示、通信与信号一体化的车辆编组调度的信息与控制系统^[1]。它为指挥调车作业提供了一种方便、可靠的技术手段, 对保证铁路列车运行的调度指挥, 提高运行能力, 保障行车安全起到了重要的作用。

如图 1 所示, 整个系统由机车设备、移动设备和固定设备三大部分组成。三者之间组成一个三角形同频单工无线通信网。此外还有其他一些配合设备, 以便更好地满足调车作业的需要。

- 机车设备: 以机车控制器为核心, 完成调车指令的接收、识别、处理和显示, 是整个系统的核心部分。外围设备有司机话盒、色灯显示器、外接扬声器、调车信息记录仪(即黑匣子)等。

- 移动设备: 供调车组人员使用的设备, 主要

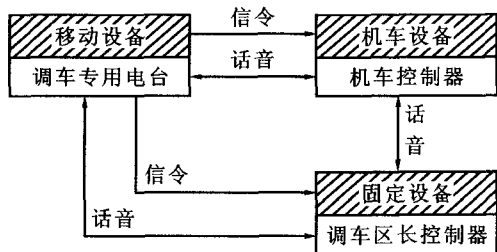


图1 无线调车系统组成图

由调车员控制盒(电台)、连结员控制盒和制动员控制盒组成,主要用于调车人员向机车发送指令、语音以指挥机车运行。本系统中移动设备选用摩托罗拉 GP3688 手持对讲机,配备一体化的电台与控制盒,在送灯显信号同时传送语音提示,还可以与司机及调车组其他人员进行通话。

- 固定设备:以调车区长控制器为核心,解决调车区长与调车组之间的联络问题。有区长台、台式话筒、外接扬声器和有录音插孔的外接录音装置,可记录调车作业中的通话情况。

此外,还有充电器、时钟校准仪、话盒故障监测仪、机车故障监测仪等附属设备。

3 数据传输的接口技术

摩托罗拉 GP3688 是一款常规手持双向无线电对讲机^[2-3],它提供了灵活的选件板接口以方便二次开发商根据不同的应用需求研制出内置于对讲机的选件板。

本系统中通过为 GP3688 外扩不同的选件板以满足在移动设备、机车设备和固定设备上的不同需要。如为移动设备的对讲机外扩了信令板,控制语音/信令的传送,使语音/信令处在同一无线信道,而在不同的时刻进行收发;为机车设备外扩了机车控制板,完成信号的接收、识别和处理,并控制灯显和语音提示输出;为固定设备外扩了区长控制板。下面主要以机车控制板为例进行讨论。

如图2所示,机车控制板以单片机作为控制核心,主要完成调车指令的接收、识别、存储和显示,以及语音合成、语音存储等功能。其中,数据传输接口技术的关键在于控制接入部分与无线对讲机之间的接入处理。接入部分的控制核心可采用低功耗、高性能的8位微处理器 AT89C51,通过 I²C 总线或 SPI 接口与无线对讲机的控制部分进行数据通信。

外扩选件板与无线对讲机之间的数据通信大致可以分为无线信道控制及测试接口和调制/解调数据传输两大部分。

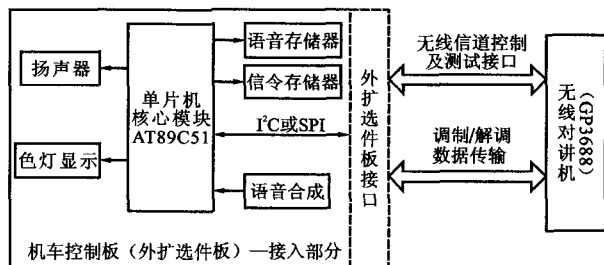


图2 外扩选件板与对讲机的接口

无线信道控制及测试接口主要实现选件板与对讲机之间控制命令字的传送:①当选件板需要向对讲机发送控制命令时,首先向对讲机发出请求信号;对讲机收到该请求后中断当前工作,同时向选件板返回应答信号,并送出时钟。在时钟的同步下选件板向对讲机送出命令数据。这些命令数据可用于对无线对讲机的管理,如选择信道、发送频率、打开数据无线发送和接收的控制开关、在对讲机显示屏上显示特定信息等。②同样,当无线对讲机有反馈信息要传送给选件板时,对讲机将依次送出选件板使能信号、时钟信号以及反馈信息,而选件板将同步接收反馈信息。

本系统中数据语音共用同一无线传输信道,其中语音可通过电台天线直接发送,而数据则必须经过调制和解调处理:在发送端,待传输数据被调制后通过天线发送,相应地在接收端对接收到的数据进行解调。调制与解调可采用软件方法实现。

4 数字信令的软件调制和解调

数字信号在传输过程中,信道的加性高斯白噪声、干扰以及衰落等都会导致信号波形失真,接收端不可避免地产生误判,使系统的误码率指标劣化^[4-5]。因此,在无线通信系统的设计中,通常采取加大发射功率、合理选择调制和解调方式、均衡设计等方式来提高系统的抗干扰能力。

本系统利用单片机直接产生音频调制信号,并通过合理选择载波频率和传输波特率来提高系统的抗干扰能力,这样做节省了双音多频发生器专用芯片,降低了产品的生产成本。在系统设计中,我们利用中断技术通过普通管脚来产生调制信号。下面具体描述软件调制和解调的实现过程。

4.1 数字信令的软件调制

单片机对要发送的数据进行频率调制,即当要传送逻辑‘0’时,单片机利用定时功能向无线对讲机送出频率为 f_0 的信号,而当发送逻辑‘1’时送出

频率为 f_1 的信号. 两种频率的信号经无线对讲机选取一个空闲的语音信道后通过天线发出. 这种软件实现调制解调的方法实现起来简单易行, 并且可以灵活调整载波频率, 从而大大提高了数据传输的可靠性.

本系统采用两种音频: f_0 为逻辑‘0’的载波频率, f_1 为逻辑‘1’的载波频率. 由于 GP3688 对讲机对音频输入带宽限制范围为 $1 \sim 3.4$ kHz, 因此必须对传输的数据进行音频调制. 同时考虑到野外接收的可靠性问题, 系统采用低波特率 f . 为了降低发射端编程的复杂性, 令 1 个 bit 数据包含有整数个载波波形, 则有

$$\begin{cases} f_0 = f \times m \\ f_1 = f \times n \end{cases} \quad m, n \text{ 互质} \quad (1)$$

取 m 和 n 互质, 目的是为了减少由 f_0 和 f_1 的谐波分量引起的误差. 由于单片机产生的每个周期的载波波形是由中断定时器控制的, 为减少定时误差, 在调制过程中需要考虑关键指令的执行时间, 精确计算定时初值, 并采用汇编语言编写, 精简指令, 以获得精确的载波频率和波特率.

系统中信令发送方的晶振是 11.0592MHz, 选取 AT89C51 微处理器, 采用 T0 定时器工作于方式 1 下, 通过动态改变定时器初值, 使发送逻辑‘0’和逻辑‘1’可共用定时器 T0. 为了便于分析问题, 本系统中取 $f = 150\text{Hz}$, $f_0 = 1650\text{Hz}$, $f_1 = 2550\text{Hz}$, $m = 11$ 与 $n = 17$ 互质.

4.2 数字信令的软件解调

接收端软件解调的主要原理是利用定时器 T0 给 1 个周期的波形计时, 分析 T0 的计数值, 以判断接收信号是逻辑‘0’, 逻辑‘1’还是非‘0’非‘1’. 当接收到开始位后, 即开始接收数据位, 利用定时器 T1 作为 150Hz 的定时中断, 对接收的数据进行 150Hz 的定时抽样, 每次抽样并非把 1 个 bit 中的所有波形都抽取出来, 而是抽取 7 个周期的载波波形, 对三种不同波形(逻辑‘0’, 逻辑‘1’和非‘0’非‘1’)进行计数, 判决方法为: 计数值 ≥ 4 的波形为最终判决波形, 如逻辑‘0’计数值 ≥ 4 , 则抽样结果判决为逻辑‘0’. 由于每次发送的数据位数是恒定的, 因此接收方抽样的次数也是恒定的.

为了增强接收的可靠性, 在对讲机的语音输出口加了滤波芯片, 将无线对讲机的语音输出作了窄带限带处理, 仅让 f_0 (1650Hz) 和 f_1 (2550Hz) 的频率通过, 实验证明这样处理后的接收效果是很好的, 可使接收更为可靠.

4.3 开始位的讨论

由于语音和数字信令在同一信道中传输, 所以必须严格区分语音信号和数字信号, 将数字信号从中准确提取出来, 为此, 数字信令开始位的选择和设定就变得特别重要了, 它关系到整个接收系统的可靠性和灵敏度.

考虑到人发声时频率的连续性, 可用声音频率的跳变来区分数字信号和语音信号, 用一串指定的码字作为开始位, 而这串码字在语音中几乎是不可能出现的. 如选用逻辑“0000011”作为开始位, 由于人的声音频率无法从 1650Hz 直接跳变到 2550Hz, 这样, 就可以很容易区分语音和数字信号了. 其次, 为了不让数字信令的编码和开始位发生混淆, 还要防止传输数据中出现逻辑“0000011”的情况, 而这通过信令字的设定是比较容易办到的.

5 数据传输的纠错编码

由于进行低频载波调制和解调, 单片机采用中断技术精确控制, 足以满足调制/解调误差, 其次由于传输的是短信令格式, 每次传输的比特数较少, 且波特率较低, 因此系统的实时性较好, 能满足一般厂矿企业的需求.

但在一些对数据传输的标准要求较高的场合, 如生产作业调度, 火车运行调度等, 仅仅采用上述软件方法实现的调制和解调所产生的误码率仍难以满足要求, 因此, 必须采用差错控制编码技术. 为了使系统具备良好的实时性, 可采用前向纠错法 (Forward Error Correction, FEC), 这样接收端不但能在收到的码字中发现错码, 还能够纠正错码. 该方法不需要反向信道, 也不存在由于反复重发而延误时间问题, 实时性较好.

由无线信道的传输特性可知, 其产生的差错主要是突发错码, 故本系统采用 RS 码对传输的信令序列进行编码. RS 码是线性分组码中纠错能力最强的纠错码, 拥有线性分组码的所有特性, 特别适用于纠正实际通信系统中常见的突发性错误, 所以广泛应用于数字通信系统和存储系统中.

具体的 RS 码的编码原理及实现可参考文献[6-8], 不再赘述.

6 结束语

本系统已成功应用于工矿企业的无线调车系统, 其使用效果良好, 误码率低, 系统可靠性及稳定

(下转第 144 页)

盖方法.该方法通过 CHAM 形式化描述整个软件系统,用标号迁移系统 LTS 来对系统的动态行为进行建模,建立了软件体系结构的测试模型,并利用此模型进行软件体系结构级测试的选取,并最终生成了 LTS 中的所有测试路径.并以 B/S 体系结构为例,通过实验验证了该方法在生成 B/S 这一结构的所有测试路径上是可行的.下一步的工作将主要集中在如何根据生成的所有测试路径进行测试数据的自动生成上.同时,SA 级测试向代码级测试的转换也是下一步研究的重点.

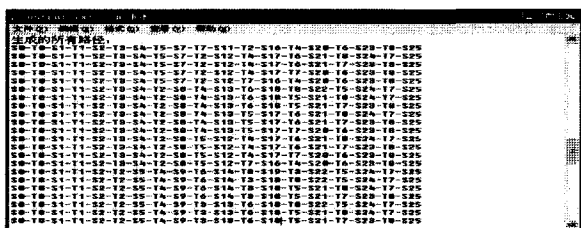


图 3 B/S 结构的测试路径

参考文献:

- [1] 赵磊,伦立军,徐士华.基于软件体系结构的测试路径生成方法[J].微电子学与计算机,2008,25(1):177-180.
- [2] Bertolino A, Inverardi P, Muccini H. Formal methods in testing software architectures[M]. SA Lectures, SFM-03: LNCS 2804, Springer, 2003:124-149.
- [3] Bertolino A, Inverardi P, Muccini H. An explorative journey from architectural tests definition down to code test execution[C]// Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering. Canada: IEEE Computer Society, 2001:211-220.
- [4] Medvidovic N, Rosenblum D S, Redmiles D F. Modeling software architectures in the unified modeling language[J]. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 2002,11(1):13-15.
- [5] Wermelinger M. Towards a chemical model for software architecture reconfiguration[J]. IEEE Proceeding Software, 1998(5):130-136.
- [6] Muccini H, Bertolino A, Inverardi P. Using software architecture for code testing[J]. IEEE Trans. Softw. Eng, 2004,30(3):160-171.
- [7] Berry G, Boudol G. The chemical abstract machine[J]. Theoretical Computer Science, 1992(96):217-248.
- [8] 叶俊民,王振宇,曹瀚,等.基于 CHAM 模型的 LTS 状态树生成算法[J].哈尔滨工程大学学报,2003,24(3):287-291.

作者简介:

赵磊男,(1979-),硕士,工程师.研究方向为软件测试、软件体系结构.
徐士华女,(1978-),硕士,讲师.研究方向为软件测试、构件.
赵国生男,(1977-),博士,工程师.

(上接第 139 页)

性较好.该系统可进一步推广到消防、码头、车站等应用场合,具有较高的实用价值.不足之处是为了保证系统野外工作的可靠性,系统采用了低波特率来传输数据,导致传输速率低,因此不适合大数据量的传输.

参考文献:

- [1] 中华铁路网.铁路平面无线调车系统[EB/OL]. (2007-12-06)[2009-04-01]. <http://www.tieliu.com.cn/tlbk2/print.asp?articleid=96787>.
- [2] Motorola. Professional radio option interface specification [M]. New York, Ireland: Motorola, Inc, 2004.
- [3] Motorola. Professional radio option interface specification electrical[M]. New York, Ireland: Motorola, Inc, 2003.
- [4] 陈永浦.现代通信系统和信息网[M].北京:电子工业出版社,1996.

版社,1996.

- [5] 樊昌信,詹道庸.通信原理[M].北京:国防工业出版社,1995.
- [6] 王新梅,肖国镇.纠错码—原理与方法[M].西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [7] 王薇,刘文予,金欣,等.无线视频通讯中的自适应差错非均匀保护方案[J].微电子学与计算机,2004,21(7):53-57.
- [8] 肖洁,王志功,胡庆生,等.10Gb/s Reed-Solomon(255,239)解码器的设计[J].微电子学与计算机,2005,22(8):39-43.

作者简介:

陈志贤男,(1979-),博士后.研究方向为网络安全、数据挖掘、可信计算及计算机在通信中的应用等.