

无缝钢轨监测系统中的数据压缩及无线传输

刘 泊¹, 俞秀娟¹, 田 静²

(1. 哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080;

2. 佳木斯大学 信息电子技术学院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘 要:针对无缝钢轨远程监控系统中存在的无线通信费用较高的问题,对数据压缩的基本理论和 GSM(global system for mobile communications) 数据传输过程进行了研究,并结合该铁路无缝钢轨的数据特点,提出了一种数据压缩与 GSM 短信传输相结合的方法.采用对测得数据进行预处理、压缩 BCD(Binary Coded Decimal) 编码并进行有选择传输的方法组成了数据压缩系统,并将压缩后的数据应用 GSM 短消息进行无线传输.通过对无缝钢轨数据的仿真压缩验证表明,经压缩后的实验数据得到了大于 80.6% 的压缩比,达到了减少传输数据量,降低无线通信成本的目的.

关键词:数据压缩; 无缝钢轨; 短消息; 无线通信; 远程监测

中图分类号: TN911.21; TN92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0096-05

Study on Data Compression and Wireless Transmission in Remote Monitoring System of Seamless Rail

LIU Bo¹, CHOU Xiu-juan¹, TIAN Jing²

(1. School of Measure-control Technology and Communication Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China;

2. College of Information and Electronic Technology, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China)

Abstract: The basic theories of data compression and GSM Data transmission are studied to resolve the problem of high expense of wireless communication in remote monitoring system of seamless rail. A new method of data compression and GSM Data transmission is proposed by applying the data characteristics of seamless rail. To compose a data compression system, the measured data is processed by preprocessing, compressed BCD encoding and selected transmitting procedures. After that, we transmit the compressed data by GSM. Simulation on the compression of seamless rail data demonstrates that over 80.6% compression ratio of experimental data is obtained. Meanwhile, the purposes of reduction of transmitted data and the cost of wireless communication are also achieved.

Key words: data compressing; seamless rail; text message; wireless communications; remote monitor

0 引 言

在当今的铁路系统中,无缝钢轨以其线路养护

维修费用低、列车行驶平稳性好和使用寿命长等优点得到广泛应用.但是由于无缝线路限制了钢轨的轴向自由伸缩,在环境温度变化时,钢轨中会产生较大的轴向力,可能会导致钢轨的胀曲甚至被拉断,从

收稿日期: 2011-02-01

作者简介: 刘 泊(1961—),男,教授,硕士生导师;

俞秀娟(1983—),女,硕士;

田 静(1980—),女,硕士,讲师.

而产生严重的安全后果. 为了防止钢轨冻裂, 每年入冬降温后, 铁路各工务段就开始对辖区内铁轨进行昼夜巡查, 以便及时发现破损钢轨及时进行更换, 确保铁路行车的畅通、安全. 但这种巡查工作一般都是由线路养护人员凭经验进行判断, 精确度不高且消耗了大量人力物力. 为了进一步提高测量精确度, 减少由于钢轨断裂和胀轨跑道对铁路运输安全的危害, 可采用温度传感器对钢轨进行测量, 并应用无线通信技术对其进行远程传输, 这样便实现了对铁路钢轨的远程遥测, 得到高精度数据的同时也降低了巡路工人的工作强度. 上述远程监测系统在实际应用中最大的焦点问题是如何处理好测量精确度和无线通信费用之间的矛盾. 本文针对这个问题, 选用 GSM 短消息来进行远程通信^[1], 并且在将数据无线传输前, 对待传数据进行压缩处理, 来减少所需传输的数据量, 从这个角度来降低整个系统的无线通信数据量, 从而在不影响测量精确度的前提下, 达到降低无线通信成本的目的.

1 远程监测系统的整体结构及工作原理

整个系统的硬件部分主要包括前端数据采集及发射模块和监控中心接收模块, 系统框图如图 1 所示. 首先由单片机控制灵敏仪器仪表和温度传感器采集钢轨的各项数据, 并对得到的数据进行压缩处理^[2], 之后将数据送给 GSM 发射模块, 由该模块将数据编辑成短消息发送出去^[3], 通过 GSM 网络传送给控制中心的接收端, 之后送数据给上位机进行一系列的数据处理, 将还原后的数据送显及存储, 从而实现了对钢轨各项参数的远程监控.

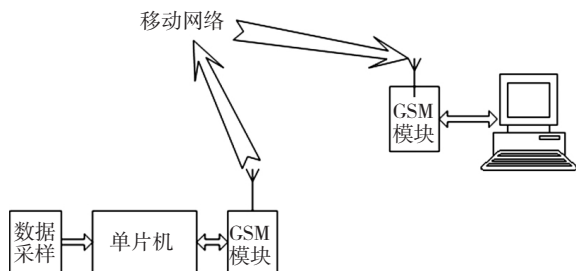


图 1 系统总体框图

整个系统中, 数据的流向可分为: 数据采集、数据处理、数据传送、数据还原四个部分, 如图 2. 其中, 数据处理和数据传送部分的设计是整个系统的核心部分, 决定了该系统是否能高效率、低服务费用的达到远程监控的目的^[4-5]. 本文将着重论述这两部分的设计内容.



图 2 数据流向示意图

2 数据的压缩处理

选用 LPC2138 对数据进行压缩处理, LPC2138 是一个支持实时仿真和嵌入式跟踪的 32 位 ARM7TDMI2STMCPU 微控制器, 最大可工作在 300 MHz, 32 位 ARM7TDMI-S 核, 它具有高性能和低功耗的特性; 32 kB 的片内静态 RAM 和 512 kB 的片内 Flash 程序存储器避免了 LPC2138 外扩存储器, 128 位宽度接口/加速器可实现高达 60 MHz 的工作频率, 可实现在线编程和用于非易失性程序的存储. LPC2138 与前端传感器之间通过 RS232 接口连接^[6].

数据压缩的算法多种多样, 在分类上, 也存在各种不同的方法, 按编码失真程度或者说按照压缩过程的可逆性将数据压缩分为两种类型: 有损压缩和无损压缩^[7-8]. 有损压缩其原始数据不能由压缩数据完全恢复出来, 恢复数据只是某种失真度下的近似^[9-10]. 此类压缩方法在图像通信系统中得到了广泛应用, 压缩比可达 1 000:1. 无损压缩的原始数据可由压缩数据完全恢复出来, 它利用数据的统计冗余进行压缩, 可以完全恢复出原始数据而不引入任何失真. 但这种压缩方式受到数据统计冗余度的限制, 而一般压缩率较低, 在 2:1 到 5:1 之间, 多用于对文本数据的压缩. 本文所采用的数据预处理、压缩 BCD 编码相结合, 并有选择性地传输数据的压缩方式, 舍弃了一部分冗余数据, 而只传输有用数据, 属于有损压缩.

2.1 数据的预处理

铁路钢轨数据格式为: 日期, 时间, 路段状态, 温度, 位移, 其中路段状态用来表示被测路段是否有列车通过, 路段状态为“0”表示无列车通过, 为“1”表示有列车通过. 数据和分隔符共占 72 个字节. 如: 10/08/02, 09:02:13, 0, +30.2, +30.5, +31.0, +33.3, +28.5, +30.1, +33.5, +32.1, +10, 通过对以上数据内容和格式的观察和分析, 可以发现, 这些数据中存在大量重复的字符, 属于冗余信息, 完全可以将其去掉. 其中, 时间和日期两项数据, 可由短消息发送时间和日期来代替, 数据中的逗号是分隔符, 如果已经预先确定了采样数据的格式、位置及长度, 就可将分隔符省略, 根据数据所处的位置即可得知该数据是何种数值, 因此可将逗号在压缩前除去, 待接收解码后

在相应位置添加上即可.

经过以上预处理之后,保留了温度 40 字节,位移 3 字节,路段状态 1 字节,共占用 44 个字节.

2.2 数据取值范围及压缩 BCD 编码

在没有列车经过时,铁路钢轨的温度随着周围环境温度变化而变化,全年温度变化范围在 -50°C ~ 50°C . 当有列车经过时,在车轮与钢轨高速摩擦的状态下,钢轨的温度会快速升高,从而高出无车时的温度范围,但仍在两位数的范围内. 另外,由于钢轨的温度的变化都是在几度或十几度甚至几十度,则所测得数据中的小数位就显得无足轻重,我们将其作为冗余数据,在传输时予以删除,可将温度数据的 5 位在传输前进一步缩减为 3 位.

采用压缩 BCD 码对铁路钢轨数据进行编码,这种压缩方法是利用了数字的高四位都是 0,是冗余的,因此每个数据完全可以用低四位的数码来描述,即每个字符的八位编码可压缩为四位. 压缩 BCD 码在性质上是一种类似字典编码技术的算法,将信息出现频率较高的字串用较短的信息来代替,对于 0000 这种无实际意义的信息,直接将其剔除,将其余信息合并,从而达到数据压缩的目的.

将数据中的正负号用 0,1 来表示,则温度数据均由数字构成,可采用压缩 BCD 码来表示,取其 BCD 码的后 4 位,一个 3 位的温度数据就可以用 1.5 个字节来表示. 对钢轨的一次温度采样需分别同时采集 8 个采样点的温度数据,经压缩 BCD 码编码后,可用 12 个字节进行传输. 钢轨的位移数据用 3 个字节,一个符号位,另两位是位移的数值,单位是毫米. 同样将符号用 0,1 表示后,用压缩 BCD 码对其编码,可将所占空间减少为原来的一半. 经过上述 BCD 编码后,待传的数据为: 温度 12 字节,位移和路段状态 2 字节,共 14 字节.

对于温度数据而言,大部分时间处于无列车经过的状态,此时钢轨的温度计为周围环境的温度,变化幅度不大. 温度传感器每 10 min 采集一次数据,若前次采集与本次采集之间温度数值变化在 10°C 以下,也就是说变化的数值只用一位数就可以表示时,我们可以只传变化的那部分数据,在接收后将变化量加到前次采集的数据中,从而得出本次采集的数据. 如: 前次采集温度为 $+27^{\circ}\text{C}$,本次采集为 $+29^{\circ}\text{C}$,则将两次的差 +2 进行编码传输,待接收解码后,将 +2 加到 +27 上,即为本次的数值. 这种方式对于数据变化量只在最低位的数据,可起到进一步压缩的作用.

3 GSM 数据通信

LPC2138 通过 RS232 接口与 GSM 的发射模块连接,将单片机处理好的待传数据送入 GSM 模块中,通过 GSM 模块的内置嵌入式处理器对数据进行处理、协议封装后发送到 GSM 网络,经 GSM 网络传送给火车站内的监控中心. 每条短消息共 160 字节,其中可用容量为 140 字节.

3.1 GSM 模块

选用西门子 TC35i 作为 GSM 短消息发送及接收模块,该模块是西门子公司推出的新一代无线通信 GSM 通信终端,所提供的命令接口都符合 GSM07.05 和 GSM07.07 规范,且已经有国内的无线设备入网证,性价比较高.

如图 3 所示,TC35i 由射频天线、内部闪存、GSM 基带处理器、相匹配的电源和一个 40 脚的 Zip 插座组成. GSM 基带处理器是核心部件,相当于协议处理器,用来处理外部系统通过串口发过来的 AT 指令. 它的外部集成了标准的 RS232 接口、电源接口、模拟音频输入接口和 SIM 卡. 可以完成语音、数据、短消息以及传真的传送. 只要将 TC35i 的串口与 PC 计算机或单片机的串口相连,就可以用 AT 指令与 TC35i 模块进行信息通信. 在使用时,首先在 TC35i 内放置 SIM 卡,并将此卡开通,这个 TC35i 模块就有一个对应的手机号码,当向这个手机号码发送短消息时,它就会收到该短消息. 同样,计算机或单片机向 TC35i 模块发送短消息的 AT 指令时,它也会收到相应的短消息^[4].

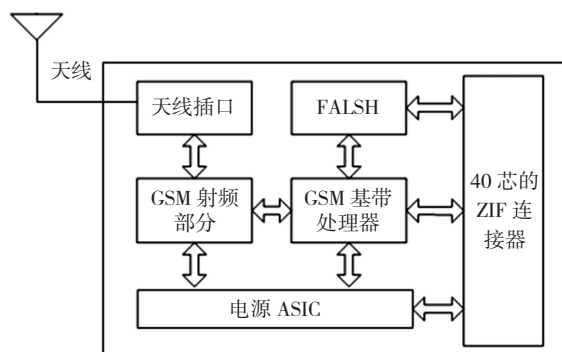


图 3 TC35i 模块结构图

3.2 数据收发

GSM07.05 协议中定义了短消息发送的 3 种模式,用于移动台和终端设备之间通过异步接口传送 SMS 短消息. 块模式 (block mode)、文本模式 (text mode) 和 PDU 模式 (PDU mode). 其中 text mode 是

基于字符的协议,该协议基于为 GSM 修改的 AT 命令集,相比其他两种较为简单,且为所有的硬件生产厂商所支持.本系统中所涉及的传输信息不包含显示问题,只是自定义的字符集传输,所以采用 Text Mode 进行短消息的发送和接收.

外部设备通过串行口与 GSM 模块通信,利用 AT 命令对模块进行控制.

一般来讲,每条 AT 指令都有 3 种调用形式,即设置、读取和查询.下面以 CMGF 为例说明这 3 种调用形式:

参数 + CMGF = [< mode >]

+ CMGF? **返回:** + CMGF: < Mode >

+ CMGF = ? **返回:** + CMGF: (列出所有支持的模式)

设置调用形式一般为: AT + 命令名 + 参数,如: AT + CMGF = 1 用来设置当前短消息格式为 Text 模式.读取调用形式一般为: AT + 命令名?,如: AT + CMGF?.

又如发送短消息 CMGS:

参数 if text mode (+ CMGF = 1) :

+ CMGS = < da > [< toda >] < CR >

> 此处放发送内容 < ctrl - z / ESC >

说明 只有在 TEXT 模式下才这样使用,写完信息内容后以 Ctrl + Z 标识结束并发送.

响应 成功,返回一个消息号;失败,返回 ER-ROR.

表 1 所示为部分与 SMS 有关的 AT 指令.

表 1 与 SMS 有关的 AT 指令

AT 指令	功能
AT + CMGC	Send an SMS command(发出一条短消息命令)
AT + CMGD	Delete SMS message(删除 SIM 卡内存的短消息)
AT + CMGF	Select SMS message format(选择短消息信息格式: 0 - PDU; 1 - 文本)
AT + CMGL	List SMS message from preferred store(列出 SIM 卡 卡中的短消息信息格式 PDU/text: 0/“REC UN- READ” - 未读,1/“RECREAD” - 已读,2/“STO UNSENT” - 待发,3/“STO SENT” - 已发,4/ “ALL” - 全部的)
AT + CMGR	Read SMS message(读取短消息)
AT + CMGS	Send SMS message (发送短消息)
AT + CMGW	Write SMS message to memory(向 SIM 内存中写入 待发的短消息)
AT + CMSS	Send SMS message from storage(从 SIM 内存中发 送短消息)

4 仿真结果分析

将几组钢轨数据作为待处理的数据源,来仿真该系统中数据压缩部分的效果.并将压缩后的数据及所占字节数与压缩前进行对比,如下表 2 为有列车通过时,压缩前与压缩后数据的对比.

表 2 有列车通过时的钢轨数据压缩前与压缩后的对比

状态	压缩前	压缩前所占字节	压缩后	压缩后所占字节
日期	10/08/05	6	—	0
时间	14:20:33	6	—	0
路段状态	0	1	0	0.5
温度	+47.1,...(8 个)	40	+47	12
位移	+10	3	+10	1.5
分隔符	/: (共 16 个)	16	—	0

注:数据压缩后即压缩 BCD 码,为了使压缩前后数据对比更直观,这里直接用十进制数来表示.(前次温度为 +25.0,位移为 +2)

根据上述结果,计算该压缩算法的压缩比,有列车经过时数据压缩比为 80.6%,数据所占字节为 14 个字节,无列车经过时数据压缩比为 86.6%,数据所占字节为 10 个字节.

将上述压缩后的数据送入 GSM 发射模块方进行数据传输的验证.

抽样举例:

at + cmgr = 22(sms_id)

+ CMGR: " REC UNREAD", " + 8613836582830",
" 10/08/05,14:20:33 + 34"

***** (由于是压缩 BCD 码,Windows 无法显示)

以上数据所对应的的非压缩 BCD 码串如下:

93021: ? 820? < 00100500? 3?? : 20100?:
341445238110260633? 145031265:; 06 < = 042 <?
> 1: ?? 1: 00596778261120280633? 945011205:; 5
< = 042 <? > 1: ?? 1: 003967765611209420

上述为用 AT 指令控制 GSM 模块向号码为 " + 8613836582830" 的监控中心发送数据信息," 10/08/05,14:20:33 + 34" 为短信息发出的时间.由于压缩的数据无法显示,上面给出了该段数据的非压缩 BCD 码作为参考.

对接收到的数据进行解压,添加分隔符送显后的数据格式为: 10/08/05,14:20,0,+27℃,+26℃,+27℃,+27℃,+28℃,+26℃,+27℃,+25℃,+3 mm. 且应用 GSM 短消息传递数据的方式已经非

常成熟,误码率几乎为零.

GSM 短消息每条中可用字节为 140 字节,钢轨的数据按每 10 min 采集一次,通过以上方法压缩后,全天有列车经过时,每条短消息可包含 100 min 内的 10 次采样信息,每天 24 h 需 15 条短消息;全天无列车经过时,每条短消息可包含 140 分钟内的 14 次采样信息,每天需 11 条短消息. 因此如在繁忙路段,每天最多需 15 条短消息即可全程监控,而相对空闲的路段,则需要的短信息量更少.

因此,将这种数据压缩与 GSM 短消息相结合的方法,应用到对钢轨的远程监测系统中,可以起到预期的减少数据传输量、降低系统成本费用的效果.

5 结 语

本文采用数据压缩处理与 GSM 短消息无线传输相结合的方式,对铁路钢轨数据进行远距离无线传输,较之将测得数据直接进行远程传输的方法,本文的方法可得到更高的传输效率. 测得的钢轨数据未经压缩处理,每次采样的数据要占用 72 个字节空间,一条短消息只能容纳 2 次采样的数据;经过压缩处理后,有车时压缩比为 80.6%,无车时压缩比为 86.6%. 与未经压缩处理之前相比,大大降低了所需传送的数据量,从而降低了无线传输的费用,同时也减少了数据存储所需的空間,满足了铁路系统信息

化管理的实际要求.

参 考 文 献:

- [1] 陈涛,黄艳玲. 基于 GSM 网络变压器数据传输的设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009,14(2):78-81.
- [2] 李岩,迟欢欢,董向阳. 基于 Flash 存储的具有图像压缩功能文件系统的设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009,14(6):17-21.
- [3] 李彤,吕军. 短消息传送 GPS 位置数据的高效数据压缩方法 [J]. 装甲兵工程学院学报,2009,23(1):57-59.
- [4] 牛滨,孙晶华,丁新心. 噪声监测系统的设计与实现 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009,14(3):131-134.
- [5] 孟庆刚,程广远. 锂离子电池内阻在线监测系统的设计与实现 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009,14(1):82-84.
- [6] 陈庆国,李善平,李广军,等. 基于 GPRS 的氧化锌避雷器状态监测系统 [J]. 电机与控制学报,2010,14(2):99-102.
- [7] 商进,张礼勇. 一种双游程编码的测试数据压缩方案 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2010,15(4):19-22.
- [8] 蔡爱杰,耿振亚. 无线传感器网络数据信道 BCH 码编译的设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2010,15(4):23-25.
- [9] 陈宝远,吴梦泽,张清喜,等. H.264 标准中整数 DCT 图像压缩算法的优化及实现 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009,14(5):27-30.
- [10] 王钢,高宏亮. 基于 FPGA 交织编码的设计与实现 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2009(1):63-66.
- [11] 吴丽华,李砾,赵舒,等. 基于 SIM3000 的远程心电监控系统的设计与开发 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2010,15(1):112-115.

(编辑:付长缨)