

基于北斗短报文通信的用电信息采集系统的研制

周文婷¹, 王 涛¹, 袁鸣峰², 王立福², 陈玉卿³, 夏 娜³

(1. 国网新疆电力公司 信息通信公司, 新疆 乌鲁木齐 830002;

2. 国网新疆电力公司, 新疆 乌鲁木齐 830002; 3. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 在无公网覆盖的偏远地区, 居民用电信息的自动化采集是一个历史性难题。研制了一种基于北斗短报文通信的用电信息采集系统。研制的电表数据采集与传输设备可以按多种工作模式采集电表数据, 并进行数据拆包、北斗协议封装、北斗短报文传输; 同时研制的主站端接收设备可以完成北斗短报文接收、数据解析、组包和补包操作。实际测试结果表明, 所研制系统的用电信息采集成功率可达 98.9%, 可以作为偏远地区居民用电信息采集的一种高效可靠的方案。

关键词: 用电信息采集; 北斗短报文; STM32; 数据拆包; 数据压缩; 通信

中图分类号: TM 73

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2017.12.030

0 引言

随着我国智能电网自动化建设的推进, 不仅在城镇区域实现了居民用电信息的自动化采集, 而且对偏远地区用电也提出了“全覆盖、全采集、全费控”的要求^[1]。

在现有的用电信息采集系统中, 计量居民用电信息的智能电表一般通过 RS-485 通信线或电力载波线将用电信息上送到附近变压器下的集中器, 然后以远程抄表通信方式将集中器数据上送到电力公司的采集主站。其中, 远程抄表通信方式主要有光纤通信、电力载波通信和 GPRS/CDMA 无线通信^[1-2]。但是, 在我国新疆、青海、贵州等省份的山区和牧区, 由于有线通信线路建设成本高, 无线公网信号难以覆盖, 因此只能采用人工抄表方式, 不仅工作量大, 而且不利于电力自动化管理。综上所述, 偏远地区居民用电信息自动化采集成为了一个技术难题。

近年来, 针对上述问题的研究已经取得了一些研究成果, 其中基于北斗短报文通信的用电信息采集是一个可行的方案。北斗卫星导航系统是我国自主研发的全球卫星导航定位与通信系统, 2012 年底该系统在亚太地区的导航定位、授时、短报文通信三大功能正式投入运行^[3]。其中, 短报文通信是北斗卫星导航系统特有的功能, 可实现点对点、多点对多点的双向数据传输, 且具有覆盖范围大、通信无盲区、安全可靠等优点^[4]。

2013 年, 青海电力公司王金等^[4]在终端主动上报模式下, 采用北斗短报文通信功能实现了用电信息的上传, 但由于没有设计补包机制, 在出现短报文

丢包状况时, 主站无法重组报文, 采集成功率较低。2015 年, 国网冀北电力有限公司妙红英等^[5]提出以北斗短报文为通信方式, 实现用电数据的透明传输。该方案实现了主站与集中器间的双向通信, 但仍未讨论因北斗通信链路不稳定导致的丢包现象及其补包方法, 也未对通信效果进行具体说明。2015 年, 山东科技大学公茂法等^[6]设计了一款基于北斗短报文通信的智能电表, 进行用电信息的发送, 但该方案的实用性远低于在集中器端增设北斗传输装置的方案。2016 年, 南网贵州安顺供电局刘建安等^[7]设计了一款支持北斗短报文/GPRS 通信的电能计量终端, 并重新设计了主站系统。该方案需要更换用电采集设备, 并需要对主站进行重建, 工作量大、成本较高。

针对上述工作的不足, 本文研制了一种基于北斗短报文通信的用电信息采集系统; 通过在集中器侧和主站侧同时部署嵌入式数据采集与传输设备, 在不改变电力公司已投运设备和系统的前提下, 完成用电信息在北斗通信链路中的透明传输; 设计的补包操作和超时控制策略保障了用电信息的采集成功率和效率。

1 系统整体设计方案

利用北斗短报文通信进行用电信息传输存在以下困难: 北斗短报文通信的单次报文长度受限, 常用的北斗 SIM 卡单次报文长度为 78.5 Byte; 北斗短报文通信频度受限, 民用通信频率为 60 s/次; 北斗通信链路具有一定的不可靠性, 且没有通信回执。同时, 在用电信息采集方面, 主站查询集中器的指令, 以及集中器返回的数据格式遵循 Q/GDW 376.1—2009 标准^[8]。因此, 基于北斗短报文通信的用电信息采集系统的设计主要包含以下 3 方面的内容:

a. 将符合 Q/GDW 376.1—2009 标准的电表数

收稿日期: 2016-12-29; 修回日期: 2017-11-11

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-13-0768)

Project supported by the Program for New Century Excellent Talents in University(NCET-13-0768)

据,用北斗短报文通信协议进行封装,以实现用电信息在北斗通信链路中的传输;

b. 设计针对“大的”电表数据包的拆包方案,以适应北斗短报文通信的单个报文长度限制;

c. 设计差错控制、超时控制等机制,以提高北斗短报文通信的可靠性。

1.1 系统架构

基于北斗短报文通信的用电信息采集系统主要包括用电信息采集终端、数据采集与传输设备、北斗短报文模块和主站四大部分,如图 1 所示。

用电信息采集终端包括智能电表、采集器和集中器,用于采集并汇聚多户居民用电数据^[9]。数据采集与传输设备(前端)主要负责对集中器输出的用电数据进行拆包和对北斗协议进行打包,并推送给北斗短报文模块进行传输。数据采集与传输设备(后端)主要负责对接收到的北斗短报文数据进行解析和对用电数据组包,并推送给主站。主站由服务器和营销主站构成,主要负责向集中器发出用电信息查询命令,并接收、处理和存储集中器返回的用电数据。图 1 中的虚线框部分为本课题研发的重点,它构成了一个基于北斗卫星通信的透明数据传输通道。

1.2 系统工作模式

为符合国家电网的相关要求,本文设计的基于北斗短报文通信的用电信息采集系统支持 2 种工作模式,即自动采集模式和受控采集模式。

a. 自动采集模式:集中器按照主站的采集任务设定的时间间隔,自动将用电数据通过 RS-232 串口上传给数据采集与传输设备,由后者完成对用电数据的存储、处理并传输至主站。

b. 受控采集模式:当自动采集数据失败时,主站以自动或人工方式向集中器发送读取用电信息的指令,对用电信息进行补采,以确保数据的完整性。

2 系统硬件设计

在基于北斗短报文通信的用电信息采集系统中,硬件设计的关键是图 1 中的数据采集与传输设备,它负责用电数据的拆包/组包以及对北斗协议的打包和解析等操作。本文设计并实现了一款基于 STM32F103 微处理器的数据采集与传输嵌入式设备,其硬件结构框图如图 2 所示,主要包括单片机最

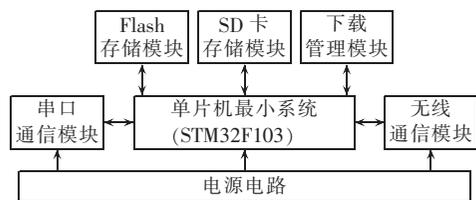


图 2 硬件结构框图

Fig.2 Block diagram of hardware structure

小系统、串口通信模块、SD 卡存储模块、下载管理模块、电源电路等。

单片机最小系统由 STM32F103 微处理器、晶体振荡电路和复位电路等组成。串口通信模块采用 RS-232 电平通信方式,选用 MAX3232 电平转换芯片,其串口 1 用于与北斗短报文模块进行数据交互,波特率为 19200 bit/s,数据位为 8 位,无校验位;其串口 2 用于与集中器或主站进行通信,波特率为 9600 bit/s,数据位为 8 位,偶检验。下载管理模块采用可在线调试的标准联合测试工作组(JTAG)仿真调试接口。电源模块采用外接 5 V/1 A 直流电源,并通过 TLV1117 芯片实现 5 V 转 3.3 V,给单片机最小系统等各个模块供电。

SD 卡存储模块是数据采集与传输设备的重要配置。因为集中器可能会将几十到数百只智能电表的用电数据一次性上传到数据采集与传输设备,数据量较大^[10],同时北斗短报文通信的数据传输速率较低(78.5 Byte/min),所以需要将用电数据先存储到 SD 卡中,再由单片机陆续从 SD 卡中读取数据进行处理和传输。另外,由于北斗通信链路不稳定,会出现数据传输丢包现象,因此将用电数据存储于 SD 卡中可以支持丢包数据的重传,提高数据传输的可靠性。

由于研制的数据采集与传输设备主要应用于偏远地区,环境相对恶劣(户外、高寒、高温等),因此在硬件设计中采取了针对性措施:

a. 电子元器件选型为工业级,适用温度范围为 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$;

b. 设备结构外壳为铝合金材料,且防水等级为 IP67;

c. 设备置于专业户外机箱内,机箱配备通风散热和防尘过滤装置。

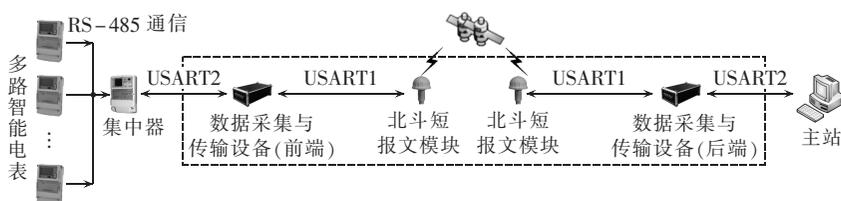


图 1 基于北斗短报文通信的用电信息采集系统架构

Fig.1 Architecture of electricity information acquisition system based on Beidou short message communication

3 系统软件设计

3.1 数据拆、组包与可靠通信方案

北斗短报文通信对单次传输的报文长度有一定的限制,因此本文数据拆、组包与可靠通信方案的核心思想是:在发送端对“大的”数据包进行“拆包”,并加相应的包头;在接收端对接收到的子包拆除包头,并进行数据合并,即“组包”恢复原来的数据;若接收端在可预计的时间内未能接收到全部子包^①,不能完成组包,则接收端会请求发送端重新发送“丢失的”子包,称之为“补包”操作;若补包不成功,将重复补包操作,最多重复 k 次(经验值 $k=3$);若仍不成功,则接收端放弃本次用电信息采集任务^②,转而执行下一个用电信息采集任务。上述补包操作和超时放弃机制保证了用电数据传输的可靠性和效率。

本文采用的北斗短报文模块 SIM 卡规定的单次传输报文长度不超过 78.5 Byte,考虑到拆包后需要添加包头字节来标识子包,因此数据采集与传输设备(前端)对集中器上报的超过 70 Byte 的数据包进行拆包处理,并在接收端对子包进行组包,恢复用电数据。

由于北斗通信链路的不确定性,会出现丢包和乱序的现象。为确保拆包后的多个子包能够在接收端组包还原,本文在拆包后的每个数据包(70 Byte)前添加 4 Byte,对该子包进行标识。其中,任务号(SEQ)占用 1 Byte,接收端根据该任务号是否相同对子包进行组包;拆包形成的子包总数(Num)占用 1 Byte;子包序号(Rank)占用 1 Byte,用于组包时的子包排序,同时有助于定位出丢失的子包;数据包长(Len)占用 1 Byte,用于指示该子包中数据包的长度,以便于接收端对数据的接收和重组。

此外,还需要根据北斗用户机接口协议(2.1 版本)对子包进行封装,以实现用电信息在北斗通信链路中的传输。封装后的北斗短报文帧格式如表 1 所示,表中,\$TXSQ 表示通信申请,通过设置发信方地址和收信方地址完成数据的点对点通信。

在接收端,数据采集与传输设备接收到北斗短报文之后,首先按照帧格式解析(提取)出子包,然后根据包头信息(SEQ+Num+Rank+Len)进行组包操作,并定位出可能的丢包,启动相应的补包操作。在

组包完成后,将完整的用电数据推送给主站。

3.2 数据压缩方案

在自动采集模式或受控采集模式下,当集中器上传的数据量比较大时,采用北斗短报文通信进行数据传输将非常耗时,因此可采用先压缩后拆包传输的方案。

由于系统要求在接收端解压缩后的数据必须具有完整性,因此采用无损压缩的 LZ77 算法^[11-12]。该算法的核心思想是利用数据的重复结构信息进行压缩^[13],这一过程将会用到预置区与滑动窗口 2 个数据缓冲区。在压缩过程中,数据先进入预置区,然后通过滑动窗口。将滑动窗口中的数据作为建立字典索引的依据,将预置区中的数据与滑动窗口中的数据进行比较,若没有匹配字符串,则字典索引为原字符;若存在匹配字符串,则字典索引由偏移量、长度、首字符组成。预置区和滑动窗口长度的设置将影响数据压缩的效果。LZ77 算法的解压缩过程需要运用滑动窗口数据缓存区,遵循的原则为:遇到单个字符则直接读入,遇到匹配字符串则根据偏移量、长度和首字符等信息将原字符串还原。

3.3 软件流程

3.3.1 数据采集与传输设备(前端)软件流程

数据采集与传输设备(前端)通过串口 2 与集中器进行数据交互,通过串口 1 与北斗短报文模块进行通信。当设备从串口 2 收到集中器上报的用电数据包时,会以中断方式将数据包存入 SD 卡,并赋以任务号(SEQ)。主程序执行以下操作:从 SD 卡中取出用电数据包,判断其数据量是否大于 70 Byte,若大于 70 Byte,则对该数据包进行拆包,并加上相应的包头;否则对该数据包直接加上包头,其中 Num 值置为 1,Rank 值置为 1,表示该数据包未经拆包。在添加了包头后,再按照北斗短报文通信协议进行封装,完成规约转换,从而实现用电数据在北斗通信链路中的传输。上述软件流程如图 3 所示。

3.3.2 数据采集与传输设备(后端)软件流程

数据采集与传输设备(后端)通过串口 1 与北斗短报文模块进行通信,通过串口 2 与主站进行数据交互。当数据采集与传输设备(后端)从串口 1 收到北斗短报文模块传输的用电数据时,首先按照北斗短报文帧格式解析出子包,然后根据包头信息

表 1 封装了用电数据的北斗短报文帧格式

Table 1 Beidou short message frame with electricity information packaged

| 指令 | 长度/bit | 发信方地址/bit | 信息内容/bit | | | | | | | | 校验/bit | |
|--------|--------|-----------|----------|-------|------|------|-----|-----|------|-----|--------|-----|
| | | | 信息类别 | 收信方地址 | 子包长度 | 是否应答 | 子包 | | | | | |
| | | | | | | | SEQ | Num | Rank | Len | | 数据包 |
| \$TXSQ | 16 | 24 | 8 | 24 | 16 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | ≤70×8 | 8 |

① 北斗短报文模块的通信成功率为 95%,这意味着若拆包形成了 20 个子包,它们传输到接收端时,通常会有 1 个子包丢失。

② 在 1 个子包丢失的情况下, k 次补包不成功从而放弃任务的概率为 0.05^k ,是一个极小概率事件。

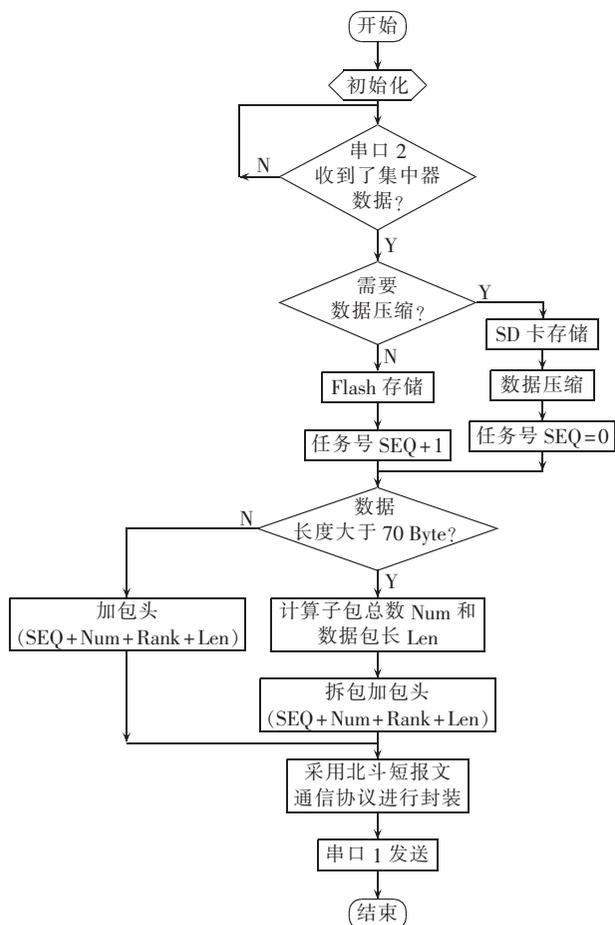


图 3 前端设备拆包流程

Fig.3 Data segmentation process of front end device

(SEQ+Num+Rank+Len)进行组包操作。若在可预计的时间^①内未能接收到全部子包,不能完成组包操作,则可以定位出丢失的子包,然后以北斗短报文通信方式请求前端重新发送丢失的子包,进行补包操作;若补包不成功,则重复补包操作,最多重复 k 次;若仍不成功,则放弃本次用电信息采集任务,转而执行下一个用电信息采集任务。若组包操作可以完成,则将完整的用电数据推送给主站。上述软件流程如图 4 所示。

4 实验测试

4.1 系统安装

本系统于 2016 年 11 月在新疆乌鲁木齐市米东区小东沟进行了测试。现场集中器型号为 DJGZ33-WFET1600,挂装在小东沟变压器上,其前端有多个用户电表。本文研制的数据采集与传输设备安装在一个户外机箱内,并固定在变压器上。数据采集与传输设备的一路串口连接集中器,另一路串口连接北斗短报文模块。在主站端,北斗短报文模块、数据采集与传输设备安装在乌鲁木齐市新疆电力公司楼顶。设备的一路串口连接北斗短报文模块,另一路串口接入用电信息采集主站。

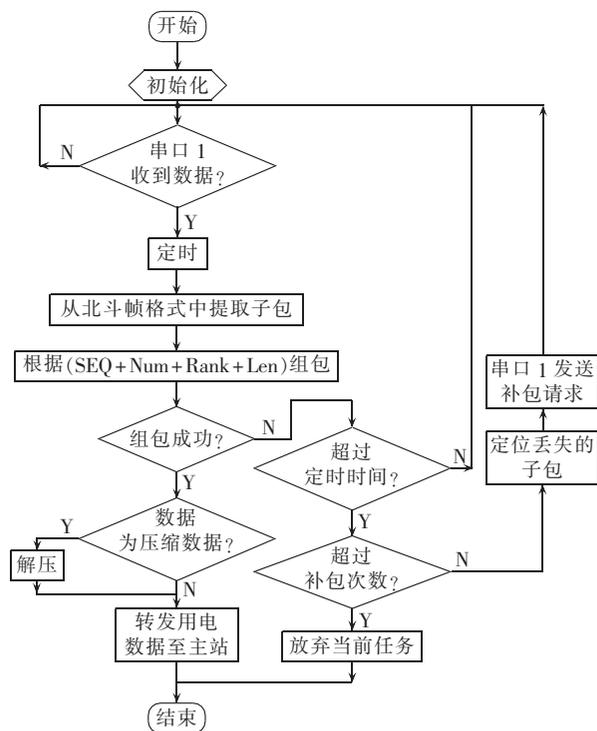


图 4 后端设备组包及补包流程图

Fig.4 Packet reassembly and patching process of back-end device

4.2 系统测试

4.2.1 受控采集模式下的测试

首先,主站对集中器进行参数读设。在主站测试软件中配置了正确的串口号和波特率之后,点击“读取”,该指令通过北斗通信链路传输至现场集中器。2~3 min 后,集中器返回地址信息“68 32 00 32 00 68 98 01 65 80 7F 14 00 66 00 00 02 00 79 16”,软件解析出集中器地址为 65017F80。此时,主站与集中器已建立连接。然后,主站对集中器进行用电信息召测,召测的数据类型包括请求 1 类(当前数据)和请求 2 类(历史数据),测试数据内容包括电能数据、电能质量数据以及统计类数据等^[14]。

图 5 显示了主站召测集中器下 6 号测量点“当

| <<请求1类(当前数据)>> | <<请求2类(历史数据)>> | <<请求3类(告警数据)>> | <<任务数据>> | <<密钥协商>> |
|---|----------------|----------------|----------|----------|
| 返回区 | | | | |
| MP 6 [GT 1] DC 1 [] 所有有效测量点 [读取] | | | | |
| [串口读取 17:38:07:127]:68 32 00 32 00 68 5B FF FF FF 15 0C 66 20 01 01 10 10 16 | | | | |
| [串口报文接收 17:42:20:122]:68 B6 00 B6 00 68 A8 01 65 80 7F 14 0C 66 20 01 01 10 | | | | |
| 39 17 03 12 16 04 00 29 00 00 00 00 00 00 00 10 00 00 00 00 18 00 00 00 00 00 | | | | |
| 00 00 00 32 00 81 16 | | | | |
| 来自终端:65017F80 的信息 | | | | |
| 测量点号:6 | | | | |
| 终端抄表时间:16 年 12 月 03 日 17:39 | | | | |
| 费率数:4 | | | | |
| 正向有功总电能示值:0.26 kW·h | | | | |
| 费率 1 正向有功总电能示值:0 kW·h | | | | |
| 费率 2 正向有功总电能示值:0.1 kW·h | | | | |
| 费率 3 正向有功总电能示值:0.18 kW·h | | | | |
| 费率 4 正向有功总电能示值:0 kW·h | | | | |

图 5 主站召测集中器的返回结果

Fig.5 Returned result of main station called concentrator

① 定义:可预计的时间=子包总数×北斗短报文传输时间间隔×容限系数,其中,北斗短报文传输时间间隔为 60 s,容限系数为 2.5。

前正向有功电能示值(总、费率 1~ M)”的返回结果。可见,6 号点的当前正向有功总电能示值为 0.29 kW·h,其中,费率 2 正向有功总电能示值为 0.1 kW·h,费率 3 正向有功总电能示值为 0.18 kW·h,其余各费率正向有功电能示值为 0。该结果与人工查看的结果一致,证明了本系统在召测模式下的有效性。

4.2.2 自动采集模式下的测试

设置集中器为主动上报模式,并进行多次系统测试。由于此时集中器上传数据量较大,LZ77 压缩算法将发挥作用,算法中“滑动窗口”长度设置为 128 Byte,“预置区”长度设置为 32 Byte。表 2 列出了集中器主动上报多个测量点的“日冻结正向有功电能示值(总、费率 1~ M)”的数据压缩效果(表中,压缩比为压缩后数据量与压缩前数据量之比)。可见,集中器主动上报 10 个测量点的“日冻结正向有功电能示值(总、费率 1~ M)”时,压缩前数据量为 540 Byte,压缩后数据量为 265 Byte,数据压缩率约为 49%;当测量点达到 60 个时,压缩前数据量约为 3 240 Byte,压缩后数据量为 810 Byte,数据压缩率约为 25%,压缩效果显著。

同时,经压缩后,数据传输效率明显提高。以集中器主动上报 60 个测量点的“日冻结正向有功电能示值(总、费率 1~ M)”为例,由于本系统设置的北斗短报文通信频率为 65 s/次,单次传输的数据量为 70 Byte,因此若不进行数据压缩,则需要约 51 min 完成上述 3 240 Byte 的传输,而采用了本文的数据压缩方法后,经实际测试发现仅需约 15 min 即可完成该批数据传输,有效提高了用电信息采集效率。此外,由于总数据量减小,拆包所形成的子包减少,接收端丢包数也得以减小,从而提高了补包的效率。

4.3 性能参数分析

4.3.1 通信频率

本系统使用的北斗短报文模块的 SIM 卡号分别为 256455 和 256654,通信服务频率为 60 s/次^[15]。为确保北斗通信链路的畅通性,本系统在连续发送子包时,选择间隔 65 s 发送一次数据,即通信频率为 65 s/次。

4.3.2 采集成功率

在受控采集模式下进行了 5 组实验,分别由主站召测 5 种不同的数据类型,每组实验重复操作 60 次,统计出每组实验的成功率,结果如表 3 所示。可见,在未采用补包操作的情况下,用电信息采集成功率为 91.67%~93.94%,其平均成功率为 92.98%,略低于文献[16]的成功率 95.5%,这是因为本系统应用于纬度较高的新疆地区,且应用地点为三面环山的山沟,其接收北斗信号的质量受到一定程度的影响。在采用了补包操作的情况下,用电信息采集成功率均达到了 100%,这是因为本文设计的补包操作发挥了作用,在北斗短报文通信子包丢失的情况下,有限次的补包即可实现成功组包,从而保证了用电数据采集的成功率。

在自动采集模式下进行了 1 组实验,由集中器主动上报 60 个测量点的“日冻结正向有功电能示值(总、费率 1~ M)”,连续测试 15 d,集中器上报 90 次用电数据。在未采用补包操作的情况下,用电信息采集成功率为 0,这是因为此时集中器上报的数据量较大,拆包后形成的子包较多,经过北斗短报文通信传输,通常都会有若干个子包丢失,导致在接收端无法完成组包,用电信息采集失败;在采用了补包操作的情况下,接收端有 89 次收到了完整数据,采集成功

表 2 数据压缩算法有效性的测试结果

Table 2 Testing results of data compression algorithm

| 测试内容 | 电能表数量/个 | 滑动窗口和预置区长度/Byte | 数据量/Byte | | 压缩后减少数据量/Byte | 压缩比/% | 传输时间/min | |
|---------------------------|---------|-----------------|----------|-----|---------------|-------|----------|-----|
| | | | 压缩前 | 压缩后 | | | 压缩前 | 压缩后 |
| 日冻结正向有功电能示值(总、费率 1~ M) | 10 | 128,32 | 540 | 265 | 275 | 49 | 9 | 5 |
| | 20 | | 1080 | 497 | 583 | 46 | 17 | 9 |
| | 30 | | 1620 | 632 | 988 | 39 | 26 | 11 |
| | 40 | | 2160 | 713 | 1447 | 33 | 35 | 13 |
| | 50 | | 2700 | 756 | 1944 | 28 | 42 | 14 |
| | 60 | | 3240 | 810 | 2430 | 25 | 51 | 15 |

表 3 系统采集成功率

Table 3 Success ratio of electricity information acquisition of developed system

| 实验分组 | 用电数据采集模式 | 采集成功率/% | | 采集成功率平均值/% | |
|------|----------|---------|--------|------------|--------|
| | | 未采用补包操作 | 采用补包操作 | 未采用补包操作 | 采用补包操作 |
| 1 | 受控采集 | 91.67 | 100 | 92.98 | 100 |
| 2 | | 93.33 | 100 | | |
| 3 | | 93.10 | 100 | | |
| 4 | | 92.86 | 100 | | |
| 5 | | 93.94 | 100 | | |
| 1 | 自动采集 | 0 | 98.9 | — | — |

率达到了98.9%,这再次证明了本文补包操作的有效性。

5 结论

本文研究了无公网覆盖的偏远地区居民用电信息自动化采集问题,设计了一种基于北斗短报文通信的用电信息采集系统,重点研制了一种数据采集与传输设备。在电表侧,该设备可以对集中器上报的数据进行拆包、北斗短报文通信协议封装以及传输。在主站侧,该设备接收北斗短报文,解析出子包,组包恢复出原来的数据,并推送给主站。组包过程中的补包操作可以保证用电数据采集的成功率。另外,针对数据量较大的抄表任务,采用数据压缩算法,有效节约了数据传输时间。实验测试结果表明本文研制的系统具有较高的采集成功率,可有效解决无公网地区居民用电信息自动化采集的难题。

该系统的实施对实现“全覆盖、全采集、全费控”的目标具有推动作用。下一步计划采用北斗通信指挥机作为接收端模块,配合即将研制的“并发”数据采集与传输设备实现同时对多个集中器进行用电信息采集的应用。

参考文献:

- [1] 龚振宇. 北斗远程通信的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学, 2015.
GONG Zhenyu. An engineering project of the compass communication[D]. Chengdu:University of Electronic Science and Technology of China, 2015.
- [2] 马韬韬,李珂,朱少华,等. 智能电网信息和通信技术关键问题探讨[J]. 电力自动化设备,2010,30(5):87-91.
MA Taotao,LI Ke,ZHU Shaohua,et al. Discussion about information and communication technology of smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(5):87-91.
- [3] 刘晓燕. 基于“北斗一号”的电力数据通信终端的设计与实现[D]. 北京:中国科学院大学,2015.
LIU Xiaoyan. Design and implementation of electric power data communication terminal based on BD-1 system[D]. Beijing:University of Chinese Academy of Sciences, 2015.
- [4] 金金,张文飞,周婷. 基于北斗卫星系统集抄数据传输技术的应用[J]. 青海电力,2013,32(4):65-66.
JIN Jin,ZHANG Wenfei,ZHOU Ting. Application of concentrated meter reading data transmission technology based on the Beidou satellite system[J]. Qinghai Electric Power,2013,32(4):65-66.
- [5] 妙红英. 基于北斗卫星通信的偏远地区用电信息采集[J]. 电子设计工程,2015,23(10):152-154.
MIAO Hongying. Electric energy data acquisition by Beidou satellite communication in remote region[J]. Electronic Design Engineering,2015,23(10):152-154.
- [6] 公茂法,王中刚,肖弘扬,等. 北斗短报文通信在抄表系统中的应用[J]. 自动化与仪表,2015,30(7):33-36.
GONG Maofa,WANG Zhonggang,XIAO Hongyang,et al. Application of Beidou short message communication in meter reading system[J]. Automation & Instrumentation,2015,30(7):33-36.
- [7] 刘建安,杨荣华,周克,等. 基于北斗短报文的电能计量终端系统的研究[J]. 贵州电力技术,2016,19(2):6-9.
LIU Jianan,YANG Ronghua,ZHOU Ke,et al. Study on power metering terminal system based on Beidou short message [J]. Guizhou Electric Power Technology,2016,19(2):6-9.
- [8] 葛磊蛟,王守相,张明,等. 智能用电条件下用户用能管理与服务平台[J]. 电力自动化设备,2015,35(3):152-156.
GE Leijiao,WANG Shouxiang,ZHANG Ming,et al. Power usage management & service platform in smart electricity utilization condition[J]. Electric Power Automation Equipment,2015,35(3):152-156.
- [9] 刘晓莉,毕亮,贺喜,等. 基于北斗短报文的广域电网通信系统设计[C]//中国卫星导航学术年会. 湖南,长沙:出版者不详,2016.
LIU Xiaoli,BI Liang,HE Xi,et al. Design of communication system with beidou short message for wide area power grid[C]// China Satellite Navigation Conference. Changsha,China: [s.n.], 2016.
- [10] 李文金,苏凯雄. 基于存储管理的北斗报文传输协议设计与应用[J]. 微型机与应用,2015,34(24):63-65.
LI Wenjin,SU Kaixiong. Design and application of Beidou message transmission protocol based on storage management[J]. Microcomputer & Its Applications,2015,34(24):63-65.
- [11] 王振业,江勋林,李明. 基于北斗的装备保障信息长报文可靠通信研究[J]. 计算机与数字工程,2016,44(1):88-94.
WANG Zhenye,JIANG Xunlin,LI Ming. Research on long message reliable communication for equipment support information [J]. Computer & Digital Engineering,2016,44(1):88-94.
- [12] IRRGANG K U,PREUSSER T B. An LZ77-style bit-level compression for trace data compaction[C]//International Conference on Field Programmable Logic and Applications. London, UK:IEEE,2015:1-4.
- [13] ZIV J. The universal LZ77 compression algorithm is essentially optimal for individual finite-length n-Blocks[J]. IEEE Transactions on Information Theory,2009,55(5):1941-1944.
- [14] 国家电网公司. 电力用户用电信息采集系统通信协议第一部分:主站与采集终端通信协议:Q/GDW 376.1—2009[S] 北京:中国电力出版社,2009.
- [15] 中国卫星导航系统管理办公室. 北斗用户终端RDSS单元性能要求及测试方法:BD 420007—2015[S]. (2015—10—19)[2016—11—08]. <http://www.doc88.com/p-7754594664572.html>.
- [16] 谷军霞,王春芳,宋之光. 北斗短报文通信信道性能测试与统计分析[J]. 气象科技,2015,43(3):458-463.
GU Junxia,WANG Chunfang,SONG Zhiguang. Channel performance testing and analysis of Beidou short message communication[J]. Meteorological Science and Technology,2015,43(3):458-463.

作者简介:



周文婷(1974—),女,江西南昌人,高级工程师,硕士,主要研究方向为计算机通信、电网信息通信系统运维管控和建设(E-mail: zhouwenting_xj@sina.com)。

Development of electricity information acquisition system based on Beidou short message communication

ZHOU Wenting¹, WANG Tao¹, YUAN Mingfeng², WANG Lifu², CHEN Yuqing³, XIA Na³

(1. Information and Communication Company, State Grid Xinjiang Electric Power Company, Urumchi 830002, China;

2. State Grid Xinjiang Electric Power Company, Urumchi 830002, China;

3. School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: In remote areas without public network coverage, the electricity information acquisition is a historic technical problem. An electricity information acquisition system based on Beidou short message communication is developed. The developed data collection and transmission equipment can collect electricity data in multiple modes, and carry out data segmentation, Beidou protocol packet and remote transmission. Meanwhile, the main station equipment can implement Beidou short message receiving, data parsing and packet reassembly & patching. The testing results show that the success ratio of electricity information acquisition of the developed system can reach 98.9%, so it can be used as an efficient and reliable solution for the electricity information acquisition in remote areas.

Key words: electricity information acquisition; Beidou short message; STM32; data segmentation; data compression; communication

.....
(上接第 143 页 continued from page 143)

Adaptive sliding mode control strategy for DC microgrid

ZHANG Dan, WANG Jie, MI Xiao

(Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to improve the stability of microgrid, a novel fixed-frequency PWM-based adaptive sliding mode control strategy is proposed, which combines the adaptive observer technology and sliding mode control method with fixed-frequency PWM-based technology. The proposed strategy is able to quickly track and regulate state variables without any additional sensors/hardware circuits, which is beneficial for the scalability and plug-play of the distributed generators and loads in DC microgrid, and can simplify the design of filters. Moreover, the nonlinear complex control method is adopted to maintain the stability of the bus voltage and the entire system under sudden changes of constant power loads. The reasonable selection of the initial state and design of the switching surface contribute to the state variables operating in sliding mode all the time, and can relieve chattering phenomenon. The DC microgrid simulation environment including photovoltaic, fuel cell, storage battery, bi-directional Buck/Boost converter, constant power load and resistance load verifies the validity of the proposed strategy.

Key words: DC microgrid; fixed-frequency PWM-based sliding mode control; adaptive observer; constant power load; bi-directional Buck/Boost converter