

ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统设计与实现

林 喆, 于莹莹, 魏海波

(辽宁装备制造职业技术学院 自动控制工程学院, 沈阳 110161)

摘要: 针对我国建筑能耗监测系统中热计量数据远程采集难度大, 建筑内部近距离计量节点部署不灵活等问题, 将 ISM 无线网络技术和 4G 网络技术相融合应用于热计量数据的采集、转换、传输和处理过程中, 对 ISM 网络热计量节点有效组网方式和 4G 网络数据传输转换方法进行了研究, 构建了 ISM 与 4G 网络融合的无线热计量系统, 提出了一种基于云服务器的远程热计量数据采集平台, 并在后期实践中验证了系统功能的可靠性; 研究结果表明, 使用 ISM 网络可以方便灵活地对建筑内部热计量节点进行近距离数据采集, 降低线路铺设改造成本, 结合 4G 网络和云服务器 TCP/IP 技术进行远程数据传输与处理可以高效地对热计量数据在云端进行集中实时优化管理, 同时也为多种类型的远程热计量数据应用提供了一种解决方案。

关键词: 4G 网络; ISM 网络; 云服务器; 热计量

Design and Implementation of Wireless Heat Metering Cloud System Integrated with ISM and 4G Network

Lin Zhe, Yu Yingying, Wei Haibo

(Liaoning Equipment Manufacturing Vocational and Technical College, Shenyang 110161, China)

Abstract: Aiming at the problems of heating measurement data remote acquisition and short range measuring nodes deployment in building energy consumption monitoring system, the integration technology of ISM wireless network and 4G network is applied in the process of heat metering data acquisition and processing. With the research on effective ISM networking mode and 4G network data transmission technology, a remote wireless heat metering system was constructed and a data acquisition platform based on cloud server was established. By using ISM network, heat data acquisition for metering nodes can be flexible and the cost of wire laying can be reduced. With 4G network and TCP/IP cloud server technology, real-time optimization management of heat metering data can be effectively implemented. The system also provides a solution to multiple terminal data application.

Keywords: 4G network; ISM network; cloud server; heat measuring

0 引言

随着我国对绿色发展方式和生活方式的倡导, 坚持节约资源和保护环境已经成为了我国的基本国策, 北方采暖地区城镇民用建筑集中供热信息也被住建部列为 2018 年《民用建筑能源消耗统计调查制度》的重点调查内容, 这进一步说明我国对供热能耗监测的重视程度。本文针对北方地区供热形式改按面积收费为按用量收费的强烈需求, 提出了一种基于云服务器技术的 ISM 与 4G 网络融合无线热计量系统, 该系统主要利用 ISM 无线网络对建筑内部的热计量前端节点进行组网通信, 实现近距离数据采集, 再通过中心节点汇总后, 经 4G 网络转换、处理并远距离上传至服务器, 在云端完成热计量数据的远程实时集中计量和管

理。系统中部署灵活的 ISM 网络有效地简化建筑内部节点分布结构形式; 广泛覆盖的高速 4G 网络提高了系统的实时性和适用性; 云服务器技术的加入则进一步扩展了系统的终端应用场景, 实现了云上供热数据的高效集成。

1 ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统功能结构

ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统是融合了智能仪表技术、无线通讯技术、云服务器技术和计算机技术于一体的远程无线热计量数据采集系统, 具有数据采集、数据转换处理、数据通讯、数据存储和远程监控等功能, 主要包含了单体建筑内部连接热量表的 ISM 网络无线热计量前端节点模块、负责远程数据收发的 4G 网络数据采集收发模块、能够对数据采集方式控制的本地数据采集配置系统、进行数据存储的 TCP/IP 云服务器数据库和用于数据管理服务的系统软件五部分构成, 其基本系统功能结构如图 1 所示。

在本系统中, 多个与用户热量表相连的无线前端节点和负责汇总的无线中心节点通过无线透明传输方式构成了频率为 433 MHz 的 ISM 自组织网络完成单体建筑内部的热

收稿日期: 2018-08-13; 修回日期: 2018-10-09。

基金项目: 2015 年辽宁省教育厅科学研究项目(L2015351)。

作者简介: 林 喆(1983-), 男, 辽宁沈阳人, 副教授, 主要从事检测技术与自动化装置方向的研究。

魏海波(1965-), 男, 黑龙江海伦人, 教授级高级工程师, 主要从事检测技术与自动化装置方向的研究。

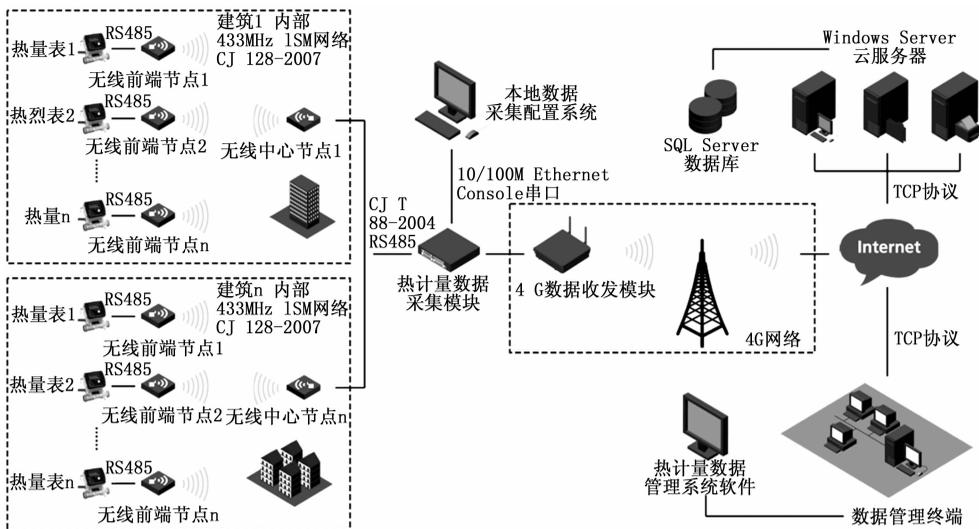


图 1 ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统功能结构



图 2 ISM 网络无线热计量系统前端节点模块参数配置

计量数据近距离无线采集, 该数据经 RS485 接口以表号作为地址标识上传至热计量数据采集模块完成协议解析后, 再通过 4G 网络数据发射模块与云服务器建立 TCP/IP 连接实现计量数据的保存和管理服务应用。

2 ISM 网络无线热计量节点模块

ISM 网络是世界各国开放给工业、科学和医疗所使用的频段, 使用该频段时无需授权许可, 由于发射功率较低, 所以对其它设备造成干扰小, 适合在建筑内部构建无线热计量节点网络, 同时降低布线成本并实现灵活部署。本系统使用 433.078 2 MHz 作为 ISM 网络中心载波频率完成热计量数据的无线传输, 系统所使用的 ISM 网络热计量节点模块由若干个无线前端节点和少量无线中心节点组成, 无线热计量节点通过 RS485 接口与热量表进行连接并对计量数据进行采集, 采集后的数据以热量表表号作为地址标识发送至 ISM 网络中的中心节点进行汇总, 无线中心节点负责对建筑内所有前端节点所发送的热计量数据进行汇总和管理, 以此方式实现数据集成及节省 4G 模块数据采集端口的目的, 其信号数据帧格式按照 CJ T188-2004 《户用计量仪表数据传输技术条件》国家标准设计, 如表 1 所示。

为了简化系统节点网络结构、提高其适应性, 在某一建筑内部的节点模块通讯链路层无线信号采用广播模式, 模块之间的热计量数据通讯采用半双工透明传输, 当任意节点发出信号时, 在其信号覆盖范围内, 相同信道的节点都能够接收到信息, 并通过节点的地址标识对其进行识别。此外, 为了避免建筑内多个节点模块通讯相互干扰, 可以采用设置不同的载波频率的方法对网络节点分组, 以实现同一个建筑内有多个 ISM 网络并存, 节点模块参数可以通过软件进行配置, 其配置方式如图 2 所示。

表 1 热计量数据信号帧格式

名称	代码	说明
帧起始符	68H	数据传输开始
仪表类型	T	热量表 20H
地址域	A0	地址域(A0-A6)由七个字节组成, 每个字节为 2 位 BCD 码格式。当地址全为 AAH 时, 为广播地址, 应用于中心点对前端的通讯中。
	A1	
	A2	
	A3	
	A4	
	A5	
控制码	C	数据传输方向, 热量表地址
数据域长度	L	数据域字节数, 十六进制表示
数据域	DATA	包括数据标识、序列号和数据
校验码	CS	各字节二进制算术累加
结束符	16H	数据传输结束

其主要功能参数如表 2 所示。

表 2 ISM 网络无线热计量系统前端节点模块参数配置

参数	配置说明
Channel	设置 ISM 模块的通讯频道, 频道相同的模块才能相互通信;
Frequency	设置 ISM 载波频率, 本系统使用 433.0782 MHz;
RF and Baud Rate	设置无线波特率, 同一网络中的模块使用相同的空中速率;
COM Baud Rate	设置串口波特率, 配置过程中 ISM 模块的串口速率;
Verify	设置串口校验方式, 与 4G 模块采用同样的串口校验方式;
Launch Power	设置 ISM 模块发射功率, 可选 1-7 级; 如果需要降低功耗或者减少对外界的干扰, 可降低发射功率, 本系统采用的发射功率为 7 级, 对应功耗为 10 mW。

3 G 网络热计量数据采集收发模块

4G 网络热计量数据采集收发模块由采集模块和数据收发模块两部分组成。

热计量数据采集模块主要负责将多个无线中心节点所采集到的热计量数据进行汇总收集，并按照 CJ 128—2007《热量表》国家标准中的协议要求对所采集的数据进行解析，以实现热计量数据的提取，此外还为 ISM 网络中心节点提供 RS485 接口并为本地数据采集配置系统提供所使用的 RJ45 网卡接口；4G 数据收发模块的主要功能是将采集到的热计量数据转换为 4G 信号的形式在传输层使用基于 TCP/IP 协议的数据网络发送给云服务器上的数据管理终端，4G 网络热计量数据采集收发模块硬件电路构成如图 3 所示。

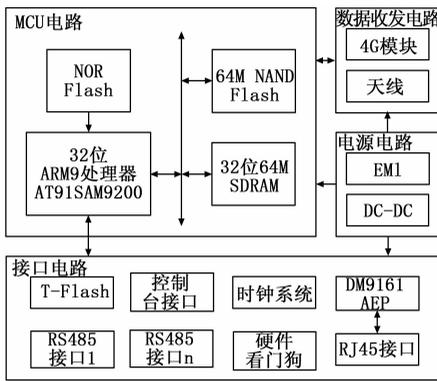


图 3 4G 网络热计量数据采集收发模块硬件电路构成

在本系统中，数据采集模块采用 ATMEL 低功耗处理器 AT91SAM9200 作为 MCU，该处理器接口丰富，且多数接口均集成于该 SoC 芯片内部，具有较高的处理速度和抗干扰性能；RS485 接口电路由驱动芯片 SN65VHD12、ESD 和防雷击等保护电路组成，采用半双工通信，用于与 ISM 网络中心节点之间通信；具有 RJ45 接口的网卡 MAC 层集成在 MCU 内部构成 10 M/100 M 自适应网卡供本地数据采集配置系统使用，物理层采用 DM9161AEP 和 2KV 隔离变压器；控制台接口主要提供程序跟踪、程序更新以及部分参数配置功能，由 RS232 电平转换芯片及其外围电路组成，采用全双工通信；数据存储电路为 T-Flash 卡，可备份较长时间内的热计量历史数据；时钟系统主要由高精度 PCF8563T 时钟芯片、振荡电路、电池备份等电路组成，为系统提供准确的实时时间；由 SP706R 芯片组成的硬件看门狗电路可以实现死机后系统的自动恢复功能；此外，电源电路采用 9~24 V 直流电源供电，经稳压流、滤波后由电源管理芯片和 LDO 芯片分别输出 5 V 和 3.3 V 直流电压供模块使用。

4G 网络热计量数据采集收发模块的软件设计采用开源的 RT-Thread 嵌入式实时操作系统，该系统由驱动层，中间层和应用层组成，具有实时性高，易维护、性能稳定、占用资源少等优点。驱动层位于整个系统的底层，它为其

它层提供硬件操作接口，通过调用该层的 API 接口即可完成相应操作，无需直接对硬件执行具体操作；中间层负责处理公共事务，为应用层提供相关服务；应用层则主要处理网络数据通信、数据采集和控制台三个具体应用事务，并与其它次要任务协同完成采集收发模块的整体功能，具体设计如图 4 所示。

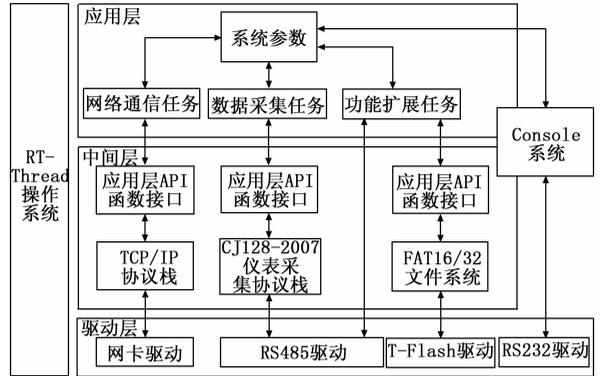


图 4 4G 网络热计量数据采集收发模块软件设计

4 TCP/IP 无线热计量云系统设计

无线热计量云系统构建于 Windows Server 云服务器平台上，它的主要功能是对多个数据采集收发模块进行集中管理，并对热计量数据包进行信息的提取及解密、将有用数据包存入数据库，同时为无线热计量系统软件提供数据支持，实现多建筑热计量数据（热量、流量、累计流量、供水温度和累计工作时间等）的远程采集、集中存储和管理。

本系统的数据通信为基于 IP 协议的云数据网络，在传输层使用 TCP 协议，全双工传输方式，C/S 模式，各建筑内的采集收发模块为客户端，数据中心云服务器上的数据服务和管理软件为服务端，其通信示意图如图 5 所示。

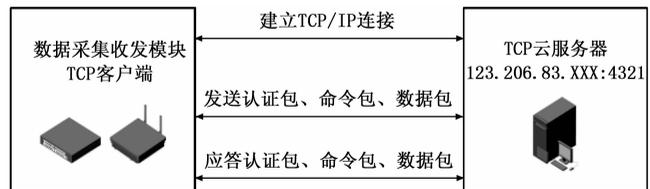


图 5 无线热计量云数据网络通信示意图

当进行热计量数据网络通信时，数据采集收发模块首先向数据中心云服务器发起连接请求，数据中心云服务器响应后启用 TCP 监听，连接建立后，数据采集收发模块将定时向中心云服务器发送心跳数据包以监测连接状态，如果连接中断则重新建立连接。TCP 连接建立后，中心云服务器首先对数据采集收发模块进行身份认证，完成后，将通过心跳包对采集收发模块进行授时，校验数据采集模式，并采用加密方式对命令和数据包进行传输；系统数据包使用 XML 格式，并以文本形式上传，所有数据包均包含对应的建筑编码和采集收发模块编码，此外还包括身份验证、

请求数据包、随机序列数据包、MD5 值数据包、认证结果数据包、系统授时和心跳、请求数据包、响应数据包、配置验证、响应数据包、数据采集周期、数据远传包等。当网络发生故障时, 数据采集收发模块将暂时存储未上传的热量数据, 待连接恢复后进行断点续传; 而当热计量节点或数据采集收发模块发生故障时, 数据采集收发模块则主动向云服务器发送故障信息, 热计量数据传输流程如图 6 所示。

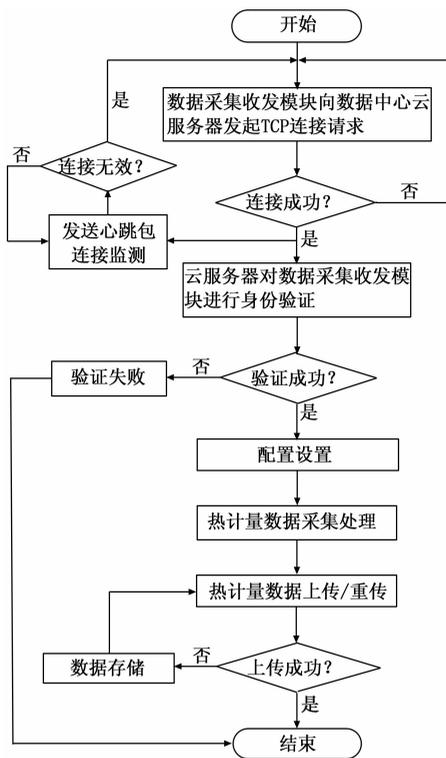


图 6 数据采集收发模块与中心云服务器热计量数据传输流程

5 热计量数据管理服务系统软件

热计量数据管理服务系统软件是安装于 Windows Server 云服务器平台的热计量数据监测、管理云服务器程序, 通过它能够进行热计量数据的实时显示与历史查询, 发送远程指令控制采集收发模块及其所连接的热量表, 其基本流程如图 7 所示。

此外, 软件中的设备管理窗口可以显示热计量数据采集收发模块的基本信息和连接状态, 通过列表中的建筑编码就可以进行对应采集收发模块的状态查看、传输配置、数据刷新、固件升级和设备重启等操作; 软件中的日志信息窗口负责软件运行状态和日志信息的显示, 包括显示当前建筑总数、在线模块数、数据保存模式, 数据库类型, 上线下线数据库表更新等信息。运行参数设置界面可以用于配置云服务器 IP 地址、访问端口号、保存接收数据的方式与路径等信息, 系统软件提供了两种数据存储方式: 第一种是直接将 XML 数据包写入到云服务器指定的路径中, 第 2 种是将热计量数据包解析后存入云服务器上指定的数

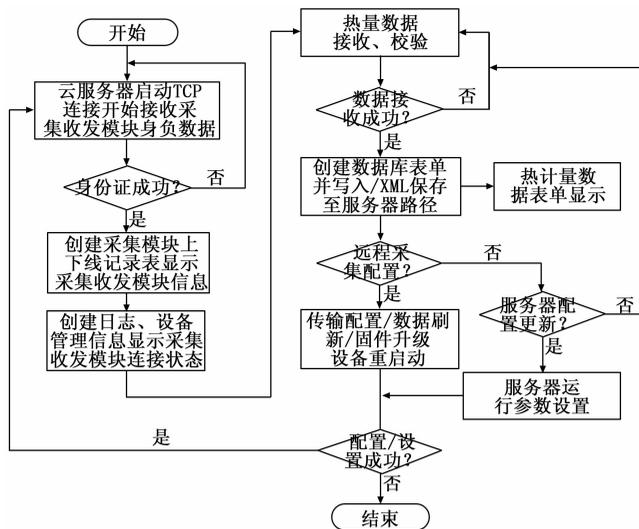


图 7 热计量数据管理服务软件流程

据库中。

6 实验结果与分析

为了测试系统的工作性能, 在后期实验与应用中对 ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统的关键性能指标进行了测试, 实验结果如表 3 所示。

表 3 ISM 与 4G 网络融合的无线热计量云系统的性能指标

指标	说明
计量数据类型	地址、热量、功率、流速、累计流量、进水温度、回水温度、累计工作时间、当前时间、状态等;
无线前端节点	发射功率: 10mW; 传输距离: 大于 300 米;
无线中心节点	发射功率: 10mW; 支持无线前端节点数: 不少于 32 个; 接收灵敏度: -121dBm(1.2kbps)。
采集收发模块	支持 CJ 128-2007、CJ T188-2004 国家标准协议; RS485 串口(波特率: 1200-115200bps); RJ45 网卡接口(支持 10 M/100 M 自适应网卡用于本地采集); 支持无线中心节点数: 大于 128 个; 数据保存周期: 大于 1 个月; 平均无故障时间(MTBF): 大于 1 万小时。
Windows Server 云服务器平台	服务器系统版本: Windows Server; 连接方式: TCP 连接; 同时支持服务器个数: 4 个; 数据采集方式: 中心命令采集和主动定时采集; 数据采集保存方式: 云服务器指定路径, 数据库保存; 数据采集更新周期: 1 分-3 小时(可设定)。

实验结果表明, 使用本系统所采集的热计量数据项数与类型符合 CJ 128-2007 《热量表》国家标准中对热量计量的技术规范; 无线前端节点和中心节点的工作频率也符合我国对 ISM 频段的使用许可要求, 较低的发射功率既保 (下转第 154 页)