

基于 GPRS 的农电台区变压器智能监控系统的通讯与管理^①

王 健^{1,2}, 罗隆福³, 董书大¹, 张晓虎³, 陈 娟¹, 杨 英¹

¹(湖南大学 软件学院, 长沙 410082)

²(特变电工股份有限公司, 乌鲁木齐 831100)

³(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

摘 要: 针对当前农村电网安全性差、控制与通信技术落后、管理水平低的现状, 设计了一种基于 GPRS 技术的农电台区变压器智能监控系统。在对系统进行总体设计的基础上, 详细地设计了系统的无线通信组网方案及系统通信协议, 通过基于 .NET 技术和 TCP/IP 协议的网络通讯方案实现了终端与前置服务器的网络通讯, 并对主站后台管理信息系统的功能进行了分析。此通讯与管理功能可有效提升我国在农村电网的自动化水平, 保证农村电网供电的可靠性、安全性和经济性。

关键词: 农村电网; GPRS 无线通信; .NET 技术; TCP/IP 协议

Communication and Management of Intelligent Monitoring and Management System of Countryside Power Supply District Transformer Based on GPRS

WANG Jian^{1,2}, LUO Long-Fu³, DONG Shu-Da¹, ZHANG Xiao-Hu³, CHEN Juan¹, YANG Ying¹

¹(College of Software, Hunan University, Changsha 410082, China)

²(Tebian Electric Apparatus Stock Co. Ltd, Wulumuqi 831100, China)

³(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: In order to resolve the problems of poor safety, lacking control and communication techniques and low management level in current countryside grid, an intelligent monitoring and management system of countryside power supply district transformer based on GPRS technology is proposed in this paper. On the basis of system overall design, wireless communication networking and communication protocol of this system are designed. Network communication project based on .NET technology and TCP/IP protocol is designed to realize network communication between terminal and front server. Function of management information of system primary station is also analysed in this text. This system will promote our countryside grid's automatic level and make it more reliable, more secure and more economical.

Key words: countryside grid; GPRS wireless communication; .NET technology; TCP/IP protocol

1 引言

我国农村电网分布广, 配电变压器数量庞大、分布范围广, 以县为单位农电配电变压器数量有几百台至上千台^[1]。近年来, 随着国家对农村低压配电网的改造的加大, 低压配电网供电质量和供电可靠性有了很大的提高, 但低压配电网自动化管理和农村

用电安全还处于较低的水平^[2]。农网供电台区是农网供配电的最基本单元, 为了改善农村低压配电网管理, 提高自动化管理水平, 结合当前农村供电台区现状和管理特点以及基于现代通信技术、计算机技术、低压配电网技术, 研究开发一种农电台区变压器智能监控系统势在必行。

① 基金项目: 湖南省重大科技专项资助项目(06GK1003-1)

收稿时间: 2011-04-28; 收到修改稿时间: 2011-05-30

2 系统总体设计

系统总体网络拓扑结构图如图 1 所示, 农网供电台区智能监控系统采用这种 3 层 B/S 模型, 分为终端设备层、通信层以及主站监控层 3 层。终端设备层一方面负责采集电网电压及电流、防盗报警信号(如变压器、电力线偷盗信号)、用电安全信号(如漏电检测信号等)并通过通信层传送给主站监控层, 另一方面通过通信层接收主站监控层的控制命令, 并采取相应的动作(如电闸控制等); 通信层是终端设备层和主站监控层与前置机进行数据传输的载体, 采用 GPRS 网络和 Internet 网络实现终端设备与主站的数据交互。主站监控层主要包括前置机、数据库服务器、Web 服务器、客户端(WEB 浏览器)3 部分。Web 服务器则完成与监控终端、数据库服务器及客户端的交互, 数据库服务器用于存储终端采集到的实时数据; 客户端子系统一般由浏览器实现, 用户通过它与 Web 服务器交互, 从而获取终端采集到的数据或者传送控制命令(包括远程设置各监测设备的运行参数, 采集终端的运行数据, 对该数据进行编辑、显示、存储、打印输出等)。主站的后台管理信息系统可实现多级控制, 区供电所为操控层, 县、市电力局为监管层。

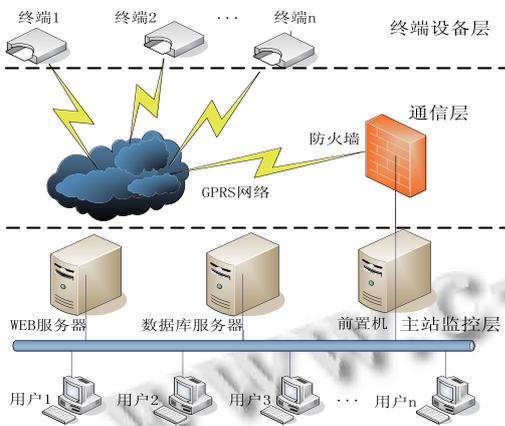


图 1 系统总体网络拓扑结构图

3 无线通信组网方案设计

GPRS 网络具有信号覆盖面广、信息传输效率高、永远在线等优点, 它允许用户在端到端分组转移模式下发送和接收数据, 而不需要利用电路交换模式的网络资源, 从而提供了一种高效、低成本的无线分组数据业务。由于它是按数据流量收费而不是按通信时长收费, 所以更适合 IP 数据业务用户。系统虽然需要投

入一定的资金进行建设, 但相对于传统的有线传输来说, 节省了难以计数的导线材料及人工费用, 达到环保、节能、资源最大共享的目的, 而且免除了网络的日常修改和维护工作, 最大限度地节省了投资。其基于 TCP/IP 数据分组协议信息传输业务, 能够有效地把 GPRS 网络和 Internet 网络连接在一起, 使分组数据可以自由地在两种网络之间传输, 适合构成远程监测网络^[3]。采集和传输控制系统利用最新的 GPRS 数据传输业务, 把采集的数据信息经 Internet 网络实时传输到远程监控中心的海量空间数据库存储, 供监控软件实时地分析利用。

基于 GPRS 的数据传输系统几种典型组网结构:

- (1) 点对点数据传输: 满足两点之间数据传输要求。
- (2) 点对多点数据传输: 满足中心对多点的数据传输。
- (3) 多点网络传输: 满足多点对多点之间的数据传输。

考虑到智能监控系统通信的特点和多点网络的组网复杂性及验证的难度, 本系统采用中心对多点数据传输模式。

由于 GPRS 网络是基于 IP 协议的, 可与 Internet 进行无缝连接, 因此, GPRS 无线通信组网方案不仅仅局限于 GPRS 网内, 也可以通过 Internet 网来实现^[4]。在实际应用中, GPRS 无线通信组网主要是通过接入 Internet 网来实现的^[5]。根据数据中心接入 Internet 的不同, 有多种应用组网方案, 由于成本和传输速率的考虑, 本系统采用的方案是: 用户数据中心没有合法的 IP 地址, 但连接的路由器有固定合法的 IP 地址^[6]。

该方案具有以下特点:

- (1) GPRS 模块与用户中心之间通过 TCP/UDP 建立数据连接;
- (2) 用户的数据中心没有固定的全局口地址, 通过路由器连接到 Internet, 并在路由器上配置经 NAT(端口映射)映射的侦听端口;

(3) GPRS 模块的服务 IP 和 PORT 设置为固定服务器 IP 地址与路由器上 NAT 映射的侦听端口。GPRS 模块上电自动拨号, 如果 GPRS 模块与用户的数据中心之间采用 TCP 协议传输数据, 则自动与服务器建立 TCP 连接: 该方案同样适合拥有固定 IP 服务器的用户使用, 用户数据中心只拥有内部局域

网上的私有地址，并位于具有固定 IP 地址的路由器后面，GPRS 模块透过路由器上的 NAT 与数据中心建立 TCP 连接。

4 监控终端

监控终端负责采集电网电压及电流、防盗报警信号（如变压器及电力线偷盗信号、变压器油温及油位信号等）、用电安全信号（如漏电检测信号等）等信息，并将采集的信息上传给主站，同时也可以接收主站的控制命令，并采取相应的动作（如电闸控制、电容投切等）。

4.1 监控终端的硬件设计

监控终端硬件设计框图如图 2 所示，监控终端以 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F2812 为控制核心，外部扩展了 ATT7022 功率测量模块（实现电压、电流、有功功率、无功功率以及功率因数等信息的采集）、人机交互模块（键盘模块、液晶显示模块）、温度传感器模块、继电器控制模块（电闸控制）、安全报警信息采集模块（完成变压器及电力线偷盗信号、漏电检测信号等信号的采集）、铁电存储器 24C512（实现采集信息的存储）、GPRS 通讯模块等功能模块。

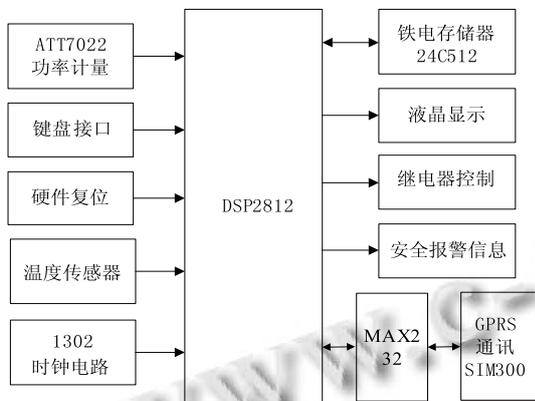


图 2 监控终端硬件设计框图

4.2 监控终端的软件设计

监控终端软件设计采用模块化的设计结构，主要包括初始化模块（完成 CPU 资源初始化、系统定义变量初始化、各硬件功能模块初始化）、电源管理模块（完成 CPU、LCD 节电模式管理）、人机交互模块、GPRS 通讯模块、1302 时钟模块、铁电存储器模块、ATT7022C 功率计量模块、参数监测及计算模块（完成电参量、数字 IO 状态量等参数的采集、计算和监测）、无功管

理模块（实现电容器的投切控制和保护）、预警及保护模块（根据参数监测及计算模块的输出结果，依保护判据进行相关保护动作）。监控终端数据流程图如图 3 所示，首先对系统的所有数据进行定义，然后对采样数据（三相电流、三相电压、三相有功、三相无功、三相功率因素、变压器油温等）进行数据计算与分析统计，并将计算和分析统计后的数据以及采集到的开关量数据（供电开关位置开关量、电容器开关位置开关量、油位继电器位置开关量）保存到铁电存储器中；最后通过人机交互模块显示出来并通过 GPRS 通讯模块上传到主站，监控终端当然也可以接收主站发过来的控制信息。

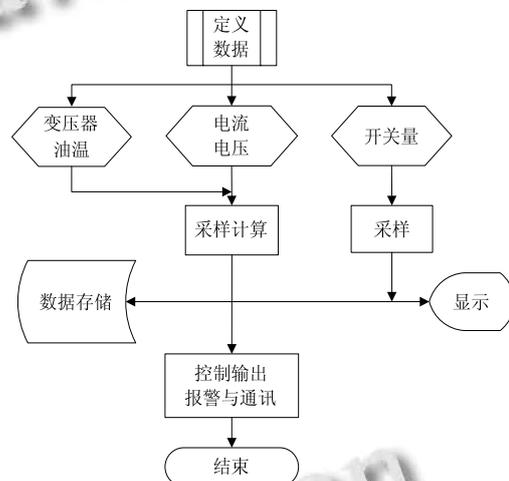


图 3 监控终端数据流程图

5 前置服务器的通讯与管理

前置服务器通讯与管理软件设计主要包括主站后台管理信息系统软件、前置机网络通信软件两个模块的设计。前置机通信服务器是连接主站与监控终端的纽带，负责将监控中心管理信息系统的命令下发到指定的智能终端，同时可将上传终端的数据上传给监控中心管理信息系统。

5.1 系统通讯协议的制定

系统通讯协议可以实现系统中监控中心与终端设备进行点对点的或一主多从的数据交换方式，并规定了它们之间的物理连接、通信链路及应用技术范围。

(1) 系统通讯帧格式如图 4 所示。

帧头	目的地址	源地址	控制	长度	数据	校验	帧尾
----	------	-----	----	----	----	----	----

图 4 系统通讯帧格式

- 帧头：标志一帧信息的开始
- 目的地址：数据发送的目的地址
- 源地址：发送数据的源地址
- 控制：发送的是命令还是数据标志
- 长度：发送的数据长度
- 数据：要发送的命令或数据
- 校验：数据的校验位
- 帧尾：标志一帧信息的结束

(2) 握手协议

开始发送数据的同时启动通讯超时控制，在规定的时间内未收到有效的信息，则重新发送数据。若在规定的时间内收到通讯出错的信息也进行重新发送数据。重新发送数据的次数可暂设为三次，超过三次则认为通讯故障，发出报警信息。通讯正常，首先检验自身地址是否匹配，匹配则回传自身的地址，不匹配则不予响应。若通讯正常，且地址匹配，首先从机将接收数据直接回传，接下来执行相关命令及动作，并将执行结果返回。

5.2 GPRS 终端数据通信功能实现步骤和软件流程

GPRS 的数据传输模式和命令模式均通过 AT 命令来实现。对于 GPRS 的操作主要包括两个步骤：一是 GPRS 连接服务的建立(SOCKET 服务、短信)，二是进行相关的数据传输操作。根据这两个步骤我们在程序设计的过程中，将系统的通信功能步骤化和模块化，并使用实时任务调度和任务驱动的机制，我们先

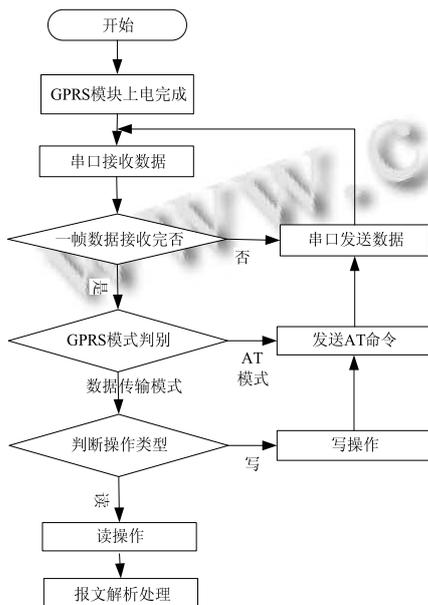


图 5 GPRS 通信数据处理流程图

把 GPRS 功能函数和 GPRS 通信数据处理分开设计，系统主函数每 20ms 调用一次 GPRS 功能函数，这个函数中包括了 GPRS 上电初始化和 AT 命令拨号操作，并根据具体的任务标志，进行相应的数据传输操作；而 GPRS 通信数据处理的任务主要实现数据传输的具体操作，如串口接收发送函数，GPRS 模块读写操作函数以及具体报文解析操作等。GPRS 通信数据处理流程图如图 5 所示。

5.3 基于.NET 和 TCP/IP 协议的前置机网络通讯的实现

要进行基于 TCP 协议的网络通讯，首先必须建立同远程主机的连接，连接地址通常包括两部分：主机名和端口，如 www.stdz.com:9000 中，www.stdz.com 就是主机名，9000 指主机的 9000 端口，当然，主机名也可以用 IP 地址代替。当连接建立之后，就可以使用这个连接去发送和接收数据包，TCP 协议的作用就是保证这些数据包能到达终点并且能按照正确的顺序组装起来。在 .net framework 的类库 (Class Library) 中，提供了两个用于 TCP 网络通讯的类，分别是 TcpClient 和 TcpListener。TcpClient 类是基于 TCP 协议的客户端类，而 TcpListener 是服务器端，监听 (Listen) 客户端传来的连接请求。TcpClient 类通过 TCP 协议与服务器进行通讯并获取信息，它的内部封装了一个 Socket 类的实例，这个 Socket 对象被用来使用 TCP 协议向服务器请求和获取数据。因为与远程主机的交互是以数据流的形式出现的，所以传输的数据可以使用 .net framework 中流处理技术读写。

基于 TCP/IP 协议的数据监听流程图如图 6 所示，显示了一个基于 TCP/IP 协议传输数据的完整过程，前置机在初始化之后，开始对端口进行监听，当收到 GPRS 终端发送来的数据之后，前置机便根据通信协议对数据进行校验，主要包括数据帧的格式、CRC 校验以及数据包数的对照，在确认收到的数据为有效数据后，将数据报文解析后保存到数据库中。在通信过程中，数据包的接收必须是完整的。当数据发送方按照数据分包的方式，向接收方发送数据时，以接收方接收到完整的数据帧作为数据传输正确的必要条件。当前置机或终端接收来自对方的分包式数据传输时，只有在正确的接收到了所有的数据包之后，才判断数据传输过程正确，否则就必须中断数据传输，并向对方发送消息帧，告知数据传输错误，而数据发送方也必须立刻中断数据传输，并启动重新发送的机制。

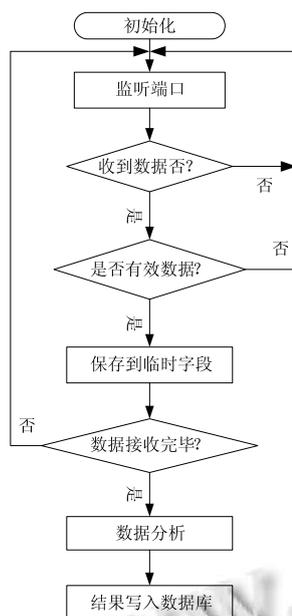


图 6 基于 TCP/IP 协议的数据监听流程图

TCP/IP 部分的初始化 C#代码如下:

```
Private void TCP_IP_START()
```

```
{
```

```
while(true)
```

```
{TcpListener listener= new TcpListener(端口号);
```

```
listener.Start();//开始监听端口。
```

```
TcpClient tcpclient = listener.AcceptTcpClient();//
```

获取 Tcp 信息。

```
NetworkStream netstream = tcpclient.Getstream();
```

```
byte[] receive_data = new bytes[1024];
```

```
int bytelength = netstream.Read(receive_data ,0, receive_data.Length);
```

```
//从 netstream 流中读取数据。
```

```
}
```

```
}
```

TCP/IP 的初始化相对而言比较简单, 直接调用 Sockets 类中的 TcpListener 子类来实现对端口的监听。当外界有数据传到该端口时, 通过 TcpListener 类所带的 AcceptTcpClient 函数获取对方的 TcpClient 信息, 程序将自动完成 TCP 协议的握手过程, 最后通过网络数据流 NetworkStream 类将数据读取下来。

5.4 主站后台管理信息系统功能分析

主站后台管理信息系统功能主要包括用户管理(用户注册、身份验证、权限管理等)、状态配置(通过

配置现场设备的参数, 控制设备的运行数据操作, 按各种条件进行信息的查询等)、数据表示(包括数据形式、图、表、曲线等)。管理信息系统软件主要包括无功补偿控制、漏电保护器控制、配电变压器保护、台区负荷管理、运行监测、设备告警、系统管理等功能模块, 系统运行界面如图 7 所示。



图 7 主站后台管理信息系统运行界面

5 结论

农电台区变压器智能监控系统可以实现三相负荷远程监测、漏电保护远程监控、补偿电容器自动投切远程监控、设备被盗报警、电量报送与查询等功能, 可提高农村供电质量, 减少供电过程的损耗, 杜绝设备被盗现象, 大幅提高抄表、巡查等日常工作的劳动效率, 降低劳动强度。因此, 通过本项目的实施可有效提升我国在农村电网的自动化水平, 更好地保证农村电网供电的可靠性、安全性和经济性。

参考文献

- 1 黄海东, 姚亦清. 变电所无人值班运行模式简介. 供用电, 2006, 23(1): 37-38.
- 2 吴晖, 梁青云. 基于 GPRS 技术的变电站直流设备监控系统. 电力自动化设备, 2009, 29(5): 117-119.
- 3 朱英杰, 张志艳. 基于公共电话网的农网终端变电站(塔)监控系统. 江苏电机工程, 2006, 25(1): 26-28.
- 4 王淑华, 孙超, 陈秀文. 唐山农网系统无功运行现状及建议. 电力电容器与无功补偿, 2009, 30(6): 63-65.
- 5 卢广文, 石磊. 基于 GPRS 的农网终端变电站(塔)自动化系统. 黑龙江电力, 2010, 32(3): 182-187.
- 6 朱玉琴, 李正明, 孙俊. 基于 GPRS 的农村电网远程监控系统. 农机化研究, 2009, 31(1): 222-224.