

基于 GPRS 的低压配电网监控系统下行控制信号通信研究

刘 艺¹, 聂一雄¹, 王星华¹, 彭显刚¹, 黄立虹², 许 健²

(1. 广东工业大学自动化学院电力系, 广东 广州 510006; 2. 广东省汕头供电局, 广东 汕头 515041)

摘要: GPRS 数据通信在低压配电网数据采集及监测系统中发展迅速, 但下行通信的局限性制约了其在远程控制中的应用。根据低压配电设备监控需求, 提出了基于 GPRS 的混合组网结构, 利用 SMS 短信、GSM 拨号及 APN 连接方式综合处理, 克服单纯 IP 网络在下行寻址方面的障碍。分析并讨论了 GPRS 混合通信网络的通信过程, 提出下行通信规约设计方案, 阐述了提高通信可靠性的措施。

关键词: GPRS; 监控; 低压配电网; 规约

Research on the down communication of remote control signal of low voltage distribution supervisory and control system based on GPRS

LIU Yi¹, NIE Yi-xiong¹, WANG Xing-hua¹, PENG Xian-gang¹, HUANG Li-hong², XU Jian²

(1. Department of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Shantou Electric Power Company, Shantou 515041, China)

Abstract: The supervisory and control for low voltage distribution system is always a problem in the power system operation. The development of GPRS wireless communication offers the opportunity to solve it, but the limitation of its down communication constrains the application in the remote control. This paper presents a reliable communication topology based on GPRS network with the integration of the SMS, GSM dialing service and APN connection, which can overcome the obstacles in the down commutation addressing. The procedure of communication based on the given hybrid GPRS network is given. In order to improve the reliability of the communication, the selection of IP protocol and design of the down commutation protocol of remote control data are also discussed.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China(No.8151009001000059).

Key words: GPRS; supervisory and control; low voltage distribution system; protocol

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)11-0147-04

0 引言

实现低压配电网自动化的关键因素之一是通信平台的适应性。由于低压配电设备数量众多, 分布广泛, 运行环境复杂, 传统电力数据通信方式由于可靠性、成本等因素, 都很难适应低压配电设备监控中的监控点数量及传输性能要求, 因而长期以来, 大量的中、低压配电设备实际上是依赖现场工作人员定期的巡检、抄表或处于一种放任自流的状态, 很难及时地发现电网运行中存在的问题^[1]。

GPRS 无线数据通信业务的迅速发展, 为低压配电网的自动化提供了合适的通信网络平台, 近

年来在远程抄表、变压器运行状态监测系统中得到广泛的应用^[1-4]。但是, GPRS 网络通过 IP 协议进行数据传输时的下行通信寻址困难, 无法直接将控制信号通过 IP 通道发送到监控终端, 从而制约了其在配网监控系统中的应用^[2,5-6]。本文针对低压配电网监控系统的通信需求, 结合 GPRS 通信平台的技术特点, 对其下行通信的组网方式、通信流程、通信规约以及通信可靠性保障措施进行了深入的研究。

1 GPRS 的下行通信难点

GPRS 是通用分组无线业务 (General Packet Radio Service) 的简称, 以分组交换模式发送和接收数据, 无需占用电路交换资源, 具有“永远在线”、传输速率高的特点^[2-6], 特别适合于间断的突发性数

基金项目: 广东省自然科学基金 (8151009001000059); 广东工业大学青年教师基金 (06264)

据和频繁、少量的数据传输，在配电网的大用户远程负控和抄表系统中得到了广泛的应用。

但是，基于 GPRS 的远程监控系统在运行中的一个难点是下行控制信号的传输^[6]。由于 DTU (GPRS 终端) 如果在一段时间内不传输数据，其运行状态会自动转入“虚连接”状态，断开 DTU 的网络地址映射。此时监控中心将无法通过 IP 地址找到 DTU，造成控制信号无法通过 IP 通道发出。由于低压配电网数据实时性要求不高，终端的数据传输时间间隔很长，造成正常运行时大量 DTU 会处于“虚连接”状态，使监控系统的遥控信号难以正常传输^[3-4]。

目前实际应用时，只能通过保持 DTU 的“实连接”状态来解决这一问题。具体做法为：DTU 每隔一段时间通过 IP 通道向监控中心发送一个“心跳”数据包，保证 DTU 不会转入“虚连接”，而监控中心始终维护终端编号 (SIM 卡号) 和 IP 地址之间的关系^[6]。

通过“心跳”数据包保持终端“实连接”状态，其通信安全性、可靠性高，通信时延短，适用于低压配电网远程监控系统的任何情况。但最大的问题是成本高，长期运行的经济性较差。根据目前的 GPRS 套餐设计，GPRS 流量计费的最小单位为 1 KB，也就是说，即使只传输 1 字节的数据，也按照 1 K 字节收费，因此系统若有大量终端通过这种方式维持“实连接”，会导致监控系统通信费用过高。

事实上，低压配电网监控的主要作用是配电设备安全性的监测，控制指令极少，实时性要求不高，保持所有 DTU 的“实连接”状态没有必要，而只需在必要时能激活 DTU 即可。

2 混合通信平台设计

目前，电力行业用户的 GPRS 终端基本都以 APN (Access Point Name) 方式接入，即所有用户命名在一个组内，设定用户名和密码，并申请绑定移动内网固定 IP，由监控中心维护 SIM 卡号与 IP 之间的对应关系。同时，监控中心与移动公司的 GPRS 主机之间通过专线连接^[4-6]。

2.1 混合通信组网方案

根据上文对 GPRS 的通信方式的探讨，可以看出，解决监控中心对 DTU 进行远方控制时下行通信困难的关键是激活处于虚连接状态的 DTU，使其进入“实连接”状态。为了同时确保通信系统的性能和可靠性，采用混合的通信方式构成完整的监控系统结构，如图 1 所示。

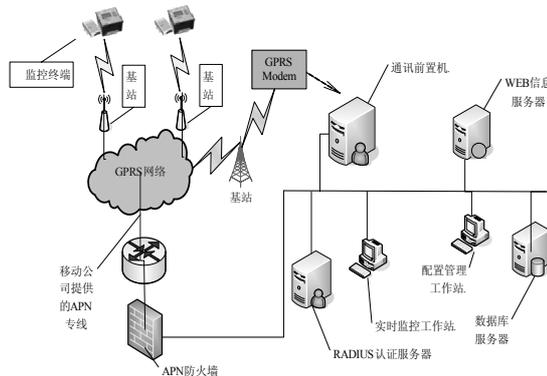


图 1 监控系统整体结构图

Fig.1 Hybrid communication networks of supervisory and control system based on GPRS

图 1 中所示的系统结构具有以下特点：

- 1) 多种通信方式结合，互为冗余备用。上行以 IP 通信为主，X.25 协议为辅，调度中心监听两种通道，以确保故障时的切换。
- 2) 通过 GPRS 内部的端到端差错控制以及在应用层提供重发机制来确保数据可靠性和完整性。
- 3) 网络安全性好。通过专线接入、私有 IP 域以及用户认证过程，并借助移动公司在 GPRS 网络提供的安全性保障，能够保护系统不被未授权用户非法侵入^[4]。

2.2 GPRS 下行寻址方式

由于 GPRS 同时支持 GSM 的所有服务，包括 GSM 拨号和 SMS 短信业务，因此在实际远程监控系统设计中，可采用拨号或短信激活方式，通过监控中心的 GPRS Modem 向相应终端的 SIM 卡号进行拨号或发送短信激活，由“虚连接”转为“实连接”。由于 GPRS 终端从“虚连接”转入“实连接”状态无需复杂的认证过程，因此激活过程很快^[7]。

2.2.1 通过 SMS 短信激活终端

与通过“心跳”包始终保持“实连接”相比，通过短信激活终端，通信费用低，而且对短信息编码还能获得较高的可靠性和安全性，但是短信息只能使用文本方式，而且在移动网络繁忙时的延时不可控，不能用于紧急情况远程控制，因此大多数应用于偶尔需要进行下行通信，且对控制指令执行时间要求不高的监控点。

由于下行的远程控制指令需要严格的往返校验，为了节约返校次数以及执行时间，因此在采用短信激活时，可以将控制指令编码追加到激活短信中，在激活的同时将控制信号发送给 DTU。而在 DTU 进入实连接状态后，再通过 IP 信道将控制指

令返回并由调度中心进行校验。需要注意的是, SMS 短信要求是文本格式, 并且不能超过 160 个字符, 在进行控制指令编码时需满足此限制。

2.2.2 GSM 拨号激活终端

由于短信激活时间不可控, 因此有必要提供另一种终端激活方式: 拨号激活。调度中的 GPRS Modem 通过数据库中的 SIM 卡号向终端拨号, 而在监控终端的单片机中设置中断, 响应外部拨号动作。当 DTU 接收到拨号请求后, 进入中断响应程序, 首先通过拨入的 SIM 号码(调度中心 SIM 卡号)进行拨入身份验证, 以免非认证用户误拨。在核对成功后再由“虚连接”进入“实连接”, 通过 IP 通道进行接收来自调度中心的控制信号。

与短信激活方式相比, 拨号激活终端速度较快, 激活时间可控且不产生费用, 但是不能进行批量广播激活, 只能点对点逐个激活, 并且要求 DTU 的单片机能够响应拨号过程。

2.3 下行控制命令执行流程研究

基于 GPRS 的低压配电网监控系统的下行通信流程如图 2 所示。

对每个 DTU 而言, 一般会定时向调度中心传输监测数据, 会短时维持“实连接”状态。因此, 在调度中心需要对 DTU 发出控制指令时, 首先需要通过 IP 向 DTU 发出会话请求, 并通过会话是否返回判别 DTU 的连接状态。而一旦判断 DTU 处于“虚连接”状态, 则启动短信或拨号激活流程, 使得对应 DTU 进入“实连接”状态。

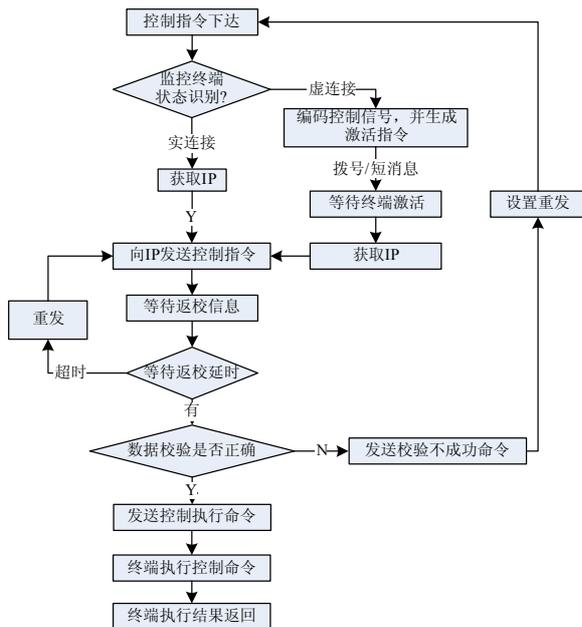


图 2 监控指令下行通信流程

Fig.2 Procedure of remote control signal communication

3 下行信号可靠性保障措施

3.1 传输协议选择

GPRS 可选择 UDP 或 TCP 两种传输协议。UDP 是一个简单的面向数据报的传输层协议, 不提供可靠连接。而 TCP 提供的是一种面向连接的、可靠的字节流服务, 即必须通过通信双方的“握手”过程建立 TCP 连接才能传输数据, 如图 3 所示^[8]。

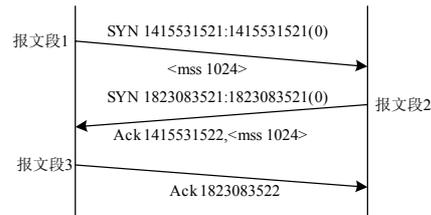


图 3 TCP 连接的建立

Fig.3 Procedure of TCP connection

建立连接后, 基于 TCP 的数据传输过程有接收方确认、超时重传等保障机制, 可以保证数据传输的可靠性, 只是需要增加网络开销。

但是, 采用 TCP 协议, 服务器需要耗费大量资源保持与终端的 TCP 连接。由于低压配网终端数量很多, DTU 与服务器建立连接后, 服务器需维护非常大的 TCP 连接列表并可能反复传输重试, 可能导致 TCP/IP 堆栈溢出而使服务器崩溃^[9]。

因此, 对于低压配电网远程监控系统而言, 在 DTU 主动进行定时数据上传时, 采用 UDP 方式传输, 并在调度中心进行校验, 一旦数据差错则等待下次传输进行修正。而在调度中心激活 DTU 进行遥控信号下行传输时, 则建立 TCP 传输来确保控制指令传输的可靠性。这样, 调度中心服务器仅仅需要维持极少量 TCP 连接以确保网络数据传输服务的可靠性^[10-11]。

3.2 基于传输规约的可靠性控制

借鉴 CDT 规约, 基于 GPRS 平台传输远动控制信号时, 数据帧可采用以下设计^[1,5,11]:

1) 帧内远方控制指令重复

根据 GPRS 的 1 k 字节收费基准, 可将控制指令编码后重复填入 IP 数据库中的 TCP 报文的数据段中, DTU 侧接收到数据后根据多数原则(类似于 CDT 规约中遥控数据的三取二原则), 解析控制信号, 从而降低报文错误带来的风险。

2) 规约的返校处理

在 DTU 接收到下行控制指令的 TCP 报文后, 将 TCP 报文中的数据段提取之后, 重新生成校验码, 再发回服务器进行校验。若数据未发生变化,

则由调度中心将遥控内容封装成遥控执行指令，DTU 再次校对后执行控制指令。帧结构大致如下：



图 4 遥控帧结构示意图

Fig.4 Example of structure of remote control signal frame

上图所示遥控信号功能码有 3 类：遥控选择（下行）、遥控返校（上行）、遥控执行（下行），对应于控制命令的下发——返校——执行过程。任一过程中若出现遥控指令与之前收发的指令不同，均终止遥控指令的执行。

4 总结

为解决基于 GPRS 网络的低压配电网监控在下行通信寻址时的困难，本文提出了一种综合的组网方式，利用 GPRS 所提供的 GSM 基础业务，在需要进行远程控制时，通过拨号和短信激活的方式将 GPRS 终端转入“实连接”状态，再通过 IP 通道进行控制指令的传输，从而解决了监控系统遥控通信的问题。

在此基础上，本文分析了下行控制指令的执行流程、激活过程，同时提出了 IP 传输协议的选择思路，并利用应用层的通信规约设计来保障下行控制指令的传输可靠性。

参考文献

[1] 刘健. 配电自动化系统[M]. 北京：中国水利水电出版社, 2001.

[2] 李惠宇, 罗小莉, 于盛林. 一种基于 GPRS 的配电自动化系统方案[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(24): 19-21.
LI Hui-yu, LUO Xiao-li, YU Sheng-lin. A GPRS based distribution automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(24):19-21.

[3] 路小俊, 吴在军, 郑建勇, 等. 基于 GPRS 通讯技术的新型配变远程监控系统[J]. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17(3): 18-20.

LU Xiao-jun, WU Zai-jun, ZHENG Jian-yong, et al. New supervisory system for remote distribution transformer based on GPRS technology[J]. Proceedings of the CSU-EPASA, 2005, 17 (3) :18-20.

[4] 李华. 现代移动通信新技术-GPRS 系统[M]. 广州：华南理工大学出版社, 2004.

[5] 杨恒. 基于 GPRS 的配电网远程控制系统的研究(硕士学位论文)[D]. 武汉：华中科技大学, 2005.

[6] 杨力. GPRS 技术在配电自动化系统中的应用与研究(硕士学位论文)[D]. 北京：华北电力大学, 2005.

[7] 沈广, 李欣, 万德春. 基于 GPRS 技术的配变管理系统[J]. 高电压技术, 2004, 30(7): 56-59.
SHEN Guang, LI Xin, WAN De-chun. Management system of distribution transformer based on GPRS technique[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(7): 56-59.

[8] 杜勇, 裴作强. GPRS 配电变压器监测系统设计[J]. 微计算机应用, 2003, 25(5): 15-18.
DU Yong, PEI Zuo-qiang. A remote electricity transformer monitoring system Based on GPRS Network[J]. Microcomputer Applications, 2003, 25(5): 15-18.

[9] 李锦彬, 陈冲, 陈明凯. 电力参数自动监测与远程传输系统[J]. 福州大学学报：自然科学版, 2004, 32(6): 34-38.
LI Jin-bin, CHEN Chong, CHEN Ming-kai. The automatic Monitoring and analyzing system for electric parameter test[J]. Journal of Fuzhou University: Natural Sciences Edition, 2004, 32(6): 34-38.

[10] 李涛, 徐建政. 基于 GPRS 无线技术的配电变压器监测系统[J]. 电测与仪表, 2004, 24(6): 30-34.
LI Tao, XU Jian-zheng. Application of GPRS technology in monitoring system of distribution transformer[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2004, 24(6): 30-34.

[11] 刘光明. 基于 GPRS 技术的电力设备远程监控系统设计[J]. 中国科技信息, 2006, 18(1): 34-36.
LIU Guang-ming. Design of remote surveillance and alarming system for electric power equipments[J]. China Science and Technology Information, 2006, 18(1): 34-36.

收稿日期：2009-07-13； 修回日期：2010-01-13

作者简介：

刘 艺 (1964-), 女, 硕士, 讲师, 从事电力自动化等领域的研究. E-mail: Liuyi@gdut.edu.cn