

基于 GPRS 的新型配电网自动化通信系统设计及实用性分析

林添顺

(广东省电力设计研究院, 广东 广州 510600)

摘要: 利用 GPRS 无线网络构建新型配电网自动化通信系统, 将电力通信业务的投资转向公共移动通信网, 不仅能够实现系统通信, 而且无需再扩建通信基站和增加通信设施, 大大节约成本, 利用各层级对通信要求的不同, 在满足馈线自动化系统要求的基础上, 尽可能发挥无线通信成本低, 适用性广的优点。最后, 对 GPRS 网络在馈线自动化通信系统中的实用性做了相关的讨论分析。

关键词: 配电网自动化; 馈线测控终端; 通信; 通用无线分组业务

A new kind of communication system based on GPRS for power distribution and analysis of its practicability

LIN Tian-shun

(Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China)

Abstract: A new kind of power distribution communication system based on GPRS is designed which makes the investment of power communication system turn to public mobile communication net. It can implement communication task without extending communication base station and communication facility. This new kind of system displays advantages of low cost and applicability. At last, practicability of GPRS based communication system for power distribution is analyzed.

Key words: automation of power distribution; FTU; communication; GPRS

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)19-0044-04

0 引言

馈线测控终端 (FTU) 需要就地沿馈线分布, 其通信系统要长期经受恶劣气候条件的考验。另外配电网馈线开关的分布点多、位置多变, 接线复杂, 因此合理地选择经济、可靠的通信系统对馈线自动化系统的正常运行起着至关重要的作用^[1~3]。目前常用的通信方式有光纤通信、电力线载波、有线电视、无线扩频及电话专线等等, 但综合来看, 尚没有一种通信技术可以很好地满足于馈线自动化系统信息传输的需要。上面几种通信方式都是基于自建专用信道, 存在工程投资大, 维护工作量大等问题。

随着近年来通用无线分组业务 GPRS (General Packet Radio Service) 无线通信技术的发展, 网络通信质量、可靠性、运行维护及管理水平的提高。利用其现成的 GPRS 无线网络构建配电网自动化系统, 将电力通信业务的投资转向公共移动通信网, 不仅能够实现系统通信, 而且无需再扩建通信基站和增加通信设施, 大大节约成本, 为配

电通信系统的发展开拓一片新的空间^[4~6]。本文基于此设计了基于 GPRS 的新型配电网自动化通信系统, 并分析了其实用性。

1 GPRS 技术及与 FTU 的接入方式分析

GPRS 是通过在现有 GSM (全球移动通信) 网络中增加 GGSN (网关支持节点) 和 SGSN (服务支持节点) 来实现的。

根据目前通信公司的业务方案及电力公司本身的信息系统现状, 结合馈线自动化系统对通信信道的速度、质量、安全性等方面的不同要求, 适用于 FTU 的 GPRS 技术接入方案大体可分为以下四种:

a) Internet 接入方式

各 FTU 数据通过 GPRS 数据终端接入 GSM 基站, 连至 GPRS 网络, 由 GGSN 网关支持节点汇集, 经过移动公司内部防火墙、路由器与 Internet 网相连, 并采用通用路由封装 GRE 与电网公司的配电网控制中心计算机相连, 实现信息的交互。这种方案成本低廉, 接线简单。存在一定的安全

漏洞,且数据传输延时不可控制,适合于对通信质量要求不高的场合。

b) DDN 专线接入方式

在方案 a 的基础上,配电中心计算机于移动公司路由器通过数字数据网络 DDN (Digital Data Network),专线连接,不经过互联网。这种方案在安全性、可靠性上有一定的提高。但租用长途的 DDN 专线会加大整个系统的成本。适用于配电中心与移动公司较近的场合。

c) APN 专线方式

电网公司可向移动运营商申请接入点 APN (Access Point Name) 专网业务。用于 GPRS 专网的 SIM 卡仅开通该专用 APN,限制使用其他 APN。得到 APN 后,给所有终端分配移动内部固定 IP。配电中心通过一条 APN 专线接入移动公司 GPRS 网络,双方互联路由器之间采用私有固定 IP 地址进行广域连接。移动终端和服务端之间采用端到端加密,避免信息在整个传输过程中可能的泄漏。双方采用防火墙进行隔离,并在防火墙上进行 IP 地址和端口过滤。这种方案无论实时性、安全性、稳定性较前两种方案都有大大提高,适合于安全性要求较高、数据点比较多、实时性要求较高的应用环境。是在资金允许的情况下最佳的配电网 GPRS 通信组网方式。

d) 通过 GPRS 单元无线方式

在配电中心计算机上加装主副两个 GPRS 数据终端,互为备份和 GPRS 网相连,各 FTU 也通过 GPRS 数据终端连接至 GPRS 网络,这样,各监测点均可与配电中心计算机进行信息交换。这种方案需要连接配电中心的 GPRS 终端申请移动内网动态 IP+移动 DNS 解析服务,各监测点 GPRS 终端通过访问配电中心域名连接上配电中心计算机,或者采用 APN 专网的方式给配电中心 GPRS 数据终端固定 IP。这种方式稳定性较强,且所有数据都在移动 GPRS 的 APN 内网传输,安全性好。且无需负担 APN 专线月租费用,性价比合理。但配电中心通信带宽收到限制,不太适合馈线自动化等需要紧急故障处理的场合。

2 新型配电网自动化通信系统设计

2.1 新型配电网自动化通信系统总体方案

馈线自动化系统属于配电网自动化系统的重要组成部分,通信系统的设计,必须从总体予以把握^[4,5]。对通信系统可靠性和经济性也有着更高的要求:①数据传输的完整性;②时间响应的快速性;③不同数据传输的优先级和不同响应时间。为了能

够迅速地进行故障隔离和非故障区段的恢复供电,FTU 还应有底层相互通信的接口,并将这些接口互连成网,以便与配变监控终端等智能设备通信,收集其相关信息并转发至上层监控系统。因此,对于一个包含主站、子站、FTU、TTU 以及电量集抄装置的完整系统,必须针对其不同层面间的特点分别考虑。据此提出的基于 GPRS 技术的配电网自动化通信系统如图 1 所示。

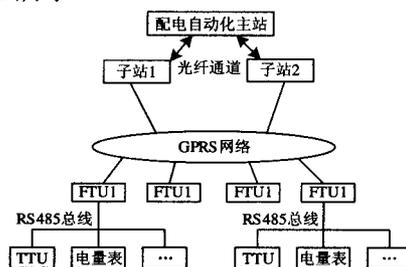


图 1 基于 GPRS 技术的配电网自动化通信系统

Fig.1 Power distribution communication system based on GPRS

系统大体可分为三层网络结构,第一层为主站与子站之间的通信,这一层的通信数据量大,距离较远,且对可靠性要求很高,一般采用光纤通道。通常子站建在变电所内,因此可借用调度通道,节省改造成本。第二层为子站与 FTU 之间通信。这一层通信采用 GPRS 通信技术,可增大子站的辐射范围,由于子站处理的故障区域范围,可基本不考虑通信距离影响,以网络结构简化为最佳出发点。第三层为 FTU 与 TTU、电量集抄系统间的通信。利用 FTU 负责附近 TTU、电量集抄装置数据的转发,由于 TTU (Transformer Terminal Unit)、电量集抄系统对数据的实时性要求不高,采用 RS485 等现场总线方式将其就近接入 FTU,再由 FTU 通过无线网络将数据转发到子站系统。这样,利用各层级对通信要求的不同,在满足馈线自动化系统要求的基础上,尽可能发挥无线通信成本低,适用性广的优点。

2.2 新型通信方案的实用性分析与估算

由于 GPRS 网络接入速度快,计费方式合理,已使用于无线抄表等领域中,但馈线自动化通信系统对通信的实时性和可靠性有着特殊的要求,因此有必要对 GPRS 网络在馈线自动化通信系统中的实用性做相关的讨论。

目前,对于馈线自动化系统对故障处理时间的要求,国内尚没有一个明确的规定,根据中国电机工程学会城市供电专业委员会 1999 年在《<城市电力网规划设计导则>实施补充意见及说明》中提到,“电缆环网或网络式架空电网中,故障段用户停电,其恢复供电目标时间为故障处理时间;非故障段用

户停电，其恢复供电的目标时间，电网配置自动化装置的为 1 min 以内，人工操作处理的，一般为 4h 以内。”对实时配电自动化系统的地区，从故障发生瞬间开始，到故障隔离、非故障区域恢复供电的时间，大多数电力单位要求把它控制在 20~30 s 以内。在《配电系统自动化规划设计导则》中，对系统基本技术指标的规定为：通信信道误码率 $\leq 10^{-5}$ ，开关量变位传送到主站的响应时间 ≤ 5 s，遥测越死区传送响应时间 ≤ 5 s，控制命令响应时间 ≤ 5 s，画面切换时间 $\leq 5\sim 10$ s。

对于 FTU 而言，GPRS 数据以 TCP/IP 报文方式传输，因此参考 IEC60870-5-104 作为其通信规约。一般情况下，FTU 定期向子站循环发送遥信、遥测量数据。具体包括 3 相电流、3 相电压、有功功率、无功功率、频率、开关状态量等。以每路模拟量长度 16 位计算，报文中应用服务数据单元 ASDU 长度约为 144 bit 左右，加上应用规约控制信息 APCI，APDU 报文最大长度应为 200 bit 左右，加上子站启动数据传输 U 格式报文及接受方确认 I 格式报文，完成一次遥测数据传送不超过 300 bit。以此为基础可以从以下几方面对 GPRS 配

电通信网络的实用性加以估算：

(a) GPRS 服务质量 (QoS)

中国移动就 GPRS 服务质量，提出了 QoS 的概念，即“决定用户对一项服务的满意度的服务性能的集合。”其最主要的性能参数为服务优先级、延迟、可靠性、用户数据吞吐量。服务优先级定义了高、中、低三种优先级别，决定了当资源有限时，各种服务占用资源的先后顺序。

延时等级按表 1 所示。

表 1 GPRS 网络内部延时等级

Tab.1 Internal delay level of GPRS network

延迟	SDU 大小: 128 字节		SDU 大小: 1024 字节	
	平均传输延迟	95%传输延迟	平均传输延迟	95%传输延迟
	/s		/s	/s
1	<0.5	<1.5	<2	<7
2	<5	<25	<15	<75
3	<50	<250	<75	<375
4	未定义	未定义	未定义	未定义

SDU: Service Data Unit, 服务数据单元可靠性的级别可表示为表 2。

表 2 GPRS 网络可靠性级别

Tab.2 Reliability level of GPRS network

可靠性级别	SDU 丢失概率	SDU 重发概率	SDU 失序到达概率	SDU 损坏概率	适用业务类型
1	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	对差错敏感, 无纠错, 有限的差错容忍力
2	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-6}	对差错敏感, 无纠错, 良好的差错容忍力
3	10^{-2}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-2}	对差错不敏感, 有纠错, 良好的差错容忍力

吞吐量可分为峰值吞吐量和平均吞吐量两种，峰值吞吐量分 9 个等级，如表 3 所示：平均吞吐量分 19 个等级，第 1 级每小时平均传送 100 bit，约

为 0.22 bit/s，第 18 级的平均吞吐量可达 50 Mbit 每小时（约 111 kbit/s）。随着等级的增高，单位时间传送的 bit 数越大，数据传输速率越高。

表 3 GPRS 峰值吞吐量级别

Tab.3 Handling capacity level of GPRS

峰值吞吐量级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9
每秒最大传送 bit 数	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	128000	256000
	8 kb/s	16 kb/s	32 kb/s	64 kb/s	128 kb/s	256 kb/s	512 kb/s	1024 kb/s	2048 kb/s

总之，GPRS 网络对不同业务要求提供不同的 QoS 保证，我们可以根据馈线自动化系统对通信带宽、速率、延时等特殊要求，对 GPRS 网络参数进行设定，定制适合馈线自动化特点的 GPRS 网络服务。

(b) 通信速度

GPRS 理论上通信速率可达到 171.2 kbit/s，在实际应用中，中国移动能保证提供 33.6 kbps 的下行速率，13 kbps 的上行速率，馈线自动化速度的瓶颈在于一旦发生故障时，大量 FTU 向子站系统主

动上传故障信息。由于此时上传的报文一般以单点遥信、双点遥信、SOE 记录等为主，单个 FTU 节点的数据流量以 200 bit 计算，40 个 FTU 节点同时上传故障信息，在子站接口处瞬时数据总量为 $200 \times 40 = 8$ kb，对照表 3 中 GPRS 峰值吞吐量标准，选择 2 级以上服务级别，即可满足对网络数据带宽的要求，避免故障发生时在子站通信端口出现数据阻塞的问题。

(c) 接入响应时间

GPRS 数据终端与 GPRS 网络建立联系的时间一般为 3~5 s, 之后就可以立即发送或接收数据信息。在没有数据传送时, 与网络保持一种虚(逻辑)连接状态, 实现“永远在线, 实时在线”, 再次传送数据时, 在 1~3 s 内激活。该激活时间完全可以满足《配电系统自动化规划设计导则》中对开关量变位主动上传响应时间的要求。

(d) 运行成本

若 FTU 每 10 min 上传一次遥测数据, 则一个月的数据传输量约为: $300 \times 60 \times 24 / 10 = 1.296$ Mbit。FTU 节点数较多, 但其对数据上传实时性要求不高, FTU 转发的数据总量并不大, 再加上与子站其他通信过程, 每个月总的流量估算为 2.5 Mb。

按照移动公司现行的 GPRS 服务收费标准, 一个 FTU 终端每月的费用不超过 35 元, 若大规模应用, 资费还可能降低。加上 GPRS 通信系统首期投资及维护费用较光纤等通信方式低得多。在满足通信质量的前提下, GPRS 通信系统有着较大的成本优势。

3 结论

综合以上几点可以看出, 通过优化设计馈线自动化通信系统结构, 合理选择 GPRS 服务级别, 基于 GPRS 的新型配电网自动化通信系统设计完全可以满足馈线自动化对通信的需要。

参考文献

- [1] Williams B R, Walden D G. Distribution Automation

(上接第 8 页 continued from page 8)

合的程度, 较好地解决了电力客户信用风险评价中定性与定量因素综合评价的问题。实例应用表明, 该方法能较真实地反映实际电力客户的信用等级, 且易于计算机进行规范化评价, 在电力客户信用风险评价领域中具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 刘新才, 曾鸣, 黄琰. 基于层次分析法的电力客户信用风险评价[J]. 电力需求侧管理, 2005, 7(6): 19-21. LIU Xin-cai, ZENG Ming, HUANG Yan. Assessment of Power Customer Credit Risk Based on Hierarchy Analysis Method[J]. Power Demand Side Management, 2005, 7(6): 19-21.
- [2] 王绵斌, 谭忠富, 张蓉. 供电企业规避电费回收风险的客户信用评价方法[J]. 华东电力, 2007, 35(1): 21-25. WANG Mian-bin, TAN Zhong-fu, ZHANG Rong. Consumer Credit Assessment Methods for Power Supply Enterprises to Avoid Electric Toll Collection Risks[J]. Southeast China Electric Power, 2007, 35(1): 21-25.

Strategy for the Future[J]. IEEE Computer Application in Power, 1997.

- [2] Automated Solutions for Distribution Feeders[J]. IEEE Computer Applications in Power, 2000.
- [3] 罗建, 顾诚, 王官洁. 配网馈线自动化通信方式的分析[J]. 重庆大学学报, 2002, 25(7): 92-95. LUO Jian, GU Cheng, WANG Guan-jie. Analysis of Power Distribute Communication System[J]. Journal of Chongqing University, 2002, 25(7): 92-95.
- [4] Makinen A, Parkki M, Jarventausta P. Power Quality Monitoring as Integrated with Distribution Automation[A]. In: 16th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (IEE Conf. Publ No. 482)[C]. 2001.
- [5] 葛俊, 童陆园, 耿俊成, 等. 配电系统多媒体网络 RTU 的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2000, 24. GE Jun, TONG Lu-yuan, GENG Jun-cheng, et al. Design and Implement of RTU for Power Distribute System Multimedia Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24.
- [6] 刘健, 倪建立, 邓永辉. 配电自动化系统[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.2-4, 67-70. LIU Jian, NI Jian-li, DENG Yong-hui. Power Distribute Automation System[M]. Beijing: China Water Power Press, 1998.2-4, 67-70.
- [7] DL/T721-2000, 配电网自动化系统远方终端[S].

收稿日期: 2008-06-15; 修回日期: 2008-06-30

作者简介:

林添顺(1973-), 男, 工学硕士, 工程师, 从事电力系统运行与控制研究、电力工程管理工作。E-mail: lintianshunrelay@163.com

[3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.267-275.

[4] 蔡文. 可拓理论及其应用[J]. 科学通报, 1999, 44(17): 1538-1548.

CAI Wen. Extension Theory and Its Application[J]. China Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538-1548.

[5] 蔡文. 可拓学概述[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(1): 76-84.

CAI Wen. Introduction of Extension Theory[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 1998, 18(1): 76-84.

[6] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

收稿日期: 2007-12-25; 修回日期: 2008-02-26

作者简介:

黄文杰(1945-), 男, 博士生导师, 研究方向为电力经济和项目管理;

张宇波(1978-), 男, 博士, 研究方向为电力经济和区域电力市场。E-mail: zh_yu_bo@126.com