

分布式相量监测系统采集单元测试软件的开发

阎常友¹, 李兆成², 范琦², 张涛²

(1. 华北电力大学电气工程学院, 北京市 102206; 2. 北京四方同创保护与控制设备有限公司, 北京市 100085)

摘要: 详细介绍了分布式动态相量监测系统数据采集单元的测试软件 TS-1。针对以往设备调试过程中操作烦琐、耗时长等困难, 开发了数据采集单元的测试软件 TS-1。该软件基于 Windows 2000 操作系统, 利用多线程技术, 采用基于帧的通信协议即用户数据报协议(UDP), 以多播的方式加入多播组, 实时采集数据采集单元上送的数据报文, 按照装置的通信协议, 分析接收到的数据, 判断装置各插件的工作状态。该软件的使用缩短了设备的调试周期, 方便了现场工程师的调试。

关键词: 动态相量测量; 以太网; 通信协议; 队列; 测试软件

中图分类号: TM933; TP274

0 引言

分布式电网动态相量测量系统是数据采集单元、高速数字通信设备、数据处理单元、高分辨率数字式记录/重演单元的有机组合体。数据采集单元是分布式动态相量测量系统的基础测量单元, 主要完成实时电压、电流和开关量的同步测量。它可与数据集中处理单元配合使用, 用于同步相量测量、动态扰动记录分析; 也可与高分辨率数字式记录/重演单元相配合, 用于不间断系统长期高分辨率数据记录装置。

鉴于数据采集单元装置在整个系统中的重要性和基础性, 为确保数据采集单元装置生产的质量, 减轻调试工作负担, 开发了数据采集单元测试软件 TS-1, 用于测试数据采集单元装置功能和质量。

1 数据采集单元硬件组成及测试软件功能

CSS-200/1A 的硬件采用模块化设计, 由交流交换模块、模拟量处理模块、GPS 时钟处理模块、开关量输入、输出模块、通信接口模块和电源模块构成。可以根据实际工程需要自由组合, 通用性强。装置功能主要包括: 记录 36 路模拟量、64 路开关量的数据; 能接收 GPS 卫星对时信号, 能接收精确度 $\pm 1 \mu\text{s}$ 的同步时钟, 利用秒脉冲进行采样。通过配置多块通信卡, 装置可以同时与多个本地或远方装置交换数据。支持 IEEE 1344—1955(R2001) 标准规定的相量数据传输协议。

与装置的构成相对应, 所开发的测试软件也应当包括针对以上各种模块的测试功能。具体来说,

包括模拟量数据的实时采集、实时相量的显示、开入量通道的测试、开出量通道继电器状态的测试、开出通道继电器动作测试、管理模块遥信数据采集和装置基本信息配置等功能。TS-1 所需要的硬件包括: 1 台笔记本电脑及双绞线。

2 研发方案

2.1 通信协议简介

数据采集单元装置协议分为两部分: 第 1 部分说明数据处理单元与数据采集单元间的以太网通信协议; 第 2 部分说明数据采集单元的 Master 插件与 DSP 板、开入板、开出板的通信协议。TS-1 是与数据采集单元之间通信, 采用通信协议的第 1 部分。

2.1.1 以太网帧格式

以太网通信协议采用数据采集单元向 TS-1 主动上送。固定上送 400 帧/s。报文格式见表 1。

表 1 报文格式
Table 1 Format of Ethernet packet

字节序号	内容	字节序号	内容
0	01	5	源地址
1	协议版本号	6	类型
2~3	保留	7	保留
4	目标地址		报文内容

字节偏移 0 的值固定为 0x01, 是为了与变电站综合自动化系统的报文协议相区分; 字节偏移 1 为协议版本号, 为将来不同版本装置互联提供兼容性的保证, 当前版本为 01; 字节偏移 2~3, 为保留字节, 在 1.0 版本中为 0; 字节偏移 4 为目标地址; 字节偏移 5 为源地址; 字节偏移 6 为类型; 字节偏移 7 为保留。装置的逻辑地址约定如下: 数据采集单元地址分配从 0 开始, 测试笔记本电脑地址为在同一

网段内的任意地址,255 为广播地址。

报文类型包括:模拟量报文、相量报文、遥信报文、遥控报文、设定和召唤装置参数、召唤和上送版本号报文。

2.1.2 各种报文

数据采集单元装置报文内容根据不同报文类型采用固定长度。报文长度由报文类型决定。

DSP 采集插件采集速度为 4 800 点/s。共采集 36 路模拟量。包括 SOC 时间、采样记数、状态标志和模拟量数据。相量报文每 10 ms 上送一次,包含两组相量,两组相量采样点间隔 24 点。每组相量包含 36 路实部、虚部为整数的相量,具体格式见表 2。

表 2 相量报文格式
Table 2 Format of phasor packet

偏移地址	内容	偏移地址	内容
0~3	SOC	8~295	36 路相量
4~5	SMPCNT	296~297	异或和
6~7	Res	298~299	Res

对于遥信报文,其他模块的遥信都经由管理板上送,管理板从装置内部的 CAN 总线上,收集其他模块的遥信数据,再通过以太网发送给测试软件;一般配备 Master 插件、DSP 插件、开入插件和开出插件。每块插件有 256 路数字量信号,可以是实际的开入,或内部状态,也可以是投退压板或者开出状态。256 路信号量以 32 路分组,共分 8 组。遥信报文格式如表 3 所示。

表 3 遥信报文格式
Table 3 Format of remote message packet

偏移地址	内容	偏移地址	内容
0~3	SOC	11	Res
4~5	SMPCNT	12	group
6~7	Res	13	data0
8	插件号	14	data1
9	遥信组数	15	data2
10	起始组号	16	data3

遥控报文格式如表 4 所示。

表 4 遥控报文格式
Table 4 Format of remote control message packet

偏移	内容	偏移	内容
0	遥控预令	4	参数 2
1	遥控正令	5	参数 3
2	参数 0	6	参数 4
3	参数 1	7	和

遥控命令分为 3 种:①整组复归(0x0);②整组输出(0x1);③单点遥控输出(0x2)。整组复归是将所有的开出节点断开,同时将自保持继电器复归为 0;整组输出是根据输出参数 0 将所有的节点输出到

继电器,继电器的行为由定值决定;单点输出命令根据参数 0 指定的继电器输出到继电器。

2.2 软件开发

2.2.1 Windows 2000 操作系统平台

实时系统领域的开发人员尝试把 Windows 2000 用于实时数据采集系统。Windows 2000 是抢先多任务的,线程具有 32 个优先级,其中有 16 个级别处于实时类优先级别。Windows 2000 的中断机制也是基于优先级可抢先的。Windows 2000 提供了几种解析度较高的定时器,可在实时系统获得更具确定性的时间间隔^[1]。

Windows 2000 中把大多数窗口和图形代码从用户态进程描述表中移到了在核心态运行的一组可调用的服务中。改善了系统的总体性能,提高了图形绘制的速度,使之更适合于图形密集的场所。

鉴于以上特性,Windows 2000 可以用于实时数据采集系统,只是在系统的整体设计实现中要充分挖掘其实时性,以满足系统实时性要求。

提高实时性的措施如下:

a. 硬件板卡的设计要注意采用较大的缓冲区,采用乒乓双缓冲甚至多缓冲往往能使系统吞吐能力得到意想不到的提高。尽量提高设备的中断请求(IRQ)级别,数据量极大时可以考虑采用 DMA 方式。PC 机的配置尤其是内存容量越高越好。

b. 在驱动程序层也要考虑安排大缓冲区,直接在 ISR 中完成数据接收处理。驱动程序与上层程序之间的数据传递有两种方式,即缓冲 I/O 和直接 I/O 方式。对于数据量大的情况,应该采用直接 I/O 方式,因为它比缓冲 I/O 至少要减少一次在用户空间和系统核空间之间的数据拷贝,这对大数据量的情况来说其开销是很可观的^[2]。

2.2.2 高精度计时器

多媒体定时器的使用,通过设置中断回调函数,避开了 Windows 的消息队列,从而不必浪费时间等待应用程序的消息队列变空,保障了定时中断得到实时响应。这种方法的定时精度高,可以满足数据采集软件的需要^[3]。

使用时,首先利用函数 timeGetDevCaps()确定定时服务所能提供的最大最小事件周期,接着使用函数 timeBeginPeriod()建立想要使用的最小计时精度,用 timeSetEvent()初始化并启动定时器事件,指定定时器事件发生周期,使用精度和回调函数。在释放包括回调函数的动态链接库时,使用 timeKillEvent()来删除定时器事件,最后调用函数 timeEndPeriod()来删除应用程序建立的最小定时器精度。

2.2.3 UDP 通信协议和 Socket 接口

用户数据报协议(UDP)是非面向连接的协议,既可以进行点对点传输,也可以进行广播和多播。传输前不必建立连接,运输方不需要撤消连接,其通信具有很大的灵活性。但由于没有应答机制,传输的路由不固定。最重要的是 UDP 协议的系统开销小、速度快,基于帧的通信协议即 UDP 协议比基于流的通信即 TCP 协议更为直接和有效。在能够提供 A 类通信子网的局域网内部,当网络负荷不是太大时,UDP 协议的可靠性是可以保证的。数据采集单元与 TS-1 处于同一个网段。数据采集单元上送数据采用多播方式,测试软件应该加入该多播组,并接收多播报文^[4]。

测试软件本地 Socket 的初始化绑定任意 IP 地址,接收缓冲区长度设定 128×1024 字节,接收端口设置为阻塞模式;发送 Socket 接口采用广播方式,目标地址为 255.255.255.255,目标端口号为 11。

2.2.4 数据采集线程和遥控命令的发送

通过设定多媒体定时器的精度(1 ms),利用最高优先级的线程实现实时数据接收任务,有效弥补了实时性的不足。上文已述及,数据采集装置上送的数据包括模拟量、相量、遥信(开入量状态、开出量的值、DSP 插件状态)数据、装置参数、版本信息。

TS-1 下发的数据包括遥控数据,装置参数的召唤和下发、版本信息的召唤命令。

接收线程创建后,立即被悬挂,等待手工启动。接收线程接收本地 Socket 接口收到的所有数据报文,通过通信协议滤除无用的报文,对于保留下来的报文按照通信协议规定的报文类型来加以区别,逐一予以处理,从中提炼出有用的信息,在经过简单的处理之后,显示到屏幕上。数据接收线程见图 1。

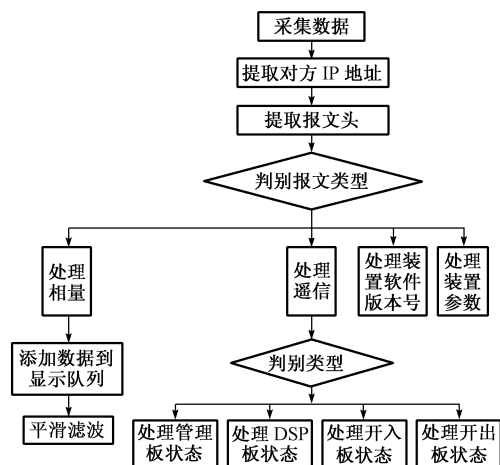


图 1 数据采集线程

Fig. 1 Flow chart of sampling thread

遥控命令的下发通过人工操作实现,通过点击人机界面上的按钮,将要求的遥控命令下发到数据采集单元装置的管理插件,管理插件将这些信息发送到装置内部的 CAN 上,相应的开出插件接收到命令,触发相应的继电器动作。

2.2.5 数据显示

数据显示包括数字显示和曲线显示两部分。数字显示包括了数据采集装置上送的所有信息。相量的显示首先将采集到的相量的实部、虚部形式转化为幅值和相位的形式,然后输出到表格中,并对采集到的数据进行折算,自动生成内部变比,用于数据偏差的调整。为直观显示相量数据,又增加了曲线显示。相量的幅值和相位曲线图描绘,利用了接收线程的实时相量数据,为防止显示速度慢而造成数据丢失,采用了大小合适的队列,暂时存储要显示的数据,显示子程序从队列中取出待显示的数据进行显示。为了满足实时性要求,采用多媒体定时器每毫秒扫描一次显示队列,刷新一次数据(经过实践证明,只要图形队列合理,不会丢包)。并且可以任意选择需要显示的量;任意设置要显示曲线的颜色等方便用户使用的功能;坐标的设定分为自动调整坐标和手动设置坐标两种,可以更好地观察相量数据的动态特性。利用多媒体定时器(精度为 1 ms)每 500 ms 对采集到的相量数据做一次平均值滤波,每 200 ms 显示一次数据。对于开关量实时性要求不高,数字显示采用定时扫描、直接显示的方式。

3 结语

TS-1 是针对本文所论及的分布式动态相量测量系统的数据采集单元开发的。实际应用已验证了它的实用性和准确性。目前,TS-1 只适用于单台数据采集单元装置的测试,对于适用于联网的多台数据采集单元的联调的装置仍有待后续开发。TS-1 的开发对设备的调试过程发挥了巨大作用,提高了设备调试的效率。

参考文献

- 1 阎守孟(Yan Shoumeng). Windows 2000 用于实时系统的方案研究(A Study on Application of Windows 2000 in Real-time System). 计算机应用研究(Computer Application & Research), 2003(3):118~120
- 2 Viscarola P G, Mason W A. Windows NT Device Driver Development. Indianapolis (Indiana): Macmillan Technical Publishing, 1999. 190~195
- 3 张庆辉(Zhang QingHui). 基于 Windows 的精确软件定时研究(Windows-based Study on the Accurate Software Timing). 测控技术(Measurement & Control), 2002, 21(11):38~39

