

# 电力负荷管理系统新国网规约及其软件实现

梅天华<sup>1</sup>,王康元<sup>1</sup>,傅海峰<sup>2</sup>

(1浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027; 2杭州华隆电子技术有限公司,浙江 杭州 310027)

摘要: 国家电网公司制定了新的电力负荷管理系统数据传输规约。该文介绍了规约的主要特征,对其帧结构和传输规则做了比较深入的探讨。根据其特点提出了基于数据库的三层体系结构模型,针对大批量终端的仿真要求,提出了终端组的概念,很好地实现了对主站进行各种测试的要求。

关键词: 通信规约; 负荷管理; 终端仿真; 协议构架; 软件设计

中图分类号: TM714 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)01-0071-05

## 0 引言

传输规约是终端和主站系统进行信息交互的接口,随着软硬件技术的发展,用电管理自动化、信息化和智能化的发展,电力负荷管理系统需求发生重大变动,传输规约也在不断地变化和发展。国际和国内使用的传输规约多种多样,即使对于同一种规约,其传输格式也会因不同国家、不同生产厂家而不同;为了统一这种混乱局面,实现规约的标准化,国际电工委员会 IEC-57 技术委员会制定了一系列远动规约的基本标准<sup>[1~5]</sup>,并在此基础上制定了 IEC60870-5 系列规约。电力负荷管理系统数据传输规约(以下简称国网规约)遵从 GB/T18657(等同 IEC60870-5)推荐的传输规约模式,采用三层增强型结构,适用于平衡式和非平衡式的通信网络。为了提高通信的实时性,采用了只有物理层、数据链路层、应用层 3 层的增强性规约结构(EPA),应用层直接映射到数据链路层,加强了信息的实时性。在点对点 and 多个点对点的全双工配置下,此配套标准可以采用平衡式传输以发挥其内在潜力。

在对系统主站测试的时候,由于测试现场真实条件不满足,因而对主站进行压力测试和批量测试无法进行。而在实际的投入时,这方面往往是影响产品质量的关键一环。为了能较准确的对这方面进行测试,确保这方面的产品质量,因而开发了终端组仿真程序。该程序综合了压力测试和其他测试的要求,并考虑多个规约的扩展,大大减少了测试人员的工作量。本文首先对国网规约进行了比较深入的讨论,在此基础上提出了终端仿真软件的体系结构模型和关键的算法实现。

## 1 电力负荷管理系统数据传输规约详述

### 1.1 电力负荷管理系统数据传输规约的结构

与大多数电力系统中的通讯规约一样,国网规约采用了三层的体系结构,分为应用层、数据链路层和物理层。其结构如图 1 所示。

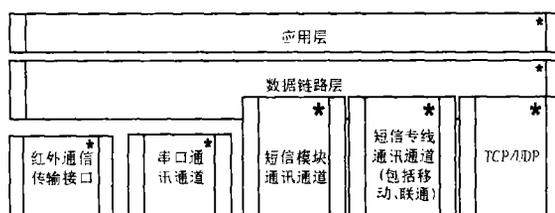


图 1 规约的三层体系结构

Fig 1 Three-layer architecture model of protocol

可以看出国网规约使用的物理通道选择是很多的,这是现代通讯技术发展的结果。一般串口和红外通道可以作为测试使用,TCP/UDP 可以作为主站与终端的通道,短消息可以用来提醒用户一些紧急的事件。众多的通道选择,满足了负荷管理的许多要求。由于采用了 TCP/IP 从而可以适应各种网络包括 x.25; FR(帧中继 FrameRelay)、ATM(异步转移模式 Asynchronous Transfer Mode)和 ISDN(综合业务数据网 Integrated Service Data Network)。当然众多的通道也增加了程序开发的复杂性,但是在实际运行时很少要求终端同时开启所有的通讯通道。所以对终端而言可以采用动态加载通讯模块,而主站还是要求保证所有通道的正常通讯的。

为了节省开发时间,终端仿真程序仅采用 UDP 通道,所以这里简略介绍一下 UDP 的原理。UDP 协议是无需建立服务器与客户端的连接,每个分组都携带完整的目的地址,各分组在系统中独立地从数据源走到终点,它不保证数据的可靠传输,也不提供重新排列次序或重新请求功能。因为程序使用的网络环境相对比较稳定,而对速度的要求比较高,所以

选择了 UDP。网络编程是比较繁琐的一个工作,可喜的是 Microsoft 已经提供了一个 Windows 下的网络通信的 API(应用编程接口),就是 Socket 套接字;当使用 Windows 的 Socket 接口进行网络编程时,发送方将每一个数据帧都作为一个包发送出去,接收方的 Socket 套接字接收到一个完整的数据包,通过重载 OnReceive 函数可以并将其中的数据流截获并转换成帧数据解析出来,这将简化编程工作。

### 1.2 国网规约的数据帧及其结构

国网规约采用 GB/T18657.1 的 6.2.4 FT1.2 异步式传输帧格式,定义如表 1 所示。

表 1 GB/T18657.1 的 6.2.4 FT1.2 异步式传输帧格式  
Tab 1 6.2.4 FT1.2 asynchronous transmission frame format in GB/T18657.1

起始字符 (68H)			
长度 L	固定长度		
长度 L	的报文头		
起始字符 (68H)			
控制域 C	控制域	用户数	
地址域 A	地址域		
链路用户数据	应用层	据区	
校验和 CS	帧校验和		
结束字符 (16H)			

它由帧长度、链路层控制域、地址域和应用层数据域组成;控制域、地址域、应用层数据域共同定义了用户数据区。在帧数据中,启动字符 68H 定义了数据流内的起始点,应用规约数据单元的长度定义了数据帧主体的长度;在数据长度 L 的低 2 位中还包括了规约的信息,这在组帧和解帧中都是要注意的问题。控制域 C 提供了链路信息,表示报文传输方向和所提供的传输服务类型,定义如表 2 所示。

表 2 控制域 C 的定义

Tab 2 Definition of control field C

	D7	D6	D5	D4	D3~D0
下行方向	传输方	启动标	帧计数位 FCB	帧计数有效位 FCV	功能码
上行方向	向位	志位	要求访问位 ACD	保留	

各位的具体含义参看规约,这里就不再赘述了。功能码规定了主站传输的三种类型:发送 3 确认、发送 3 无回答、请求 3 响应帧;此外还有终端发出的帧类型:确认帧、响应帧。

### 1.3 应用层数据的发送和接收序号维护

由于传输通道可能存在各种各样的干扰,例如高频电磁干扰、传输线发生断裂和通讯堵塞等等,发送的数据可能出现错误和丢失。在 UDP/IP 中,IP 协议负责将数据从一处传往另一处,UDP 负责控制数据流量,并保证传输的正确性。由于在最底层的计算机通信网络提供的服务是不可靠的分组传送,

所以当传送过程中出现错误以及在网络硬件失效或网络负荷太重时,数据包有可能丢失、延迟、重复和乱序,因此应用层协议必须使用超时和重传机构。为了防止报文在传送过程中丢失或重复传送,国网规约在报文帧序列域中定义了启动帧序号 PSEQ 和响应帧序号 RSEQ,并且每个终端必须实现一个启动帧帧序号计数器 PFC。国网规约还可以给出帧的时效信息,对于某些时效性强的信息例如“参数设置”命令,可以通过时标来判断要不要进行处理。在帧序列域中还包括了帧起始标志位 FR 和帧结束标志位 FN,用来处理多个帧完成一个服务的情况。在处理序号时主要困难在于对超时时间的设定,这个值是根据网络的状态来设置的。如果设置的太长,帧丢失时程序等待的时间就会比较长;如果设置的太短,就会在网络壅塞时频繁的重复发送,从而进一步加重了通讯的负担。比较理想的做法是引入自适应的机制,在运行过程中统计平均收发时间  $T$ ,然后将超时时间设置为  $T$  的某个倍数,这样就可以比较好地解决这个问题。还有需要注意的是时间标签和超时机制的区别与联系,时间标签用于交换网络通道中,对采用同时建立多个通信服务的传输服务,进行辅助判决接收报文的时序和时效性。采用超时机制时,终端在开始响应第二个请求之前,必须将前一个请求处理结束。终端不能同时处理多个请求。所以这两种机制是不能同时使用的,只有在时间标签无效时才采用超时机制。

### 1.4 数据单元标识与数据单元

数据单元标识是国网规约中最为灵活的部分,实现对终端采集的各种信息进行分类整批上送,包括了信息点和信息类两个部分。信息点 (information point) 表示参数或数据的对象信息,如测量点、总加组、控制轮次、直流模拟量分路等;信息类 (information type) 表示参数或数据的分类信息,一个信息类可以是一种参数或数据,也可以是一组参数或数据的集合。直观地说信息点表明了传输信息的来源,回答了就是数据产生位置的问题;信息类表明了在这个位置产生了什么样的信息,表明了信息内容的类别。信息点和信息类的结构如表 3 所示。

其中共定义了 64 个信息点元和 248 个信息类元,DT2 大于 30 的信息类元是没有定义的留待扩展。除了 DT2 是采用二进制表示以外其他各位都是采用逐位表示二进制方式。所以对信息点而言只要在矩形定点上的 P 都是有可能可以同时上送的,例如要上送 P1P3P9P11 就可以令 DA2 = 03H, DA1 =

05H。对信息组而言就只有在同行上的  $F_i$ 才可能在同一个数据帧中上送。所以我们在设置信息点时可以利用这些特点来方便信息的整组分类上送。例如可以将需要一起上送的测量点编码在信息点的一个矩形内,这样一个帧就可以将所需测量点的数据送到主站,从而提高了效率。在软件实现中可以根据终端的状态和所启动的服务来确定信息点和信息类。在终端仿真程序中,因为需要很灵活地模拟各种工况,所以采用了人工设置状态的方法。

表 3 信息点与信息类的结构

Tab 3 Structure of information point and information type

信息点组 DA2		信息点元 DA1							
D7~D0		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
00000001		p8	p7	p6	p5	p4	p3	p2	p1
00000010		p16	p15	p14	p13	p12	p11	p10	p9
...									
信息类组 DT2		信息类元 DT1							
D7~D0		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0		F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1
1		F16	F15	F14	F13	F12	F11	F10	F9
2		F24	F23	F22	F21	F20	F19	F18	F17
...									

## 2 终端组仿真软件的设计与开发

### 2.1 软件的设计和模块划分

为兼顾主站压力测试和其他测试的要求在程序设计中我们引入了终端组的概念方便统一处理,终端组就是一个或多个采用同一传输规约而且状态完全相同终端的集合,一般同组终端的逻辑地址是连续的。考虑到多规约的扩展,定义了终端状态向量的概念,终端状态向量就是终端状态的集合。终端状态向量是一个与终端类型无关的量,可以在开发过程中不断地加以扩展。对某一给定终端,终端状态向量是完全表征某一终端状态的数据集合。例如,浙江规约的终端中没有定义谐波量而国网规约考虑了,于是在开发国网规约时就可以加入这一分量。对每一个状态分量我们定义了(数据标识、字节数、数据值、说明)四元组,其中数据标识唯一标识该分量。对于需要上送的统计量,也是在终端状态向量中加以定义,其数据值通过计算来实时生成。这样我们就可以用一个数据标识向量来确定所要发送帧所要携带的数据。在国网规约中这一数据标识向量有时需要动态生成。因为是仿真程序所以要对某些数据量实现走字和设置。例如电表电能值总是不断地递增,告警状态量需要设置。经过设置后终端的状态向量便存入了数据库,仿真程序就可以

在时间和主站的驱动下运行了。当然也考虑了人工处理的情形,可以手动地发送数据帧,从而方便了测试工作的进行。考虑多规约的情形,采用动态加载规约解析模块的办法。因为一个时间内很少需要对所有主站支持的规约类型进行测试,另一方面作为一个单机仿真程序采用dll技术相对比较容易实现。采用了以上的设计使得程序显示出良好的扩展性,我们在这一框架下良好地实现了国网规约、浙江规约和企业华龙规约终端的仿真。根据上面的设计思想给出了以下的设计:模拟终端从总体的框架上主要分为4个部分组成:模拟终端操作界面、数据库、规约解释和底层通讯部分。如图2所示。

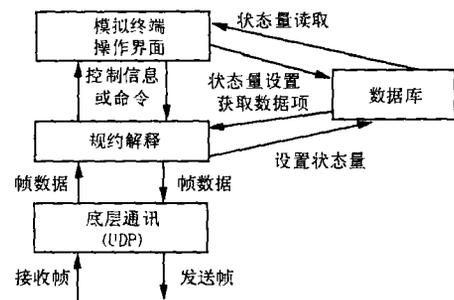


图 2 程序的模块划分

Fig 2 Models division of program

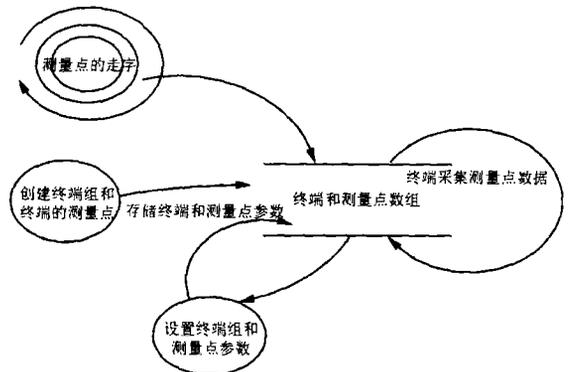


图 3 走字与采样

Fig 3 Data updating and sampling

图3描述测量点走字与采样的过程。终端组仿真程序界面上显示终端的个数和每个终端的测量点数。在生成对于终端数组后可对终端组和测量点进行设置。对于每个测量点其走字频率为数据按物理规律的变化率,如电量增量为功率对时间的积分。采样就是对于终端数组定时检测数据收集终端各测量点的信息,为提供服务做准备。对于终端手动触发或定时触发的上送信息和从主站下发的任务或设置信息的数据流程进行描述。如图4所示。

当主站向终端发送控制命令时,根据命令的不



图4 手动发送与接收过程

Fig 4 Data sending by manual and its receiving

同对存于内存中的终端和测量点的内容进行处理。然后将要上送到主站的数据进行规约解释并将数据内容打包到帧中,通过底层通讯发送给主站。主站下发命令时,终端组通过底层通讯接收到主站消息。通过规约解释将帧数据还原成数据命令,然后根据数据命令的不同对终端和测量点的数据进行不同的处理。主站也可对终端和测量点的任务进行设置。

## 2.2 终端组的实现方法

根据实际压力测试的要求,仿真程序需要仿真大概 8 000 个左右的终端。这么多的终端数量如果采用一个终端一个线程来处理的话显然是不现实的,而且处理速度会变得很慢。利用多线程方法我们曾经仿真过 1 500 个终端,在奔腾 256 M 内存配置的情况下,仅仅是初始化就花了 5 min 以上的时间,内存耗费了 100 多兆,创建运行后整个机器的运行变得非常的不稳定,而且采样延时的问题很严重。为此我们放弃了仿真 8 000 个独立终端的想法。在引入了终端组的概念后,我们将 8 000 个终端分为 20 组,每组 400 个。这样处理以后同一组发出的帧数据除了逻辑地址有差别以外其他都完全相同。采用(终端逻辑地址,地址最大偏移)标识一个终端组,对于给定规约的终端其逻辑地址在帧中的位置是已知的。所以我们只要修改终端逻辑地址和校验码就可以实现快速的发送。一般要求各个终端组所包含的终端逻辑地址集合的交集为空。当主站发送命令过来时,需要先判断属于哪个终端组然后进行

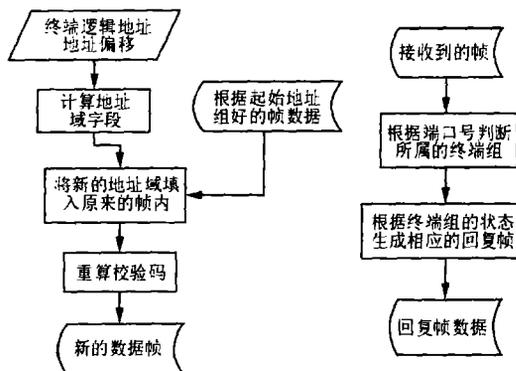


图5 发送过程与接收响应流程

Fig 5 Flow chart of sending and receiving progress

处理。采用这一方法后我们的仿真程序速度得到了很大的提高,资源消耗也大大的降低了。奔腾 256 M 内存配置的情况下,初始化基本上做到了实时,内存消耗只有 2 M 不到,运行时机器也表现得非常稳定。发送完所有任务数据的时间不到 1 min,这就解决了大量终端模拟时出现的采样延时问题。该算法流程图如图 5。

## 3 小结

本文介绍了最新电力负荷管理系统数据传输规约的一些特征,对其帧结构和传输规则做了比较深入的讨论。我们认为新的国网规范的推出对于国内终端开发工作将产生重大的影响,有利于用电现场服务系统开发与完善。对于电力系统负荷侧的管理的发展也会起到很好的奠基作用。本文紧接着讨论该通讯规约的软件开发,将程序划分为四个模块。借助于数据库技术很好地实现了对于多个规约的支持。考虑到压力测试的要求我们还引入了终端组的概念提出了大批量终端仿真的方法。当然我们的实践还很有限,所提出的方法还有待进一步的完善。

## 参考文献:

- [1] IEC-60870-5-1, Telecontrol Equipment and System, Part : Transmission Protocols, Section One: Transmission Frame Formats[S].
- [2] IEC-60870-5-2, Telecontrol Equipment and System, Part : Transmission Protocols, Section Two: Link Transmission Procedure[S].
- [3] IEC-60870-5-3, Telecontrol Equipment and System, Part : Transmission Protocols, Section Three: General Structure of Application Data[S].
- [4] IEC-60870-5-4, Telecontrol Equipment and System, Part : Transmission Protocols, Section Four: Definition and Coding of Application Information Elements[S].
- [5] IEC-60870-5-5, Telecontrol Equipment and System, Part : Transmission Protocols, Section Five: Basic Application Functions[S].
- [6] 邵维忠,杨芙清. 面向对象的系统分析[M]. 北京:清华大学出版社,广西科学技术出版社,1998  
SHAO Wei-zhong, YANG Fu-qing Object-oriented Systems Analysis[M]. Beijing: Tsinghua University Press, Guangxi Science and Technology Press, 1998
- [7] 赵渊,沈智健. 基于 TCP/IP 的 IEC60870-5-104 运动规约在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 56-60  
ZHAO Yuan, SHEN Zhi-jian Application of TCP/IP

Based IEC60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power System [J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 56-60

[8] 魏民,罗安.使用面向对象的设计技术实现电力通信规约[J].电网技术,2002,26(3):69-71.

WEI Min, LUO An Implementation of Power System Communication Protocol by Object-oriented Method [J]. Power System Technology, 2002, 26(3): 69-71.

收稿日期: 2005-05-17; 修回日期: 2005-07-28

作者简介:

梅天华(1980-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统负荷侧管理、电力动态仿真;E-mail: meihua\_t@sina.com

王康元(1973-),男,工程师,研究方向为电力企业信息整合及电力系统自动化;

傅海峰(1978-),男,工程师,研究方向为软件测试自动化。

## New protocol in load management system and its implementation

MEI Tian-hua<sup>1</sup>, WANG Kang-yuan<sup>1</sup>, FU Hai-feng<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Hangzhou Huabong Electronic Technology Company, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** New protocol in load management system has published by State Grid Corporation of China. This paper discusses the main feature of the protocol, especially in frame structure and transfer rule. Based on the discussion and terminal simulation, three layers architecture model based on database and terminal simulation software are presented respectively. To solve the huge counts terminals simulation problem, terminal group concept is presented and the main algorithms are discussed. Now the developed software is well used in load management system software test.

**Key words:** communication protocol; load management; terminal simulation; protocol architecture; software design

## 《继电器》经典论文集

继电器杂志社于2005年10月举办的优秀论文评选活动已圆满结束。此次遴选论文完全依据读者推荐,本刊编辑部再根据论文被引频次并结合专家意见,从中选择近年有代表意义的论文20篇以飨读者。

1. 《继电保护技术的新进展》葛耀中。1998, (01)
2. 《一种新型变电站综合自动化系统方案》廖泽友,杨奇逊。1998, (04)
3. 《电气主设备纵差保护的进展》王维俭,张学深,田开华。2000, (05)
4. 《基于双端电气量的输电线路故障测距的新方法》毛鹏,张兆宁,苗友忠。2000, (05)
5. 《基于遗传算法的电力系统分层信息故障诊断方法》许仪勋,陆拯,郭志忠。2000, (10)
6. 《变电站电压无功综合控制的研究》仝庆贻,颜钢锋。2001, (10)
7. 《电流互感器的暂态饱和及应用计算》袁季修,盛和乐。2002, (02)
8. 《差动保护的暂态可靠性》朱声石。2002, (08)
9. 《电力系统短期负荷的特征指数相空间重构预测法》姜勇。2003, (03)
10. 《基于混沌优化算法的电力系统无功优化》赵涛,熊信银,吴耀武。2003, (03)
11. 《变电站自动化系统采用 IEC60870-5-103, 104协议的优势》胡明,周全林,柳凤凤。2003, (05)
12. 《中性点非直接接地系统故障选线原理的发展与展望》马珂,张保会。2003, (05)
13. 《抗差最小二乘法状态估计》李响,刘玲群,郭志忠。2003, (07)
14. 《继电保护检验工作中的若干问题分析》高艳萍,常风然。2003, (11)
15. 《考虑控制量限幅的发电机非线性分散鲁棒汽门控制》郭志忠,常乃超。2003, (12)
16. 《基于RTDS的超高压线路保护装置的试验研究》毛鹏,杨立,杜肖功。2004, (03)
17. 《主设备保护技术发展新动向》王维俭。2004, (01)
18. 《一种混合式光学电流互感器的设计》于文斌,张国庆,李岩松。2004, (04)
19. 《一种滤除衰减直流分量的快速算法》侯有韬,张举。2004, (06)
20. 《浅析电压量在高压线路光纤差动保护中的应用》汪尔寒,王强,路光辉。2004, (23)

请以上文章第一作者和各推荐者尽快与本刊编辑部联系,电话:0374-3212444 E-mail: faxing@xjgc.com。本活动解释权归继电器杂志编辑部所有。