

IEC60870-5-104 远动规约在铁路电力远动系统中的应用

闫亮亮¹, 陈剑云¹, 费远鹏²

(1. 华东交通大学交通信息工程及控制研究所, 江西 南昌 330013;

2. 北京太格时代自动化系统设备有限公司, 北京 100054)

摘要: 介绍了国际电工委员会(IEC)制定的用于电力远动系统的基于TCP/IP的国际标准IEC60870-5-104远动规约, 概述了IEC60870-5-104远动规约的网络参考模型、帧格式和通信方式, 详细分析了规约中定时器部分的实现方法, 以及本规约的具体实施过程。并结合规约在铁路电力远动系统上的应用, 阐述了IEC60870-5-104在远动系统终端设备上的软件设计思路。最后分析了IEC60870-5-104远动规约在我国铁路电力系统上的应用现状, 并对其未来应用前景进行了展望。

关键词: IEC60870-5-104; TCP/IP; IEC60870-5-101; 远动规约

Application of IEC60870-5-104 transmission protocol in railway power telecontrol system

YAN Liang-liang¹, CHEN Jian-yun¹, FEI Yuan-peng²

(1. Traffic Information Engineering and Control Research Institute of East of China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Beijing Togest Automation System Equipment Co., Ltd, Beijing 100054, China)

Abstract: This paper introduces the international standard IEC60870-5-104 transmission protocol, which is based on TCP/IP and enacted by IEC, explains the network reference model, the frame structure and the communication means. The timer's implementations are analysed, which is reference in the transmission protocol, and the protocol's implementations are also outlined in the paper. And united the protocol's application in the railway power telecontrol system, the software design scheme of IEC60870-5-104 in the power telecontrol system equipment are elaborated. In the end, the IEC60870-5-104 telecontrol protocol current circumstances in our country's railway power system are analyzed, and the application future of this protocol is viewed.

Key words: IEC60870-5-104; TCP/IP; IEC60870-5-101; telecontrol system transmission protocols

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)06-0048-05

0 引言

IEC60870-5-104 规约是国际电工委员会在IEC60870-5-101远动通信规约的基础上制定的, 其全称是“采用标准传输协议子集的IEC60870-5-101网络访问”(Network access for IEC60870-5-101 using standard transport profiles), 实际上可以理解为101协议的网络实现。其网络层协议为TCP/IP协议, 应用层协议采用101协议的ASDU。为了保证应用层ASDU的通信可靠性, 封装APCI传输接口, 并规定了防止报文丢失和报文重复传送的处理机制。具有实时性好、可靠性高、数据流量大、便于信息量扩充、支持网络传输等优点。

在我国的铁路远动系统领域, 由于101协议颁布较早, 目前较多的远动设备厂家采用的仍然是101协议, 而104规约由于涉及到网络编程方面的知识以及颁布时间较短, 在我国的铁路远动系统中

应用还较少, 本文在对104规约进行理论分析的基础上, 对其实现进行了深入研究。

1 IEC60870-5-104规约简介

1.1 规约结构

IEC60870-5-104远动规约使用的参考模型源自开放式系统互联的ISO-OSI参考模型, 但它只采用其中的5层, 其结构如表1所示。IEC60870-5-104协议实际上处于应用层协议的位置。基于TCP/IP的应用层协议很多, 每一种应用层协议都对应着一个网络端口号。IEC60870-5-104规定在传输层采用TCP协议, 其对应的网络端口号为2404。

1.2 IEC60870-5-104 规约报文的格式

传输接口(用户到TCP)是一个面向流的接口, 它没有为DL/T 634.5101-2002中的ASDU定义任何启动或者停止机制。为了检出ASDU的启动和结束, 每个APCI包括下列的定界元素: 一个启动字符,

APDU 的规定长度, 以及控制域。可以传送的一个完整的 APDU 见图 1, 包括启动字符 68H (定义了数据流中的起点)、APDU 的长度域 (定义了 APDU 体的长度, 它包括 APCI 的四个控制域八位位组和 ASDU)。控制域 (定义了保护报文不至丢失和重复传送的控制信息、报文传输启动/停止以及传输连接的监视等控制信息)。

表1 IEC60870-5-104规约的结构

Tab.1 IEC60870-5-104 transmission protocols's structure

根据 DL/T 634.5101-2002 从 GB/T 18657.5-2002 中 选取的应用功能	初始化	用户进程
从 DL/T 634.5101-2002 和 IEC 60870-5-104 中选取的 ASDU		应用层 (第 7 层)
APCI (应用规约控制信息) 传输接口 (用户到 TCP 的接口)		
TCP/IP 协议子集 (RFC2200)		传输层 (第 4 层)
		网络层 (第 3 层)
		链路层 (第 2 层)
		物理层 (第 1 层)
注: 第 5、第 6 层未用。		

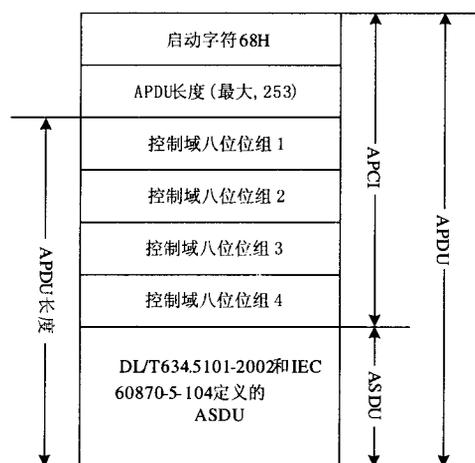


图 1 远动配套标准的 APDU 定义

Fig.1 Telecontrol systems supporting standard's definition

104 定义了三种类型的控制域格式分别为用于编号的信息传输 (I 格式), 编号的监视功能 (S 格式) 和未编号的控制功能 (U 格式)。

(1) 控制域的第 1 个 8 位位组的比特 1=0 定义了 I 格式, 此种格式的 APDU 包含了 ASDU。

(2) 控制域的第 1 个 8 位位组的比特 1=1, 比特 2=0 定义了 S 格式, S 格式的 APDU 只包含 APCI, 在当

报文接收方收到发送方的 I 格式报文后, 如果没有 I 格式报文需要发送给对方可以向对方发送 S 格式报文以对所接收到的报文进行确认。

(3) 控制域的第 1 个 8 位位组的比特 1=1, 比特 2=1 定义了 U 格式, U 格式的 APDU 只包含 APCI。其作用主要在于实现 3 种控制功能, 即启动子站进行数据传输 (STARTDT)、停止子站的数据传输 (STOPDT)。和 TCP 链路测试 (TESTFR), 104 中定义的 ASDU 与 101 中所定义的 ASDU 兼容, 而且 104 规约 ASDU 中仅存在公共地址域, 取消了原来 101 规约 ASDU 的链路地址域, 这是因为 104 规约的 IP 层已经通过 IP 地址确认了主站和子站的位置, 不需要再通过其他地址来确认。公共地址既可以是实际存在的 RTU 地址, 也可以是虚拟 RTU 地址。

2 发送、接收序列号和定时器的实现

因为低层网络所提供的服务是不可靠的分组数据传送, 尤其是在网络上存在大量的设备时, 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, 来保证数据的准确性和完整性。104 规约的 I 格式报文的控制域定义了发送序号 N(S) 和接收序号 R(S), 发送方每发送一个 I 格式报文, 其发送序号应加 1, 接收方每接收到一个与其接收序号相等的 I 格式报文后, 其接收序号也应加 1。并且在每次重新建立连接后, 双方的接收序号和发送序号都应清零。这样通过判断接收 N(R) 和 N(S) 来检查在数据传送中的错误, 当出现报文丢失、错序的情况时, 关闭当前的 TCP 连接然后再重新建立新的 TCP 连接, 并重新启动新的会话过程。104 涉及的相关参数定义如表 2 所示。

主站端和子站 RTU 端进行通信时, 接收方可以使用 S 格式报文 (当有应用服务单元需要发送给对方时, 可使用 I 格式报文) 对已接收到的 I 格式报文进行确认, 以免发送方超时收不到确认信息而重新建立 TCP 连接。当未确认的 I 格式 APDU 达到 k 个时, 发送方停止传送。接收方在收到 w 个 I 格式 APDU 后给发送方确认。104 规约规定了 k 和 w 的取值范围为 1~32 767, 其默认值分别为 12 个 APDU 和 8 个 APDU。在实际应用中, 可以根据 TCP 连接双方的数据通信量来确定 k 和 w 的具体取值, 子站 RTU 端应该在每收到一个调度端的 I 格式报文都应立即进行响应, 其 w 的取值实际上为 1, 而由于 RTU 端可以循环向调度端传送遥信、遥测等信息, 因此 k 的取值与其循环发送的定时周期有关, 通常取

12~20 个 APDU。主站端由于不停接收到 RTU 的数据，因此应及时地给以确认，通常 w 取小于 8 个 APDU 的值。S 帧的发送按照规约的要求进行，接收到报文后，如在 t_2 时间内未收到 I 帧的应答，就启动 S 帧对之前收到的报文进行确认。S 帧可以每收到一个帧长帧就发一个，但一般不能超过 8 个长帧，否则子站 RTU 端会认为丢包。

表 2 参数定义表

Tab.2 Parameter definition tab

参数	默认值	备注	选择值
t_0	30 s	建立连接的超时	
t_1	15 s	发送或测试 APDU 的超时	
t_2	10 s	无数据报文确认的超时， $t_2 < t_1$	
t_3	20 s	长期空闲状态下发送测试帧的超时	
k	12APDU s	发送状态变量和接收序列号的最大差值	
w	8APDU s	最迟接收到 w 个 I 模式的 APDU 后给出确认	
端口号	2404	任何情况下均如此	

为了监视连接的状态，104 共引入了四个计数器，分别为 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 。

(1) t_0 定时器的实现

t_0 规定了主站端和子站 RTU 端建立一次 TCP 连接的最大允许时间，主站端和子站 RTU 端之间的 TCP 连接在实际运行中可能经常进行关闭和重建，这发生在 4 种情况下：①主站端和子站 RTU 端之间的 I 格式报文传送出现丢失、错序或者发送 U 格式报文得不到应答时，双方均可主动关闭 TCP 连接，然后进行重建；②主站系统重新启动后将与各个子站重新建立 TCP 连接；③子站 RTU 合上电源或由于自恢复而重新启动后，将重建连接；④子站 RTU 收到主站端的复位远方终端信号后，将关闭连接并重新初始化，然后重建连接。每次建立连接时，RTU 都调用 socket 的 listen() 函数进行侦听，主站端调用 socket 的 connect() 函数进行连接，如果在 t_0 时间内未能成功建立连接，可能网络发生了故障，主站端应该向运行人员给出警告信息。 t_0 定时器程序流程图如图 2 所示。只有 TCP 连接打开就要启动 t_0 定时器，在 t_0 定时器启动后的 30 s 内，如果连接建立，则关闭 t_0 定时器。如果 t_0 定时器超时，则关闭 TCP 连接。

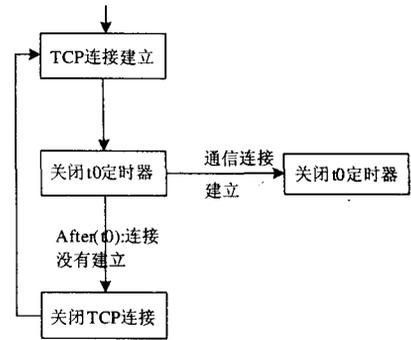


图 2 t_0 程序设计流程图

Fig.2 Software design flow chart of t_0

(2) t_1 定时器的实现

t_1 规定发送方发送一个 I 帧或 U 帧后，必须在 t_1 的时间内得到接收方的认可，否则发送方认为 TCP 连接出现问题并应重新建立连接，发送每一个 I 帧或 U 帧时都应该启动一个 t_1 定时器，收到确认帧的 I 帧或 U 帧的定时器都应该释放。 t_1 定时器超时但是没有收到确认帧的情况下，是否在重新建立 TCP 后重发，由上一层决定。 t_1 定时器程序流程图如图 3 所示。

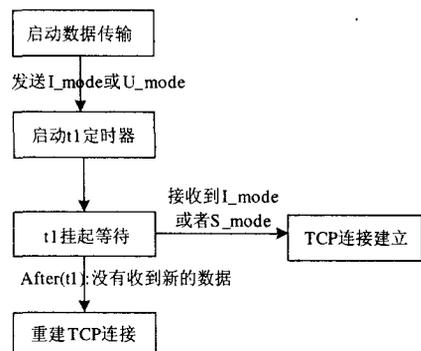


图 3 t_1 程序设计流程图

Fig.3 Software design flow chart of t_1

(3) t_2 定时器的实现

t_2 规定接收方在接收到 I 格式报文后，若经过 t_2 时间未再收到新的 I 格式报文，则必须向发送方发送 S 格式帧对已经接收到的 I 格式报文进行确认，显然 t_2 必须小于 t_1 。 t_2 定时器程序流程图如图 4 所示。 t_2 定时器启动时的条件是只要接受到 I 帧就启动； t_2 与 w 两个条件是与的关系，只要有一个条件满足就发 S 帧。

制,增强了系统的可靠性和稳定性,而且作为一种平衡式传输方式,传输效率和实时性能也较 101 有了更大提高。因此在我国铁路电力系统中推广采用 104 规约,对促进我国铁路电网安全、可靠的运行具有积极的意义。

参考文献

[1] 鞠阳,张惠刚. IEC60870-5-104远动规约的设计及其应用[J].继电器,2006,34(17):55-58,66.
JU Yang, ZHANG Hui-gang, IEC60870-5-104 Transmission Protocols's Design and Application[J]. Relay, 2006,34(17):55-58,66.

[2] 赵渊,沈智健.基于TCP/IP 的IEC60870-5-104 远动规约在电力系统中的应用[J]. 电网技术,2003,27(10):56-60,71.
ZHAO Yuan,SHEN Zhi-jian. The based on TCP/IP Transmission protocols IEC60870-5-104's Application in the Power Telecontrol System[J].Power System Technology, 2003,27:56-60,71.

[3] 远动设备及系统第5-104部分:传输规约采用标准传输协议子集的IEC60870-5-101网络访问[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
Telecontrol Equipment and Systems Part5-104: Transmission protocols-Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles[M]. Beijing: China Electric Power Press,2002.

[4] IEC 60870-5-1, 远动设备及系统(第5部分:传输规约,第1篇:传输帧格式)[M]. 北京:中国标准出版社,2002.
IEC 60870-5-1, Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols,Section 1:Transmission Frame Formats[S]. Beijing: Standard Press of China,2002.

[5] IEC 60870-5-2, 远动设备及系统(第5部分:传输规约,第2篇:链路传输规则)[M]. 北京:中国标准出版社,2002.

IEC 60870-5-2, Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols Section 2:Link Transmission Procedures[M]. Beijing: Standard Press of China,2002.

[6] IEC 60870-5-3, 远动设备及系统(第5部分:传输规约,第3篇:应用数据的一般结构)[M]. 北京:中国标准出版社,2002.
IEC 60870-5-3,Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols,Section 3:General Structure of Application Data[M]. Beijing: Standard Press of China,2002.

[7] IEC 60870-5-4, 远动设备及系统(第5部分:传输规约,第4篇:应用数据的定义和编码)[M]. 北京:中国标准出版社,2002.
IEC 60870-5-4,Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols,Section 4:Definition and Coding of Application Information Elements[M]. Beijing:Standard Press of China,2002.

[8] IEC 60870-5-5, 远动设备及系统(第5部分:传输规约,第5篇:基本应用功能)[M]. 北京:中国标准出版社,2002.
IEC 60870-5-5, Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols,Section 5:Basic Application Function[M]. Beijing:Standard Press of China,2002.

收稿日期:2008-05-07; 修回日期:2008-07-20

作者简介:

闫亮亮(1983-),男,硕士研究生,从事电力运动和继电保护研究;E-mail: yll_19831227@yahoo.com.cn

陈剑云(1962-),男,博士,教授,从事电力运动和继电保护研究;

费远鹏(1981-),男,硕士,从事电力运动系统继电保护研究。

(上接第 39 页 continued from page 39)

[6] Sinha N, Chakrabarti R, Chattopadhyay P K. Evolutionary Programming Techniques for Economic Load Dispatch [J]. IEEE Trans, Evl Comput, 2003,7:83-94.

[7] 赵波,曹一家.电力系统机组组合问题的改进粒子群优化算法[J].电网技术,2004,28(21):6-10
ZHAO Bo, CAO Yi-jia. An Improved Particle Swarm Optimization Algorithm for Power System Unit Commitment[J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 6-10.

收稿日期:2008-05-01; 修回日期:2008-09-10

作者简介:

刘斌(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统保护、控制与自动化;E-mail: liubin168168@163.com

王克英(1963-),男,教授,从事微型计算机在电力系统测量和控制中的应用研究。