

# 基于 IEC60870-5-103 规约的保护装置冗余网络通信设计

郑飞<sup>1</sup>, 路建涛<sup>2</sup>, 高莉<sup>3</sup>, 负保记<sup>4</sup>

(1. 西安科技大学电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 中煤西安设计工程有限责任公司, 陕西 西安 710054;  
3. 西安供电局, 陕西 西安 710032; 4. 西安西瑞保护控制设备有限责任公司, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 基于 IEC60870-5-103 规约和嵌入式 ucLinux 平台, 设计了一种应用于电力系统保护测控装置的冗余网络通信方案。该方案在硬件设计上采用双以太网口, 两个网口互为备用, 在软件设计上利用嵌入式 ucLinux 系统中的 socket 编程和数据的共享或备份实现了保护装置针对多个上位机的冗余网络通信功能。对 103 规约的基本应用功能进行了分析, 并针对冗余网络通信中应用功能遇到的特殊问题, 提出了应用功能实现的方法。经过在保护装置中的应用, 表明该方案能有效地提高通信的可靠性。

**关键词:** IEC60870-5-103 规约; 保护装置; 嵌入式系统; 冗余网络通信

## Design of redundant network communication of microcomputer-based relay protection devices based on IEC60870-5-103 transmission protocol

ZHENG Fei<sup>1</sup>, LU Jian-tao<sup>2</sup>, GAO Li<sup>3</sup>, YUN Bao-ji<sup>4</sup>

(1. School of Electrical and Control Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. China Coal Xi'an Design Eng.Co., Ltd, Xi'an 710054, China; 3. Xi'an Power Supply Bureau, Xi'an 710032, China; 4. Xi'an Xirui Protection and Control Co., Ltd, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** This paper designs a scheme of redundant network communication based on IEC60870-5-103 transmission protocol and embedded ucLinux platform, which is applied to microcomputer-based relay protection devices. The scheme adopts a pair of Ethernet ports, one of which is the other's standby in hardware design, and makes use of socket programming in Linux system and data sharing or backup to achieve redundant network communication aiming at several host computers in software design. The basic application function of protocol 103 is analyzed, and aiming at the special problem about the application function in redundant network communication, the solutions to the practice of application function are proposed. The application in protection devices indicates that the scheme can improve the reliability of communication.

**Key words:** IEC60870-5-103 transmission protocol; protection devices; embedded system; redundant network communication

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)24-0168-04

## 0 引言

现阶段, 应用 IEC60870-5-103 通信规约的保护测控装置得到了广泛应用, 并且随着电力系统的不断发展, 对保护测控装置的通信功能的要求不断提高, 对通信的实时性和可靠性也提出了新的要求。

国际电工委员会于 1997 年提出了 IEC60870-5-103 配套标准 (以下简称 103 规约), 我国于 1999 年将该标准作为电力行业标准。标准定义了继电保护设备信息接口, 在实现不同装置与控制系统的通信中起到了很大的作用。随着计算机技术、通信技术的不断发展, 对基于 103 规约的保护

装置通信不断地提出新的要求, 文章结合西瑞公司高压自适应系列保护装置, 介绍了基于 103 规约的冗余网络通信设计方案。

## 1 规约协议简介<sup>[1]</sup>

### 1.1 103 规约信息交换方法

103 规约描述了两种信息交换的方法, 一种是基于严格规定的应用服务数据单元 (ASDUs) 和为传输“标准化”报文的应用过程, 另一种是使用了通用分类服务, 以传输几乎所有可能的信息。本文中所设计的 103 通信服务在标准所定义的应用服务数据单元基础上采用了通用分类服务。

### 1.2 参考模型及传输帧格式

103 规约中使用的参考模型源出于开放式互联的 ISO-OSI 参考模型, 由于远动系统在有限的传输带宽下要求特别短的反应时间, 103 规约采用增强性能结构 (EPA), 这种模型仅用 ISO 参考模型中的三层, 即物理层、链路层、应用层。但是, 随着 100M、1000M 高速以太网的出现, 传输带宽不再是瓶颈; 而 Internet 的巨大成功, 也使得 TCP/IP 协议在工业控制领域获得广泛应用。本文讨论的 103 规约, 就在嵌入式以太网的基础上采用了 TCP/IP 协议, 并遵从 Internet 的参考模型。

103 规约中定义的增强性能结构模型的数据单元包括可变帧和固定帧两种格式, 如图 1 所示。

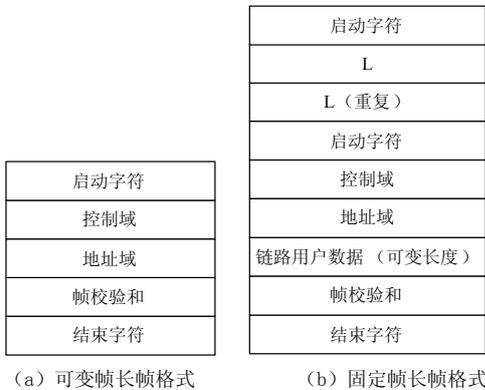


图 1 增强性能结构模型数据单元格式

Fig.1 Format of data unit of model of reference model with enhanced performance architecture

其中, 103 规约未采用应用规约控制信息, 故在应用层中的应用规约数据单元和应用服务数据单元是一样的, 也和链路层中的链路服务数据单元是一致的; 链路层中采用了链路规约控制信息, 这样使得传输信息能较好地适应有限的传输带宽。103 规约采用非平衡方式的链路传输规则。

## 2 基本架构设计

本文利用 103 规约与 TCP/IP 协议相结合的一种网络传输协议, 实现了基于嵌入式以太网的保护装置的 103 通信。

### 2.1 通信硬件实现

本设计应用于西瑞公司高压自适应系列保护装置中, 该系列装置采用 DSP+ARM 的双 CPU 架构, 其硬件架构框图如图 2 所示。其中, DSP 主要用于实现保护功能, ARM 用于实现通信及其他扩展功能, 利用以太网接口实现装置与控制系统的通信。两个以太网接口互为备用, 可有效地防止由于硬件故障引起的通信长时间中断, 提高保护装置与控制

系统之间通信的可靠性。

### 2.2 冗余通信的软件实现

双以太网口的设计实现了硬件的冗余, 在软件方面, 由于 ARM 处理器中移植了嵌入式 ucLinux 操作系统, 这样可以方便地实现软件的冗余设计。

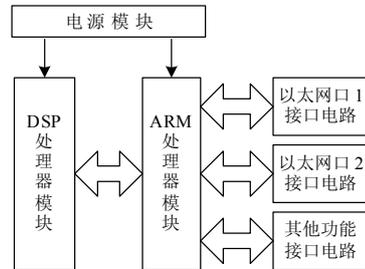


图 2 硬件架构框图

Fig.2 Hardware frame block diagram

ucLinux 操作系统中内置了 TCP/IP 协议栈, 有利于实现基于以太网的 103 通信。利用 Linux 操作系统中的 socket 编程<sup>[2]</sup>, 实现了软件的冗余通信。用到的 socket 编程的函数有 socket()——建立 socket 套接字并返回一个文件描述符, bind()——绑定端口, listen()——监听端口, accept()——接收客户的连接请求并返回一个文件描述符, recv()——接收数据, send()——发送数据, close()——结束数据传输。

软件的基本流程图如图 3 所示。装置启动/重新启动后, 软件流程如下:

①配置网口并初始化, 完成网口通信参数的配置, 建立 socket 套接字并设置本 socket 为非阻塞方式, 绑定端口并开始监听端口。在监听过程中, 有两种请求, 一种是客户的连接请求, 对应于 socket 函数返回的描述符; 另一种是客户的服务请求, 指在连接建立以后客户发送的数据等待接受的服务请求, 对应于 accept 函数返回的描述符。

②判断是否有超时连接, 有超时连接则关闭该连接。

③处理监听到的连接/服务请求, 如果是连接请求则接受该连接请求并初始化本连接。

④如果是服务请求则判断是否请求关闭本客户连接, 是则关闭该客户连接, 否则接受并分析报文, 然后组织发送相应报文。

⑤判断是否有其他连接/服务请求, 有则返回③, 否则返回②。

### 2.3 冗余通信实现

通信网络的布置上, 主站侧可采用单套或双套物理网络, 子站侧采用双套物理网络, 利用了保护测控装置上的两个以太网口, 另外, 保护测控装置的软件设计上, 在支持双网口的基础上, 同时支持

多客户的连接,即支持与多个主站的同时通信。该装置在变电站通信系统中的连接方式简单、灵活,可满足不同厂站的通信要求。下面介绍两种常用的通信方式。

的软件功能,可同时与两个或以上的主站进行通信,且在出现某一网口硬件异常时,主站通过发送与另一个网口的连接请求来切换到另一网口进行通信。通信方式如图 4(b)所示。

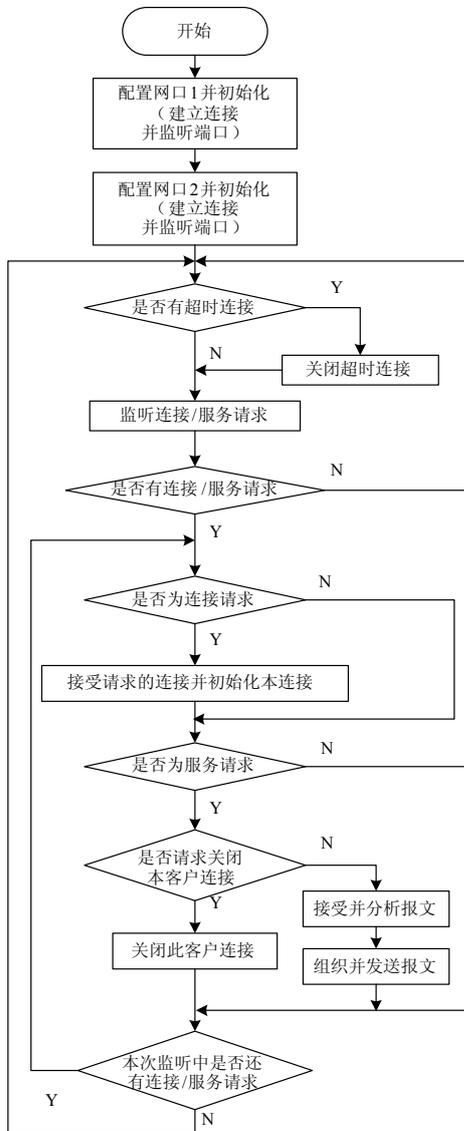


图 3 冗余网络通信流程图

Fig.3 Flow diagram of redundant network communication

1) 一个主站双网络通信方式(简称“热备用”),这种方式采用双套物理网络,主要是利用双以太网口的设计,两个以太网口互为备用,当其中一个网口通信出现异常时,主站发送与另一个网口的连接请求来及时地切换到另一网口进行通信。通信方式如图 4(a)所示。

2) 两个主站双网络通信方式(简称“双发双收”),这种方式同样采用了双套物理网络,不仅利用了互为备用的双以太网口,还利用了多客户连接

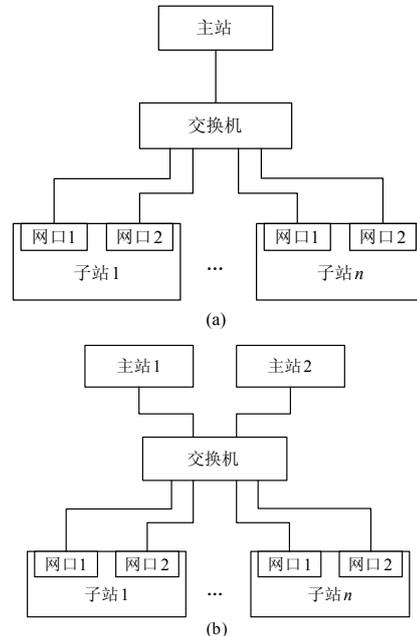


图 4 通信方式

Fig.4 Style of communication

### 3 冗余通信应用功能分析

103 规约的应用功能采用了 IEC60870-5-5 中所定义的基本应用功能及配套标准中定义的基本应用功能,包括初始化、总查询(总召唤)、时间同步、命令传输、扰动数据的传输、通用分类服务等<sup>[1,3]</sup>。

初始化功能: 继电保护装置(简称子站)启动/重新启动后,接收主站发送的复位通信单元(CU)命令或复位帧计数位(FCB)命令,子站以 ASDU5(复位 CU 或复位 FCB 和启动/重启)回复主站表示初始化完成。当同时连接不止一个主站时,子站以 ASDU5 回复所有主站。

时间同步: 时间设定命令可以是以广播报文发向所有保护设备,也可以是发向某一个确定的保护设备,子站在收到时间设定命令后,设定和同步保护设备的内部时钟,然后以 ASDU6 回复主站表示时间同步完成。当同时连接不止一个主站时,所有主站以同一时间源进行对时以保证主站的时间保持同步,且子站同时只响应一个主站的时间设定命令。

总查询(总召唤): 子站接收到主站发送的总查询命令后,以总查询报文表的全部内容(遥信)上送至主站,最后上送总召唤结束报文。当同时连接

不止一个主站时, 子站向各个主站上送总查询报文表的内容。

**命令传输:** 子站接收到一般命令报文后, 以 ASDU1 作为响应帧向主站做出肯定或否定认可。当同时连接不止一个主站时, 子站在向某一个主站的前一次命令作出认可之前, 子站又收到同一主站或不同主站的命令报文, 子站将以否定认可报文加以拒绝。当子站同时收到多个主站的命令时, 对第一个处理的命令报文以 ASDU1 作为响应帧向主站做出肯定或否定认可, 对其余命令报文字站将以否定认可报文加以拒绝。

**扰动数据的传输:** 扰动数据的传输过程可参考 IEC60870-5-103 配套标准。当子站同时连接不止一个主站时, 子站将以各自独立的传输过程向对应的主站上送要求的扰动数据。

**通用分类服务:** 子站接收到通用分类命令, 以命令中所要求的通用分类数据上送主站。当子站同时连接不止一个主站时, 对于同时收到的通用分类命令, 子站应根据具体的命令作特定的处理。下面以写单个条目的值为例说明一个子站同时连接两个主站通用分类服务的实现, 如图 5 所示。

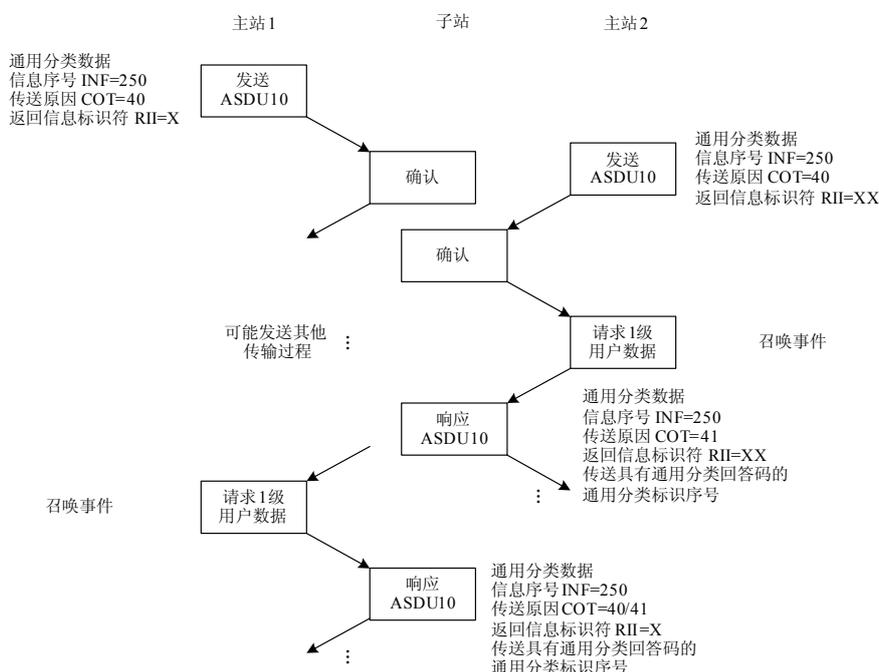


图 5 写单个条目的值

Fig.5 Writing single entry's value

**基本链路传输:** 一般情况下, 主站向子站召唤 2 级用户数据, 子站以 2 级数据或无所召唤的数据响应帧响应主站。当子站同时连接不止一个主站时, 子站以上述方式分别响应主站。当子站产生 1 级数据时, 将 ACD 位置 1。主站召唤 1 级用户数据时, 以 1 级用户数据响应所有主站。

**专用范围的应用服务:** 指与 IEC60870-5-101 相协调的专用范围的应用服务。对于专用范围的应用服务中的控制断路器命令、升降命令、设定命令、控制命令, 当子站未对来自某一个主站的上述命令作出响应之前, 再收到相同命令时将拒绝该命令。

#### 4 结论

在具有 DSP+ARM 双 CPU 架构的保护装置中,

实现装置的冗余通信功能可有效地提高通信的可靠性, 双网口的硬件设计可使装置方便地接入变电站通信网络中, 冗余通信的软件设计可以方便地实现与多个监控主站的通信。该方案经过在西瑞高压自适应保护装置中的应用, 效果良好, 提高了保护测控装置与主站的通信可靠性。

#### 参考文献

[1] DL/T 667-1999 远动设备及系统第 5 部分传输规约 第 103 篇 继电保护设备信息接口配套标准[S].  
DL/T 667-1999 telecontrol equipment and systems part 5: transmission protocols section 103 companion standard for the information interface of protection equipment[S].

(下转第 194 页 continued on page 194)

从实验 1、2 可以看出,本检测系统以局部放电点辐射的紫外信号作为检测对象,当电力设备故障点局部放电所辐射的紫外信号被屏蔽时,该系统将不能进行有效地探测,而对于电力设备内部裸露端子的局部放电则可以进行准确的在线检测,并以光学图像的方式定位故障位置。所以以紫外光信号为检测手段,适合电力设备表面,裸露端子连接处局部放电点的故障检测,同时也将为电力设备局部放电检测提供一种新的参考手段。

### 参考文献

- [1] 王光辉,于丰友. 10 kV 干式互感器局部放电试验必要性的探讨[J]. 河北电力技术, 2006, 25 (2): 10-11.  
WANG Guang-hui, YU Feng-you. Discussion on the partial discharge detection importance of 10 kV dry-type transformer[J]. Hebei Electric Power, 2006, 25 (2): 10-11.
- [2] 林介东,胡平,马庆增,等. 500 kV 增城变电站变压器局部放电的声发射检测[J]. 广东电力, 2006, 19(5): 53-56.  
LIN Jie-dong, HU Ping, MA Qing-zeng, et al. Acoustic emission detection of power transformer partial discharge in 500 kV Zengcheng substation[J]. Guangdong Electric Power, 2006, 19 (5): 53-56.
- [3] 陈晓军,杨立中,邓志华,等. 电气线路红外热像检测和诊断[J]. 红外与毫米波学报, 2000, 19 (6): 463-466.  
CHEN Xiao-jun, YANG Li-zhong, DENG Zhi-hua, et al. Test and diagnosis of electric circuitry by IR thermal image[J]. J Infrared Millm Waves, 2000, 19(6): 463-466.
- [4] 赵文华,张旭东,姜建国,等. 尖板电晕放电光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2003, 23 (5): 955-957.  
ZHAO Wen-hua, ZHANG Xu-dong, JIANG Jian-guo, et al. Spectrum analysis of tip-plane corona discharges[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2003, 23 (5): 955-957.
- [5] 王文春,刘东平,吴燕. 空气中电晕放电高能电子密度沿反应器分布的光谱研究[J]. 分子科学学报, 1999, 15 (3): 125-128.  
WANG Wen-chun, LIU Dong-ping, WU Yan. A study of density distributions of high energy electrons produced from corona discharge in the air along the radial of reactor by advanced emission spectral method[J]. Journal of Molecular Science, 1999, 15 (3): 125-128.
- [6] 王文春,刘峰,张家良,等. 利用发射光谱研究脉冲电晕放电中的自由基[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24 (11): 1289-1292.  
WANG Wen-chun, LIU Feng, ZHANG Jia-liang, et al. Study of radicals in pulsed corona discharge by emission spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2004, 24 (11): 1289-1292.
- [7] 闫丰,于子江,于晓,等. 电晕探测紫外 ICCD 相机图像噪声分析与处理[J]. 光学精密工程, 2006, 4 (14): 709-713.  
YAN Feng, YU Zi-jiang, YU Xiao, et al. Noise analysis and processing of ultraviolet ICCD for corona detection[J]. Optics and Precision Engineering, 2006, 4 (14): 709-713.
- [8] 王滔,于洁. Linux 系统下 USB 摄像头驱动开发[J]. 电子技术应用, 2004, 11: 8-10.  
WANG Tao, YU Jie. The development of USB camera driver in Linux[J]. Application of Electronic Technique, 2004, 11: 8-10.
- [9] 冯丽芳,孙俊,周俊华,等. 基于 ARM9 的网络视频监控系统的实现[J]. 电力自动化设备, 2006, 26 (10): 95-97.  
FENG Li-fang, SUN Jun, ZHOU Jun-hua, et al. Network video monitoring system based on ARM9[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26 (10): 95-97.

收稿日期: 2009-12-19; 修回日期: 2010-01-15

#### 作者简介:

王平(1976-),男,博士,讲师,主要从事局部放电检测、嵌入式计算机系统等方面的研究; E-mail: cqu\_dq@163.com

许琴(1986-),女,硕士研究生,主要从事嵌入式计算机软件系统的程序设计与相关研究工作;

王林泓(1974-),女,博士研究生,主要从事光学信号的检测与研究。

(上接第 171 页 continued from page 171)

- [2] 邹思轶. 嵌入式 Linux 设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [3] 胡志保,苗世洪. IEC60870-5-103 传输规约在微机保护装置中的实现[J]. 电气应用, 2007, 26 (6): 39-42.  
HU Zhi-bao, MIAO Shi-hong. Realization of IEC60870-5-103 transmission protocol for microcomputer based protection devices[J]. Electrotechnical Application, 2007, 26 (6): 39-42.

收稿日期: 2009-12-29; 修回日期: 2010-05-24

#### 作者简介:

郑飞(1984-),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统自动化; E-mail: zhengfei19840409@163.com

路建涛(1974-),男,本科,工程师,主要从事输变电设计;

高莉(1968-),女,硕士,高级工程师,主要从事电力系统配电网自动化的研究与管理。