

二次系统跨安全区数据传输方法 及其在负荷预测中的应用

孙浩然¹, 田业²

(1. 连云港供电公司, 江苏省 连云港市 222004; 2. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192)

An Approach of Cross-Security Zone Data Transmission for Secondary System and Its Application in Load Forecasting

SUN Haoran¹, TIAN Ye²

(1. Lianyungang Power Supply Company, Lianyungang 222004, Jiangsu Province, China;

2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

ABSTRACT: The problem of cross-security zone data transmission of secondary system existing in Lianyungang power network is introduced. To solve this problem, a cross-security zone data transmission and sharing system is proposed. The architecture of current security protection system for secondary system and the features of data transmission via physical isolation devices are analyzed and how to design and encapsulate various communication protocols to carry out data exchange and transmission are researched. An actual example of applying cross-security zone data transmission and sharing in the construction of load forecasting system for Lianyungang power network is given.

KEY WORDS: security protection of secondary system; cross security zone data transmission; load forecasting

摘要: 介绍了连云港地区电力二次系统跨安全区数据传输存在的问题, 提出通过建立跨区数据传输与共享系统解决该类问题。分析了当前电力二次安全防护系统的结构和物理隔离装置数据传输的特点, 以及如何设计封装各类通信协议进行数据交换和传输, 并给出了在连云港地区负荷预测系统构建过程中应用跨区数据传输与共享的实例。

关键词: 安全防护; 跨安全区数据传输; 负荷预测

0 引言

根据全国电力二次系统安全防护^[1]总体框架及其核心思想(安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证), 可将整个电力二次系统分为 2 个大区和 4 个安全工作区。生产控制大区包括安全 I 区(实时控制区)和安全 II 区(非控制生产区); 管理信息大区包括安全 III 区(生产管理区)和安全 IV 区(管理信息区)。

从横向角度来说, 为了强化安全区之间的隔离, 应采用不同强度的网络安全设备(如硬件防火墙

及正向、反向电力专用安全隔离装置等), 使各安全区中的业务系统得到有效的保护。安全 I 区与安全 II 区之间采用硬件防火墙进行隔离; 生产控制大区(安全 I、II 区)与管理信息大区(安全 III、IV 区)之间采用电力专用隔离装置进行隔离, 并严格限制数据的流向; 从安全 I、II 区往安全 III 区单向传输信息须采用正向隔离装置, 由安全 III 区往安全 I、II 区的单向数据传输必须采用反向隔离装置。安全 III 区与安全 IV 区之间采用硬件防火墙进行隔离^[2]。

从通信和数据传输角度看, 物理隔离装置单向传输的特点, 使跨区数据交换必须遵循物理隔离装置数据传输方式, 这迫使原有或新增的业务系统需要进行相应的改造以适应安全防护的要求。而在管理信息大区的各种管理应用系统, 往往又需要从生产控制大区获得大量数据作为支持。

为方便用户在既有二次安防系统环境下, 在管理信息大区部署新的业务系统, 本文设计了开放的、平台化的数据交换系统, 实现了来自不同厂家的、异构、分散数据(如大量的文件数据和数据库数据)的交换和整合, 并对跨区交互数据进行统一集中管理, 在保障系统间跨区数据交换安全性的前提下, 可应用于电力二次系统安全防护改造中生产控制区与管理信息区之间的安全数据交换。

1 跨安全区数据传输系统

1.1 安全防护横向体系结构

电力二次系统主要包括能量管理系统(energy management system, EMS)、电能量采集管理系统

(power management system, PMS)、调度员培训仿真(dispatcher training simulator, DTS)、各类量测系统主站、通信监控管理系统、继电保护信息管理系统以及调度管理信息系统(dispatching management information system, DMIS)。按照安全分区原则,上述系统除 DMIS 外均按功能分别位于生产控制大区的实时控制区(安全 I 区)和非实时生产区(安全 II 区),DMIS 则位于管理信息大区中的生产管理区(安全 III 区),以此形成安全防护系统的总体框架(见图 1)。

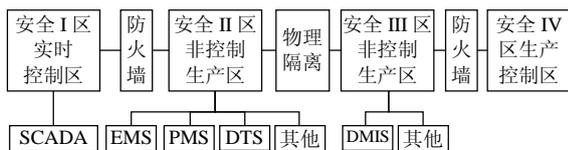


图 1 电力系统二次安全防护横向隔离体系

Fig. 1 Architecture of power security information system

1.2 跨区数据传输系统设计

在实施安全分区和物理隔离后,整个数据传输的流程分为 2 部分: 1) 从内网(安全 I、II 区)至物理隔离装置(正向)至外网(安全 III 区),称为正向传输过程; 2) 外网(安全 III 区)至物理隔离装置(反向)至内网(安全 I、II 区),称为反向传输过程。由于物理隔离装置的单向传输特点,正反向隔离装置相当于通信阻塞点^[3],使绝大多数以 TCP/IP 传统通信协议为基础的网络应用软件不能直接进行跨区部署。为此在安全 II 区和安全 III 区各设置一个数据代理平台,封装与正反向隔离装置的通信过程,通过内外网数据代理平台交换数据,对于业务系统使用者和部署者来说,在通信上无须考虑正反向隔离装置的通信协议和工作机制,仍可使用以前通信的方式,以透明方式进行内外网数据交换^[4]。见图 2。

内网到外网(正向)的数据交换可以分为 2 大类: 文件传输和数据库传输。从外网到内网(反向)的数据交换只能以纯文本文件的格式经过加密和认证之后传输。从数据类型的角度看,内外网交互的数据分为实时数据和非实时数据 2 部分。实时数据主要是由 SCADA 系统产生,非实时数据从内网

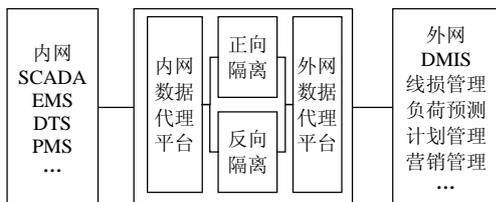


图 2 跨区数据传输基本结构

Fig. 2 Data exchange architecture based on cross-area data transfer and sharing system

其他业务系统产生。同时,考虑到数据库数据与文件数据间互转、异地文件的存取和数据灵活存储等应用要求,内外网数据代理平台须满足以下要求:

- 1) 统一数据交换标准与格式;
 - 2) 内外网数据代理平台数据同步;
 - 3) 同一安全区的业务数据库到本地后台库同步;
 - 4) 实时数据同步;
 - 5) 内外网之间的文件传输^[5];
 - 6) 支持多种数据传输协议。
- 据此设计系统软件的结构见图 3。

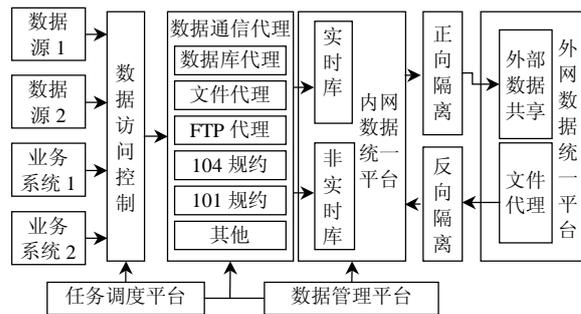


图 3 跨区数据传输软件系统结构

Fig. 3 Structure of cross-area data transfer and sharing

1.3 基于 JAVA 的跨区数据传输系统

跨安全区数据传输系统由内平台和外平台 2 部分构成,全部采用 JAVA 语言开发,由于 JAVA 语言的跨平台性,系统支持多类操作系统,便于部署。系统主要由数据访问控制、通信协议代理、数据统一平台、数据管理及隔离装置穿越 5 部分构成。数据访问控制提供与内网各业务系统访问机制,并提供统一的数据接口;通信协议代理提供了透明方式的各种通信协议的实现,负责实时数据、非实时数据的接收和转发;数据统一平台为数据传输系统的统一数据存储平台,提供了基于标准的可扩展标记语言(extensible markup language, XML)格式的数据,以供跨区数据交换;隔离装置穿越提供了与正反向隔离装置的实际通信过程,负责将内外网基于数据统一平台的数据进行交换;数据管理提供了对数据访问控制、数据通信代理、数据统一平台的数据管理和任务调度。以上 5 部分模块,构成了整个跨安全区数据传输系统的软件架构。

2 系统关键技术

2.1 封装多种通信协议的透明代理

通信协议代理过程是针对内网各业务系统数据访问的协议封装,包含数据库传输代理、文件传输协议(file transfer protocol, FTP),数据采集及转发代理(104/101 规约)等。对于使用关系数据库的业务系统,采用 Java 数据库连接(Java database connectivity, JDBC)标准或开放数据库互联(open

database connectivity, ODBC)进行接口访问；对于使用文件传输协议传输的业务系统，按照 FTP 标准访问其中的文件类数据；对于基于实时数据的业务系统，根据 IEC60870-5 系列规约接收实时系统转发的数据。通信协议代理的核心特点是为不同数据源提供访问接口，并将接收的数据根据数据统一平台制订的统一数据格式，转换为标准 XML 文件。

2.2 基于 XML 的数据统一平台

数据统一平台针对各业务系统数据的异构性、松散性，制订了统一的基于 XML 的存储和展现方式。首先，XML 文件是基于全文本的解释型数据文件，天然满足了对于隔离装置的数据传输规定；第二，XML 文件不仅利于数据展示，更可以封装业务逻辑结构，对于各业务系统的实际数据源来说，是良构的，可进行良好的数据映射；第三，XML 与其他数据表现形式最大的不同是，它极其简单，对于数据的外部共享，具有易读性和可扩展性。

数据统一平台制订了自己的数据字典和数据描述，构建了基于 XML 的数据库。实际应用中，针对不同业务，先进行字典映射，保证关键字与数据唯一性。字典类数据表多采用整表存储，而各类生熟数据表多采用增量存储，即每次存储上次数据存储后新增或变化的数据。数据存储包含多种存储模式：存储字典(即表结构)和数据、仅存储数据、仅存为本地文件、仅存入本地数据库和传输规则表等^[6]。然后通过数据通信代理发起与外网数据库的连接并进行单向数据传输；外网平台接收数据并校验成功后，解析数据并入外网数据库，即外网数据共享库。

2.3 隔离装置穿越

对物理隔离装置而言，其内网端口和外网端口之间的数据交换是基于虚拟地址映射的串口协议数据传输。对隔离装置的明确规定是：对正向传输(内网到外网)，禁止应答信息携带应用层数据；对反向传输(外网到内网)，严格禁止采用通用的网络服务。

在内网数据向外网传输过程中，外网无法采用传输控制协议(transmission control protocol, TCP)方式对数据传输请求进行应答并建立连接，所以在正向数据传输时，必须在正向隔离装置上映射内网数据代理平台物理地址和外网数据代理平台物理地址及目标端口，采用用户数据报(user datagram protocol, UDP)协议，将内网数据以报文形式通过正向隔离装置传输到外网^[7]。

具体的实现是：利用 Socket(4BDS UNIX 的进程通信机制，套接字)通信方式，在内网数据代理平台建立 Socket 客户端，在外网数据代理平台建立 Socket 服务端。正向数据传输时，内网 Socket 客户端将传输数据打包压缩，以数据报文形式向外网 Socket 服务端进行 UDP 发送；外网 Socket 服务端无需与内网 Socket 客户端握手，只需接收广播的数据报文，进行解码，即可提取数据^[8]。

在外网数据向内网传输时，反向隔离装置屏蔽了通用网络服务，从根本上屏蔽了 TCP/IP 协议栈。因此在反向数据传输过程中，除了在反向隔离装置上映射内网数据代理平台物理地址和目标端口及外网数据代理平台物理地址外，还需要使用反向隔离装置本身的数据传输工具，将外网数据以文本文件形式传输到内网。

2.4 数据管理

数据管理主要包括任务调度、数据维护管理、数据监视等。任务调度负责对内网各业务系统数据的访问频率、存储间隔、任务执行与停止等功能；数据维护管理主要负责对于入库数据的维护，包括数据备份、数据增减、访问接口启停、数据代理协议增减；数据监视提供对数据断面监视、内外网交互数据情况、通信监视和日志记录等功能。

3 应用案例

3.1 连云港负荷预测系统部署结构

在连云港供电公司网络安全 III 区构建地县一体化负荷预测系统^[9]过程中，利用跨区数据共享平台承担了绝大部分数据传输任务，该系统是使用跨区数据共享的典型示例。负荷预测系统是调度运行方式专职人员的日常业务系统，从 SCADA 系统获得当日网供负荷数据，通过聚类寻优^[10]算法，进行预测计算后，将预测曲线发回到 SCADA 系统，以供 SCADA 系统曲线监视模块显示。系统示意图见图 4。

3.2 实时数据传输

负荷预测系统需要由 SCADA 系统提供连云港本地及下属 4 县的网供负荷实时数据，作为超短期和短期负荷预测的基础数据。系统设计从 SCADA 系统通过服务器将按 104 规约发送的网供实时数据传输到内网数据统一平台，并更新至实时库。再通过正向隔离装置跨区传输数据到外网数据统一平台的实时共享库^[11]。负荷预测系统服务器会访问外网实时共享库，获得网供负荷的实时数据，进行在

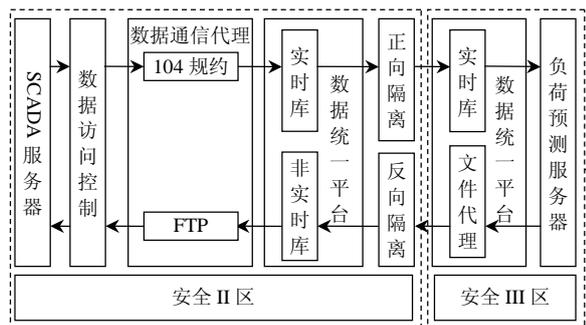


图4 连云港供电公司负荷预测系统

Fig. 4 Load forecasting system in Lianyungang power company

线负荷监视和超短期负荷预测工作。

3.3 外网历史数据存储

负荷预测系统服务器每隔 1min 会将外网实时库的实时数据转存为负荷历史曲线，对负荷历史曲线中的异常数据进行去刺或滤波后^[12]，存入负荷预测历史数据库，以供系统进行日负荷预测计算用，并提供用户负荷历史曲线查询和各种报表的生成和查询。

3.4 内网预测文件上传

用户在使用负荷预测系统进行预测计算后，需要将生成的负荷预测曲线发回到 SCADA 系统，以便在 SCADA 系统内显示。此时负荷预测服务器将预测曲线通过外网文件代理穿越反向隔离装置发送到内网的非实时库。数据通信代理会按任务调度计划，定时将非实时库的预测曲线取出通过通信代理中 FTP 代理发送回 SCADA 系统服务器。

4 结语

1) 连云港负荷预测系统是应用跨区数据传输的一个典型案例。系统实现了通过跨区数据传输系统获得和应用实时数据，将系统预测结果发回到内网 SCADA 系统中的主要业务功能。避免了业务开发者需要花费大量精力对隔离装置进行研究和二次开发，降低了开发强度，使其可以专注于业务实现，仅以很少的时间就在连云港地区迅速部署并应用。

2) 跨区数据传输系统的部署和实践表明其可以在电力系统二次安全防护框架内，为各种需要内网提供大量数据的外网应用管理系统，提供开放的、安全的数据传输和共享方案。

3) 在跨区数据传输系统的研究基础上，如何在穿越隔离装置的过程中，进一步提高数据传输量和传输效率是今后继续研究的方向。

参考文献

- [1] 国家电力监管委员会. 电力二次系统安全防护规定[S]. 2004.
- [2] 朱腾, 朱黎. 基于电力二次系统的网络安全防护[J]. 电气世界, 2008(12): 42-44.
- [3] 陈文斌. 电力二次系统网络与信息安全技术研究[J]. 电工技术, 2008(11): 17-18.
- [4] 余勇, 林为民, 郭睿. 电力二次系统信息安全保障实践[J]. 电力信息化, 2006, 4(2): 43-46.
- [5] 王子, 徐澄宇. 正向隔离装置在电力信息外网中的应用[J]. 电脑开发与应用, 2010(8): 59-61.
- [6] 陶文伟, 张海波, 丁坚勇, 等. 大型地区电网安全运行多层次综合决策支持系统的设计[J]. 电网技术, 2010, 34(8): 80-86. Tao Wenwei, Zhang Haibo, Ding Jianyong, et al. Design of multi-level synthetical intelligent decision-making support system for secure operation of large-scale regional power network[J]. Power System Technology, 2010, 34(8): 80-86(in Chinese).
- [7] 徐家慧, 何蕾, 李勃, 等. 综合数据传输平台的安全与可靠性研究[J]. 电网技术, 2007, 31(增刊 2): 260-263. Xu Jiahui, He Lei, Li Bo, et al. Research on safety and reliability of power system integrated data transmission platform[J]. Power System Technology, 2007, 31(S2): 260-263(in Chinese).
- [8] 钱静, 范广民, 何蕾, 等. 分布式协同建模技术在综合数据平台中的实现[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 136-141. Qian Jing, Fan Guangmin, He Lei, et al. Implementation of distributed coordinative modeling in power dispatching data platform[J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 136-141(in Chinese).
- [9] 张锋, 吴劲晖, 张怡, 等. 基于负荷趋势的新型超短期负荷预测法[J]. 电网技术, 2004, 28(19): 64-67. Zhang Feng, Wu Jinhui, Zhang Yi, et al. A novel ultra-short term load forecasting based on load trend[J]. Power System Technology, 2004, 28(19): 64-67(in Chinese).
- [10] 徐军华, 刘天琪. 基于小波分解和人工神经网络的短期负荷预测[J]. 电网技术, 2004, 28(8): 30-33. Xu Junhua, Liu Tianqi. An approach to short-term load forecasting based on wavelet transform and artificial neural network[J]. Power System Technology, 2004, 28(8): 30-33(in Chinese).
- [11] 赵杰, 林俐, 郭文奇, 等. 基于调度运行管理系统的继电保护统计分析及运行管理系统网络传输模式[J]. 电网技术, 2010, 34(3): 183-187. Zhao Jie, Lin Li, Guo Wenqi, et al. Networking transmission mode of protective relays statistical analysis and operation management system on the basis of dispatching operation management system[J]. Power System Technology, 2010, 34(3): 183-187(in Chinese).
- [12] 毛李帆, 姚建刚, 金永顺, 等. 中长期负荷预测的异常数据辨识与缺失数据处理[J]. 电网技术, 2010, 34(7): 148-153. Mao Lifan, Yao Jiangan, Jin Yongshun, et al. Abnormal data identification and missing data filling in medium-and long-term load forecasting[J]. Power System Technology, 2010, 34(7): 148-153(in Chinese).



孙浩然

收稿日期: 2011-03-15.

作者简介:

孙浩然(1970), 男, 工程师, 研究方向为电网调度运行与分析, E-mail: shr6188@126.com;

田业(1978), 男, 工程师, 研究方向为电力系统高级应用软件。

(责任编辑 李兰欣)