

基于 CIM 和 ESB 的企业级电网准实时资源中心 研究与应用

李济沅¹, 钟一俊², 王东举¹, 王盛阳¹, 周浩¹

(1. 浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027;

2. 国网浙江省电力公司信息通信分公司, 浙江 杭州 310007)

摘要: 基于公共信息模型(CIM)和企业服务总线(ESB)对电力系统资源、资产、测量统一建模, 统一数据存储, 统一数据发布, 统一数据接口, 并在此基础上, 推动相关生产、营销、采集系统的改造升级。对现有 IEC61970 量测模型进行扩展, 并将量测量或量测量组与设备关联, 实现关联可操作性。提出轻量级缓存技术以降低电网资源中心海量数据对服务器端的访问压力, 并提高系统运行效率和可用性。同时将大量离散空间数据经过缓冲、融合、B 样条曲线美化、OGC 服务、GIS 发布等处理后实现电网资源可视化展示。构建企业级电网准实时资源中心, 在现有基础上增加更多的共享测量资源, 实现未来向智能电网发展。

关键词: 电力系统; 电网资源; 数据处理; 公共信息模型; 企业服务总线; 模型; 通信

中图分类号: TM 73

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2015.08.023

0 引言

智能电网是数字化电网的高级阶段, 采用先进的通信、信息和控制技术来提高电网的智能化程度并构建更为通畅的通信系统是世界各国在智能电网发展上所达成的共识^[1-3]。但目前, 电网企业的信息系统存在着信息分散管理、数据冗余和不一致、难以形成完整的电网资源信息管理体系等问题, 不利于系统之间信息统一管理 and 集成共享, 在一定程度上造成资源浪费^[4-6]。

信息融合的关键是各系统要有统一的数据模型, 随着 IEC61970 标准的互操作性和工程实践方面的研究逐渐深入, 应用系统间的模型信息集成和共享技术相对成熟^[7-13]。实现标准化的信息共享和集成具有重要的现实意义, 而公共信息模型标准可应用于电力系统各领域的信息集成共享及应用系统的基础信息模型^[14-16]。企业服务总线(ESB)是一种为进行连接服务提供的标准化的通信基础结构, 是在逻辑上与面向服务体系架构(SOA)所遵循的基本原则保持一致的服务集成基础架构, 是在面向服务体系架构中实现服务向智能化集成与管理的中介^[17-20]。

综合以上研究成果, 本文在确保现有系统稳定可用的前提下提出构建基于公共信息模型(CIM)和 ESB 的企业级电网准实时资源中心, 包括将电力系统电网资源、资产、测量统一建模, 统一数据存储, 统一数据发布, 统一数据接口将资产构建电网资源, 通过测量技术对资产及资源的性能进行测量来确保资产和资源的可用、有用、用好, 利用拓扑获取可视化电网数据来提高技术、管理、运行、维护人员对电网

资产、电网资源、测量信息的综合认知能力, 并在此基础上推动相关生产、营销、采集系统的改造升级。而且, 本文解决了在企业级电网准实时资源中心构建过程中存在的量测量与连接点关联的两大问题即关联的不可操作性及其他系统的不可访问性。针对电网资源中心海量“实时数据”这一特定背景, 本文依托电网地理信息系统(GIS)平台提出的轻量级缓存及离散数据可视化技术则有效地解决了电网资源中心海量实时数据对服务器端带来的访问压力以及实现电网资源空间数据的可视化展示等技术难题, 同时也为相关信息系统海量数据的存储、处理及展示提供经验。

1 集成策略

在电网企业信息化建设中, 各已有系统之间的技术整合问题是必然的, 本文通过基于 CIM 和 ESB 建立数据平台, 以及采用适配器接入各已建设的信息系统, 既利用原有技术使原有投资延续生命又采用先进技术支撑未来发展是平滑和长效的集成解决方案。

1.1 基于 CIM 的数据集成

数据缺少统一模型和编码是电力企业信息集成面临的关键问题之一。CIM 标准是可应用于电力系统各领域的信息集成共享及应用系统的基础信息模型^[15-16, 21]。

电力信息数据标准中 IEC CIM 本质上就是一种对电力设备、电力量测数据等信息的唯一性定义。通过基于 CIM 建立数据平台, 可以使数据建模、数据传输、数据运行过程中的数据精确唯一表达, 防止信息歧义。

1.2 采用支持元数据的 ESB

在集成总线上使用基于 CIM 的“公共词汇”,并通过集成总线提供电话交换机的“交换”功能,同时在集成总线上采用公共的接口来将各种业务、技术接口规范到统一的模型上。

将信息交换单独作为软件集成的解决方案有以下优点:更容易创建应用程序接口(API)封装器;比原有系统运行得更好,复杂度更低;其重要性在于在消息交互时采用正确的信息模型和过程。

常见的集成总线方式有 ESB、MQ Broker 等方式,JAT UIB 产品提供了整合 CIM 元数据和 ESB 集成总线的技术方案,可以实现元数据和数据路由、传输的绑定^[17-20]。

2 企业级电网准实时资源中心架构设计

企业级电网准实时资源中心的总体架构由业务架构、应用架构、数据架构、技术架构、物理架构、安全架构和应用集成等部分组成。各组成部分既独立地支撑企业级电网准实时资源中心的某个部分,又相互之间协调配合,整体构成企业级电网准实时资源中心体系架构,如图 1 所示。

本文将实现对实现已有信息系统应用集成的技术架构进行详细介绍。

业务架构是基于电网各类业务应用对于电网基础数据,如电网资源、电网设备、量测数据等,对电网的地理数据应用,以及电网拓扑分析、图形服务等需求,分析归纳设计形成的能够满足各类管理信息系统对电网数据及数据分析、展示、操作的需求的业务应用功能体系,并结合业务发展需求形成业务模型。

应用架构是通过对业务模型的理解,以系统分析的方法,对设备基础数据管理 PAM(Production Asset and Measurement)平台的业务应用过程和目标进行分析抽象和归纳,形成 PAM 平台的功能模块及对应的功能域。

数据架构定义了企业级电网准实时资源中心中的数据模型、数据构成、相互关系、存储方式、数据标准等。目标是为企业级电网准实时资源中心提供数据服务,可以针对企业级电网准实时资源中心所需要的数据源实现数据收集和接入,通过 ESB 实现各业务应用系统和企业级电网准实时资源中心的基础数据同步维护,保证基础数据一致性,同时通过 ESB 实现企业级电网准实时资源中心对外提供数据服务及应用服务。

技术架构遵循桌面应用及 Web 应用的技术体系,采用组件化、动态化、服务化的设计思想,基于统一的企业级电网准实时资源中心数据模型,按照数据层、业务逻辑层和表现层进行多层结构体系设计。并通过 ESB 实现与各类业务应用的横向集成,为各类业务应用提供电网资源、电网设备的基础数据服务、电网空间图形及分析服务、电网量测数据服务等。同时,通过 ESB 和数据交换,实现与国网系统的纵向贯通技术设计。

企业级电网准实时资源中心的总体技术架构分为数据层、数据访问层、应用逻辑层、应用服务层、应用展现层。数据层是企业级电网准实时资源中心管理的各类数据的物理存储;数据访问层是对平台中的各类数据提供统一的访问接口;应用逻辑层是在数据访问层的基础之上建立的各类功能组件,实现设备与图形管理的各类功能;应用服务层将应用逻辑

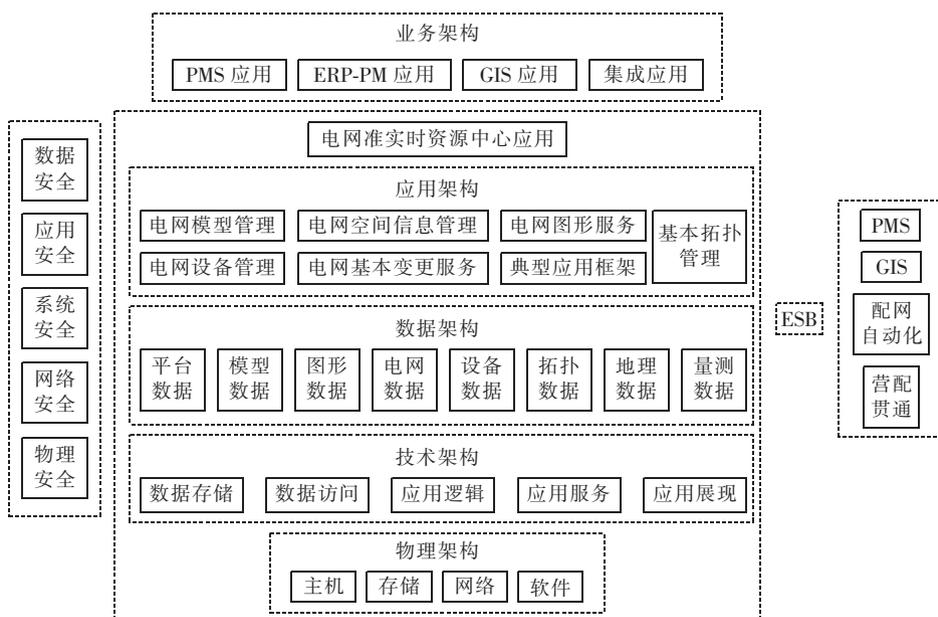


图 1 企业级电网准实时资源中心总体架构

Fig.1 Overall architecture of enterprise-class quasi-real-time grid resource center

组件封装为服务供各类应用调用;应用展现层是展现给用户的应用系统。

数据层以关系型数据库为基础,对基础地理数据、电网图形数据、电网拓扑数据、电网资源、电网设备数据、电网建模数据、量测数据及平台管理数据通过数据层进行统一存储管理。数据层主要由存储电网图形数据、电网拓扑数据、设备属性数据、设备关系数据、电网模型数据和平台管理数据的 ORACLE 数据服务器,存储地理基础数据的 SMALLWORLD 数据库,存储基础地理信息的切片数据及其他文档类数据的文档服务器组成。电网图形数据、电网拓扑数据、设备数据、基础地理数据通过企业级电网准实时资源中心的设备维护模块及电网资源图形管理功能进行维护和管理。量测数据由于数据量大,一般由单独的量测数据库组成,但它是本平台不可或缺的重要部分。基础地理数据、电网图形数据、电网拓扑数据、设备数据、平台管理数据、量测数据等共同构成了企业级电网准实时资源中心的基础。

数据访问层提供访问电网数据的接口,应用逻辑组件通过统一的数据访问接口维护存储在数据库和文件中的矢量图形数据、栅格数据、电网拓扑数据和设备数据。由于量测数据种类多,可能存在不同的数据库中,各自提供不同的服务,在本系统中,建立一个量测访问代理,为应用提供统一的服务。

应用逻辑层构建在通用设备维护、权限、工作流、GIS 基础平台上,作为数据层和表现层之间连接的桥梁,在平台中起着至关重要的作用。它涵盖了设备建模、设备维护查询、权限认证、工作流建模、图形渲染、图形编辑、查询定位、统计分析和系统管理等各类功能,并将这些功能封装为组件,实现各类应用功能。

应用服务层提供各类电网设备信息、电网空间信息展现和查询分析服务,主要包含设备树展示服务、设备信息查询服务、图形浏览服务、专题图服务、查询定位服务、电网分析服务、空间分析服务等构件。服务通过封装逻辑组件实现,服务可以被界面层各类应用调用。

应用展现层包括建模工具、设备维护工具、平台管理工具、图形管理工具、典型应用框架,这些应用调用逻辑层和服务层的逻辑组件或服务实现,也可以集成其他业务系统的页面。

建立元数据存储库,并在其中分别建立 CIM 元模型信息库、资源注册机构和公用信息发布库。IEC61970/61968/61850 元模型信息库储存了由这些标准定义的类、属性、关联以及解释,也包括了自定义的类。资源注册机构负责管理集成平台上的所有资源,对于在多个系统中都有记录的同一资源可以有不同的命名方法,但是只能通过唯一的资源标

识(Resource ID)在统一的数据平台上标识。

3 关键技术分析

3.1 支撑模型及一体化设计

支撑模型包括一次系统的电网设备模型,电网资源模型,电网设备拓扑模型,二、三次系统的信息模型及通信协议、客户模型。

3.1.1 电网设备模型

电网设备模型在符合各种电压等级下电路、磁路基本物理规律和电气绝缘理论的基础上,实现电能的长距离、分布式的有效高效传输、转换、使用即实现组成的电力系统功能。

电网设备模型可以抽象成多端元件模型,反映其静态、暂态特性。电气设备本身随着技术的进步和电网的发展需要,会不断出现,而且其描述的详细程度与应用密切相关。

IEC61970/61968 对电网设备模型只提供其核心概念模型及命名,其详细描述应该开放,便于未来增加属性等。电网设备的属性应该进行科学的划分和归类,便于使用和扩展。

电网设备的分类及编码有着不同的角度和使用专业,但其资产属性编码不会有大的改变,因此建议电网设备采用资产编码作为其最基本的编码。而且编码的根本目的在于统计,本身统计就是多角度的,因此应该保留各主要专业应用的编码体系,在编码即分类应该以其本身固有的稳定类别作为主目和科目,保持主目、科目的全国统一,细目应该按专题细分,并应该开放未来的修增。

3.1.2 电网资源模型

电网资源是各类具有单一或复合功能的电气设备按照一定的法则形成逻辑关联关系,并实现电网目标的形态总和。

IEC61970/61968 对电网设备模型只提供其核心概念模型及命名,并给出这些电网设备相互之间从不同角度的层次(继承)、组成或关联关系。

在资源模型数据库层次化时,不能全面地反映 IEC61970/61968 的所有关系,应该以继承、组成关系作为表的外键。关联关系通过设立的独立关联表进行 2 个对应表的记录关系,但继承、组成关系不应该采用此类松散的关联表,因为其逻辑关系过弱,削弱了本身之间的强关联,对后续的业务逻辑控制和推理溯源不利。

3.1.3 电网设备拓扑模型

IEC61970/61968 的电网拓扑模型是电网设备之间电气关联的元模型。但电网的拓扑应用模型并不局限于此,而是应该在此基础上发展适应于应用的对应拓扑模型,以支撑相关的应用。

如配电网的拓扑及潮流分析,由于其线路特性,无法采用输电网的矩阵算法,因此多采用主/支路或母线/支线方法,因此需具备与 IEC61970 的设备端口/拓扑连接点一致的主/支路或母线/支线模型,方便各类高级应用程序的调用。

地理信息本身是电网资产实例化的一个基本属性,资产中的运行设备即电网设备自然将继承此属性。电网设备的地理属性与电网拓扑关联,可以有很多应用,但是电网拓扑绝对不是电网地理信息的属性。

电网 GIS 本身不具备电网各类拓扑描述的本质特性,而仅仅是电网拓扑的一种图形关系。应该提升拓扑到电力系统的图形化系统,采用拓扑+电网设备参数+电网资源属性,可以以图形方式展现电网的静态图形关系,而采用拓扑+电网设备参数+电网资源属性+采集数据,可以展现电网的动态图形关系。有一部分应用在基于地理信息的平台上展现具有使用价值,而许多应用在基于地理信息的平台上无法展现或展现毫无意义。因此应该以“拓扑及应用可视化支撑”作为应用支撑平台的核心模块之一,以实现图模数一致性的多种图形统一和发布。

3.1.4 二、三次系统的信息模型及通信协议

二、三次系统主要是八大业务系统的内部或外部的支持系统或组成。

八大业务系统的所有环节不可能都在大平台上实现,如二次系统中,对一些电网的关键节点的某一电气参数必须进行采集及传输,不可能采用变电站的大模型时也对其信息进行设计,这样就违反了“最简单的硬件或软件即可靠性最高”的设计原则,因此需要其信息模型在依靠分级汇集最后到达八大业务系统接口时确保信息模型与大平台的一致。

通信协议的选择取决于通信的介质和传输的应用报文内容,而通信介质的决定性作用更大。应颁布基于不同通信介质传输特性的协议标准,从根本上确保数据平台的来源数据质量和数据响应性能。

3.1.5 客户模型

客户模型非常重要,但目前没有得到应有的认识。客户模型首先是其用电设备的描述,智能电网提出电网要与客户共治,正是因为客户端的用电设备的特性严重影响了电网的性能,这也意味着采用简单的客户用电特性已无法解释电网品质。

客户模型其次是其负荷特性,根据客户的用电设备特性和客户负荷特性才能在电网公司特定供电环境下设计相应的电量电价核定及结算模式,实现双方的共赢。也只有这样,才能真正实现电网公司效益。

3.2 量测模型设计

在 IEC61970 中,对量测量的模型定义见图 2^[15]。

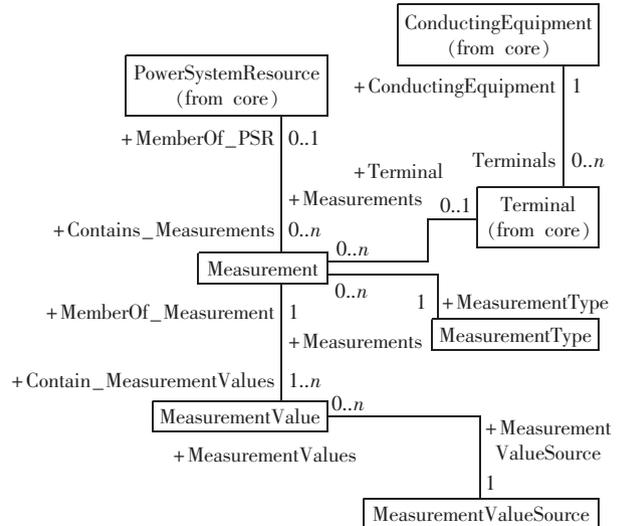


图 2 IEC61970 的量测模型

Fig.2 Measurement model of IEC61970

在 IEC61970 模型中,所有量测都是与设备的端点(terminal)关联的。实际上,要使量测与端点关联,一是工作量较大,二是与用户实际的工作不符,用户很难理解,因此需要在模型上做一些改进。

在电网中端点表示了电网所在的位置,是相对固定的。如开关是双端设备,其端点为 1、2,模型如图 3 所示。

在电网中,开关的方向是有约定的,如 1 一般处于电源侧,2 处于负荷侧,因此端点就能表达其所在的位置。

1 ○ ——— / ——— ○ 2

图 3 IEC61970 的电气设备端口模型

Fig.3 Electrical equipment port model of IEC61970

因此,在电力管理系统(PMS)

的量测模型中,端点值是固定不变的,可以用缺省值表示(可以不特别地指出),在这种情况下,实际上量测是与设备直接关联了。如果在设备两端都有同一类型的量测,可以在量测类型上进行区分,如电源侧电压、负荷侧电压等来明确其测量点的位置。

在电网某一测量点的遥测量,在主站上一般都是在同一时间点进行冻结的,因此为了保存与访问的快捷方便,一般都会存放在一起。对同一类设备,其量测量是基本固定的,在模型中扩展一个量测集(MeasurementSet),不同类型的设备具有不同的相对固定的量测集。引入量测集后,设备与量测量间的对应关系就更简单了,只需设置该设备是否具有量测集即可。

企业级电网准实时资源中心中的量测模型扩展如图 4 所示。

每个导电设备可不关联量测集,也可关联一个遥测量测集(开断类设备)或一个遥测量量测集。

对于来源于配网自动化系统,其量测集定义如图 5 所示。

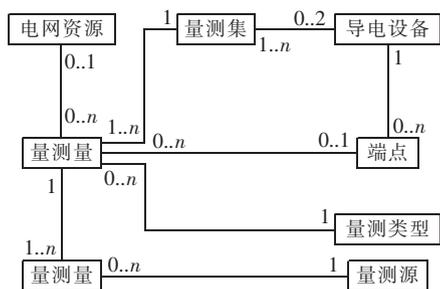


图 4 企业级电网准实时资源中心中的扩展量测模型
Fig.4 Extended measurement model of enterprise-class quasi-real-time grid resource centre

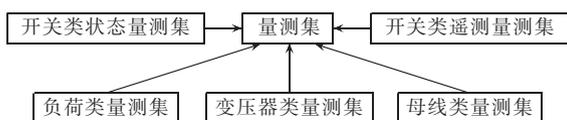


图 5 企业级电网准实时资源中心中的量测集模型
Fig.5 Measuring set model of enterprise-class quasi-real-time grid resource centre

3.3 模型驱动

模型驱动的核心思想是通过深入分析特定领域的数据和应用等方面的共性特征,抽象提炼出一个领域信息系统的元模型,并依此自动或半自动化地构建整个系统。

针对不同的应用领域,通过各种建模工具将具体企业的业务模型形成可执行模型,并基于通用平台的运行环境,自动生成相应的业务应用功能,从而能大幅度提升系统对业务需求变化的响应速度。在模型驱动理论中,平台本身不直接涉及特定的业务信息或业务过程,而是通过所建模型间接达到实现具体业务功能的目的。这种理论强调平台负责抽象的信息与过程处理,而特定的业务信息或业务过程对平台而言被视为了一种“数据”。在模型驱动理论看来,平台本身是一个高度抽象的信息系统,某个具体的信息系统实施过程可被视为平台的一次“设计化”。

平台提供系统管理工具将企业级电网准实时资源中心业务需求转化为电力设备/设施模型,通过对电力设备/设施数据结构、数据约束和操作的抽象,实现不依赖具体设备类型的逻辑组件。系统运行时,读取模型数据,根据运行状态和模型数据设置功能组件满足业务需求。

3.4 轻量级缓存技术

电网资源中心数据构成主要分为 3 块,即电网资源、设备台账及量测数据,前两者代表电网规模增加量,属于发策规划数据,第三者则代表实时数据。其中实时数据包含电网的各设备的状态数据(如开关的分合闸状态、变压器的油温)、电网各点的测量数据(如电压、电流、有功、无功)以及计算数据(如功率因数),以上数据来源于自动化系统及各类采集装置

(如公变采集、大用户采集系统)。目前全省上线的全部智能监测终端反馈至电网资源中心的遥测数据平均为 1500 条/s,这也导致了海量数据。

3.4.1 本地序列化缓存

针对电网资源中心中数量巨大且类型丰富的数据资源,电网 GIS 已对本地内存读取的电网资源空间数据进行对象化处理,客户机端程序支持以设备对象为单位的数据访问方式,具备对象序列化本地缓存条件。选择 .NET Framework 平台提供的序列化机制,采用二进制序列化格式,实现在本地硬盘中对电网资源空间数据的持久化保存。

3.4.2 内存数据增量更新

新增本地缓存功能后,本地内存既可从 Oracle 中加载数据,也可从本地硬盘中加载数据,但由于电网 GIS 具备并发编辑控制功能,无论选用何种加载方式,在数据编辑前仍须从 Oracle 中同步最新数据至本地内存,并支持内存数据增量更新操作,以消除本地硬盘和后台数据库数据不一致的问题隐患。通过在电网资源空间数据表中增加“最后更新时间”字段,以及在本地缓存文件中记录保存时间的方法,在内存加载硬盘缓存数据过程中,对本地保存时间与最后更新时间进行比较,筛选出自本地保存时间后更新的电网资源空间数据,实现增量加载。

3.4.3 本地缓存处理过程

电网 GIS 本地缓存处理过程涉及 Oracle 数据库、本地内存程序、本地缓存文件等存储介质,三者间的关系如图 6 所示,包括保存变更至 Oracle 数据库、全量/增量加载至本地内存程序、批量生成本地缓存文件、本地缓存加载至本地内存程序 4 个处理过程^[22]。

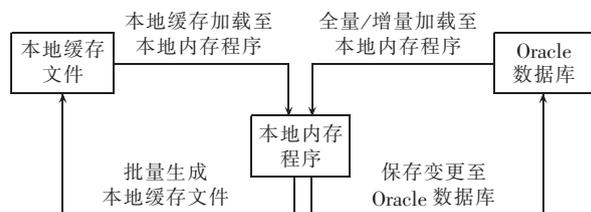


图 6 电网 GIS 本地缓存处理过程
Fig.6 Process of grid GIS local buffering

3.5 离散数据可视化

3.5.1 基本描述

由于极端天气格网测点的数据量非常巨大,且是离散分布的,很难直接进行有效的展示,必须进行数学综合分析处理。考虑到天气在地表影响场里的连续变化特性,对格网测点进行影响范围缓冲扩边,对相同数据进行融合,结果进行 B 样条曲线光滑美化处理,空间坐标存入企业级电网准实时资源中心,通过统一服务进行地图发布,最后利用 OGC 协议展

示极端天气的可视化图形分布。

3.5.2 数据处理

缓冲区是指为了标示某地理实体对其周围环境的邻近性或影响度而在其周围建立的一定宽度的带状区。建立缓冲区,在系统中是使用非常频繁的一种空间分析,是对空间影响进行度量的一种重要方法。

而融合是指溶解空间相邻、指定属性相同的地理实体为一个实体,如:乡镇可以融合县,县可以融合为地区,地区可以融合为省,通过融合能够大幅减少具有相同特性的实体数,在 100×100 的网格中,甚至可以减少到 10 位数以内的数据量,融合过程如图 7 所示。

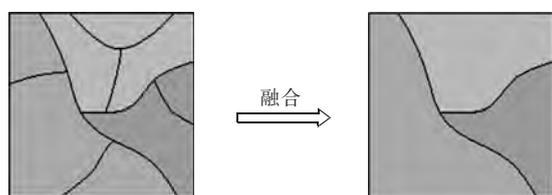


图 7 空间融合过程

Fig.7 Process of spatial merging

基于以上缓冲区和融合的处理,设计离散型测量数据可视化处理过程如图 8 所示。

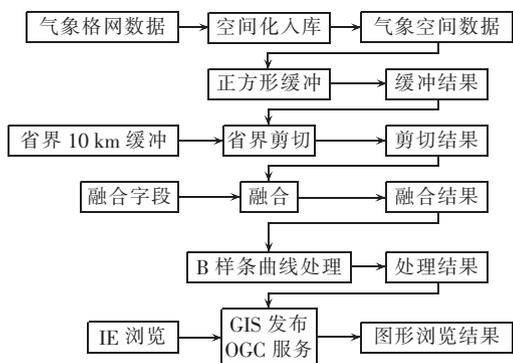


图 8 离散型测量数据可视化处理过程

Fig.8 Process of discrete data visualizing

3.5.3 理论依据

正方形的可视性通常是比较呆板的,气象格网表面上离散的,实际是以点带面的连续变化场,通常可以采用连续曲线进行拟合处理,在此采用 B 样条曲线进行拟合。

B 样条曲线是在贝塞尔(Bezier)曲线基础上发展起来的一类连续曲线,它克服了 Bezier 曲线整体控制性所带来的不便,改正了一个控制顶点的位置会影响整个曲线的形状等诸多缺点。

4 结论

全电压等级的电网资源、资产、量测模型一体化设计,支撑模型包括一次系统的电网设备模型、电网

资源模型、电网设备拓扑模型,二、三次系统的信息模型及通信协议,客户模型。一体化维护流程充分适应营配贯通、配网成图、量测点对应、帐卡物协同等业务场景。电网拓扑、设备台账、量测信息等态势数据综合利用,实现可视化展示。统一设计公共拓扑表,不再按照输变配低专业进行划分。

解决 IEC61970 量测模型中,量测量与连接点关联的两大问题,即关联的不可操作性和其他系统的不可访问性。结合生产实践中的可操作性及可维护性,以及其他系统的可访问性,在模型中扩展量测集节点,并将量测量与连接点关联改为量测量或量测量组与设备关联。其他系统通过设备编号及量测量类型来访问,获取需要的数据。

电网资源空间数据作为企业级电网准实时资源中心重要的数据源之一,可支撑电网 GIS 功能应用,实现电网资源的可视化展示。通过客户机端内存和硬盘存储介质的轻量级缓存,实现电网资源空间数据分布式的备份存储,并采用合理的数据增量更新机制,保证客户机端和服务端数据的一致性,最终有效降低服务器端访问压力,提高系统运行效率和可用性。

在电网资源空间数据的应用过程中,存在离散分布、连续变化、数量巨大的与业务相关的空间数据,如极端天气格网测点、负荷密度等,难以直接表达有效信息,必须进行数学综合分析处理。根据此类数据在地表影响场里的连续变化特性,对离散测量数据进行影响范围缓冲扩边,然后对相同值域内的空间范围进行融合,再进行 B 样条曲线光滑美化处理,最终将可视化信息存入 GIS 数据库,通过 GIS 进行地图发布。

参考文献:

- [1] 马韬韬,李珂,朱少华,等. 智能电网信息和通信技术关键问题探讨[J]. 电力自动化设备,2010,30(5):87-91.
MA Taotao,LI Ke,ZHU Shaohua,et al. Discussion about information and communication technology of smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(5):87-91.
- [2] 张强,张伯明,李鹏,等. 智能电网调度控制架构和概念发展述评[J]. 电力自动化设备,2010,30(12):1-6.
ZHANG Qiang,ZHANG Bomng,LI Peng,et al. Review of structure and concept evolution of dispatch and control system for smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(12):1-6.
- [3] 钟金,郑睿敏,杨卫红,等. 建设信息时代的智能电网[J]. 电网技术,2009,33(13):12-18.
ZHONG Jin,ZHENG Ruimin,YANG Weihong,et al. Construction of smart grid at information age[J]. Power System Technology,2009,33(13):12-18.
- [4] 张文亮,刘壮志,王明俊,等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术,2009,33(13):1-11.

- ZHANG Wenliang, LIU Zhuangzhi, WANG Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 1-11.
- [5] 陈宏印, 卜苏滨, 李维东, 等. 全域电网资源聚合架构的研究与应用[J]. 电网技术, 2012, 36(2): 35-41.
- CHEN Hongyin, BU Subin, LI Weidong, et al. Research and application of macrocosm grid resource aggregated architecture[J]. Power System Technology, 2012, 36(2): 35-41.
- [6] 王金丽, 盛力兴, 王金宇, 等. 中低压配电网统一数据采集与监控系统设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 72-76, 81.
- WANG Jinli, SHENG Lixing, WANG Jinyu, et al. Design and implementation of a centralized data acquisition and supervisory and control system for medium-low voltage distribution network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 72-76, 81.
- [7] 马强, 荆铭, 梁成辉. 基于 CIM/CIS 的省地调电网模型拼接与数据交换[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(6): 116-119.
- MA Qiang, JING Ming, LIANG Chenghui. CIM/CIS-based model connection and data exchange for provincial and regional power networks[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(6): 116-119.
- [8] 杨德祥, 刘东, 陆一鸣, 等. 基于公共信息模型的特高压电网信息建模及应用[J]. 电网技术, 2014, 38(1): 255-261.
- YANG Dexiang, LIU Dong, LU Yiming, et al. Common information model based information modeling of ultra-high-voltage power grid and its application[J]. Power System Technology, 2014, 38(1): 255-261.
- [9] 顾强, 王守相, 李晓辉, 等. 配电系统元件的公共信息模型扩展[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(10): 91-95.
- GU Qiang, WANG Shouxiang, LI Xiaohui, et al. CIM extension to distribution system components[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(10): 91-95.
- [10] 钱静, 施毅斌, 崔立忠, 等. 智能配电网模型信息集成技术研究[J]. 电网技术, 2013, 37(12): 3534-3540.
- QIAN Jing, SHI Yibin, CUI Lizhong, et al. Research on model information integration technology for smart distribution network[J]. Power System Technology, 2013, 37(12): 3534-3540.
- [11] 曹阳, 姚建国, 杨胜春, 等. 智能电网核心标准 IEC61970 最新进展[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(17): 16-20.
- CAO Yang, YAO Jianguo, YANG Shengchun, et al. Latest advancement of smart grid core standard IEC61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(17): 16-20.
- [12] 张少敏, 张帆, 王保义. 基于 REST 和 IEC61970 的智能电网数据集成方法[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(8): 124-129.
- ZHANG Shaomin, ZHANG fan, WANG Baoyi. Data integration based on REST and IEC61970 for smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(8): 124-129.
- [13] 米为民, 韦凌霄, 钱静, 等. 基于 CIM XML 的电网模型合并方法在北京电力公司调度系统中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32(10): 33-37.
- MI Weimin, WEI Lingxiao, QIAN Jing, et al. Application of CIM & XML based combination method of power network models in dispatching system of Beijing electric power corporation[J]. Power System Technology, 2008, 32(10): 33-37.
- [14] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 电网技术, 2001, 25(12): 1-10.
- XIN Yaozhong. Development of trend of power system dispatching automation technique in 21st century[J]. Power System Technology, 2001, 25(12): 1-10.
- [15] International Electrotechnical Commission. IEC61970-301 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API), part 301: Common Information Model (CIM) base[S]. Geneva, Switzerland: IEC, 2002.
- [16] International Electrotechnical Commission. IEC61968 application integration at electric utilities-system interfaces for distribution management, part 11: Common Information Model (CIM)[S]. Geneva, Switzerland: IEC, 2002.
- [17] 刘海涛, 赵江河, 苏剑, 等. 基于 ESB 的配电网自动化及管理系统信息集成[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(16): 47-51.
- LIU Haitao, ZHAO Jianghe, SU Jian, et al. ESB based information integration of distribution automation and management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(16): 47-51.
- [18] 唐跃中, 曹晋彰, 郭创新, 等. 电网企业基于面向服务架构的应用集成研究与实现[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(14): 50-53.
- TANG Yuezhong, CAO Jinzhang, GUO Chuangxin, et al. Research and implementation of power grid enterprise application integration based on services-oriented architecture[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(14): 50-53.
- [19] 马强, 荆铭, 延峰, 等. 电力调度综合数据平台的标准化设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(11): 125-129.
- MA Qiang, JING Ming, YAN Feng, et al. Standardized design and implementation of integrated information platform for power dispatch[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(11): 125-129.
- [20] 周恒俊, 郭创新. 面向智能配网的能量管理系统体系结构[J]. 高电压技术, 2010, 36(8): 2088-2094.
- ZHOU Hengjun, GUO Chuangxin. Architecture of energy management system faced smart distribution grid[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(8): 2088-2094.
- [21] 谢俊, 石东源, 段献忠. 基于本体技术的 IEC61970 语义信息模型[J]. 电网技术, 2008, 32(1): 88-92.
- XIE Jun, SHI Dongyuan, DUAN Xianzhong. IEC61970 semantic information model based on ontology technology[J]. Power System Technology, 2008, 32(1): 88-92.
- [22] 陈顺德, 钟一俊, 周明磊, 等. 基于本地缓存技术的电网 GIS 性能优化方法研究[J]. 浙江电力, 2013(11): 33-35.
- CHEN Shunde, ZHONG Yijun, ZHOU Minglei, et al. Investigation on optimization method of grid GIS performance based on local cache technology[J]. Zhejiang Electric Power, 2013(11): 33-35.

作者简介:



李济沅 163.com);

周浩(1963—),男,浙江绍兴人,教授,博士研究生导师,博士,主要从事电力信息化、配网自动化等方面的研究工作(E-mail:zhouhao_ee@zju.edu.cn)。

李济沅(1992—),男,黑龙江佳木斯人,硕士研究生,研究方向为电力信息化和配网自动化(E-mail:lijiyuan_ee@zju.edu.cn);

王东举(1984—),男,河南南阳人,博士研究生,主要从事电力信息化、配网自动化等方面的研究工作(E-mail:shuwei1204@

Research of enterprise-class quasi-real-time grid resource center based on CIM & ESB and its application

LI Jiyuan¹,ZHONG Yijun²,WANG Dongju¹,WANG Shengyang¹,ZHOU Hao¹

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

2. Communication and Information Sub-Company of State Grid Zhejiang Electric Power Corporation, Hangzhou 310007, China)

Abstract: The modelling, data storage, data publication and data interface of the resources, assets and measurements of power system are unified based on CIM (Common Information Model) and ESB (Enterprise Service Bus) to promote the retrofitting and upgrading of related production system, marketing system and acquisition system. The existing IEC61970 measurement model is extended to correlate the measurement or measurement group with equipment for the realization of its operability. The lightweight caching technology is proposed to reduce the server-side accessing pressure of grid resource center and improve the efficiency and operability of system. The abundant discrete spatial data are processed by buffering, merging, B-spline curve embellishing, OGC serving and GIS publishing to visualize the grid resources. The enterprise-class quasi-real-time grid resource center is established with more shared measurement resources for the future development of smart grid.

Key words: electric power systems; grid resource; data processing; common information model; enterprise service bus; models; communication

(上接第 147 页 continued from page 147)

[11] 唐治国,汪思满,康丰,等. 多级级联分布式母线保护方案[J]. 电力自动化设备,2012,32(11):136-141.

TANG Zhiguo, WANG Siman, KANG Feng, et al. Multi-level cascading solution for distributed busbar protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(11):136-141.

[12] 蔡超,陆于平. 一种提高智能变电站 PMU 相量测量精度的改进采样值调整算法[J]. 电力自动化设备,2014,34(3):149-154.

CAI Chao, LU Yuping. Improved sampled value adjustment algorithm increasing measurement precision of smart substation PMU[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(3):

149-154.

作者简介:



张言苍(1970—),男,安徽巢湖人,高级工程师,博士,长期从事电力系统继电保护及变电站自动化的研发、管理和产业化工作(E-mail:yancang-zhang@sac-china.com)。

Network sampling synchronization method for smart substation

ZHANG Yancang

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210032, China)

Abstract: The technical routes and methods of digital sampling technology during its development for smart substation are discussed. The principle and application of digital sampling synchronization are described and the problems of existing network sampling methods are analyzed. A technology of sample arrival time prediction based on PLL (Phase Locked Loop) is proposed, which, when the synch clock is lost, can continue the sampling synchronization to avoid the synch failure occurred in normal network sampling methods; and it can also filter the abnormality caused by the switch delay to avoid the unfavourable influences, such as the relay protection blocking. The proposed technology can improve the sample reliability of network transmission and provide the theoretic basis and solution for the popularization and application of network sampling in smart substation.

Key words: smart substation; network sampling; synchronization; interpolation; prediction; communication; phase locked loop