

中文摘要

电力企业自动化系统为满足电力企业不同业务部门的不同需求而设计,使用不同的操作系统、不同的硬件平台、不同的建模方法,相互之间很少能自由交换数据,具有典型的异构性和分布性,成为一个个孤立的“自动化岛”。

本文为解决电力企业自动化系统“信息孤岛”问题,实现异构环境下系统的互联互通操作,保护电力企业用户的投资,依据 EPRI CCAPI 项目的 IEC 61970 标准,设计了通用电力自动化系统互连集成平台。

本文从电网建模, SCADA 数据导入、导出、转存,访问, SVG 展现标准等方面阐述了 IEC 61970 标准在通用电力自动化系统互连集成平台上的应用,说明通用电力自动化系统互连集成平台为电力企业自动化系统互连提供了一种可能。

通用电力自动化系统互连集成平台以 CORBA 中间件为平台,采用 CIM XML 方法建模,为在异构网络中跨操作系统跨硬件平台接入第三方厂商自动化系统提供了可靠的技术和手段。

本文以通用电力自动化系统互连集成平台在离线方式下接入非标准的和不带中间件平台的 DF8002 系统与第三方厂商生产管理系统为工程案例,从实践中验证,若依据 IEC 61970 标准的接口规范及服务,使用适用于不同软硬件平台的 CORBA 中间件技术和基于 INTERNET 的 XML 语言,是可以实现电力企业自动化系统互连的。

关键词: 电力企业自动化 系统互连 CORBA CIM XML SVG

ABSTRACT

Electric power enterprise automation systems were designed to meet the different needs of different sectors, using different operating systems, different hardware platforms and different modeling methods. It is hardly to exchange data freely, with a typical heterogeneous and distribution, and isolated as an "island of automation".

To solve "information isolated island" of electric power enterprise automation systems, to realize the interconnection and interoperability of heterogeneous systems, to protect the investment of the electric power enterprise, according to the IEC 61970 standard drafted by EPRI CCAPI project, to design the General Electric Power Automation Systems Integration Interconnection Platform.

In this paper, displayed the IEC 61970 standard be applied in the General Electric Power Automation Systems Integration Interconnection Platform, constructed by power network modeling, SCADA data import, export, SVG, etc., explained the General Electric Power Automation Systems Integration Interconnection Platform provides a probability for the interconnection of the electric power enterprise automation systems.

The General Electric Power Automation Systems Integration Interconnection Platform using CORBA as the platform, using CIM XML to model. It provides a reliable technology and tools to access the electric power enterprise automation systems supplied by third-party vendors in the heterogeneous inter-network, crossing the operating system and hardware platform.

In this paper, used the General Electric Power Automation Systems Integration Interconnection Platform accessed the non-standard and not with middleware platform in the offline mode as an engineering case, if based on the interface specification and services of the IEC 61970

standard, using the middleware of CORBA applies to different hardware and software platform, and using XML based on the INTERNET, we should realize the interconnection of the electric power enterprise automation systems.

KEY WORDS : electric power enterprise automation system, system interconnection, CIM XML, SVG

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：王绍芹 日期：2009.6.30

关于学位论文使用授权的声明

本人同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的印刷件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权山东大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名：王绍芹 导师签名： 日期：2009.6.30

第一章 引言

1.1 互连系统的发展背景和现状

目前,电力企业中各业务部门为满足特定的需要,已安装和开发了不同的应用系统,如实现电网实时监控和运行调度自动化的 SCADA/EMS 系统、DMS 系统,实现自动绘图、存储电力系统结构进行电力设备管理的 AM/FM,辅助资源管理和经营管理决策的 ERP 等等。然而,这些应用系统关心电力对象的不同方面、对电力对象有自己专门的建模方法,相互之间很少设计成能够进行自由的数据交换,使得各个应用系统在信息上成为相对孤立的“自动化岛”,不易与其他功能区域交换数据或在企业范围内实现集成;另外,不同厂家的产品之间也是很难进行数据交换的;此外,电力应用系统深受计算机工业发展状况的影响,由于各应用系统开发时间不同、建设模式也不同,使得目前电力企业网中可能有大型主机、工作站、服务器、PC 机,而且可能采用不同的操作系统和通讯协议,因此电力企业中的应用系统具有显著的分布性和异构性特点。

为了实现异构的环境下各个分布式应用的互联和互操作,美国 EPRI(电力研究院)启动了几个数据通讯与集成的工程,其中 CCAPI(控制中心应用程序接口)工作小组研究并开发了控制中心应用中数据表示的 CIM(公共信息模型)、控制中心 API 以及应用之间的信息传递,以建立一个使电力企业运行环境中的应用可“即插即用”的框架。EPRI CCAPI 项目的 IEC 61970 标准的主要目标是:

- 集成调度自动化系统、配电自动化系统、电能量计量系统、管理信息系统、电力市场技术支持系统;
- 提供与其它电力自动化系统之间的数据通讯。

目前,国外的 EMS 主要厂家已进行六次 EMS-API 互操作实验,为了使国内的 EMS 系统生产厂家不落后于国外,国家电力调度通信中心于 2006 年 11 月组织国内主要的电力自动化系统生产厂家(电科院、南自院、鲁能积成、清华大学、东方电子、南瑞科技七家)进行互操作试验,第六次互操作是在以往五次互操作基础上,参考国外第六次互操作方案展开,主题是测试 HSDA 部分的兼容性,七大厂商都可以完整支持 GID 的 GDA、HSDA 接口,部分厂商如积成、东方可以支持

TSDA, 并最终确定 SVG 作为图形展现标准。

1.2 互连系统的发展及趋势

新一代电力自动化互连系统集成化平台遵循 IEC 61970 标准, 依托软总线技术, 实现电力企业各自动化系统的互连, 达到信息共享以及资源共享的目的。

IEC 61970 标准的主体内容是公共信息模型 CIM 和组件接口规范 CIS。CIM (common information model, 公共信息模型) 用一套规范化的、面向对象的格式描述一个电力企业中的各种实际对象; CIS (component interface specification, 组件接口规范) 定义了 API 函数的规范, 包括用文本或统一建模语言 UML 描述要标准化的接口功能, 以及使用接口定义语言 IDL/XML/RDF 提供所要支持的每一个不同接口所需要的精确的语法和语义。

软总线的概念来源于计算机硬件技术, 人们希望它能实现类似于硬件总线的桥梁功能, 任何符合一定标准的应用程序都可以通过适配器以插件方式获得软总线支持, 与软总线上的其他部件相互通讯、协调与控制。随着 SCADA/EMS/DMS 的规模和应用范围的不断扩大, 软件系统的开放性、可移植性和互操作性就变得越来越重要, 基于软总线的分层开放的构架体系已成为大型系统构建的首选方案。通用标准下的软总线技术包括三部分内容: 第一是支持平台, 软总线的实现是构建在已有的组件技术上的, 例如 CORBA、EJB、DCOM 等; 第二是数据模型, 需要建立一套能描述 CIM 的数据平台; 第三是软总线的数据库访问接口, 它规定了访问数据模型中特定数据的方法。只有三部分都符合通用标准, 软总线才具有真正意义上的开放性, 才能解决长期以来电力企业中各自动化系统的“信息孤岛”问题。CORBA 等分布式组件技术的发展成熟和 IEC61970 系列标准的出现为实现开放型、标准化的 EMS 系统提供了技术基础。

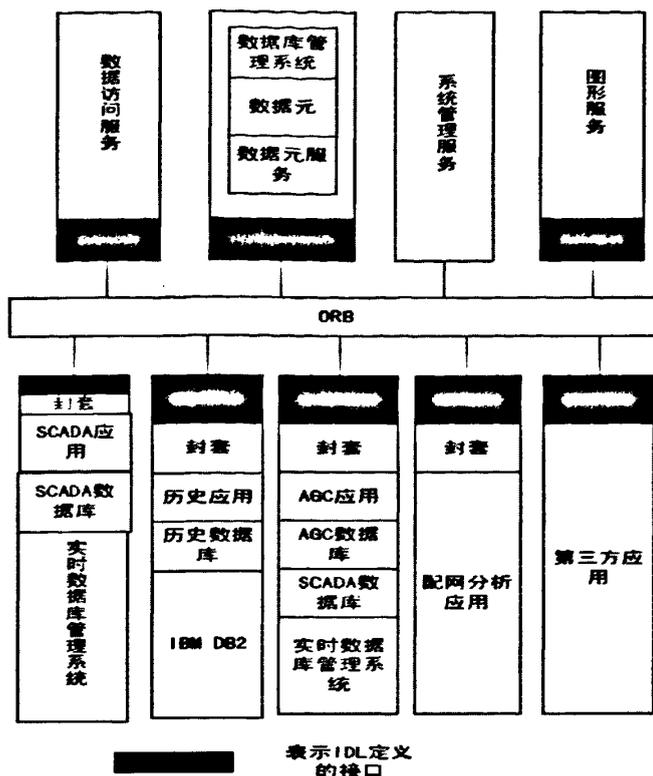


图 1-1 电网调度系统互连程序软件结构图

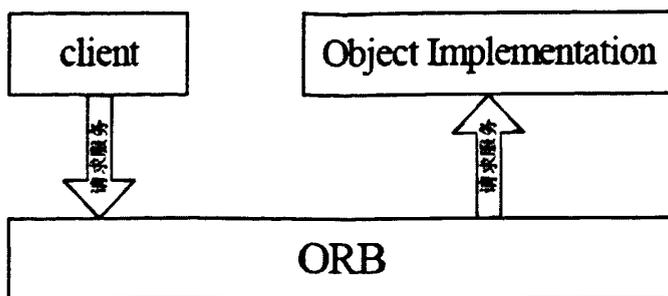
图 1-1 中电网实时运行调度和电网调度生产管理所覆盖的各种应用对象本身如果已经实现 IEC 61970 的标准接口，可以免去包装直接加入框架，否则由封套实现其标准接口后加入框架。

1.3 互连系统平台架构和关键技术分析

互连系统首要面临的技术就是支持平台技术的选择。目前比较成熟的主流技术主要有 Microsoft 的 COM/DCOM, SUN 公司的 Java Bean 技术, 和 OMG 的 CORBA。COM/DCOM 技术在 Microsoft 的 Windows 环境下有良好的应用, 但较难移植到其他环境中, Java Bean 技术主要是时间响应不佳, 而 CORBA 是 OMG 发布的以分布对象为基础的公共对象请求组件, 提供了一个可供软件在异构网络中跨操作系统和平台进行交互操作的标准。其核心思想是采用说明性标准的接口定义语言 IDL 将对象接口与对象实现部分分离, 定义 IDL 与各种编程语言之间的映射, 以屏蔽语言的差异, 实现透明的互操作。所以优先采用 CORBA 作为系统集成平台。

(客户端)

(对象实现)



(对象请求代管者)

图 1-2 CORBA 调用机制的简单描述

XML (eXtensible Markup Language) 语言是近几年来新发展起来的基于 Internet 的元数据置标语言, 由 SGML (Standard Generalized Markup Language) 语言发展而来, 由 WWW 协会制定, 于 1998 年正式推出了 XML 语言 1.0 标准。由于 XML 语言具有良好的可扩展性, 在 Web 应用领域数据标准中处于主流地位。由于 XML 能够创建不依赖于平台、语言和限制性约束的开放性数据, 因此它适用于服务器-服务器之间的数据交换的数据集成方式。

IEC 61970 3XX 定义了 CIM 模型, CIM 模型是一种元数据, 适用于用 XML/RDF (XML 的资源描述框架) 表示, 从而实现在不同应用间交换计算即可理解的网络信息的互操作性, 它着重于自动便捷地处理网络资源。国外的 EMS-API 系统互操作就是采用 XML/RDF 模式进行的, 测试报告表明 XML/RDF 可以充分表述电力系统数据模型。国内 EMS-API 互操作测试也采用这个方案。

XML 技术还为将来企业间进行数据交换提供了可能。它使得企业间的交易不再局限于专网和特定应用, 而是在 Internet 上不同系统间交换信息, 既大大降低了成本, 也提供了数据的可持续性, 从而保护了企业的投资。

1.4 工作目标

为保护电力企业投资, 提供数据的可持续性, 我们的首要目标是利用当下的 IT 技术-软总线技术、XML 技术, 遵循 IEC61970 的标准, 设计并实现一个通用电力自动化系统互连集成平台, 解决当前电力企业各应用的自动化“孤岛”问题, 实现不同应用系统之间数据交互、信息共享, 并为下一代电力调度自动化系统 (EMS)、配网自动化系统 (DMS)、电能量计费系统 (TMR) 及电力企业信息化系统 (ERP) 等系统提供“即插即用”的框架。

1.5 术语

CCAPI (Control Center Application Program Interface) 程序接口	控制中心应用
CIM (Common Information Model)	公用信息模型
CIS (Component Interface Specifications)	组件接口规范
CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 代理体系结构	公共对象请求
DAF (Data Access Facility)	数据访问设施
DAIS (Data Acquisition from Industrial System) 采集	工业系统数据
DOM (Document Object Model)	文档对象模型
EMS (Energy Management System)	能量管理系统
EMS-API (Energy Management System API) 应用程序接口	能量管理系统
EPRI (Electric Power Research Institute)	电力研究院
GDA (Generic Data Access)	通用数据访问
GES (Generic Eventing and Subscription) 阅	通用事件与订
HSDA (High-Speed Data Access)	高速数据访问
IDL (Interface Definition Language)	接口定义语言
MIS (Management Information System)	管理信息系统
RDF (Resource Description Framework)	资源描述框架
SOAP (Simple Object Access Protocol) 协议	简单对象访问
SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) 控	数据采集和监
TSDA (Time Series Data Access)	时序数据访问
UML (Unified Modeling Language)	统一建模语言
URI (Uniform Resource Identifier) 符	统一资源标识
URL (Uniform Resource Location)	统一资源定位
XML (Extensible Markup Language)	扩展标记语言
ORB (Object Request Broker) 者	对象请求代管

第二章 总体方案

新一代电力自动化互连系统集成化平台遵循 IEC 61970 标准, 依托软总线技术, 实现电力企业各自动化系统的互连, 达到信息共享以及资源共享的目的。

通用电力自动化系统互连集成平台是满足新一代电力自动化互连系统集成化平台的系统互连目标, 采用先进的基于 CORBA 中间件技术的客户/服务器模式进行分布式应用系统的集成, 支持在线/离线两种方式下接入非标准的和不带中间件平台的不同平台、不同生产厂家的异构系统, 同时提供 XML/RDF 文件导入器/导出器接口, 实现数据交换及共享。

2.1 IEC 61970 标准 CIS 组件规范接口指导下的客户/服务器设计

- 系统互连的客户端

系统互连的客户端通过 IEC 61970 标准的 GDA/HSDA/TSDA 接口定义文件规定的接口输出请求。

- 系统互连的服务器端

服务器端为 GDA/HSDA/TSDA 服务器, 它接收客户端输出请求, 提供资源 ID 服务、资源描述服务、查询服务等。

2.2 IEC 61970 标准 CIM 模型指导下的 XML/RDF 资源文件导入器/导出器设计

XML/RDF 资源文件导入器/导出器采用 XML DOM 接口实现, 它将 XML/RDF 资源文件通过导入器导入高级应用等应用系统, 提供给第三方厂商使用; 导出器是将系统的数据库中的部分数据通过导出器输出成 XML/RDF 资源文件, 提供给其他厂商的系统使用。

采用了本系统, 就可以实现不同平台、不同生产厂商的 EMS 系统、DMS 系统、TMR 系统、TMS 系统、RDS 系统、MIS 系统等非常简便地进行互连操作。

IEC 61970 3XX 定义了 CIM 模型, CIM 模型是一种元数据, 适用于用 XML/RDF (XML 的资源描述框架) 表示, 从而实现在不同应用间交换计算即可理解的网络信息的互操作性, 它着重于自动便捷地处理网络资源。国外的 EMS-API 系统互操作的前两个阶段就是采用 XML/RDF 模式进行的, 测试报告表明了 XML/RDF 可以充

分表述电力系统数据模型。

国内 EMS-API 互操作测试的第一阶段也采用这个方案，我们提出以 XML/RDF 资源文件导入器/导出器作为整合不同厂商系统数据库的方案。

XML/RDF 资源文件导入器/导出器应具有的功能模块有：

- XML/RDF 文件的导入器、导出器；
- XML/RDF 文件有效性的验证器；
- XML/RDF 文件比较器。

XML/RDF 文件导入器的功能为：

导入器模块负责读入资源描述文件，并根据资源模式文件进行校验处理，在内存中生成描述资源之间关系的结构图。并提供相应的检索、修改、删除等处理的 API。

XML/RDF 文件导出器的功能为：

导出器模块负责根据数据库结构生成资源结构关系，并根据资源模式文件，生成 XML/RDF 资源文件。

XML/RDF 文件有效性的验证器的功能为：

根据 XML/RDF 模式文件的定义，检测输入的资源文件，从文件的完整性、正确性等方面进行。

XML/RDF 文件比较器的功能为：

从两个 XML 资源文件输入，利用导入器模块，在内存中生成两个对应的图，并比较这两个图的一致性。

采用本方案的系统工作流程如图 2-1 所示：

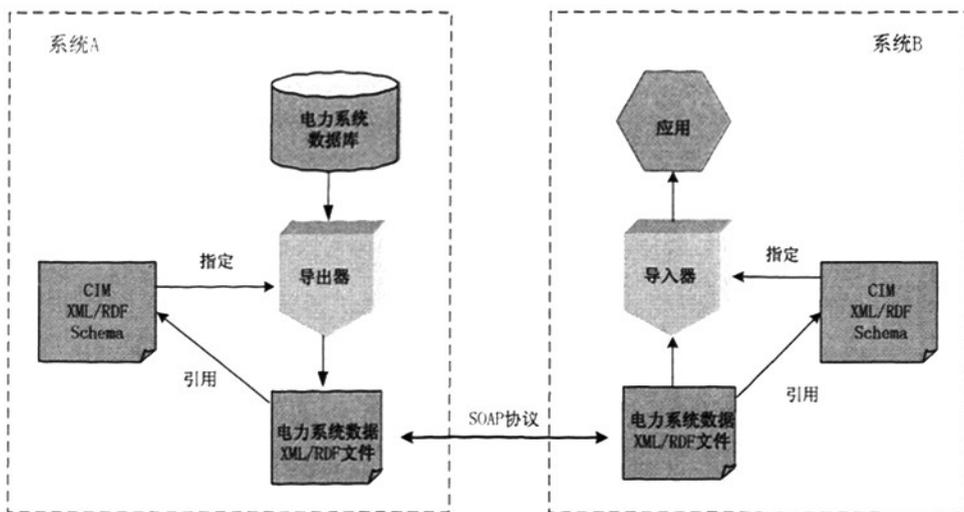


图 2-1 XML/RDF 资源文件导入器/导出器工作流程

2.3 基于 GDA/HSDA/TSDA 接口的互连

系统与其他厂商的控制自动化系统、管理信息系统（MIS）、地理信息系统（GIS）连接时采用基于 CORBA 的客户/服务器模式，系统以基于公共信息模型（CIM）的客户端和 GDA/HSDA/TSDA 服务器来实现。

客户端根据：

- 资源命名规则；
- GDA/HSDA/TSDA 的接口定义文件；
- CIM 模式文件。

提出数据请求并接收数据，实现基于公共信息模型（CIM）的数据访问。

GDA/HSDA/TSDA 服务器端根据：

- 数据库访问接口；
- 资源命名规则；
- CIM 模式文件；
- GDA/HSDA/TSDA 的接口定义文件。

并使用数据库访问中间件来服务数据请求。

服务器端运行在 UNIX 操作系统上，客户端为基于公共信息模型的应用。

第三章 系统实现

本章介绍通用电力自动化系统互连集成平台作为新一代电力自动化系统互连集成平台，在 IEC 61970 标准指导下，依托 CORBA 软总线技术、以 CIM 方式建模、XML/RDF 数据表示方式实现非标准、不带中间件的 DF8002 电力调度自动化（SCADA）系统与第三方生产管理系统的互连。

(1) SCADA 系统镜像服务器

根据中华人民共和国国家经济贸易委员会第 30 号令颁布的《电网与电厂计算机监控系统及调度数据网络安全防护规定》，SCADA 系统位于安全 I 区，系统设计中通过镜像方式实现 SCADA 参数库、实时运行信息和图形的同步。

(2) SCADA 数据存储入 PI 数据库

根据电力公司对测点的命名规范，对新增的遥信、遥测测点自动生成 PI 中的测点名称，并通过 PISDK 在 PI 中建立相应测点。实时数据则以 PI-API 接口写入到 PI 数据库中。数据转储模块可对测点的属性进行配置，可手工创建测点。

(3) 遵循 IEC 61970 国际标准的 SCADA 包装器

■ 提供松耦合集成方式下、基于 XML 的 SCADA 数据获取

- i) CIM XML 电网模型导出模块采用 DOM 接口实现，它将 DF8002 系统数据库中的电网模型导出为 CIM XML/RDF 格式，提供给第三方的系统使用。
- ii) 差异模型生成模块采用 SAX 接口解析基模型文件，与 DF8002 数据库中的电网模型比较，生成差异模型，提供给第三方的系统使用。
- iii) 基于 XML 的 SVG 图形格式转换亦采用 DOM 接口实现，将 SCADA 图形转换为 SVG 格式，提供给第三方的系统使用。

■ 提供紧耦合集成方式下、基于 CORBA 的 SCADA 数据获取

- i) 服务器端实现了 IEC 61970 中的 GDA 服务、HSDA 服务和 TSDA 服务，其中包括了资源 ID 服务的公共服务、GDA 查询服务、GDA 更新服务、DAIS 数据访问服务、TSDA 服务等。
- ii) 客户端测试应用可帮助用户熟悉 IEC 61970 第四部分中的接口函数名、出入口参数以及接口使用方法的示例。

XML、SVG 文档方式和 CORBA 接口服务方式相互补充，满足用户不同情况下获取数据的需求。用户可以根据企业实际情况，选择合适的集成方式。

3.1 SCADA 镜像服务器

国电公司在《全国电网二次系统安全防护总体框架》中对控制系统与管理系之间的物理隔离装置的配置如图 3-1 所示。

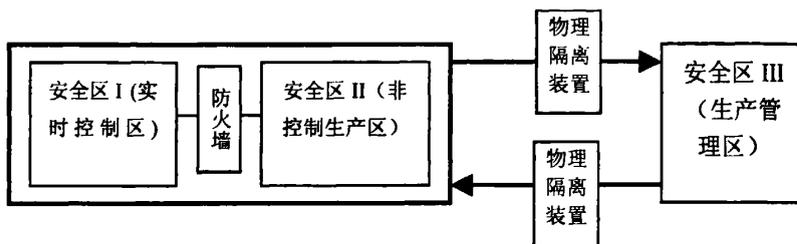


图 3-1 国电公司规划配置示意图

镜像服务器需要 SCADA 参数库、实时数据和图形的同步。为避免频繁发送数据造成安全 I 区 SCADA 系统过重的负荷，在设计中遥测数据转发为 60 秒的间隔，而遥信变位信息则是即时传送；参数库变化则是将发生变化的表向外网传送；而图形则通过循环检测图形文件时间，一旦有图形更新则向外网传送。

实现 SCADA 通过物理隔离同步的模块主要有：实时数据转发模块、实时数据接收模块、数据库更新通知模块、数据库更新接收模块。

3.1.1 实时数据转发和接收模块

实时数据转发模块的功能是实现 SCADA 实时数据的同步，将内网的实时数据传送到外网，实时数据接收模块的功能是在镜像 SCADA 上接收从内网传出的 SCADA 实时数据，实时数据转发和接收模块需要成对运行，其工作流程如图 3-2 所示：

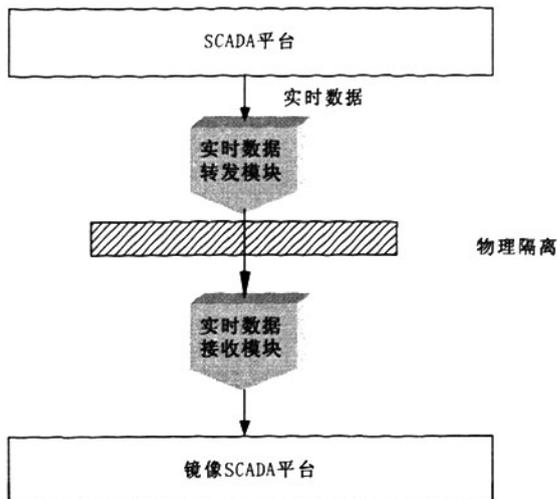


图 3-2 实时数据转发和接收工作流程

3.1.2 数据库更新通知和接收模块

数据库更新通知模块的功能是根据 SCADA 数据库更新事件，将内网的变化参数表、事件和图形传送到外网，数据库更新接收模块的功能是在镜像 SCADA 上接收从内网传出的数据库更新事件，加载接收到的参数表、事件和图形到镜像 SCADA 系统，数据库更新通知和接收模块需要成对运行，其工作流程为：

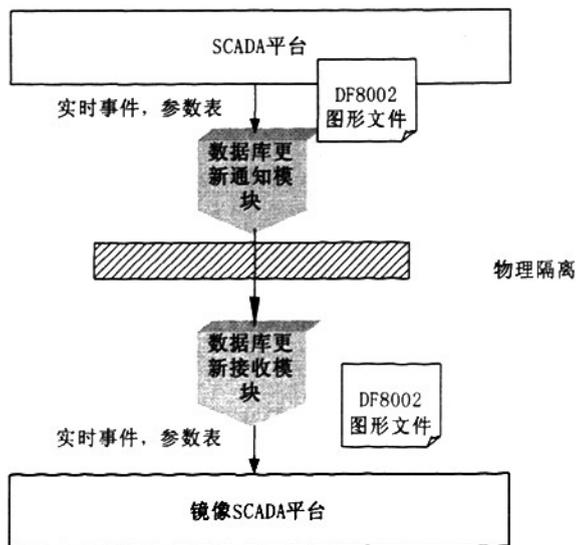


图 3-3 数据库更新通知和接收工作流程

3.2 SCADA 数据存储入 PI 数据库

SCADA 数据存储模块的功能为：通过 PI-的客户端接口写入 PI 数据库，而且为了减少测点的维护工作需要实现测点的自动创建以及主备存储进程的自动切换。

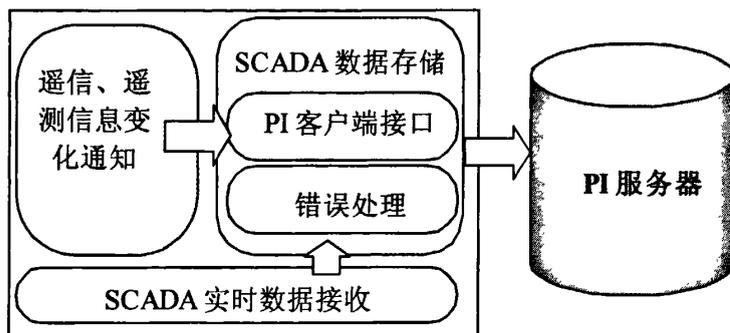


图 3-4 SCADA 数据存储入 PI 数据库

3.3 CIM XML 电网模型

XML (eXtensible Markup Language) 语言是近几年来新发展起来的基于 Internet 的元数据置标语言，从 SGML (Standard Generalized Markup Language) 语言发展而来，由 WWW 协会制定，于 1998 年正式推出了 1.0 标准。由于 XML 语言具有良好的可扩展性，在 Web 应用领域数据标准中处于主流地位。

IEC 61970 3XX 定义了 CIM 模型，CIM 模型是一种元数据，如何将 CIM 数据展现为同时机器可阅读和人可阅读的格式，那么我们就可以利用当今 Web 应用领域最流行的 XML/RDF (XML 的资源描述框架) 来表示，从而实现脱离特定平台的信息互操作性。国内外的几次 EMS-API 互操作实验已经验证了 CIM 完全可以作为电力企业进行数据定义和数据交换的标准。

由于本系统采用了 XML 技术，它也为将来企业间进行数据交换提供了可能。它使得企业间的交易不再局限于专网和特定应用，而是在 Internet 上不同系统间交换信息，既大大降低了成本，也提供了数据的可持续性，从而保护了企业的投资。

3.3.1 电网基模型导出模块

CIM/XML 基模型导出器的功能为：将 SCADA 的数据格式转换为 CIM 格式，将经过格式转换的电网模型数据导出为 XML 文件。

系统工作流程为：

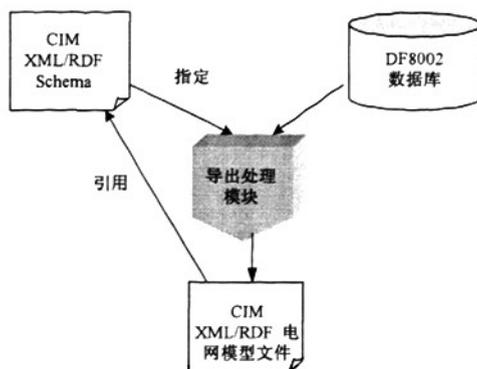


图 3-5 电网基模型导出模块工作流程

3.3.2 电网拆分模型处理模块

有时运行人员可能不需要完整的网络，而使用“Where is”类型的逻辑得出感兴趣的部分网络，如某个变电站，某个电压等级之上的网络等。部分电网模型的例子有：电压断面（如高于某电压等级的变电站设备），某个变电站（变电站中所有的设备，包括连接到目的变电站的线路），地理断面（需要有网络模型的地理信息）。

电网模型拆分的功能为：根据选择的拆分条件，导出一个完整模型的一个子集。

系统工作流程与图 3-5 大致相同，只是在导出处理模块增加了拆分条件的判断。

3.3.3 电网差异模型生成模块

一个完整的电网模型包括了非常详尽的信息，对它的解析也会花费比较多的时间和占用较大的资源。而且使用 CIM XML 模型文件的系统往往只想得到模型的变化信息，因此系统将周期或按需地传送自上次更新后或经过一段时间后电力系

统模型的所有变化。

系统之间进行电网模型交换的过程应该是：第一次交换完整的网络模型（即基模型），以后每次交换的是描述小的变化的增量模型。增量模型（即差异模型）描述了当前网络状态与基模型间的差异。增量模型与基模型合并之后即形成当前时刻完整的网络模型。在对增量模型的处理中，用到差异模型的语法和格式。

差异模型本身是类型为 `dm:DifferenceModel` 的资源，它有如下几个特性：`dm:forwardDifferences`, `dm:reverseDifferences`, `dm:preconditions`。本项目开发中使用的特性为 `dm:forwardDifferences` 和 `dm:reverseDifferences`。`dm:forwardDifferences` 中声明网络模型需要增加的部分，`dm:reverseDifferences` 中声明网络模型需要删除的部分。

增量模型处理的功能为：生成差异模型文件。

系统工作流程如图 3-6 所示。

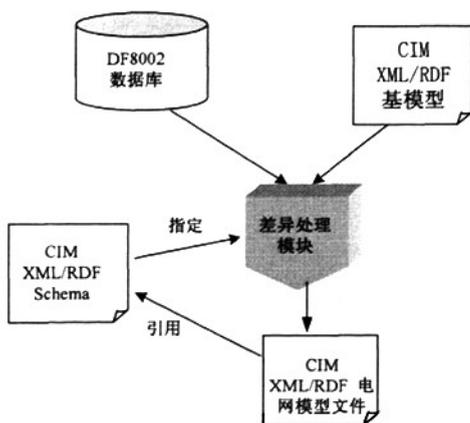


图 3-6 差异模型生成模块工作流程

3.3.4 模块的层次结构关系

软件的构成模块有：数据库的访问模块、XML 接口库、电网基模型导出处理模块、拆分模型处理模块和差异模型处理模块等。

软件的层次结构关系图如下：

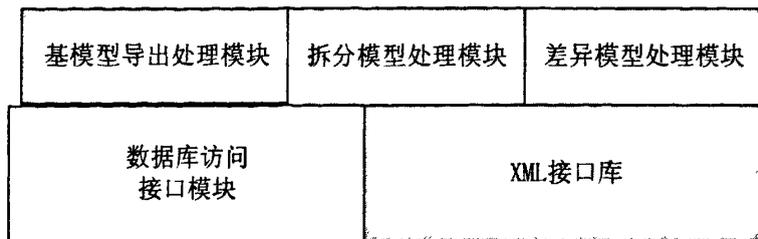


图 3-7 CIM XML 电网模型软件的层次结构关系

3.4 SVG 图形转换

许多应用不仅需要 SCADA 的电网模型信息，还需要 SCADA 的图形信息，以简化开发工作，并使企业内的图形尽量一致。图形交换中的协议是可伸缩矢量图 (SVG) 的一个子集，交换的格式是 XML。域目标 (即图形中的对象) 的模型为 CIM。

3.4.1 SVG 图形转换模块

SVG 图形转换工具的功能为将图形视图转化为基于 CIM XML 的 SVG 文件。系统的工作流程如图 3-8 所示。

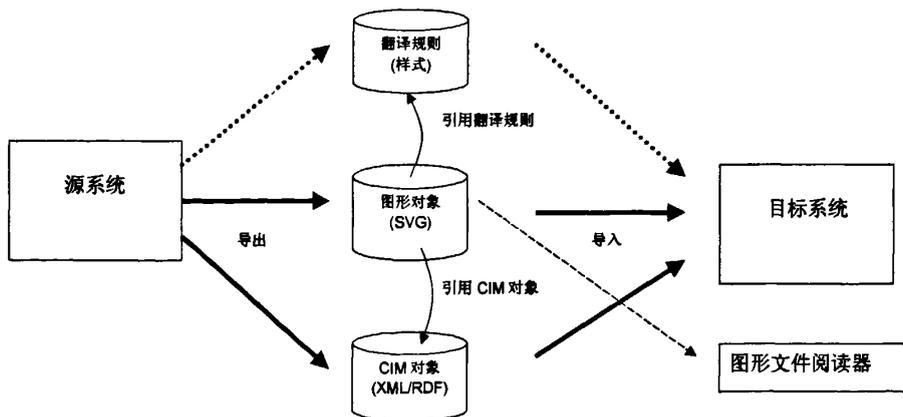


图 3-8 以图形为中心的方法

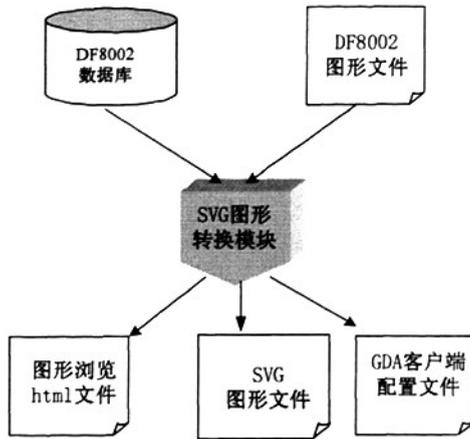


图 3-9 SVG 图形转换模块工作流程

3.4.2 模块的层次结构关系

软件的构成模块有：数据库的访问模块、XML 接口库、SVG 图形导出处理模块等。

软件的层次结构关系图如下：

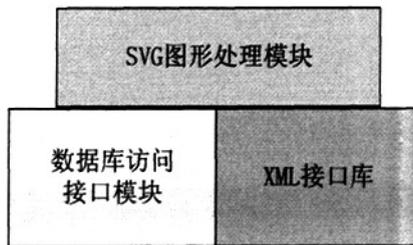


图 3-10 SVG 图形转换软件的层次结构关系

3.5 符合 IEC 61970 的接口服务

为了方便将来开发新应用，并使以前投入运行但仍有效工作的 SCADA/EMS 向外提供标准服务，本项目对 DF8002 SCADA 进行包装，使之提供符合 IEC 61970 的接口，包括 GDA、HSDA 等。第三方用户可使用这些标准接口灵活地开发新应用，或者使用这些服务进行消息传递，实现 RPC 形式的数据交换。

GDA/HSDA/TSDA 服务器使用 CORBA 命名服务作为一个对象目录，名字空间为 DF8600，公共服务（包括资源标识服务和资源描述服务）对象、GDA 查询服务对

象、带过滤条件的 GDA 查询服务对象、GDA 更新服务对象、GDA 事件服务、HSDA 服务对象的名字依次为：DAFIDServiceGlobal、DAFResourceQuery、DAFFilterResourceQuery、DAFUpdate、DAFEventServer、DF_DAIS、DF_TSDA。客户端可通过命名服务获得这些对象引用，也可以通过读取保存对象引用字符串的 IOR 文件获得。

3.5.1 IEC TC57 名字空间

IEC 61970 第 4 部分的目标是定义应用会用到的 API 的最小公共子集，避免为构件定义数目众多、过分细致的接口。然而，通用的接口可能限制了构件从特定的构件或从一个大系统中发现可用的方法和特性。因此，IEC 61970 引入了 TC57 名字空间的概念帮助在“即插即用”的环境中声明和发现构件所提供的接口，而且使用者在知道构件接口类型信息的同时，还可以知道哪个构件提供什么具体的业务对象。

TC57 名字空间由一个包括一组分枝和节点名的层次结构组成，帮助使用者通过通用的服务来交换基于 CIM 的层次结构，这也意味着 TC57 名字空间是一个基于 CIM、针对电力工业的一个配置集成总线的方法。其层次结构如图 3-11 所示。在根节点下，有 3 个子路径，即：

- IECTC57PhysicalModel
 - 描述容器的层次关系
- IECTC57ClassModel
 - 描述类的层次结构
- IECTC57ISModel
 - 声明构件所提供的接口。这是通过 API 来声明一个 CIS 的标准方式，而应用类别事件类型的声明和发现是一个“即插即用”构件体系结构的必备功能。

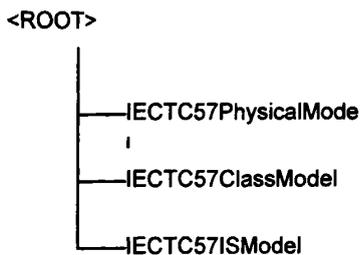


图 3-11 IEC TC57 名字空间

IECTC57PhysicalModel 路径名是一个树或子树，用于包括一个或多个对应于 IEC 61970-301 物理模型的节点的层次结构。物理模型下的层次结构可能有任意个级。IECTC57PhysicalModel 下的每一个枝节点有一个称为 IECTC57PhysicalModelLevel 的特性，它的值标识了模型等级(如 company, area, substation, bay, breaker, measurement 等等)。例如一个 Breaker 的 pathName 的组织形式为: Company/SubControlArea/Substation/VoltageLevel。

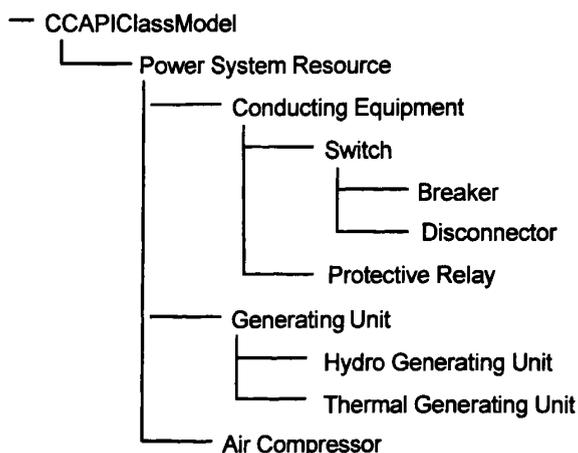


图 3-12 IECTC57ClassModel

IECTC57ClassModel 路径名是一个树或子树，用于包括一个或多个 IEC 61970-301 对象模型中定义的类的节点的层次结构。IECTC57ClassModel 下的层次结构可能有任意个级。类属性包括在 IECTC57ClassModel 枝的叶节点中。

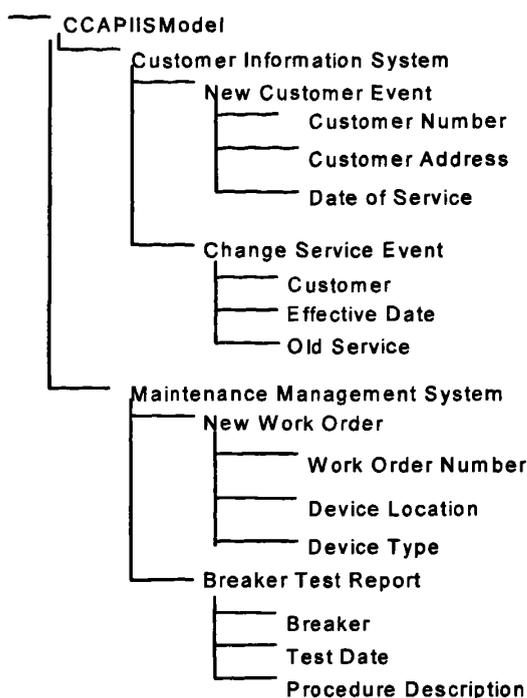


图 3-13 IECTC57ISModel

IECTC57ISModel 路径名是一个树或子树，用于包括一个或多个对应于一个构件提供或使用什么事件的信息的节点的层次结构。IECTC57ISModel 的每一个枝节点有一个称为 IECTC57ISModelLevel 的特性，它的值标识了模型等级（如应用类别，提供或使用事件，映射或索引特性等）。

控制中心应用的客户可通过浏览它所连的各个控制中心服务器的名字空间，知道它可以向一个服务器请求哪些事件列表，并通过这个事件列表知道它可以请求哪一个事件类型的特性。

3.5.2 公共服务

公共服务是所有 API 的公共部分，与 IEC 61970 第 4 部分中的其他服务结合使用，这些其他接口包括 GDA，HSDA，TSDA，GES 等。公共服务包括：

- 资源标识服务 一个标识类、对象和属性的公共方法

公共服务中的资源标识服务将一个或多个 URI 与一个 128 位 GUID 关联起来。GUID 和 URI 用于唯一标识一个类、对象或属性。

公共服务的 ID 服务部分实现了：

- 将 URI 关联到一个 GUID
- 从一个 GUID 和一个视图名得到一个具体的 URI

接口操作为 `get_resource_ids()`、`get_uris()`、`create_resource_ids()`。

- 1) `get_resource_ids()` 将一个 URI 序列转化为一个 ResourceID 序列；
- 2) `get_uris()` 将一个 ResourceID 序列转化为一个 URI 序列；
- 3) `create_resource_ids()` 生成一个或多个 ResourceID，供 `apply_updates()` 使用。Prototype 是现有资源的 ResourceID，新的资源标识符由 prototype 的同一个数据提供者管理。

- 资源描述服务 编码数据的公共方法

公共服务的资源描述服务通过一个资源描述迭代器允许一个客户顺序访问一个大量的查询结果。接口操作为 `max_left()`、`next_n()`、`destory()` 等。

3.5.3 通用数据访问 (GDA) 服务

GDA 是用于访问基于 CIM 组织的公共数据所需的 API 服务。客户在只需要掌握 CIM 知识的条件下，就可以访问由另一个构件或系统维护的数据，而无需知道数据的逻辑模式。

面向请求-应答的服务是相对于 SCADA 数据快速访问的同步、非实时（或近实时）地访问复杂数据结构。一个例子是访问数据库用输电网当前状态对状态估计应用进行初始化，然后用通知来保存结果。其典型使用为初始化过程或非经常性的信息同步。而基于事件订阅才能实现高性能、实时的数据交互，这由 CIS 的其他服务实现。

GDA 是对远程存储单元进行数据访问的请求/应答式 API，主要包括：

- 读（有过滤条件和无过滤条件）
- 写
- 变化通知

图 3-14 示出了 GDA 服务与公共服务的关系。

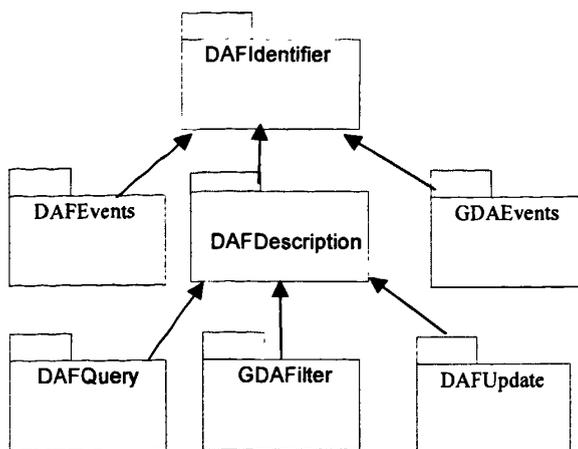


图 3-14 GDA 服务与公共服务的关系

3.5.3.1 GDA 读访问

GDA 接口支持在一个单一的 CIM 语境中对实例数据和元数据的浏览和访问，包括无过滤条件的查询服务和带过滤条件的查询服务：

(1) GDA 资源查询接口

无过滤条件的读访问即 OMG DAF 的查询服务，读取实例和元数据。接口操作为 `get_values()`、`get_extent_values()`、`get_related_values`、`get_descendent_values()`。

(2) GDA 过滤查询接口

有过滤条件的读访问则是对查询服务增加了 “where” 语句，将结果集中的属性值与预先给定的值进行比较。接口操作为 `get_filtered_extent_values()`、`get_filtered_related_values()`、`get_filtered_descendent_values()`。

3.5.3.2 GDA 写访问

GDA 写访问的资源更新服务负责对实例或元数据进行写访问，用来：

- 更新一个或多个对象 更新现有资源的属性值。
- 控制对象的生命周期 可以创建或销毁对象，包括将 URI 关联到资源上，或取消 URI 与资源的关联。

- 更新元数据 创建、删除和更新数据定义。
- 包装现有系统 可为那些使用专门数据库的系统及现有 EMS 系统实现接口。

接口操作为 `apply_updates()`，其中：

- `apply_updates()` 来执行一系列更新操作。`DifferenceModel` 反映了应用 `apply_updates()` 操作前后模型的差异。

在应用中增加（或删除）一个资源的步骤为：

- (1) 为新资源生成一个 `ResourceID`，即 `create_resource_ids()`；或者构造一个 `URI`，并通过 `ResourceIDService` 转化为资源。
- (2) 新资源的 `rdf:type` 特性设为合适的类，通过 `ResourceID service` 得到 `rdf:type` 以及特定类的 `ResourceID`。将特性加入 `forwardDifferences` (`reverseDifferences`)，并作为参数 `DifferenceModel` 的一个成员传递给 `apply_updates()`。

资源更新中需要了解一个重要的概念，即差异模型 (`DifferenceModel`)。

`DifferenceModel` 描述了应用 `apply_updates()` 之前和应用 `apply_updates()` 之后的差异，其结构为

```
struct DifferenceModel
{
    ResourceDescriptionSequence header;
    ResourceDescriptionSequence preconditions;
    ResourceDescriptionSequence forwardDifferences;
    ResourceDescriptionSequence reverseDifferences;
};
```

其中 `forwardDifferences` 为需增加的信息，而 `reverseDifferences` 为需要删除的信息。`DifferenceModel` 的概念在互操作实验的增量模型交换中已用到，这也意味着模型的变化可通过 XML 消息的方式来更新，也可以通过 RPC 的方式来更新。

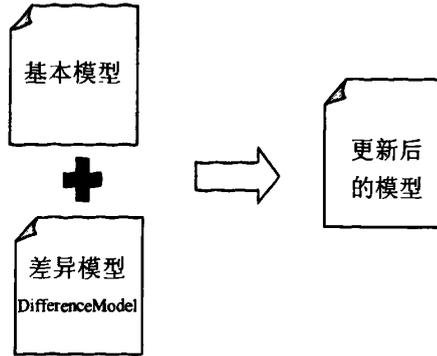


图 3-15 增量模型交换

3.5.3.3 GDA 事件

此接口负责通知客户特定数据变化，并保证数据访问的一致性。GDA 事件允许对象实例的 ResourceID 嵌在事件中，Callback 接口允许客户接收更新。

客户可能收到一种或三种类型的事件：最基本的类型是一般更新事件（affected 为空，还有动词序列），另外还有特定更新事件通过数据和非空的 affected 辨识改变的类，功能最强大的是扩展更新事件，通过数据和非空的 affected 及动词成员辨识改变的类或对象。

GDA 事件和 DAF 事件的接口操作为：obtain_push_supplier()、current_version()、on_event()。

3.5.3.4 GDA 服务顺序图示例

下面的顺序图说明了如何使用 GDA 服务来查询某个类的实例信息，以及通过特定关联序列与这些资源相关联的所有资源的信息。

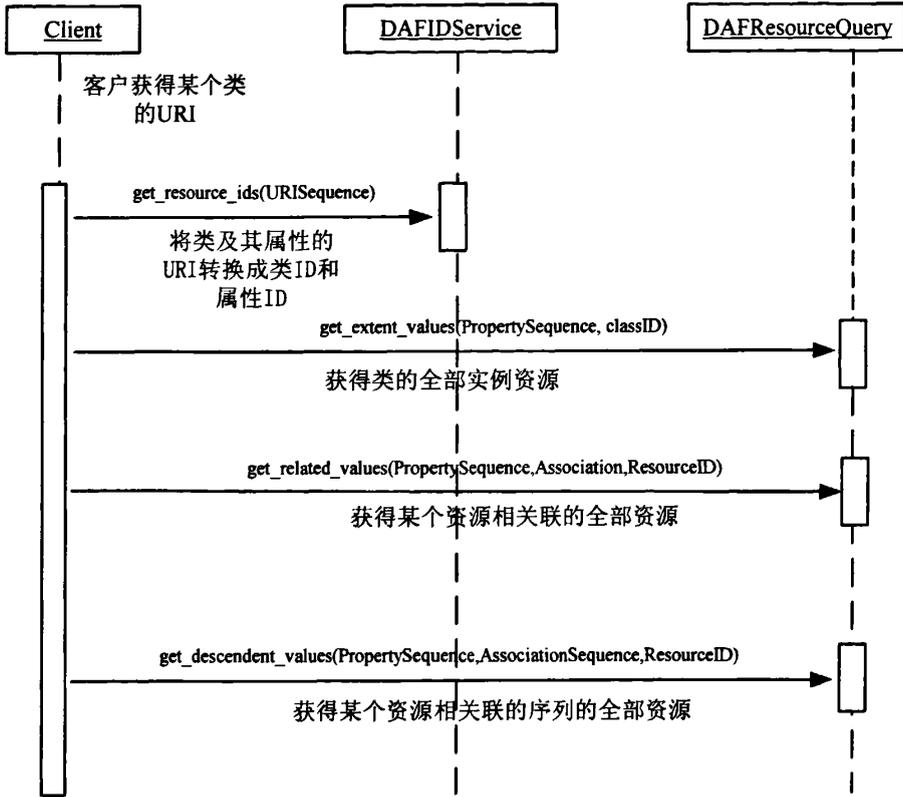


图 3-16 查询请求的一般过程示例

3.5.4 高速数据访问（HSDA）服务

HSDA 是在 OPC DA 和 OMG DAIS 的基础上发展而来的，提供了高速数据访问的一个规范。所访问的数据可以是电力系统的实时数据、计算数据、设备的参数以及下发到系统的控制，这些数据带有时戳和质量码。

从 HSDA 中 DAIS::Server 的 DAISCommon 可以了解 HSDA 各个包与公共服务的关系。

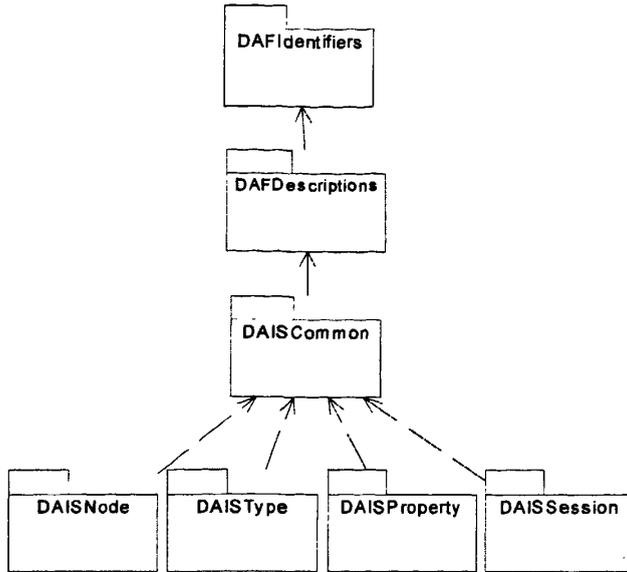


图 3-17 DAISCommon 与公共服务的关系

DAISNode、DAISType、DAISProperty 将在 3.5.4.2 部分中解释相关名词，DAISSession 则表示于 HSDA 服务器建立的一个会话。一个会话连接一个关闭回调，这样 HSDA 服务器可以关闭与其连接的客户。

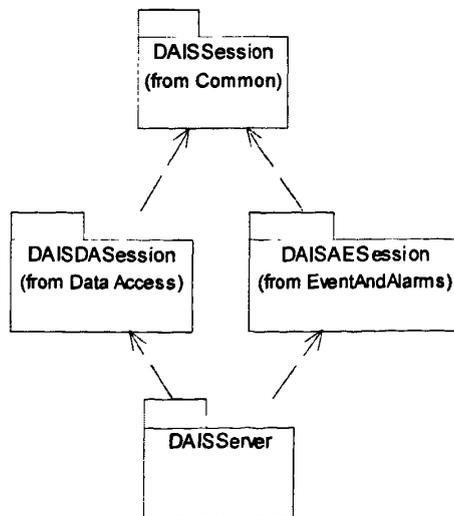


图 3-18 DAIServer IDL 与 DAISCommon IDL 的依赖关系

DAISServer IDL 描述了 HSDA 服务器接口，并且依赖于它实现的会话接口。从 DAISServer 可得到会话对象，一个客户可创建任意个会话。

一个 HSDA 服务器可以有多个持久的公共组。通过 Group 的接口来使用和管理公共组。HSDA 的数据访问接口可让客户读、写或订阅服务器所保持的数据。客户可通过接口浏览和选择可用的数据。选中的数据组合成组；而客户需要订阅数据时，客户需要实现回调，以便让服务器在数据变化后通知客户。

3.5.4.1 信息模型

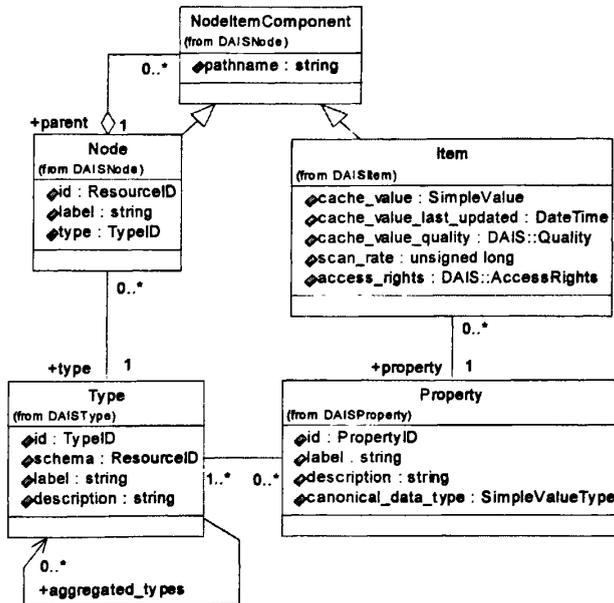


图 3-19 DAIS 信息模型

为了很好地理解 HSDA 中的服务说明，首先需要了解 DAIS 的信息模型。图 3.5.4.1-1 为 DAIS 信息模型的类图，图中示出了 Node、Type、Property 和 Item 之间的关系。

◆ **Node** 一个节点(Node)表示一个实际世界的对象，如一个地点或一个装置；一个节点还可能表示一个模式项，如一个类型或属性。一个 HSDA 服务器可提供多个层次结构，即视图。在一个视图内，除了根节点，每一个节点只有一个父节

点，同一个父节点下的节点有唯一的标签和唯一的路径名。一个节点的路径名是包括标签和父节点路径名的字符串。路径名必须是有效的 URI。本系统中提供了 IECTC57PhysicalModel 视图和 IECTC57ClassModel 视图。IECTC57PhysicalModel 视图中的节点为实际的物理对象，如具体的公司、区域、厂站、开关、量测等；IECTC57ClassModel 视图中的节点为 CIM 模式中的类，如 Company, SubControlArea, Substation, Switch 等等。浏览 IECTC57PhysicalModel 视图的主接口 DAIS::Node::Home。

◆ **Type** 一个类型(Type)表示一组相关的特性和关联。每个节点有一个类型，那个类型所代表的所有特性会应用到节点上。每个类型用 ResourceID 标识，并有一个标签和描述。任一节点的类型可使用节点的 TypeID 获得。一个模式和它的类型表示为 HSDA 服务器提供的 IECTC57ClassModel 视图中的节点。当模式表示为一个节点，则该节点的 ResourceID 与模式 ResourceID 相同。类似地，当一个类型表示为一个节点，节点的 ResourceID 和类型的 ResourceID 相同。浏览一个 HSDA 服务器所支持的类型的主接口为 DAIS::Type::Home 。

◆ **Property** 一个属性(Property)表示一个节点的特性，它可用值来表示。一个特性可应用于许多个节点，即 IECTC57PhysicalModel 视图中节点的细项 (Item)。可通过 DAIS::Property::Home 主接口来浏览 HSDA 服务器所支持的属性。

◆ **Item** 细项(Item)是属性(Property)的实例，例如量测值、设备的参数、资源之间的关联等等。IECTC57PhysicalModel 视图中的叶子即为细项。

3.5.4.2 接口功能

API 的主要类型有：

- 浏览
- 数据访问

其中数据访问 API 支持：

- 同步和异步的读
- 同步和异步的写
- 订阅

HSDA 的一个典型应用是状态估计从 SCADA 读取数据。一个 DAIS 数据访问服务器可以支持如下基本用例：

- 一个客户浏览 DAIS 服务器中的数据，并选择它想访问的数据。
- 客户利用上面做的选择来建立要访问的数据的一个描述，并发出数据访问调用。
- 如果访问调用是异步的，服务器在准备好以后发送响应到客户。
- 如果访问是一个订阅请求，则服务器向客户发送更新的数据。

对 GES 的接口功能分别阐述如下：

(1) 结构说明

用于从服务器向客户传送数据的结构为：

- DAIS::DataAccess::IO::ItemState

用于传送浏览数据的结构为：

- DAIS::Node::Description
- DAIS::Type::Description
- DAIS::DataAccess::Item::Description
- DAIS::Property::Description

(2) 浏览 API

- DAIS::Type::Home——类型浏览接口，展示关于 61970 Part 3 类的元数据，如 Substation、VoltageLevel、Bay、PowerTransformer 等。
- DAIS::Property::Home——类属性浏览接口，展示关于 61970 Part 3 特性的元数据，如 Measurement.maxValue, Naming.name, Naming.description, etc.
- DAIS::Node::Home——展示实际对象的层次结构。
- DAIS::DataAccess::Item::Home——展示关于 61970 Part 3 类对象的属性值（DAIS 中的 Item）。

(3) 数据访问 API

为了支持对对象属性的访问，DAIS 数据访问服务器要支持：

- 通过 DAIS::DataAccess::Group::Manager 接口来订阅数据。

- 通过 DAIS::DataAccess::IO::SyncIO 和 DAIS::DataAccess::IO::AsyncIO 接口初始化数据传送。

- 通过 DAIS::DataAccess::SimpleIO 接口以简单的方式读写数据。

为了接收异步调用和订阅的响应消息，一个 DAIS 数据访问客户支持 DAIS::DataAccess::IO::Callback。

从服务器到客户的数据使用 DAIS::DataAccess::IO::ItemState 结构来传送。

下图示出了 HSDA 的 IDL 文件间的相互依赖关系。

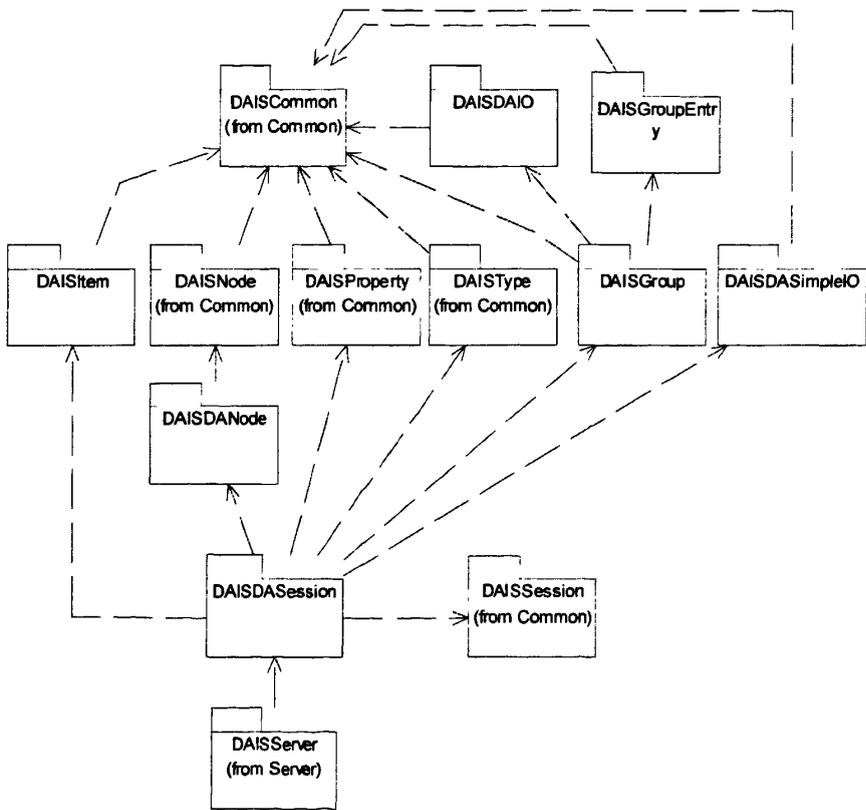


图 3-20 HSDA 的 IDL 文件间的依赖关系

3.5.4.3 HSDA 服务请求顺序示例

图 3-21 为会话管理的顺序图。

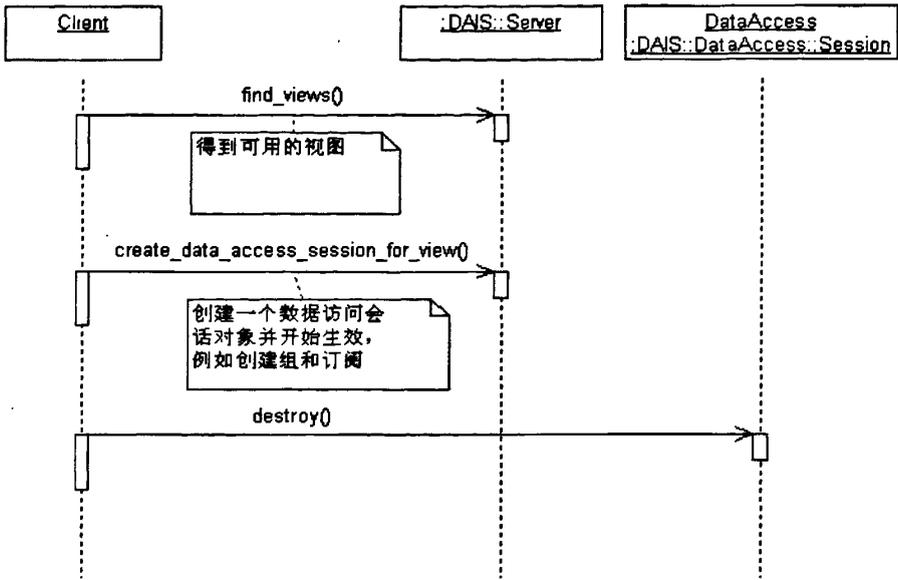


图 3-21 会话管理顺序图

图 3-22 说明了一个客户如何通过 HSDA 接口浏览一个视图的层次结构。

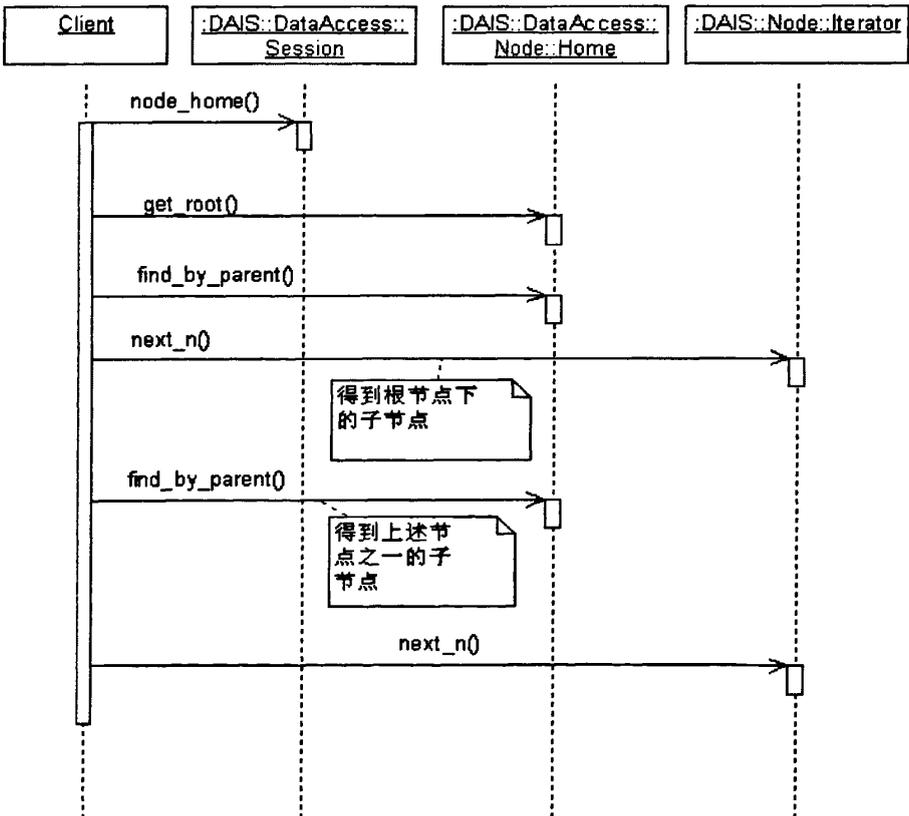


图 3-22 浏览层次结构顺序图

图 3-23 为通过 HSDA 的 Type 接口浏览视图层次结构的顺序图。

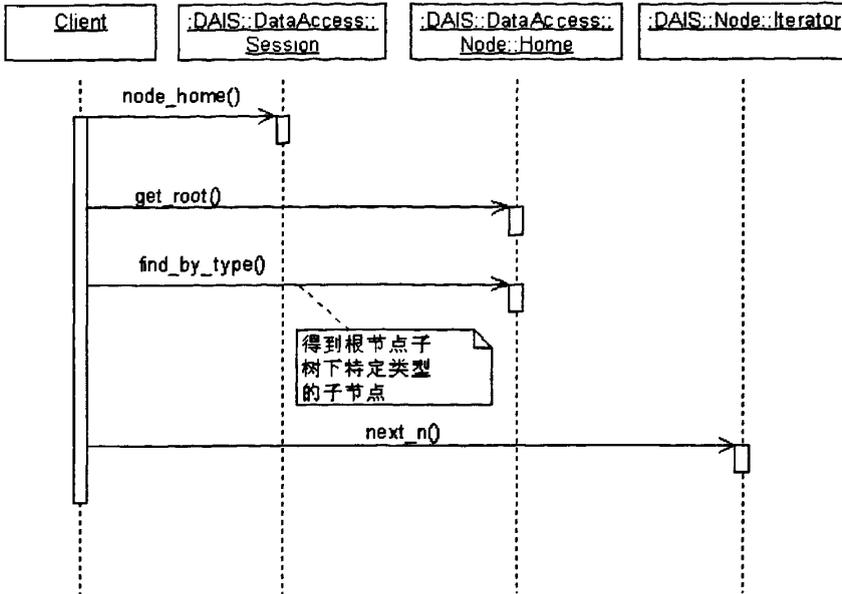


图 3-23 类型浏览顺序图

图 3-24 为通过 HSDA 的 Item 接口浏览视图节点细项的顺序图。

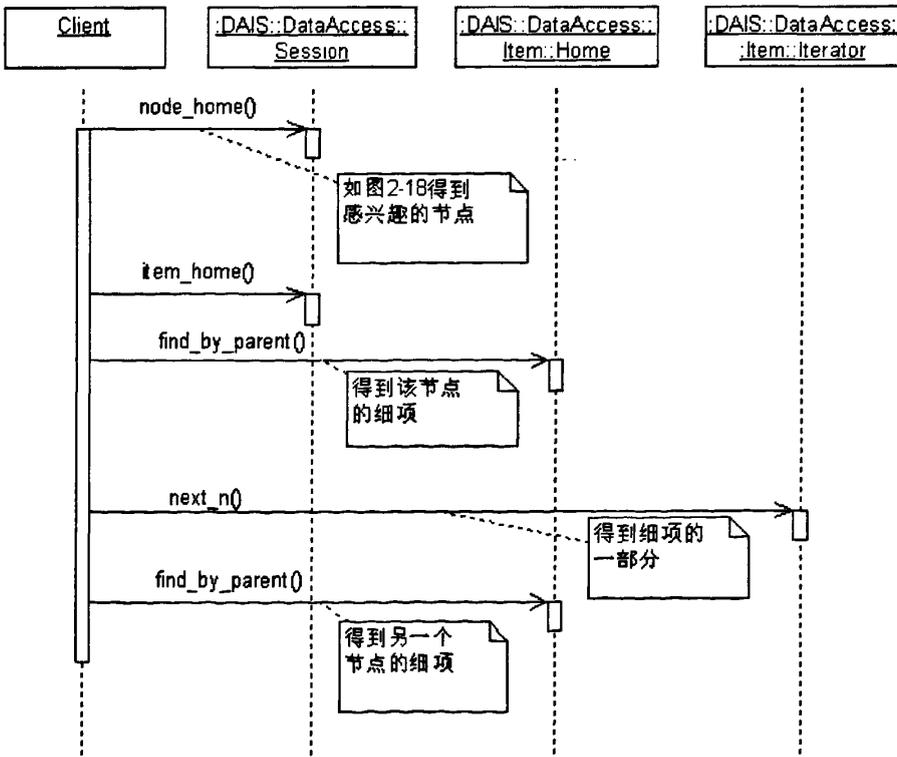


图 3-24 浏览细项顺序图

图 3-25 为通过 HSDA 的 Node 和 Item 接口遍历视图层次结构的顺序图。由于 Item 中可以保存节点之间的单值关联，所以可通过一个节点的保存关联关系的 Item 中得到所关联的节点，并通过 Node 的 find() 操作搜索到该节点。

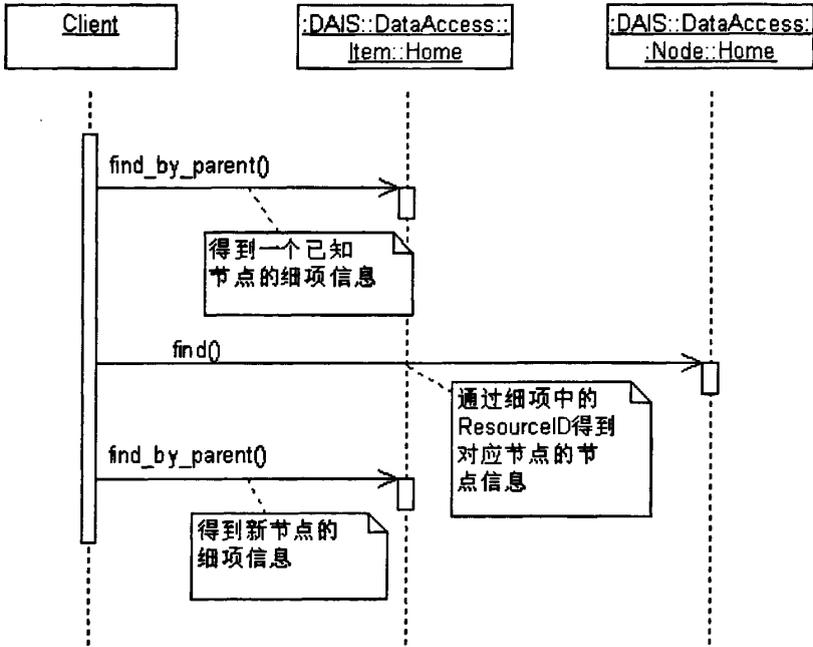


图 3-25 通过节点间关联遍历视图的顺序图

图 3-26 为组管理的顺序图。从图中可了解一个客户如何创建组，并进行组入口管理和数据传输管理。图 3-27 和图 3-28 为客户通过组管理器激活订阅顺序图。

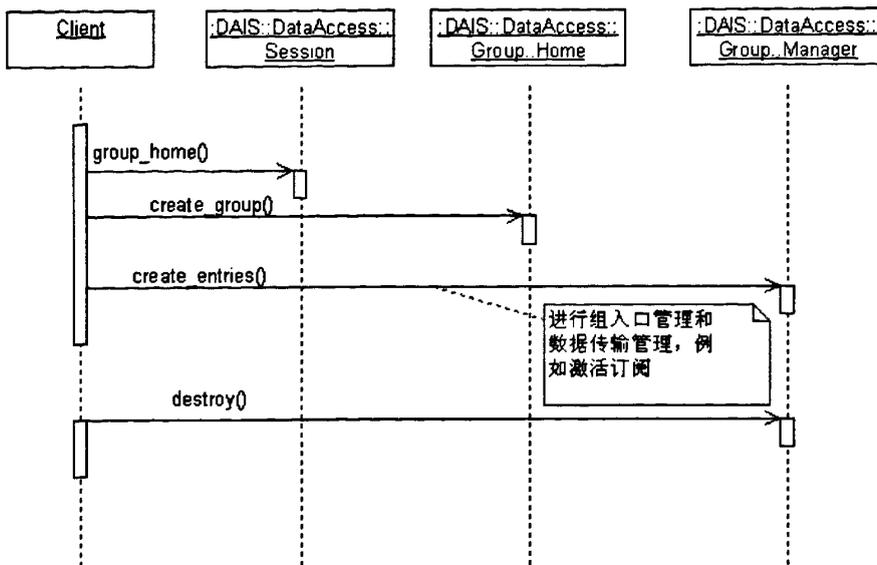


图 3-26 组管理顺序图

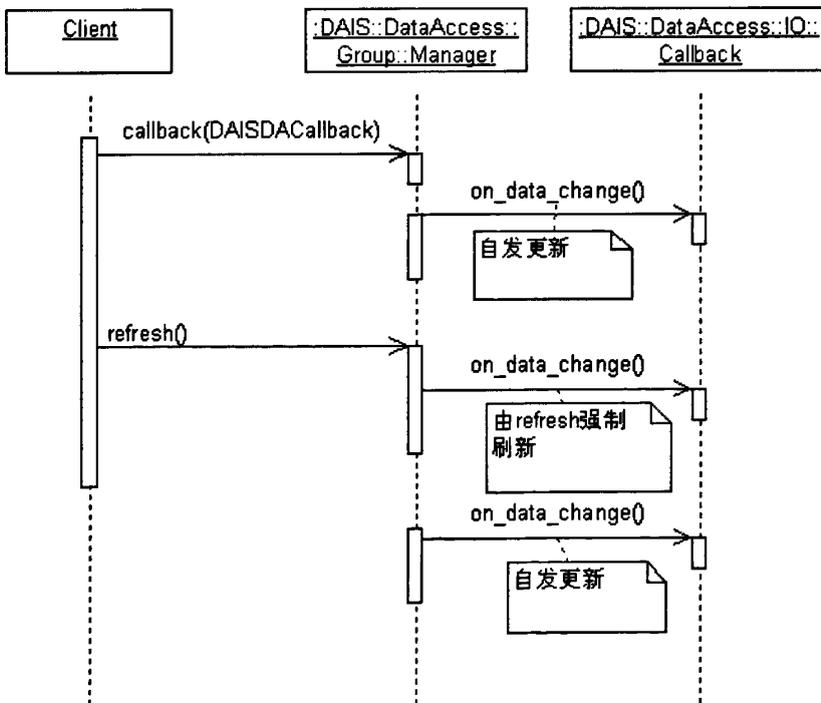


图 3-27 激活订阅顺序图

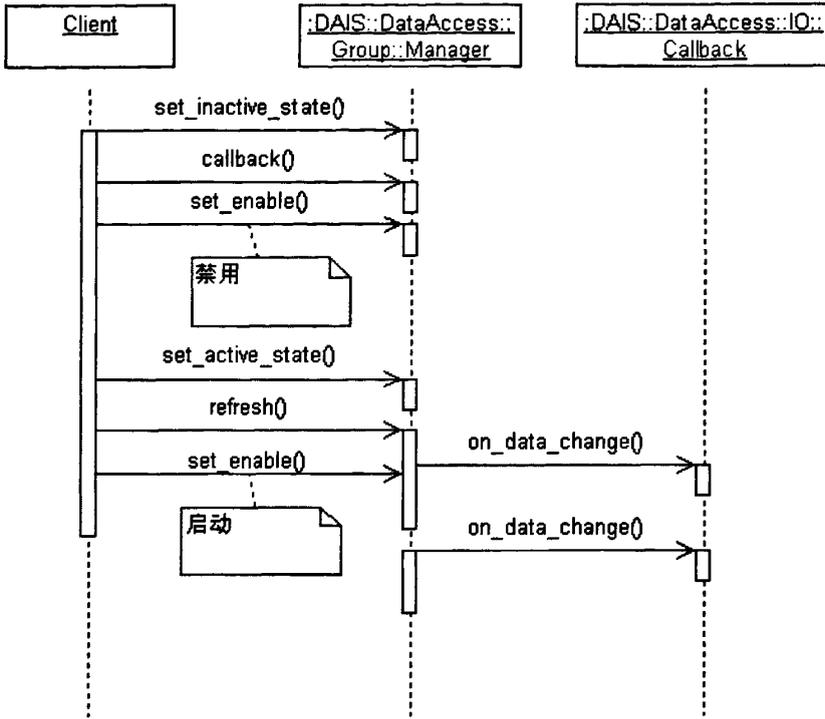


图 3-28 静态激活订阅顺序图

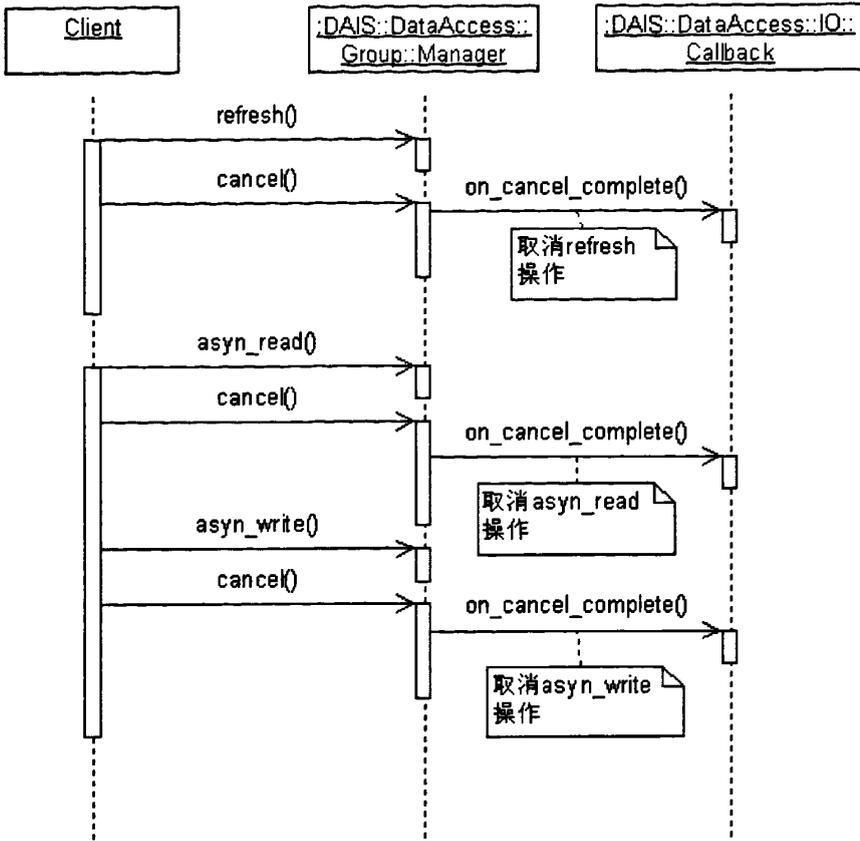


图 3-29 取消顺序图

图 3-29 说明客户如何取消所建立的订阅。

3.5.5 时序数据访问 (TSDA) 服务

TSDA 服务继承了 HSDA 服务，定义了许多时间序列数据管理的接口提供给需要使用历史数据的客户端，这些客户端可能是一些需要对历史数据进行分析的应用等。

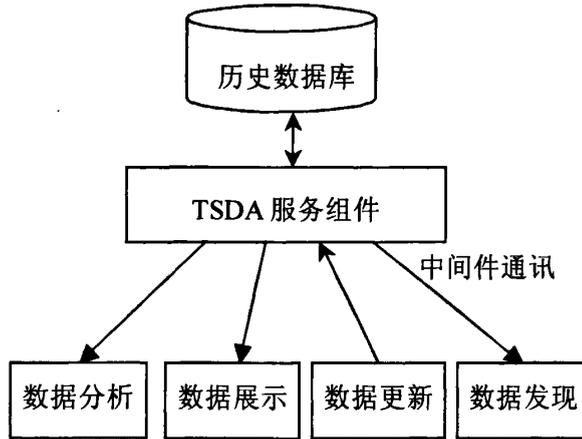


图 3-30 使用 TSDA 接口的服务器与客户端组件

图 3-30 示意说明了 TSDA 客户端与服务器之间的交互。TSDA 客户可以是数据分析、数据展示、数据更新、数据发现等应用。图中的箭头方向为数据的流动方向。

TSDA 继承了 HSDA 的接口，即对 HSDA 进行扩展，增加对时间序列数据的管理。其信息模型也在 DAIS 信息模型基础上相应增加了：

- ItemValue 表示时间序列属性值的 Item 为 ItemValue。
- ModifiedItemValue 表示 ItemValue 的修改值。
- Annotation ItemValue 的注释。
- ItemAttribute 描述如何处理 ItemValue。一个 Item 可能有许多 ItemAttribute。
- ItemAttributeValue 每一个 ItemAttributeValue 包括了 yige 值和一个时戳。
- ItemAttributeDefinition 关于 ItemAttribute 的描述。
- AggregateDefinition 说明对一个时间序列如何处理（计算最大值、最小值、平均值或者不处理）。

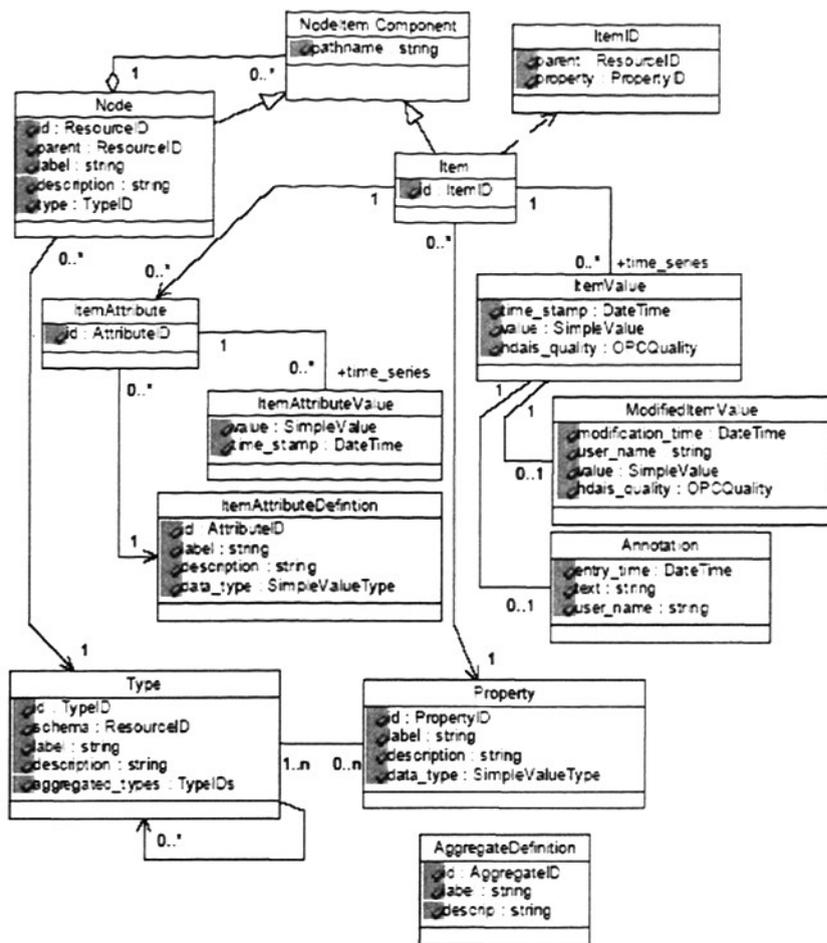


图 3-31 TSDA 的信息模型

TSDA 中定义了四类对象，如图 3-32 所示：

- 服务器与客户端对象，即 DAIS::HDA::Server、DAIS::HDA::Session、DAIS::HDA::Callback。DAIS::HDA::Server 继承了 DAIS::Server 的接口，客户连接到 DAIS::HDA::Session 对象，同时实现 DAIS::HDA::Callback 对象。
- 连接接口，DAIS::HDA::Session 实现 DAIS::HDA::Connection 接口；
- 浏览对象，客户端通过 DAIS::HDA::Browse::Home 对象获得具体数据浏览对象，例如
 - ◆ DAIS::HDA::Node::Home——展示实际对象的层次结构。

- ◆ DAIS::HDA::Item::Home——展示实际对象的 Item 信息，即属性值。
 - ◆ DAIS::Type::Home——类型浏览接口，展示关于 61970 Part 3 类的元数据，如 Substation、VoltageLevel、Bay、PowerTransformer 等。
 - ◆ DAIS::Property::Home——类属性浏览接口，展示关于 61970 Part 3 特性的元数据，如 Measurement.maxValue, Naming.name, Naming.description, etc.
 - ◆ DAIS::Property::Home——类属性浏览接口，展示关于 61970 Part 3 特性的元数据，如 Measurement.maxValue, Naming.name, Naming.description, etc.
 - ◆ DAIS::HDA::ItemAttribute::Home——展示 ItemAttribute。
 - ◆ DAIS::HDA::Aggregate::Home——用于聚集计算（最大、最小和平均）。
- 数据访问（IO）对象，为了支持对对象属性的访问，TSDA 数据访问服务器的数据访问对象包括
- ◆ DAIS::HDA::ValueIO::Home 用于访问 ItemValue。
 - ◆ DAIS::HDA::ModifiedValue::Home 用于访问被修改的 ItemValue。
 - ◆ DAIS::HDA::ItemAttributeIO::Home 用于访问 ItemAttribute。

DAIS::HDA::AnnotationIO::Home 用于访问 Annotation。

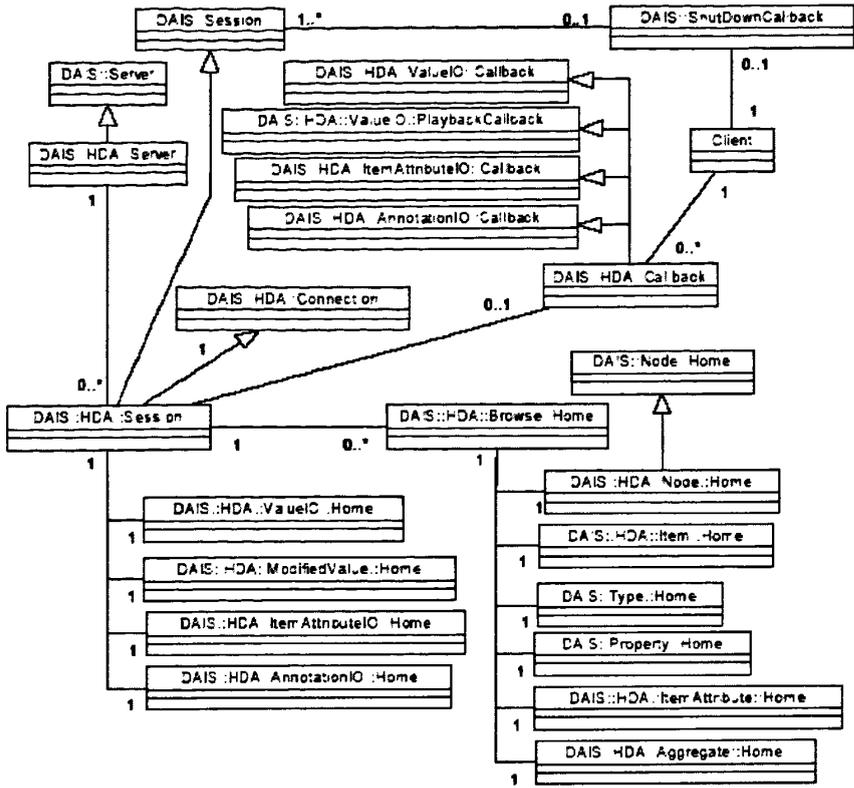


图 3-33 TSDA 对象

图 3-34 为一个客户访问时间序列数据的一个示意顺序图。首先客户通过浏览接口 (Node::Home 和 Item::Home, 由于本方案 TSDA 与 HSDA 使用同一个物理视图, 客户可以用 TSDA 的浏览对象, 也可以用 HSDA 的浏览对象); 然后客户使用会话对象上的连接接口来建立服务器与客户端的句柄关联。最后客户通过数据访问对象的接口 (如 ValueIO::SyncRead, ValueIO::AsyncRead, ValueIO::Playback) 来访问数据。

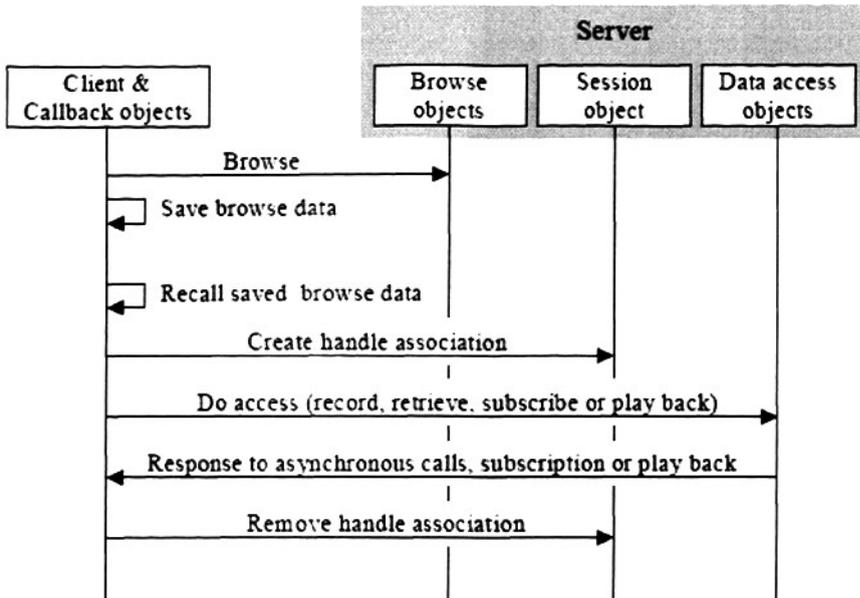


图 3-34 客户访问数据的示意顺序图

3.5.6 基于名字服务的对象实现

服务器端的对象实现建立在 CORBA 平台的名字服务机制上。名字服务的守护进程可以在系统内的任何一个节点上，在网络内部维护全局统一的名字及对象映射关系。服务器端的对象以某个名字（独特的、没有重复）通过名字服务的上下文向名字服务的守护进程注册，客户端根据对象的名字在名字空间进行检索，获得对象引用，并通过 GDA/HSDA 接口文件所提供的接口向这些对象实现提出服务请求。客户端也可以通过保存了服务对象引用字符串的 IOR 文件得到对象引用。

下图给出了服务提供的过程。

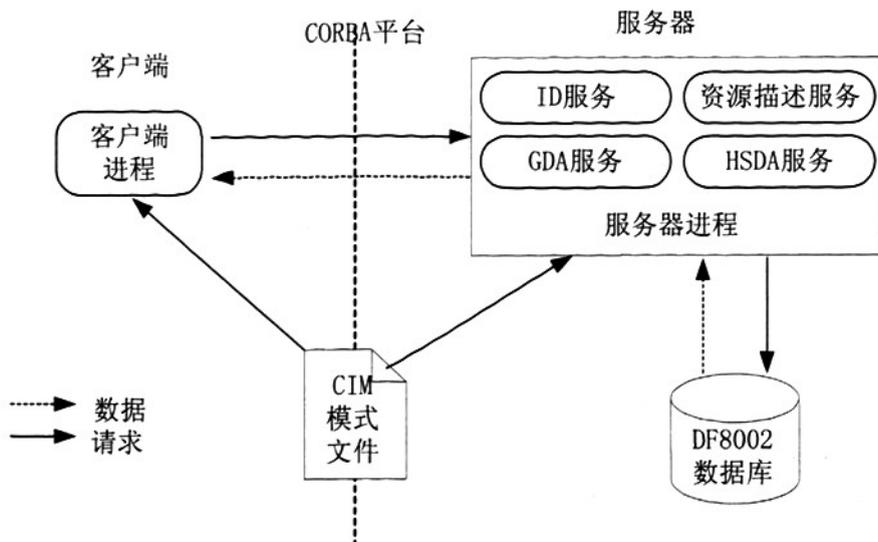


图 3-35 GDA/HSDA 服务的请求与数据流

3.5.7 模块层次结构

GDA/HSDA/TSDA 服务的构成模块有：数据库访问模块、XML 接口库、GDA/HSDA/TSDA 服务器端程序。GDA/HSDA/TSDA 客户端测试模块的组成部分有：XML 接口库、GDA/HSDA/TSDA 客户端程序。

服务器端程序的模块层次结构关系如图：

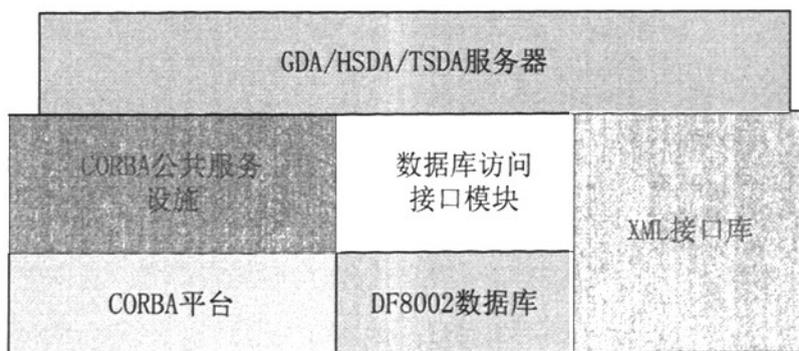


图 3-36 服务器端程序的模块层次结构

客户端程序模块的层次关系如图：

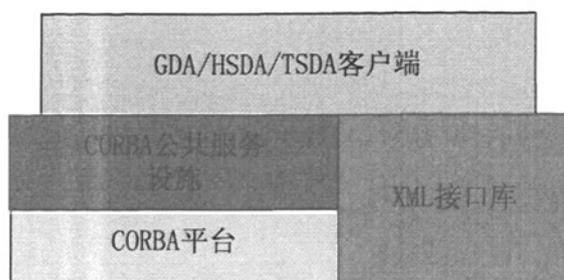


图 3-37 客户端程序模块的层次关系

第四章 系统互连的实施

有了前面的系统总体方案设计、系统程序实现，下面介绍通用电力自动化互连系统集成化平台的在离线方式下接入 DF8002 电力调度自动化系统和第三方异构生产管理系统的系统实施过程。

4.1 环境部署

4.1.1 硬件环境

- 微机
- COMPAQ 的 ALPHA 工作站或服务器
- SUN 的工作站或服务器

4.1.2 软件环境

- Digital Tru64 Unix 5.0F
- Microsoft Windows (95/98/2000 Series)
- SUN Solaris
- PI 数据库
- ORACLE 数据库

4.1.3 程序设计语言

- C/C++
- JAVA

4.1.4 系统平台

系统分布式应用环境：

- 基于 CORBA 的分布式系统中间件平台
- 基于 CIM/CIS 的数据库中间件平台

4.2 实施步骤

系统互连实施采用由易到难，由浅入深的顺序进行，基本上分成以下三个阶段：

(1) XML/RDF 资源文件导入器/导出器，它的实施步骤：

- 试验两个站的 XML/RDF 文件的导入、导出操作

- 试验 40 或者 60 节点的 XML/RDF 文件的导入、导出操作
- 试验在 40 或者 60 节点的 XML/RDF 文件上进行潮流计算处理

(2) 基于 CORBA 的客户/服务器模式应用，它的实施步骤为：

- 基于 CORBA 的客户/服务器应用模式（含名字服务机制等）
- GDA 服务
- HSDA 服务
- TSDA 服务

(3) SVG 图形转换

在完成以上三个阶段工作的基础上，对软件进行优化，提高效率及系统的稳定性。

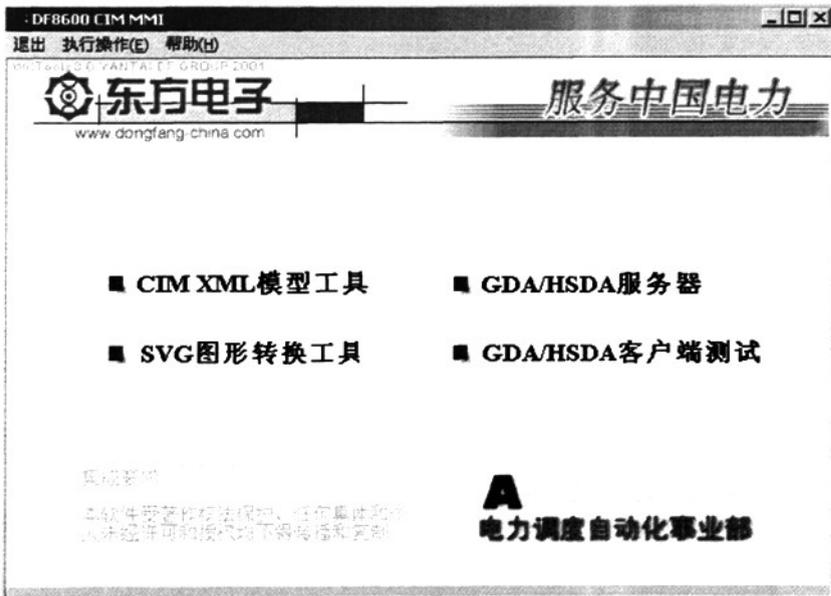


图 4-1 系统主界面图

4.2.1 互连第一阶段

系统互连第一阶段，利用导入器/导出器的实施，验证 XLM/RDF 资源文件可以充分表述电力系统的数据模型。

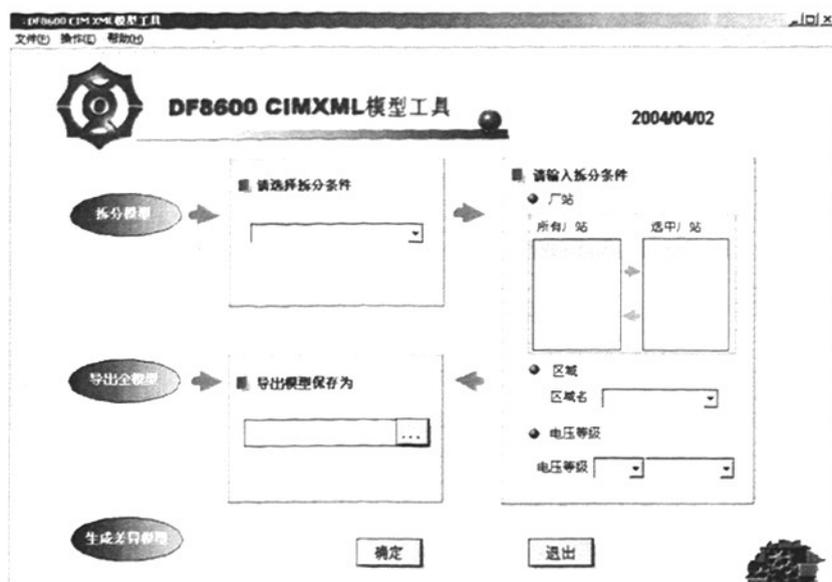


图 4-2 系统 CIM XML 模型工具界面图

XML/RDF 资源文件导入器/导出器实施过程:

(1) 第一步

目标:

实现基本的导入、导出操作, 并检测这些操作的正确性。

任务:

XML 文件的导入器、导出器。

XML 文件有效性的验证器

XML 文件比较器

任务描述:

XML 文件有效性的验证器

根据 XML 模式文件的定义, 检测输入的资源文件, 从文件的完整性、正确性等方面进行。这是整个互操作试验的基础。

XML 文件的导入器、导出器

导入器模块负责读入资源描述文件, 并根据资源模式文件进行格式处理, 在内存中生成描述资源之间关系的结构图。

导出器负责根据数据库结构生成资源结构关系, 并根据资源模式文件, 生成资源文件。

XML 文件比较器

从两个 XML 资源文件输入, 利用导入器模块, 在内存中生成两个对应的图, 并比较这两个图的一致性。

成果：

第一阶段的测试结果为：提供稳定、正确、可靠的导入器、导出器、验证器、比较器。为下一阶段的测试打下基础。

(2) 第二步

目标：

对 40 或 60 节点的资源文件进行导入、导出处理，在可能的情况下，进行入库处理。

任务：

验证导入器、导出器、验证器、比较器对复杂的资源文件处理的正确性。

任务描述：

进一步测试第一阶段的成果：导入器、导出器、验证器、比较器，使用版本更高的模式文件、更加复杂的资源文件，并在可能的情况下进行入库、出库处理。

在入库、出库处理时，提供由 CIM 模型定义的数据结构与系统数据库数据属性之间的映射。检验数据库设计对 CIM 模型的支持程度。

成果：

本阶段的测试可以进一步验证导入器、导出器的正确性。入库、出库的处理也可以检测数据库的设计。

(3) 第三步

目标：

在 40、60 节点的资源文件上进行潮流计算，验证计算结果的正确性。

任务：

利用导入器、导出器、验证器对潮流计算应用提供支持，验证潮流计算应用计算结果的正确性。

任务描述：

本测试是 XML/RDF 文件测试方案的最后阶段，通过实际应用来检测 XML/RDF 文件导入器、导出器的正确性，并测试了数据库对 CIM 模型的支持程度。

在条件可能的情况下，设计 XML 报文的发送与接收模块，可以采用 SOAP 协议。

4.2.2 互连第二阶段

基于 CORBA 的客户/服务器模式应用的实施。

GDA/HSDA 服务器端界面图：

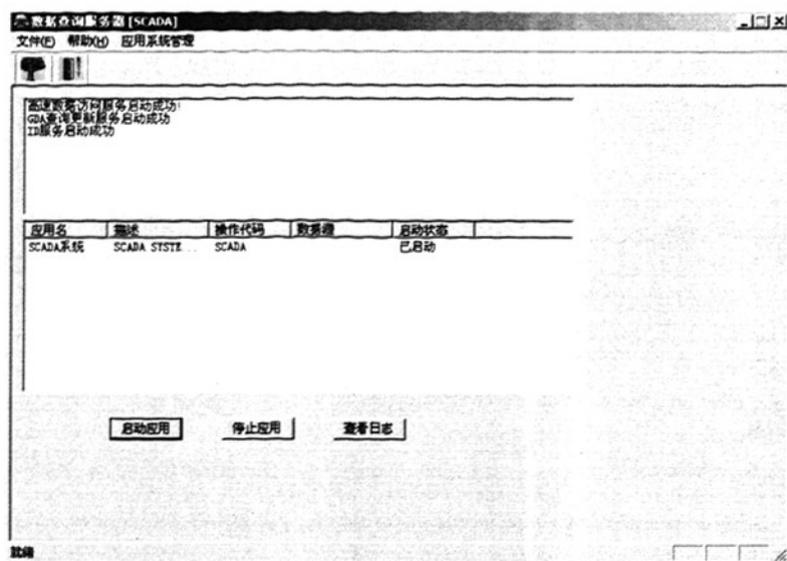


图 4-3 GDA 服务器端界面图

GDA 客户端界面图:

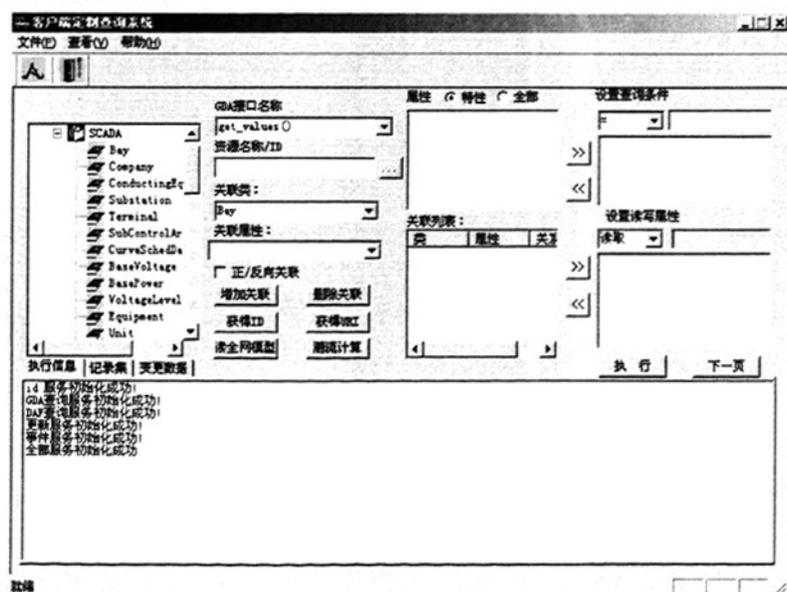


图 4-4 GDA 客户端界面图

HSDA 客户端界面图:

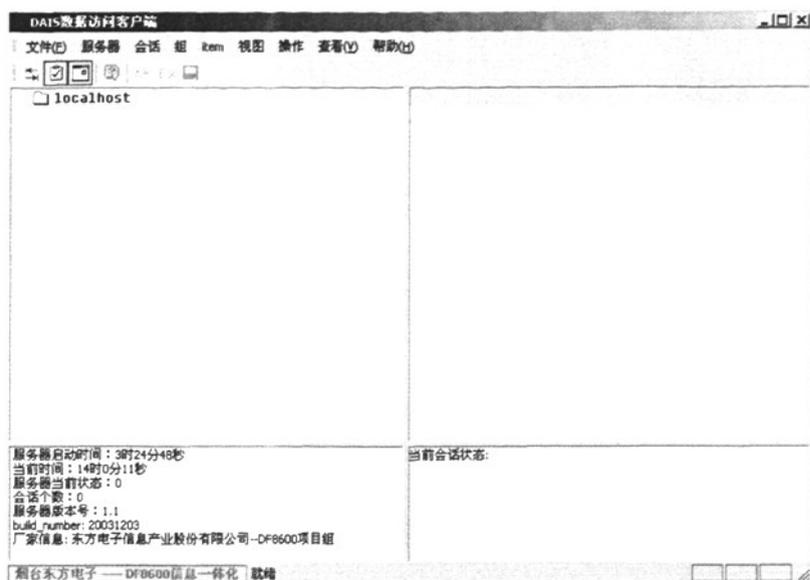


图 4-5 HSDA 客户端界面图

过程:

(1) 基于 CORBA 的客户/服务器应用模式框架 (含名字服务机制等)

目标:

建立基于 CORBA 平台的客户/服务器应用的框架

基础:

CORBA 平台及名字服务机制

任务描述:

建立基于 CORBA 平台的客户/服务器应用的框架。

(2) GDA/HSDA 的标志服务、描述服务、查询服务

目标:

在基于 CORBA 平台的客户/服务器应用的框架的基础上, 提供 CDA 的标志服务、描述服务、查询服务。

任务描述:

在 GDA/HSDA 服务器上实现基于名字服务的标志服务、描述服务、查询服务对象, 并向客户端提供相应的服务。其中, 查询服务对象采用分布式系统中间件平台的数据库中间件对关系数据库、实时数据库进行查询。

4.2.3 互连第三阶段

SVG 图形转换的实施。

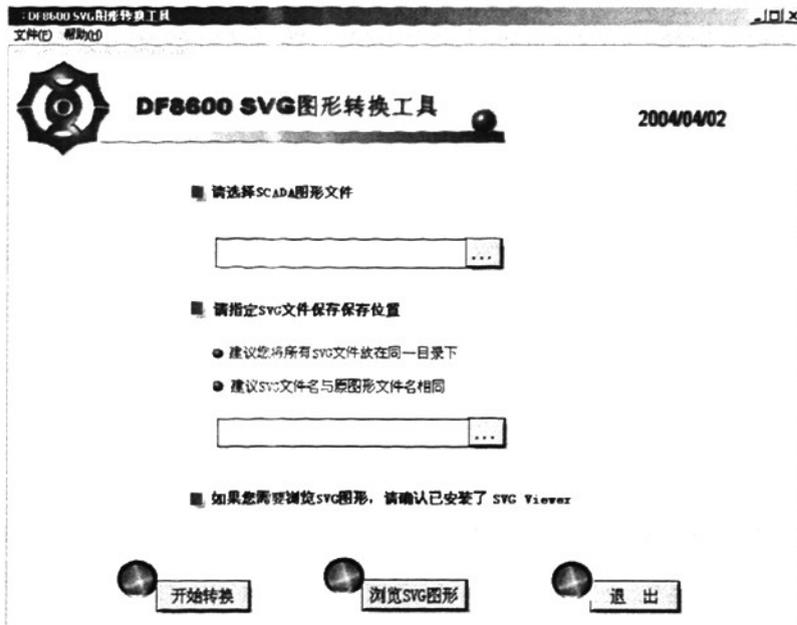


图 4-6 SVG 图形转换界面图

目标:

基于第六次电力系统互连互操作确立的 SVG 图形展现标准, 统一系统图形格式, 为第三方系统提供图形信息共享。

第五章 结语与展望

电力企业自动化系统互连是一个广泛的主题，它涉及到许多不同的区域（变电站端、调度主站端等），每个区域都有其相关的标准及解决方法。对于联网的企业组织来说系统互连尚是一个动态发展的过程，不仅仅依赖于纯粹的技术，依赖于标准的堆积来应对迅速发展变化的信息共享需求，如此复杂的一项系统工程，要从观念上进行转变，使规划、管理、技术等多种因素相结合使之成为一个可持续的动态发展的过程。

随着电网规模的不断发展和电力企业自动化水平的不断提高，电力企业自动化系统的互连互操作性会越来越受到重视。如果能够按照本文方案全面建立电力自动化系统的互连机制，现场运行证明，是可以做到异构环境下电力自动化系统信息共享、资源共享及系统集成的。

绝对的互连是不存在的，从技术与安全角度考虑，每个系统所关心的对象不同，都有相对的独立性。这种独立是可以接受的。电力企业自动化系统互连问题的解决在目前的一定时期，是从原系统封装，到基于标准的系统规划、研发、实施过渡的过程。

基于互连标准下开发的新一代电力企业自动化系统，所能提供的是通用平台下“即插即用”系统，毋须对原系统进行封装，即可解决各系统之间的“信息化孤岛”问题。

参考文献

1. IEC 61970-1, EMSAPI - Part 1: Guidelines and General Requirements, Revision 6, August 18, 2000.
2. IEC 61970-2, EMSAPI - Part 2: Glossary, Revision 2, July 25, 2000.
3. IEC 61970-301, EMSAPI - Part 301: Common Information Model (CIM) Base, Revision 5, June 23, 2000
4. IEC 61970-302, EMSAPI - Part 302: Common Information Model (CIM) Financial, EnergyScheduling, and Reservation, Revision 2, 2000.
5. IEC 61970-303, EMSAPI - Part 303: Common Information Model (CIM) SCADA, Revision 2, 1999.
6. IEC 61970-401, EMSAPI - Part 401: Component Interface Specification (CIS), Level 1, Revision 3, August 25, 2000.
7. IEC 61970-402, EMSAPI - Part 402: Common Data Access Facility (CDA), Revision 3, July 4, 2000.
8. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 403: Generic Data Access, Revision 3, 6 February 2003
9. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 404: High Speed Data Access, Revision 2, 19 June 2003
10. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 405: Generic Eventing and Subscription, Revision 2, 6 February 2003
11. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 450: CIS Information Exchange Model Specification Guide, Revision 1, 24 May 2002
12. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 451: CIS Information Exchange Model Specification Guide, Revision 1, 24 May 2002
13. IEC 61970-501, EMSAPI - Part 501: CIM RDF Schema, Revision 2, Dec. 12, 1999.
14. Draft IEC 61970: EMS-API - Part 503: CIM XML Model Exchange Format, Revision 1, 6 August 2003
15. Utility Management System Data Access Facility, Alstom ESCA, Nov.

2000.

16. CIM XML Interoperability Tests 1, Dec. 2000.
17. 国调关于 EMS-API 系统互连的有关文件及会议记录
18. 孙一中等编著,“XML 理论和应用基础”,北京邮电大学出版社,2000 年 4 月.
19. XML 中国论坛, 《XML 实用进阶教程》,清华大学出版社,2001 年 3 月
20. 《CORBA 系统结构、原理及规范》,电子工业出版社,2000 年 6 月
21. 《CORBA 企业解决方案》,机械工业出版社,2001 年 1 月
22. 徐金梧等译,《基于 C++ CORBA 高级编程》,清华大学出版社,2000 年 7 月
23. 《分布式系统中间件编程、使用手册》,东方电子项目,2001 年 3 月
24. PI-SDK PI Software Development Kit, OSIssoft, Inc.
25. PI-API Programmer' s Help, OSIssoft, Inc.
26. The OMG Data Access from Industrial Systems (DAIS) Data Access specification
27. OPC Foundation, OPC Alarms and Events Custom Interface Specification
28. Control Center Application Program Interface (CCAPI) Project: API Standard Proposal Requirements for Generic Interface Definition (GID), EPRI, Palo Alto, CA: 2001. 1001975.
29. OMG, Utility Management System Data Access Facility, document formal/2001-06-01
30. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, 22 February 1999
31. Resource Description Framework (RDF) Schema Specification, W3C Proposed Recommendation, 03 March 1999
32. Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax; Berners-Lee, Fielding, Masinter, Internet Draft Standard, August, 1998; RFC2396.
33. 5D 多媒体,刘啸,毕永年,《基于 XML 的 SVG 应用指南》,北京科海集团公司,2001 年 3 月
34. GB/T 11457-89 《软件工程术语》;
35. GB 8567-88 《计算机软件产品开发文件编制指南》;

发表论文和科研情况说明

[1]烟台东方电子信息产业股份有限公司, DF8600 综合数据化平台, 2004 ,
通用电力自动化系统互连集成平台建设

[2] 烟台东方电子信息产业股份有限公司, DF8002 SCADA/EMS 电网调度自动
化系统, 2002, 远动规约

[3] 烟台东方电子信息产业股份有限公司, DF2000 电力调度自动化系统,
1998, 数据库建设。

致 谢

本论文是在导师栾兆文教授的悉心指导下完成的。在攻读硕士学位期间，始终得到了山东大学各位讲师谆谆教诲和无微不至的关怀，他们严谨求实的治学态度，丰富渊博的知识涵养，严肃认真的工作作风和兢兢业业的敬业精神，使我终生受益。在论文的选题、系统方案设计、论文书写过程，栾兆文教授都倾注了大量的心血。在此，谨向导师栾兆文教授致以诚挚的谢意，并表示衷心的感谢。

在学习、工作和论文写作中，始终得到了李晓露博士的热忱帮助，在此向她表示由衷的感谢。

在通用电力自动化系统互连集成平台调试过程中，得到了同事的通力帮助和协作，在此表示感谢。

感谢院领导及各位老师在学习期间给予我的帮助。

最后，对我的父母以及所有亲人给予我的理解、帮助和支持表示深情的感谢。并以此文献给所有关心与帮助过我的亲人们、老师们和朋友们！