

关于组件接口规范的应用研究及实现

叶 锋,叶清华,顾 全

(南京南瑞继保电气有限公司,江苏 南京 211100)

摘要: 为了实现电力系统厂家产品之间的互联,实现我国电力行业的标准化,公用信息模型成为新一代能量管理系统(EMS)的建模标准,而 IEC 61970 的组件接口规范(CIS)是实现真正意义上数据交换的方法。通过对公用信息模型和组件接口规范的介绍,阐述了利用组件接口规范完成数据交换的方法。即通过标准的应用程序接口(API),实现不同 EMS 厂家之间的各种数据交换,国内第 5 次互操作实验验证了该方法的正确性。并结合工程实际,就 CIS 的应用作了展望。

关键词: IEC 61970; 公用信息模型; 组件接口规范; 互操作实验

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)07-0047-05

0 引言

IEC 61970 标准是国际电工组织第 57 分会第 13 工作组制定的标准,它定义了能量管理系统应用程序接口(EMS-API)标准。公用信息模型 CIM(Common Information Model)定义了这些 API 的语意,组件接口规范 CIS(Component Interface Specification)定义了信息交换的内容^[1-2]。目前,为了不断完善 CIM 和 CIS^[3-4],国际上已经成功开展了 6 次互操作试验。同时,国内也已经成功开展了 5 次互操作试验,国内厂家之间通过 CIS 接口获取了其他厂家的数据^[5]。

在国内的第 5 次互操作试验^[6-7]中,各厂家利用 CIS 接口对基于 CIM 建模的 EMS 数据进行交互,成功实现了互联。由此可见:在以 CIM 为标准的电力系统网络模型基础上,可以通过 CIS 接口实现不同 EMS 之间的数据交换。

本文结合国内第 5 次互操作试验,对 CIS 这一组件交互规范进行了研究,利用这一接口规范解决各厂家系统内部的私有化接口阻碍系统数据访问的问题。并结合工程实际,就 CIS 的应用作了展望。

1 CIM 和 CIS 简介

1.1 CIM 简介

CIM 是一个抽象模型,它通过提供一种用对象类和属性及他们之间的关系表示电力系统资源的标准方法。它使得应用或系统能够不依赖于信息内部,访问公共数据和交换信息^[8]。

CIM 是用面向对象的技术定义的,由统一建模语言(UML)标记。CIM 被定义成一组包^[8-10],每个包含有 1 个或多个类图,用图形方式展示该包中所有类及他们的关系。

在实际的网络建模中,须根据应用的需要,在数

据库中建立符合 CIM 的电力系统元件及其属性。RCS-9001 EMS 调度自动化系统根据 CIM 建立网络模型,利用面向对象的实时数据库,实现各种应用^[11]。该调度自动化系统由南京南瑞继保电气有限公司开发,在遵从 IEC 61970 系列标准的基础上,充分利用面向对象数据库的快速访问机制,能很好地支持类之间的继承、聚集关系及对象标识等面向对象的特性,是实现 CIS 接口规范的基础。

1.2 CIS 组成

国际标准指明了组件接口规范 CIS,是为 EMS-API 所用的。这表明这些接口能够通过标准的方法,实现 1 个组件(应用)和其他组件(应用)交换信息并且获取公用数据。

在 IEC 61970 的 400 系列中,对组件接口规范从总体到实现都作了规定。401 篇描述了组件接口规范的框架,它提供了 400 系列关于组件接口规范概况并且解释了如何在系统运行和系统集成项目中使用这些标准。402~449 篇定义了组件接口中和服务无关的应用,用叙述性语言、UML 及接口定义语言(IDL)描述了应用程序接口标准,定义了任何应用在和系统应用交换信息或者获取公共数据时使用的通用服务。450 篇给出了定义记录交换信息内容和交换机制的一般过程,以及如何在系统集成中应用组件接口规范的实例。451 篇在总体上从抽象层定义控制中心组件之间传递数据的内容和交换机制,而 452~499 篇制定了满足特定应用相关的信息交换需求标准,简称信息交换模型。

另一单独系列的文档,即 5 系列部分,描述了实现这些标准对应的特定技术。为保证互操作,必须有把每个不同的接口映射到每一种不同技术的标准。

由于 CIS 的各部分还在不断完善之中,所以本文把研究的重点放在相对成熟的 4 系列部分,在现有条件下结合新技术,最大范围的应用到实际中去。

2 基于 CIM 的 CIS 研究

2.1 基于 CIM 的建模

由上文知,CIM 有多个包,但是在实际的网络建模中,根据应用需要在数据库中建立相应包中的元件及其属性。于是,在 RCS-9001 系统的数据库中引入了分区概念,CIM 中的各个包可以对应数据库里的分区。同样,CIM 中的类和 RCS-9001 系统的数据类之间的对应、属性间的对应及关联之间的对应也得到了实现。

表 1 就是 CIM 中 EquipmentContainer.Contains_Equipments 关联在 RCS-9001 系统的数据库中的对应。EquipmentContainer 实际上是一个虚类,厂站类 Substation、电压等级类 VoltageLevel 和间隔类 Bay 都继承它。Equipment 也是个虚类,导电设备类 ConductingEquipment 和变压器类 PowerTransformer、发电机类 GeneratingUnit 都继承它。当然导电设备类 ConductingEquipment 也是一个虚类。可以将虚类的关联在实类的关联中实现,这样不仅符合 CIM 的标准,而且利于实现高级应用。

表 1 CIM EquipmentContainer.Contains_Equipments 在 RCS-9001 库中的对应
Tab.1 Relationships between CIM Equipment Container. Contains_Equipments and RCS-9001 database

CIM	RCS-9001 中类	RCS-9001 中属性
EquipmentContainer. Contains_Equipments	Voltage-Level	Contains_BusbarSections
		Contains_Compensators
		Contains_EnergyConsumers
		Contains_SynchronousMachines
		Contains_StaticVarCompensators
		Contains_Grounds
		Contains_Breakers

CIS 通过网络模型中获取相应的数据,实现 CIS 的各种服务,完成通用数据访问(GDA)。

2.2 CIS 服务和 GDA

2.2.1 CIS 公用服务

CIS 中包含了众多的服务内容,应用使用公用服务与其他的组件接口相关联。这些接口包括:403 篇中描述的 GDA,404 篇中描述的高速数据交换(HSDA),405 篇中描述的通用事件和订阅(GES)和 407 篇中描述的时间序列数据交换(TSDA)。

结合国内的第 5 次互操作试验,本文的研究和应用主要集中在 IEC 61970 的 402 公用服务部分和 403 的 GDA。

公用服务部分是 CIS 通用服务的基础,它规定了组件用标准的方式,访问公共数据必须实现的接口。公用服务的需求有 4 个方面。

- a. 标识符服务是用标准方式确定类、对象及属性。
- b. 描述服务是用标准编码方式将类、对象及其属性与值相互关联。

- c. 名字空间是用标准方式表现类、对象及属性。
- d. 可选组件服务是特殊的组件服务。

其中,值得关注的是标识符服务和名字空间。标识服务,是在公用事业管理系统(UMS)数据访问工具(DAF)标准的资源标识服务模块基础上形成的。这一模块定义了标识 CIM 资源(类、属性、对象实例)的通用方法,要求统一资源描述符(URI)是唯一的,并且在 1 个 DAF 的服务中,Resource ID 也必须是唯一的。进一步看,对于给定的资源,必须与 1 个 Resource ID 相关,但是有可能 1 个 Resource ID 对应多个 URI。换言之,每个 URI 有 1 个 Resource ID 与之描述对应资源,但是 1 个 Resource ID 所描述的资源可能有多个 URI 与之对应。这就涉及到了名字空间这一部分。

IEC TC 57 名字空间由层次组成,它包括了一套众所周知的分支节点名称。在 OPC 中,分支节点名称被称为 ID,而在 DAIS 中称为标签或者路径。所有路径都有“IEC TC 57”的前缀,它是保留字。IEC TC 57 名字空间标准定义了 3 种类型的名字空间,分别是 IEC TC 57 PhysicalModel,IEC TC 57 ClassModel 和 IEC TC 57 ISModel。IEC TC 57 PhysicalModel 是一个从物理模型展现电力系统相关数据的树,而 IEC TC 57 ClassModel 是一个从对象类型展现电力系统相关数据的树,IEC TC 57 ISModel 和 405 篇的通用事件及订阅相关。那么就有可能出现多个 URI 对应 1 个 Resource ID。

在后面的 CIS 实现中,利用到了 Resource ID 的唯一性,完成了数据传输。

2.2.2 GDA

在 IEC 61970 的 403 篇中,着重描述了通用数据访问 GDA。GDA 提供了访问基于 CIM 层次结构的公用数据所需要的 API 服务,并使用了请求/应答的同步访问机制,实现了对数据的非实时或准实时的存取^[12]。在 CIM 建模基础上,应用和组件可以不知道数据提供方的内部数据模型,同样可获取其中的数据,或者实现对方数据改变在本方的体现。

GDA 包括读访问、写访问、更新事件通知 3 个方面的内容。

3 CIS 的应用及其实现

3.1 CIS 的应用

目前,部分厂家已将 CIS 用在实际的系统中^[13],为更好地说明 CIS 应用的实现,就借鉴互操作试验进行阐述。

3.1.1 互操作试验

为了推动国内 EMS-API 标准化工作的深入,保持国内 EMS 相关产品在符合国际标准方面的同步性,在国内第 4 次互操作试验的基础上,国调中心于 2004 年 9 月成功举行了国内第 5 次互操作试验。第 4 次互操作中,完成了 CORBA 连通性测试、全模

型传输测试和基于全模型传输的应用测试。第 5 次互操作试验主要完成 CIS/GDA 剩余接口的互操作,即 GDA 的过滤查询、更新和事件等接口。

a. GDA 过滤查询接口的互操作测试即将测试模型文件导入服务器 A 和客户端 B,B 调用查询方法,对 A 进行过滤查询。在实际应用中可以有目的地获取数据,而不需要将所有值全部获取。比如查询电阻大于某值的线路,符合某型号的变压器等。从 GDA 过滤查询接口来看,对于 String(=)、Double(>、<、=)和 Enum(=)以及他们的联合,都可以实现。

b. GDA 更新接口测试中,先后运行本方的 GDA 服务器端和客户端程序,客户端程序利用增量更新模型文件对原有全模型更新并计算潮流后,再从客户端角度,利用增量更新模型文件对服务器端模型更新,同样计算潮流。2 种方式下的更新结果一致。在实际应用中,可以通过更新增量模型文件实现模型数据的改变,并且只修改相应的改变部分,不改变原有的部分。这里涉及了原有模型的保留,以及 CIM 中对象的属性改变、关联的建立。

c. GDA 事件接口的互操作测试示意图如图 1 所示。统一服务器在各类更新操作时,触发各个同步客户的 push/on_event 方法,各个同步客户的 push/on_event 方法都解析更新事件,并从重新读取服务器端的更新数据作潮流计算,计算结果和通过增量模型文件更新数据的潮流计算结果一致。

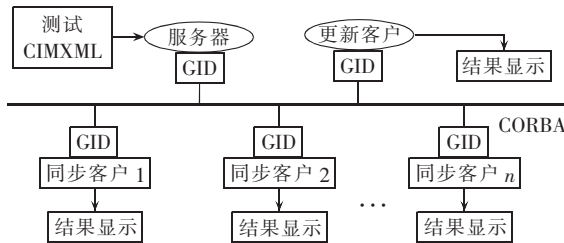


图 1 GDA 事件接口的互操作测试示意图
Fig.1 Interoperability test of GDA event interface

可见,在应用中,如果发生模型数据改变,服务器端可以触发各个同步客户的 push/on_event 方法,客户在响应后改变本地模型,实现与服务器端的一致。这里同样涉及了原有模型的保留,以及 CIM 中对象的属性改变、关联的建立。并且服务器端的改变可以是某 1 类对象、某 1 个对象,也可以是某几类对象、某几个对象,这完全可以在接口中指定,具有实际意义。

3.1.2 CIS 应用实现

CIS 的应用实现在互操作实验中首先是完成全模型的导入。在国内第 4 次和第 5 次互操作试验中,客户端 Client 通过 3 个接口实现模型的导入,即 get_resource_ids、get_filtered_extents_values 和 get_filtered_related_values(此时过滤条件为空,就可得到相关所有对象)。RCS-9001 系统在完成全模型传输和 CIS 接口时,采用了上述函数,下面是函数说明与用法。

a. get_resource_ids 函数是 ResourceIDSequence get_resource_ids(in URISequence uris)Raises(LookupError);其功能是通过 URI 得到对象的 ResourceID。比如 Substation 类的 URI 为 http://iec.ch/TC57/2003/CIM-schema-cimu10#Substation,通过调用接口 get_resource_ids,得到 Substation 类的 ResourceID。

b. get_filtered_extents_values 函数是 Resource-DescriptionIterator get_filtered_extents_values(in PropertySequence,properties,in ClassID class_id,in CSPropFilters Properties)Raises(UnknowResource,QueryError);其功能是由类属性名得到属性值,可将类的名称 name 看作属性,在得到 name 属性值后,将各类入库。比如 Substation 类 name 属性的 URI 为 http://iec.ch/TC 57/2003/CIM-schema-cimu10#Substation.name,通过调用接口 get_resourceIDs,得到属性 Substation.name 的 PropertyID,同时传入 Substation 的 ClassID,这里的 CSPropFilters 取空,就可得到所有 Substation 的 name。

c. get_filtered_related_values 函数是 Resource-DescriptionIterator get_filtered_extents_value (in PropertySequence properties,in Association assoc,in ResourceID parent,in CSPropFilters Properties)Raises (UnknowResource,UnknowAssociation,QueryError);其功能是由父类 parent 得到相关联的子类属性,子类类型在 Association 中的 ClassID 中指出,父类和子类的关联属性在 Association 中的 PropertyID 中指出,要得到的子类属性在 PropertySequence 中指出。例如,可通过这个接口获取该厂站下各变压器的属性。

RCS-9001 系统通过上面 3 个接口实现全模型的导入,并正确完成潮流计算。

可以在完成全模型导入的基础上,实现对增量模型的处理,实现流程图如图 2 所示。

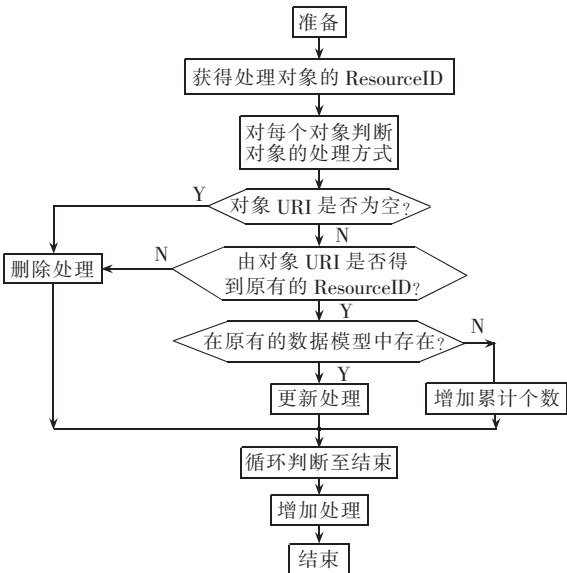


图 2 增量模型处理流程
Fig.2 Flowchart of incremental model updating

- a. 先进行删除判断,如果找不到对象 URI,就认为是删除操作,定位对象后删除。
- b. 对修改或者增加的判断,若 ResourceID 在客户端已存在,作的就是修改操作,否则是增加操作。
- c. 修改操作,客户端得到修改对象之后,根据它在客户端的已有信息,通过 get_values 接口,向服务端获取属性的更新信息,从而实现对象的更新操作。
- d. 增加操作,客户端在得知增加某个对象后,将单个对象组织成一批对象进行插入。对于单个对象,需要知道该 ResourceID 的类型,即了解对象的类型名及 ClassID。通过 `http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type` 作为 ClassID 的 PropertyID,由 get_values 接口,得到对象的 ClassID,再由 ClassID 得到 ClassID 的 URI,即 Class Name。通过 Class Name 得到类名,再由类名得到它的属性和关联,属性的处理同修改操作。对于关联的处理有所不同,由 get_related_values 接口得到关联的对象,其中 Association 的 Property 为关联属性的 PropertyID,Association 的 Type 为关联类的 ClassID,从而得到关联对象。

RCS-9001 系统不仅在客户端上完成了 CIS 接口,在服务端同样完成了 CIS 接口,即本方提供数据访问服务器,对方客户进程访问数据。由于篇幅所限,仅列出带有事件机制的调用操作示意图见图 3。

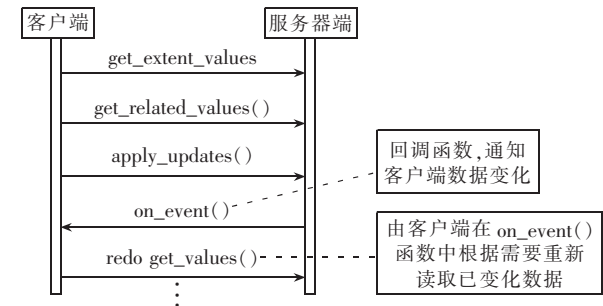


图 3 事件机制的调用操作

Fig.3 Call processes in event mechanism

3.2 测试结果

在国内的第 4 次互操作试验中,成功实现了利用标准的 CIS 接口和其他厂家之间的互联,完成了对西门子 100 节点的全模型的导入、导出,而且可以进行潮流运算,结果在导入和导出前后一致。第 5 次互操作试验实现了利用事件接口对增量文件模型(4 个 difference model 文件,即 co_acline_mod.rdf、co_acline_add.rdf、co_load_add.rdf 和 co_load_del.rdf^[6])的处理。同样,结果令人满意。

以西门子 100 节点为例,全模型导入和事件更新的部分节点的结果,如表 2 所示。

另外,列出过滤查询的结果,如表 3 所示,这里就表 ACLineSegment 和过滤条件(查询属性值 $r > 0.4$ 和 $r \leq 0.4$ 的对象个数)在原有全模型的基础上过滤查询。

表 2 全模型传输和事件更新结果
Tab.2 Results of full model exchanging and GDA events updating

厂站名称	项目	U/kV	$\delta/(^{\circ})$	P/MW	Q/Mvar
CRPLANT	Siemens100 导入	516.300	0	1 196.400	548.800
	服务器端导入	516.300	0	1 196.400	549.018
	增量模型	516.300	0	1 179.908	517.985
	GDA Events	516.300	0	1 179.906	517.983
DAWSON	Siemens100 导入	236.990	-25.218	1 421.280	185.525
	服务器端导入	236.990	-26.193	1 421.280	185.227
	增量模型	236.990	-25.601	1 421.280	185.227
	GDA Events	236.990	-25.601	1 421.280	185.222

表 3 过滤查询内容和结果
Tab.3 Contents and results of filtered query

ACLineSegment 表中项目	结果	结论
cim:Conductor.x 总数	137	正确
cim:Conductor.r>0.4	126	正确
cim:Conductor.r≤0.4	11	正确

4 结论和展望

结果表明,在遵循 CIM 标准的基础上实现 CIS,适用于厂家之间的互联,可实现真正意义上的 EMS 开放式应用系统。IEC 第 57 分会 13 工作组花了近 10 年的时间研究和制定 CIM 标准,工作目前仍然在进行。深入理解并跟踪 CIM 标准的制定,并积极参与互操作试验对于我国电力行业的标准化有重大意义。

在下一步的工作中,会将重点放在 HSDA、CGE (SVG)的实现上,涉及实时数据访问和图形的交互。这里特别提出,在实际电力系统应用中,HSDA 更具有实用意义。

例如,在调度系统中,在保留原有 AVC 自动电压控制模块的基础上,引入新的调度自动化系统(FE/SCADA/PAS/DBMS),那么就有了如何将新系统中的 SCADA 实时量测传输给已有 AVC 控制模块的问题,即如何进行 2 个不同厂家之间实时数据的传输,利用 CIS 接口就可以解决上述问题。首先,解决模型上的差异问题:将新系统作为服务端,已有的 AVC 模块作为客户端,新系统的 SCADA 模型一旦发生改变就可以利用 GDA 的事件接口触发客户端,客户端可以根据增量模型改变本方的电网模型,从而达到一致。然后,在模型一致的基础上,通过 HSDA 大批量数据交换接口完成 SCADA 量测数据的传输,从而完成 AVC 的功能。

上述方案提出的基础就是提供调度自动化系统的厂家和 AVC 模块的厂家都采用 CIM 建模,并实现 CIS 接口。此方案的提出与原有常用解决方法相比有优势:在提出标准之前,双方厂家如果要实现上述功能,要么采用读写文件的形式(双方约定文件格式,服务端每隔一段时间写数据文件,客户端读文件),要么采用报文交互的形式(双方约定报文格式,服务端每隔一段时间发送相关数据报文,客户端接收)。上

述 2 种方法不是存在文件读写的安全性问题和实时数据的更新频率问题,就是存在报文传输数据量大、处理过程复杂的问题,而 HSDA 能很好地回避上述问题,做到安全、实时、高效。

安徽亳州调度自动化系统就面临上述问题,由于 RCS-9001 系统中采用了基于 CIM 的电力系统建模,可以利用 CIS 接口方式完成与原有 AVC 模块的数据交互,并将用于实际中。

参考文献:

- [1] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC61970 TC57 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 1: guidelines and general requirements[S]. USA: IEC, 2003.
- [2] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC 61970 TC57 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 2: glossary[S]. USA: IEC, 2003.
- [3] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC 61970 TC 57 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 401: Component Interface Specification(CIS) framework[S]. USA: IEC, 2002.
- [4] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC 61970 TC 57 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 403: generic data access[S]. USA: IEC, 2003.
- [5] 刘崇茹,孙宏斌,张伯明,等. 基于 CIM XML 电网模型的互操作研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. An investigation on a common information model for energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45-48.
- [6] 胡继芳. 第五次互操作试验测试方案; 版本 1.3[S]. 北京: EMS-API 工作组, 2004.
- [7] 胡继芳. 第五次互操作试验报告; 版本 1.0[S]. 北京: EMS-API 工作组, 2004.
- [8] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC 61970 TC 53 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 301: Common Information Model(CIM) base[S]. USA: IEC, 2003.
- [9] International Electrotechnical Commission(IEC). IEC 61970 TC 57 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) part 302: Common Information Model(CIM) financial, energy scheduling, and reservation[S]. USA: IEC, 2003.
- [10] 张慎明, 刘国定. IEC61970 标准系列简介[J]. 电力系统自动化,

2002, 26(14): 1-6.

ZHANG Shen-ming, LIU Guo-ding. Introduction of standard IEC 61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(14): 1-6.

- [11] 叶清华, 顾全. 遵循 CIM 的 EMS 建模[C]//2004 年全国电力系统自动化学术交流研讨会论文集. 桂林: 中国电机工程学会电力自动化专业委员会, 2004: 14-20.

YE Qing-hua, GU Quan. Building EMS model based on CIM[C]//The Papers of 2004 Power System Automation Learned Communion Conference in China. Guilin: Power System Automation Branch of Chinese Society for Electrical Engineering, 2004: 14-20.

- [12] 曹阳, 姚建国, 张慎明, 等. IEC 61970 组件接口规范研究与应用探讨[C]//2004 年全国电力系统自动化学术交流研讨会论文集. 桂林: 中国电机工程学会电力自动化专业委员会, 2004: 258-263.

CAO Yang, YAO Jian-guo, ZHANG Shen-ming, et al. The study and discussion of IEC 61970 common information model[C]//The Papers of 2004 Power System Automation Learned Communion Conference in China. Guilin: Power System Automation Branch of Chinese Society for Electrical Engineering, 2004: 258-263.

- [13] 孙宏斌, 吴文传, 张伯明, 等. 调度控制中心的集成化: IEC 61970 标准的扩展与应用经验[C]//2004 年全国电力系统自动化学术交流研讨会论文集. 桂林: 中国电机工程学会电力自动化专业委员会, 2004: 116-121.

SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, et al. The integration of water dispatching control central: expanding of IEC 61970 and its application experience[C]//The Papers of 2004 Power System Automation Learned Communion Conference in China. Guilin: Power System Automation Branch of Chinese Society for Electrical Engineering, 2004: 116-121.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

叶 锋(1968-), 男, 浙江温州人, 高级工程师, 硕士, 从事调度自动化系统的设计与研究工件(E-mail: fengye@rcs-9000.com);

叶清华(1977-), 女, 浙江奉化人, 工程师, 硕士, 从事调度自动化系统的设计与研究工件(E-mail: yeqh@rcs-9000.com);

顾 全(1970-), 男, 江苏高邮人, 高级工程师, 硕士, 从事调度自动化系统的设计与研究工件(E-mail: guquan@rcs-9000.com)。

Application study and realization of component interface specification

YE Feng, YE Qing-hua, GU Quan

(Nari-relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: To realize the interconnection among power systems from different vendors and standardize the Chinese power industry criterion, the CIM(Common Information Model) has become the modeling standard of new EMSs(Energy Management Systems). The IEC(International Electrotechnical Commission) 61970 CIS(Component Interface Specification) is the practical way of public data exchange. After the introduction of the CIM and the CIS, the way to exchange data based on the CIM by the CIS is explained. That is, all kinds of data can be exchanged via the standard API(Application Program Interface) among EMSs from different vendors. The 5th interoperability test in China validates the correctness of the proposed method. Based on real projects, the prospect of the CIS application is presented.

Key words: IEC 61970; CIM; CIS; interoperability test