

# 基于 IEC 61970/61968 的配电网通信系统信息建模

楚成彪<sup>1</sup>, 郝思鹏<sup>2</sup>, 吴善<sup>2</sup>

(1. 国网宿迁供电公司, 江苏 宿迁 223800; 2. 南京工程学电力工程学院, 江苏 南京 211167)

**摘要:**在分析配电网通信系统的发展现状的基础上,根据我国电力通信系统的特点及应用要求,建立了配电网通信系统公共信息模型(CIM)。论述了 CIM 模型建模原则、建模方法,给出了通信系统的拓扑模型、设备模型、资产模型的建模实例并进行了详细分析说明,最后研究了模型的拆分与合并,为配电网通信系统 CIM 建模提供了方法,为构建配电网信息化打下了坚实的基础。

**关键词:**配电网通信系统; 建模方法; IEC 61970/61968; CIM 模型

**中图分类号:** TM73

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2017)01-0060-05

随着电网的大规模互联,电力系统越来越依赖于信息通信系统来保障其安全、可靠、高效的运行。通信系统作为电网智能化、信息化的支撑,成为智能电网建设的关键环节<sup>[1-3]</sup>。通信系统主要是实现信息的融合,而高度的信息融合需要统一的数据模型来支撑。因此,建立统一的信息模型成为通信系统建设的一个主要方向。

国际电工技术委员会(IEC)制定的 IEC 61970/61968 系列标准定义了公共信息模型(CIM),为统一电网模型提供了规范,随着对规范的研究不断深入,我国逐渐实现了电网数据采集与监视控制系统(SCADA)、能量管理系统(EMS)、配电自动化、电力系统图形平台、发电厂资源的建模等<sup>[4-8]</sup>,并在此基础上开发了线损、状态估计、潮流计算等高级应用,国家电网公司也根据 IEC61970/61968 制定了 SG-CIM 等相关标准。目前的研究主要是针对电力一次侧的建模与应用,对二次侧的建模研究较少,文献[9]和文献[10]对二次侧的建模进行了初探,对配电网通信系统的 CIM 建模目前还未涉及。

本文基于配电网通信系统的特点和智能电网发展的要求,借鉴电力一次侧的成功建模经验,建立了配电网通信系统的 CIM 模型,对建模原则、建模方法给出了详细说明,并给出了建模实例。

## 1 配电网通信系统发展现状及结构

智能电网建设的关键技术涉及诸多领域,电力通信技术是其核心技术之一,是实现智能化的基

础,贯穿了发电、输电、变电、配电、用户服务、调度六大应用环节<sup>[3]</sup>。其中配电环节通信技术水平发展相对薄弱,但随着国家电网公司加快配电网自动化水平的建设,配电网通信水平得到了飞速发展,经历了从串行通信到网络化通信的发展过程。

早期配电自动化建设由于通信技术限制,主要采用配电线路载波、屏蔽双绞线、无线扩频以及光 modem 等串行通信手段,这些通信措施基本为“点对点”或“点对多点”,通信可靠性和效率都不高。目前这些串行通信手段已被越来越多的通信新技术所取代,但在一些特殊场合或是配电网改造不全面以及自动化程度不高的农村配电网中仍大量存在。近年来,随着网络化通信技术的进步,使得通信组网更加灵活方便,同时提高了通信的速度和可靠性。光纤通信、无源光网络(EPON)、工业以太网、LTE-230 MHz 无线专网、通用分组无线业务(GPRS)、全球微波接入系统(WiMAX)以及紫蜂协议(Zigbee)等逐渐成为了配电自动化的主要通信方式<sup>[11-13]</sup>。

目前我国配电网已建成先进可靠的电力通信网络,形成了以光纤通信为主,线路载波、微波、卫星等多种通信方式并存,分层分级自愈环网为主要特征的电力专用通信网络体系架构。配网通信系统一般分为3层,包括骨干通信网、接入通信网和终端层<sup>[12]</sup>,其通信系统结构如图1所示。

终端层是监控和计量设备层,包括监控终端及电度表等设备,负责电量的计量及电网状态的监控;接入通信网层负责对信息进行预处理,根据重要性进行筛选,避免信息的拥挤,实现了终端层至配网通信子站的通信;骨干通信网是实现配网通信子站至配网通信主站的通信,一般采用的通信技术为光纤通信技术。

收稿日期:2016-08-18;修回日期:2016-10-11

基金项目:国家自然科学基金项目(51607083);江苏省产学研前瞻性项目(BY2015009-03);江苏省自然科学基金(BK20160778)

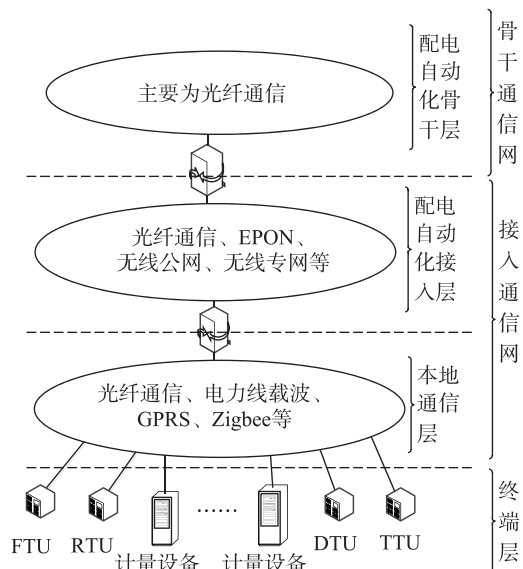


图1 配电网通信系统结构图

## 2 配电通信系统建模原则及方法

### 2.1 通信建模原则

配电网通信系统 CIM 模型采用了面向对象的建模技术来定义,使用 UML 建模语言来组织,并通过 ENTERPRISE ARCHITECT 软件来对 CIM 模型进行扩展和维护。IEC 61970/61968 系列标准中规定了 CIM 扩展的基本原则:在扩展新的 CIM 模型的同时,不能破坏原有的 CIM 模型。本文在进行配电网通信系统 CIM 扩展时主要从 3 个方面进行考虑:(1) 是否需要扩展新的包;(2) 需要扩展哪些新的类;(3) 需要扩展哪些已有类的属性<sup>[7]</sup>。同时,在详细分析配电通信网络并进行抽象的基础上,根据上述要求制定以下 CIM 扩展原则:

(1) 尽量与现有模型保持一致,如果电力设备或资源可以与标准 CIM 中已有的类对应,则不需要建立新的类,只需与标准 CIM 中的类建立映射,使现有 CIM 中的模型得到最大限度的复用和兼容。

(2) 对现有模型无法描述需要扩展的信息,按继承层次进行分类,需要划分到具体层次视一线需求,分类准则必须前后一致。对需扩展类的公共属性无需重复添加,可通过父类继承。

(3) 对配电网通信信息描述不完善的类可通过添加属性来实现,缺少相关信息模型可通过扩展新的类来实现,各资源之间的关系可通过建立相应类之间的关联来实现。

(4) 对二次侧的建模,只需关心资源间的外围逻辑关联,而不涉及资源内部原理,只要把资源之间和资源本身的关系描述清楚即可,并不涉及资源内部动作原理的描述。

(5) 根据实际需要选择建模粒度,既不能过细增大建模的工作量,又不能太粗而失去通用性。

### 2.2 通信建模方法

对配电网通信网络的建模要确保每一个扩展的类或属性具有唯一的标识以及扩展的类与属性的定义和命名遵循相关的国际与国内标准。

建模时,首先需要对实体模型进行抽象化分析,提取出其抽象特征,按照特征对其进行分类开成对象类及属性<sup>[5]</sup>。CIM 模型的扩展流程如图 2 所示。

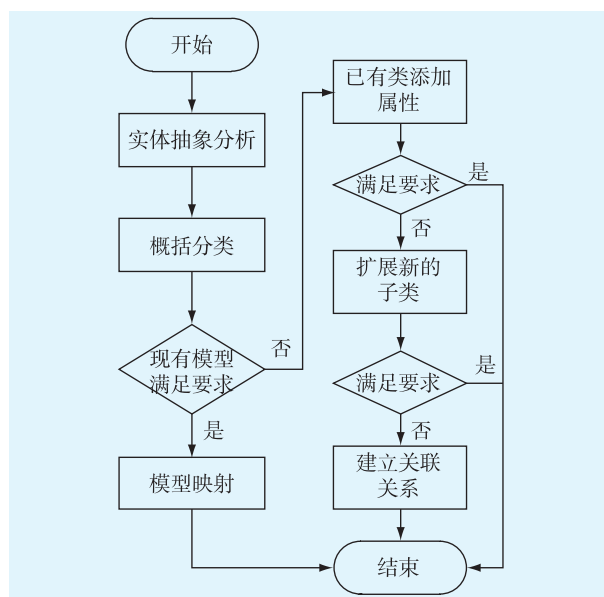


图2 CIM 扩展流程

整个通信系统模型的建立可以具体分 3 个步骤:首先,对描述对象进行整体分析,形成对象类,并理清设备之间的拓扑关系,称之为拓扑建模;其次,对配电网通信系统中存在的各种设备进行抽象分类,提取必要参数作为类的固有属性,作为对类的详细描述,称之为设备建模;最后,对模型进行拆分与合并来满足配电网通信局部及整体分析的需要。最终形成统一完整的配电网通信系统的逻辑视图。

根据配电网通信系统建模原则与方法,CIM 建模可分三个包进行:在 IEC61970 的 Topology 包中扩展一个配电网通信拓扑包(DisComTopology),用来对通信线路的拓扑结构进行建模;在 IEC61968 的 WiresExt 包中扩展一个配电网通信线路扩展包(DisComWiresExt),用来对配电网通信的设备及技术进行建模;在 IEC61968 的 Asset 包中扩展一个配电网通信资产设备包(DisComAsset),用来对配电网通信的资产信息进行建模。应注意的是包的边界并不意味着应用的边界,一个应用可能使用几个包

的 CIM 实体。

### 3 配电网通信系统建模实例分析

#### 3.1 拓扑建模

配电网通信系统拓扑的建模在配电网通信拓扑包(DisComTopology)中进行。配电网通信系统的拓扑连接与配电网电力网的拓扑连接类似,虽然传输介质不同,但都是通过合并连接点,形成拓扑节点,划分子系统,形成拓扑岛的方法进行拓扑分析,所以对通信系统的拓扑建模可直接引用 IEC61970 的 Topology 包、Core 包及 Wires 包中的类来完成配是通信系统拓扑的描述功能,应用 ENTERPRISE ARCHITECT 软件扩展拓扑模型如图 3 所示。

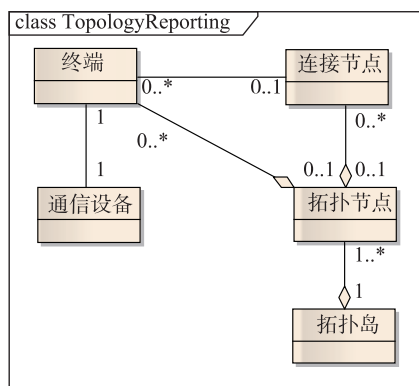


图 3 配电网通信系统拓扑模型

配电网通信系统拓扑模型主要涉及:端点类(Terminl)、连接节点类(ConnectivityNode)、拓扑节点类(TopologicalNode)、拓扑岛类(Topological Island)。电力拓扑模型中的导电设备类在通信系统中并不适用,因为通信设备属于二次侧,其固有属性不适合通信设备,所以建立通信设备类(CommunicationEquipment)来表示通信设备,并与端点类(Terminal)建立关联关系。根据上述建立的拓扑模型,在通信系统中,每一个设备都可以看成通信设备类,而一个通信设备又对应 CIM 模型中的一个或多个端点(Terminal),端点(Terminal)通过连接节点(ConnectivityNode)实现连接,并聚合开成拓扑节点(TopologicalNode),由拓扑节点(TopologicalNode)聚合最终形成拓扑岛(TopologicalIsland)。

#### 3.2 设备建模

配电网通信设备的建模在新建配电网通信线路扩展包中进行扩展。要求配电网通信设备的模型唯一、有序和层次化地标识配电网通信系统中的不同设备,且能表示不同层次结构中含有相同属性的设备,使这些设备在整个配电网通信系统模型中保持唯一性<sup>[4]</sup>。设备建模主要包括对终端设备、通

信线路及通信技术的建模。

##### 3.2.1 终端设备

配电通信终端设备主要包括远方数据终端(RTU)、配电变压器监测终端(TTU)、开闭所终端设备(DTU)、馈线终端设备(FTU)等。作为配电网的信息采集终端设备,IEC61970/968 并没有相应的模型与之映射,需进行扩展。新建立的设备终端类可从扩展的通信设备类(CommunicationEquipment)继承设备的属性。监控设备位于导电设备的端点处,使之与端点(Terminal)类相关联,从而建立了与量测信息的关联,其 CIM 模型如图 4 所示。

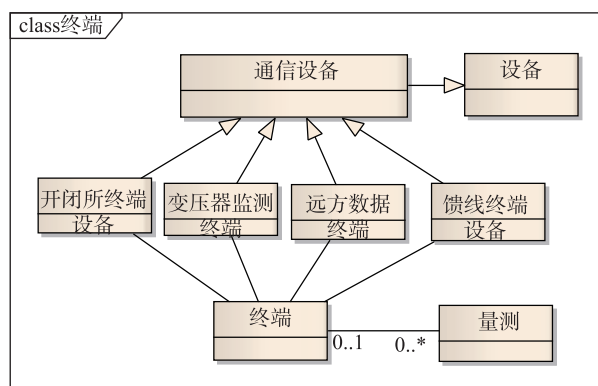


图 4 终端设备 CIM 模型

##### 3.2.2 通信设备

通信设备主要包括通信线路、中转站、收发器等。电力线载波(PLC)通信线路采用的是配电网电力线路,而在 IEC61970/968 中对配电网的线路模型已经建立,根据 CIM 扩展原则(1)对电力载波线的模型只需从导线(Conductor)类派生出一个电力线载波(PLC)类即可。光纤通信线路与配电网电力线路有着不同的属性,不参与导电,由通信设备(CommunicationEquipment)类派生。

无线通信线路是由无线信号发送器、无线信号接收器、无线信号中转站及无线通信线路组成。无线信号中转站由信号收发器等部分组成,可视为一个设备容器,用来容纳整个信号传输的设备,而在 CIM 中没有对应的类可以映射,则从设备容器类(EquipmentContainer)派生出一个无线信号中转站类(WirelessSignalStation)。建立无线信号发送器(WirelessTransmitter)、无线信号接收器(WirelessReceiver)通过聚合关系聚合于无线信号中转站类(WirelessSignalStation)。无线通信线路的特性与现有模型的特性相同点不同,不能从现有模型中派生,可建立新的类无线通信线路(WirelessLine)通过添加属性进行描述,通过简单的关联关系与无线信号发送器(WirelessTransmitter)、无线信号接收器

(WirelessReceiver) 建立关联。建立的通信设备模型如图 5 所示。

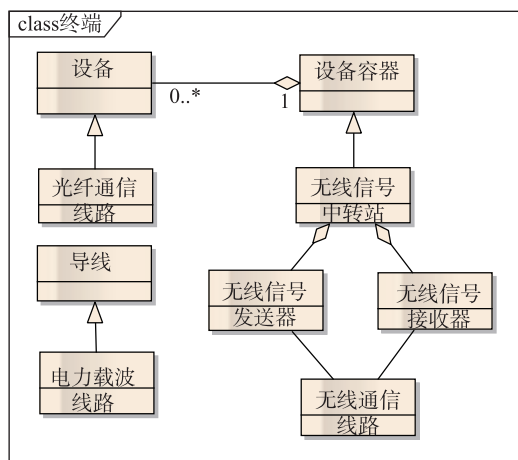


图 5 通信设备 CIM 模型

### 3.2.3 通信技术

配电网通信技术较多,根据 CIM 扩展原则(2)需对所建立的信息模型进行层次划分,根据继承属性将其分为不同的层次。本文将配电网通信划分为有线通信(WiredCommunication)和无线通信类(WirelessCommunication)两大基本类,其余有关通信的类都是由这两个基本类派生而来。有线通信(WiredCommunication)可派生出光纤专网(Optical-FiberNetwork)、电力线载波线路(PLC),有线通信(WiredCommunication)派生无线公网(WirelessPublicNet)、无线专网(WirelessNetwork)、微功率无线(MicroPowerWireless)等。

CIM 建模粒度既不能过细增加工作量又不能太粗而失去通用性。对具体的通信技术的建模有两种方案,一是建立新的类对具体的通信技术(如 GPRS, EPON 等)进行描述,二是在已建立的相应类中增加属性来表示。在实际应用中,随着通信技术的快速发展,通信的类别和技术参数越来越复杂,只通过类中的一个属性是难以完整的描述一种通信技术的。本文采用第一种方案通过建立新的类来对具体的通信技术进行描述,虽然工作量略有增加但大大提高了模型的准确性及通信性,建立的通信技术模型如图 6 所示。

### 3.3 资产建模

配电网通信设备资产的建模在新建配电网通信资产设备包(DisComAsset)中进行扩展。通信系统的资产模型主要由 IEC61968 中的类映射并派生而来。在 IEC61968 中,资产主要由三大基本类构成:资产类(Asset)、资产模型类(AssetModel)和资产类型类(TypeAsset),这三大类是所有资产的父

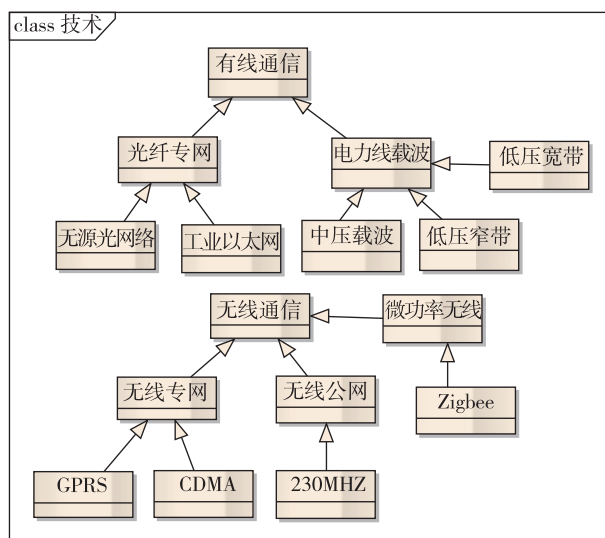


图 6 通信技术 CIM 模型

类,包含一些通用信息,如资产序列号、生产日期、设备状态、购买价格等<sup>[10]</sup>。根据 CIM 扩展原则 2,有了这三个基本类,其它设备资产的属性、关系则不需在各具体设备中重复添加,而是由其父类继承而来。如图 7 所示为由资产类(Asset)派生的配电网通信设备的资产 CIM 模型。

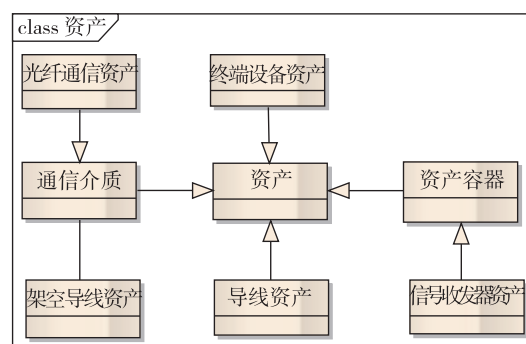


图 7 通信设备资产 CIM 模型

## 4 模型的拆分与合并

配电网通信系统的 CIM 模型要想实现模型信息交换的实用化仅仅建立模型是远远不够的,如何解决 CIM 模型的拆分与合并是一个需要重点解决的问题。模型的拆分与合并都是以 CIM XML 文档的形式进行操作的。模型拆分是在对系统中局部信息或某类信息感兴趣的情况下,从整体数据中拆取部分数据进行分析。模型合并根据关口设备定义,提取有用的电网描述信息,形成全网的详细模型。如只对一个大型通信系统中一部分地区的通信状况进行分析,就会出现模型拆分的问题,同时一个大型通信系统原始数据的获得是通过对其子系统模型的合并。对配电网通信系统的模型的拆分与合并应遵循以下几点进行:

(1) 保证 ID 的唯一性,所拆分合并的各部分 XML 文档应满足 ID 全局唯一,几个文档中表示同一设备的 ResourceID 应保持一致。

(2) 对于不变信息,要求拆分合并后的文档与拆分前同一资源、同一属性的描述保持一致;对于更新信息,要求拆分合并后的文档中旧信息被新信息替代。

(3) 模型的拆分按控制区进行,即从一个大地区的模型中拆分出某一子控制区的数据模型,并确定最小拆分单元。同时,保证拆分后的模型信息不丢失,模型在拆分后其信息仍然完整,拆分后的模型重新合并后信息不变。

(4) 模型合并的结果,既要反映关口电网处的真实设备模型,又要保证正确的设备连接关系。模型在合并过程中应有足够的数据标识其变化部分,并附有合并校验功能,对模型合并时出现的重复数据应当删除。

## 5 结束语

本文基于我国配电通信系统的现状,对配电网通信系统进行合理的信息模型扩展,提出了配电网通信系统的建模方法并详细描述了建模过程。从拓扑、设备、资产等方面进行了 CIM 建模,指出了通信系统建模与一次系统的差异。实际工程中,可根据所提供的建模方法进行不断的扩充,体现了 CIM 模型的可扩展性。对配电通信系统进行拆分和合并,筛选出需要跟踪的区域,并对模型拆解和合并的方法进行了研究。将 CIM 建模从一次系统扩展到通信系统,为电网可视化管理等提供技术支撑,进一步加强了配电网的信息化、透明化运行。

### 参考文献:

[1] 郭静,王东蕊.基于复杂网络理论的电力通信网脆弱性分析[J].电力系统通信,2009,30(9):6-10.

- [2] 刘国军,侯兴哲,王楠,等.智能配用电通信综合网管系统研究[J].电网技术,2012,36(1):12-17.
- [3] 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.
- [4] 郑建辉,孟昭勇,林馨,等.基于 IEC61970/61968 的发电厂资源 CIM 建模[J].电力自动化设备,2010,30(1):106-109.
- [5] 费建法,方泉,王成现,等.基于 CIM 的配电自动化系统信息交互[J].江苏电机工程,2014,33(3):15-17.
- [6] 于丰,薛明.基于 CIM 的电力系统图形平台研究[J].江苏电机工程,2010,29(6):39-41.
- [7] 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.
- [8] 陆一鸣,刘东,黄玉辉,等.基于 CIM 的馈线建模和应用[J].中国电机工程学报,2012,32(28):157-163.
- [9] 毛鹏,魏晋雁,茹锋.基于 IEC61970 的电力系统二次设备 CIM 建模初探[J].电力系统保护与控制,2007,35(11):65-68.
- [10] 彭明伟,刘毅,郭创新.CIM 模型在继电保护设备建模中的应用[J].机电工程,2009,26(5):98-100.
- [11] 胡江溢,祝恩国,杜新纲,等.用电信息采集系统应用现状及发展趋势[J].电力系统自动化,2014(2):131-135.
- [12] 曹津平,刘建明,李祥珍.基于 230MHz 电力专用频谱的载波聚合技术[J].电力系统自动化,2013,37(12):63-68.
- [13] 郑毅,甘志洲,陈激.配电网 EPON 通信接入与分区自治[J].电力系统自动化,2013,37(23):114-118.

作者简介:



楚成彪

楚成彪(1988—),男,山东菏泽人,硕士,从事配电网自动化工作;

郝思鹏(1971—),男,汉族,江苏宝应人,教授,博士,研究方向为电力系统低频振荡、配电网自动化;

吴善(1991—),女,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为配电系统信息建模。

## Information Modeling of Distribution Network Communication System Based on IEC 61970/968

CHU Chengbiao<sup>1</sup>, HAO Sipeng<sup>2</sup>, WU Shan<sup>2</sup>

(1.State Grid Suqian Power Supply Company, Suqian, 223800, China;

2. School of Power Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**Abstract:** After analyzing the development status of distribution network communication system, a power distribution communication system common information model (CIM) is constructed according to the characteristics and application requirements of electric power communication system in China. Firstly, the principle and method of CIM modeling are discussed. Secondly, the modeling instances of topological model, equipment model and asset model of communication system are constructed and analyzed in detail. Finally, model split and merge principle are studied. This research provides a method for CIM modeling of network communication system and a solid foundation for network information.

**Key words:** distribution communication system; modeling method; IEC61970/61968; CIM modeling