



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107016105 A  
(43)申请公布日 2017.08.04

(21)申请号 201710236537.1

(22)申请日 2017.04.12

(71)申请人 国网上海市电力公司

地址 200126 上海市浦东新区源深路1122号

申请人 华东电力试验研究院有限公司

(72)发明人 宋杰 周健 鲍伟 沈冰 潘爱强  
曾平 周德生 邹晓峰 徐洁  
朱奕帆

(74)专利代理机构 上海信好专利代理事务所  
(普通合伙) 31249

代理人 潘朱慧

(51)Int.Cl.

G06F 17/30(2006.01)

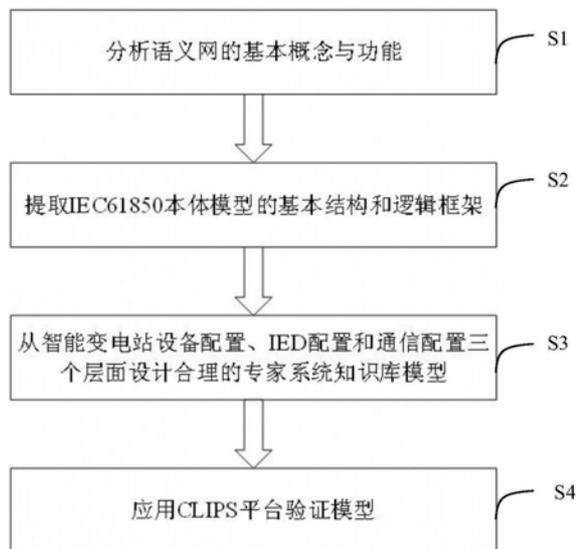
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法:首先,建立基于语义网变电站运维系统建模的理论基础;其次,借鉴本体和语义网的概念和思路,结合IEC61850-6标准中SCL对对象模型的要求,分析各一次设备、二次设备和通信设备间的基本结构和逻辑框架,建立基于语义网变电站运维专家系统建模的模型基础;而后,结合IEC61850-6标准和语义网特性,从智能变电站设备配置、IED配置和通信配置三个层面设计合理的运维系统知识库模型;最后,基于CLIPS平台对相关模型进行验证。其优点是:利用语义网使知识库的构造更加体系化,提高知识库不同概念之间的逻辑性和统一性,从而达到提高系统知识库扩展性和规则库规则复用率的目的。



1. 一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,包含以下步骤:

S1、根据语义网的概念与功能确定智能变电站运维系统知识库建模思路;  
S2、提取变电站自动化系统IEC61850-6标准中的SCL对象模型的基本结构和逻辑框架;  
S3、根据语义网中的类继承、属性继承概念从SCL对象模型中的智能变电站设备配置、IED配置和通信配置三个层面设计智能变电站运维系统知识库模型。

2. 如权利要求1所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,步骤S3以后还包含:

S4、运用CLIPS平台对步骤S3获得的智能变电站运维系统知识库模型进行测试,检验智能变电站运维系统知识库模型不同类型类与属性之间的逻辑性和统一性,验证智能变电站运维系统知识库扩展性和规则库规则复用率。

3. 如权利要求1所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于:

所述的步骤S2中的智能变电站设备配置、IED配置和通信配置模型分别根据IEC61850-6标准中规定的SCL对象模型的变电站一次设备、变电站二次描述和通信模块来建立。

4. 如权利要求3所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,所述的步骤S3中:

对智能变电站设备配置进行建模时,将变电站一次设备的公共属性置于一基类中。

5. 如权利要求3所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,所述的步骤S3中:

对IED配置进行建模时,突出变电站一次设备、变电站二次设备连接关系和二次系统与通信模块的连接关系。

6. 如权利要求1所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,所述的步骤S3中:

IED配置的逻辑节点与变电站一次设备之间的关系采用继承方法实现。

7. 如权利要求1所述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征在于,所述的步骤S4中:

运用CLIPS平台对实例化部分变电站真实设备的步骤S3的智能变电站运维系统知识库模型进行测试。

## 一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法。

### 背景技术

[0002] 随着国家电网公司智能电网战略的推进,截止2015年底已有约5182座智能变电站投入运行。智能变电站的二次系统全部被封装在配置描述文件(Substation Configuration Description,SCD)中,因此给变电站的运行维护带来了很大的困难。早在2011年和2012年就有学者提出使用专家系统的方法对智能变电站的运维工作进行辅助,指导和帮助运行人员快速针对事故和异常做出准确判断,从而提高变电站运行管理水平和可靠性。与传统变电站不同,智能变电站的系统架构发生了重大变革。站内设备更加多样,保护功能的实现依赖于多个设备共同作用。尤其对于高电压等级的变电站,保护采用双重配置,更增加了设备种类。作为对高压一次设备进行保护的二次设备,如果发生故障将使一次设备失去保护和控制,继而对接入系统的安全稳定运行产生威胁,这对变电站运维辅助决策专家系统提出了巨大的需求和挑战。

[0003] 近10年来,人工智能技术在知识表达方面的发展,特别是本体理论及语义网技术的进步,为智能变电站辅助决策专家系统知识库的建模提供了新的思路。智能语义网,最早应用于网络搜索问题,用于对网络中纷繁复杂的语言描述进行合理的模型构造,从而便于机器理解和搜索。也有学者提出,将语义网应用于智能电网广义数据管理模型中,以解决广义数据类型多、结构复杂的问题,兼具良好的拓展性。

[0004] 现实中,智能变电站的设备信息同样具备设备数量大、关联关系复杂的问题,且对模型的可扩展性具有较高要求。若运用对各类设备直接建模的方式,难免造成知识库知识结构混乱、相似设备类型间相似性不明确;规则库各规则只针对特定种类设备,通用性不强、过于繁杂等问题。因此,有必要借鉴本体和语义网的概念和思路对智能变电站辅助决策专家系统知识库进行建模。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,旨在利用语义网使知识库的构造更加体系化,提高知识库不同概念之间的逻辑性和统一性,从而达到提高专家系统知识库扩展性和规则库规则复用率的目的。

[0006] 为了达到上述目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其特征是,包含以下步骤:

[0008] S1、根据语义网的概念与功能确定智能变电站运维系统知识库建模思路;

[0009] S2、提取变电站自动化系统IEC61850-6标准中的SCL对象模型的基本结构和逻辑框架;

[0010] S3、根据语义网中的类继承、属性继承概念从SCL对象模型中的智能变电站设备配

置、IED配置和通信配置三个层面设计智能变电站运维系统知识库模型。

[0011] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中,步骤S3以后还包含:

[0012] S4、运用CLIPS平台对步骤S3获得的智能变电站运维系统知识库模型进行测试,检验智能变电站运维系统知识库模型不同类型类与属性之间的逻辑性和统一性,验证智能变电站运维系统知识库扩展性和规则库规则复用率。

[0013] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中:

[0014] 所述的步骤S2中的智能变电站设备配置、IED配置和通信配置模型分别根据IEC61850-6标准中规定的SCL对象模型的变电站一次设备、变电站二次描述和通信模块来建立。

[0015] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中,所述的步骤S3中:

[0016] 对智能变电站设备配置进行建模时,将变电站一次设备的公共属性置于一基类中。

[0017] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中,所述的步骤S3中:

[0018] 对IED配置进行建模时,突出变电站一次设备、变电站二次设备连接关系和二次系统与通信模块的连接关系。

[0019] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中,所述的步骤S3中:

[0020] IED配置的逻辑节点与变电站一次设备之间的关系采用继承方法实现。

[0021] 上述的基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,其中,所述的步骤S4中:

[0022] 运用CLIPS平台对实例化部分变电站真实设备的步骤S3的智能变电站运维系统知识库模型进行测试。

[0023] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0024] 1、与传统建模方法相比本方法引入了语义网概念,该技术具有智能评估能力,能够更好地描述语义信息之间的联系,能够有效提升变电站运维效率;

[0025] 2、通过建立专家知识库,使得智能变电站中对象间的关系展现更为直观且易于理解,能够辅助知识交互及运维决策。

## 附图说明

[0026] 图1是本发明的建模方法流程图;

[0027] 图2是本发明的IEC61850-6SCL对象模型示意图;

[0028] 图3是本发明的智能变电站设备配置模块模型示意图;

[0029] 图4是本发明的IED配置模块模型示意图;

[0030] 图5是本发明的通信配置模块模型示意图;

[0031] 图6是本发明一实施例中基于语义网模型的运维系统的示例框架;

[0032] 图7是图6的基于本发明的基于语义网模型的运维系统的示例实现。

## 具体实施方式

[0033] 以下结合附图,通过详细说明一个较佳的具体实施例,对本发明做进一步阐述。

[0034] 如图1所示,本发明公开了一种基于语义网的智能变电站运维系统的知识库建模方法,具体步骤如下:

[0035] S1:对语义网的基本概念与功能进行分析,确定智能变电站辅助决策专家系统知识库建模的思路;

[0036] S2:对IEC61850-6标准中的SCL对象模型进行分析,提取本体模型(即SCL对象模型)的基本结构和逻辑框架(指变电站的全站设备配置、IED配置以及通信配置);

[0037] S3:借鉴语义网中关于类继承、属性继承的概念,从智能变电站设备配置、IED配置和通信配置三个层面设计运维系统知识库模型;

[0038] S4:应用CLIPS平台对运维系统知识库模型(即智能变电站设备配置模型、IED配置模型、通信配置模型)进行测试,检验知识库不同类型与属性之间的逻辑性和统一性,验证专家系统知识库模型的扩展性和规则库规则复用率。较佳的,在步骤S3中模型和规则的基础上,实例化部分变电站真实设备,并基于CLIPS建立仿真测试系统,来对模型的有效性进行测试;

[0039] 目前,知识库系统中一般采用的是“事实-概念-规则”所表示的三级知识体系:事实处于最底层,是对象、符号和事件之间的各种关系之集合。事实可用语句、链表、二维表、树图、框图和文本等数据结构表示。概念处于第二层,是关于具有共同属性的一组对象、事件或符号的知识,包括例子集合、模型和复杂的元素,可以具体或抽象地刻画、定义某一对象类的一般特征,也可以高层或低层表示具有层次结构的一组概念的集合。规则处于第三层,是一组操作和步骤,用于完成某一目标,解决某一问题或产生某种结果。本步骤S4中的不同类型类与属性就是上述的第二层,指不同组对象、事件或符号的知识。

[0040] 所述的步骤S2中IEC61850-6标准中SCL对象模型如附图2所示,该模型包含变电站一次设备(Function/substation structure)、变电站二次描述(Product/IED structure)及通信模块(Communication structure)三个基本方面。变电站一次设备部分包括涉及功能的变电设备(动作设备),以及它们在线路层次上的连接关系(拓扑关系),以及设备和功能的说明。变电站二次描述包括所有二次相关对象类型,如IED和逻辑节点(LNode)的实现。通信部分则包含与通信相关的对象类型,如子网(Subnetwork)和通信接入点(AccessPoint),并以逻辑节点和服务器之间的连接关系为基础,描述IED间的连接关系。从图中可以看出,变电站一次设备部分和二次设备部分均采用层次结构,即一次设备部分和二次设备部分的层次结构可以借鉴语义网中类的继承概念来表达。同时,变电站设备的在功能上的隶属关系,也同样可以借鉴语义网中关系继承的概念进行表达。

[0041] 较佳的,在对智能变电站运维专家系统知识库进行扩展时,要扩充的内容需要被准确地放置在知识结构中,使得被扩充的知识自然继承父类相应的规则。只需要将被扩充类的自有规则加以补充,即能完成专家系统扩充的全部工作。

[0042] 所述的步骤S3中的运维系统的智能变电站设备配置模型如附图3所示,变电站配置模块建模过程中为提高一次设备公共属性的复用率,将变电站备的公共属性置于基类(变电站设备SubstationEquipment)中。本发明所提出的建模方法充分考虑运维系统推理

需求,利用SCD文件的信息,利用连接点 (ConnectivityNode) 将设备端点 (Terminal) 连接起来,形成变电站一次设备的网络拓扑结构。

[0043] 所述的步骤S3中的IED配置模型如附图4所示,IED设备作为二次设备,一方面需要与一次设备紧密连接,另一方面,二次系统信号的传递依赖于通信网络。所以在建模过程突出了一、二次设备连接关系和二次系统与通信系统的连接关系。另外,由于逻辑节点 (LNode) 与变电站设备 (SubstationEquipment) 之间的关系种类较多,为了遵循共用属性复用原则,逻辑节点与一次设备之间的关系采用继承方法实现。

[0044] 所述的步骤S3中的通信配置模型如图5所示,相较智能变电站设备配置模块和IED配置模块,通信配置模块较为简单,包含接入点 (Accesspoint) 和子网 (Subnetwork) 两个部分,其中接入点是通信模块与二次系统紧密关联的重要部分。

[0045] 实施例一

[0046] 为描述基于语义网智能变电站运维系统可扩展模型的应用,本发明以500kV站主接线为实施例,以实际变电站的二次设备异常的部分隔离原则对语义网模型的扩展性进行说明。本实施例对相同的建模过程不进行再次叙述,仅选取该实施例中模型需遵守的规则及其扩展性进行解释,根据图3至图5,分别针对变电站运维系统的二次设备进行建模,以所建模型为基础,实现如下三条原则:

[0047] Rule1:开关智能单元、电压合并单元异常将导致相关联的母线保护、线路保护、主变保护、开关保测装置采样异常,应停用相关联保护。同时适用于智能开关单元和电压合并单元。所以,Rule1被置于开关智能单元和电压合并单元的合并类层级。

[0048] Rule2:电压合并单元需停用相关保护后方可重启。至此,对于电压等级低于220kV的变电站而言,其开关智能单元和电压合并单元的二次设备异常隔离原则就已经基本完备。

[0049] Rule3:若涉及变电站的更高的电压等级,测控装置存在冗余、互备问题。因此在500kV等级的开关智能单元层级,智能开关异常将导致相关联开关保测装置采样异常,切换测控。

[0050] 与运维系统所处平台一致,语义网建模的相关工作也在C语言集成产生式系统 (C Language Integrated Production System,CLIPS) 平台进行实现。运用CLIPS面向对象方法,达到语义网模型中类和属性继承的效果。本实施例在CLIPS中的框架及具体实现如图6与图7所示。在CLIPS中所建立模型规则如下所示:

[0051] Rule1:

[0052]

(defrule withmu-and-withmu-general

(or

(object (is-a connected-relation)(Device1 ?equipmentwithmu1)(Device2 ?equipmentwithmu2))

(object (is-a connected-relation)(Device2 ?equipmentwithmu1)(Device1 ?equipmentwithmu1))) //设备建模与关系

分析

(or

?actionequip1 &lt;- (object (is-a EquipmentWithMu) (EquipmentName ?equipmentwithmu1) (PROT1 Down))

?actionequip1 &lt;- (object (is-a EquipmentWithMu) (EquipmentName ?equipmentwithmu1) (MU1 Down)))//判断规

则

(or

?actionequip2 &lt;- (object (is-a EquipmentWithMu) (EquipmentName ?equipmentwithmu2) (PROT2 Down))

?actionequip2 &lt;- (object (is-a EquipmentWithMu) (EquipmentName ?equipmentwithmu2) (MU2 Down)))//判断规

则

(or

(object (is-a EquipmentWithMu)(EquipmentName ?equipmentwithmu1)(MU1 Down))

(object (is-a EquipmentWithMu)(EquipmentName ?equipmentwithmu1)(MU2 Down)))//判断规则

(and

(object(is-a EquipmentWithMU)(EquipmentName ?equipmentwithmu1)(EquipmentStatus Running))

[0053]

(object(is-a EquipmentWithMU)(EquipmentName ?equipmentwithmu2)(EquipmentStatus Running)))//状态检测

=&gt;

(send ?actionequip1)

(send ?actionequip2) //确定动作设备

(send ?actionequip1 put-EquipmentStatus Down)

(send ?actionequip2 put-EquipmentStatus Down)//发送设备状态指令

)

[0054] Rule2:

[0055]

```

(Defrule onlyprot-and-withmu-connected
  (or
    (object (is-a connected-relation)(Device2 ?equipmentwithmu) (Device2 ?equipmentonlyprot))
    (object (is-a connected-relation)(Device1 ?equipmentwithmu) (Device1 ?equipmentonlyprot)))

  (or
    (and
      (object (is-a EquipmentOnlyPort)(EquipmentName ?equipmentonlyprot)PROT1 Down))
      (or
        ?actionequip <- (object(is-a
EquipmentWithMU)(EquipmentName ?equipmentwithmu)(PROT1 Down))
        ?actionequip <- (object(is-a EquipmentWithMU)(EquipmentName ?equipmentwithmu)(MU1
Down))
      )
    )
  )
  (object (is-a EquipmentWithMU)(EquipmentName ?equipmentwithmu)(EquipmentStatus Running))
=>
  (send ?actionequip print)
  (send ?actionequip put-EquipmentStatus Down)
)

```

[0056] Rule3:

[0057]

```

(defrule onlyprot-and-onlyprot-connected
  ?actionequip <-(object(is-a EquipmentOnlyPort)(EquipmentName ?equipmentname) (PROT1 Down))
  (object (is-a EquipmentOnlyPort)(EquipmentName ?equipmentname1) (PROT2 Down))
  (or
    (object(is-a connected-relation)(Device1 ?equipmentname)(Device2 ?equipmentname1))
    (object(is-a connected-relation)(Device2 ?equipmentname)(Device1 ?equipmentname2)))
  =>
  (send ?actionequip put-EquipmentStatus Down)
)

```

[0058] 综上所述,本发明提出了一种基于语义网的智能变电站运维专家系统知识库建模方法。从智能变电站设备配置、IED配置和通信配置三个层面设计了合理的专家系统知识库模型,使得各类设备间可以最大限度实现机器对知识的认知能力,提高了设备间的知识共享、规则共享能力及模型可扩展性;基于CLIPS平台对相关模型进行了验证,仿真验证结果表明,利用语义网使知识库的构造更加体系化,提高了知识库不同概念之间的逻辑性和统一性,从而提高了专家系统知识库扩展性和规则库规则复用率。

[0059] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

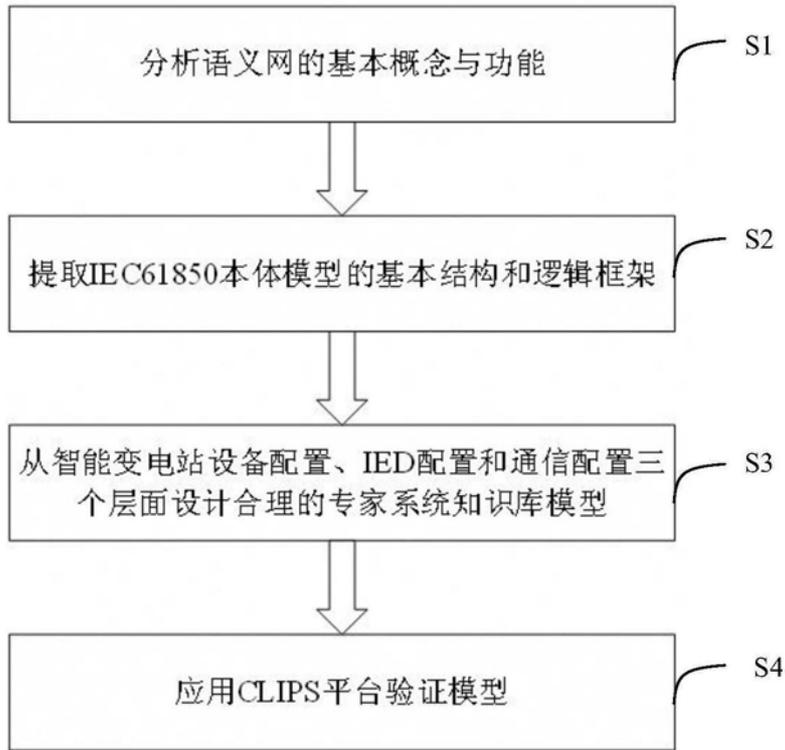


图1

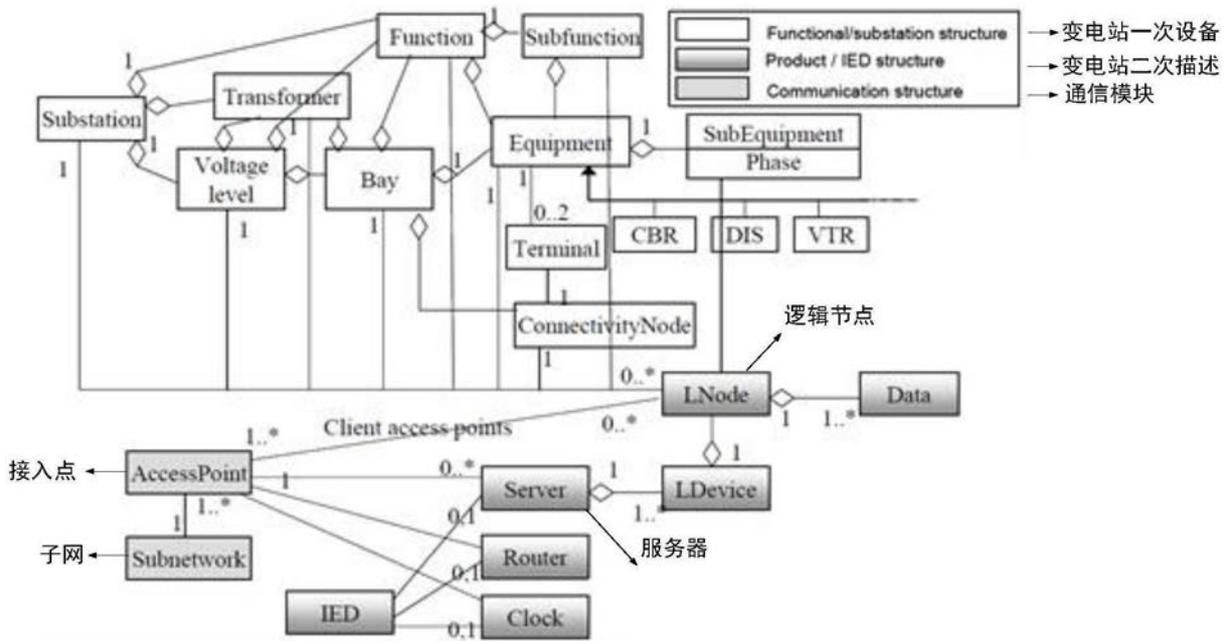


图2

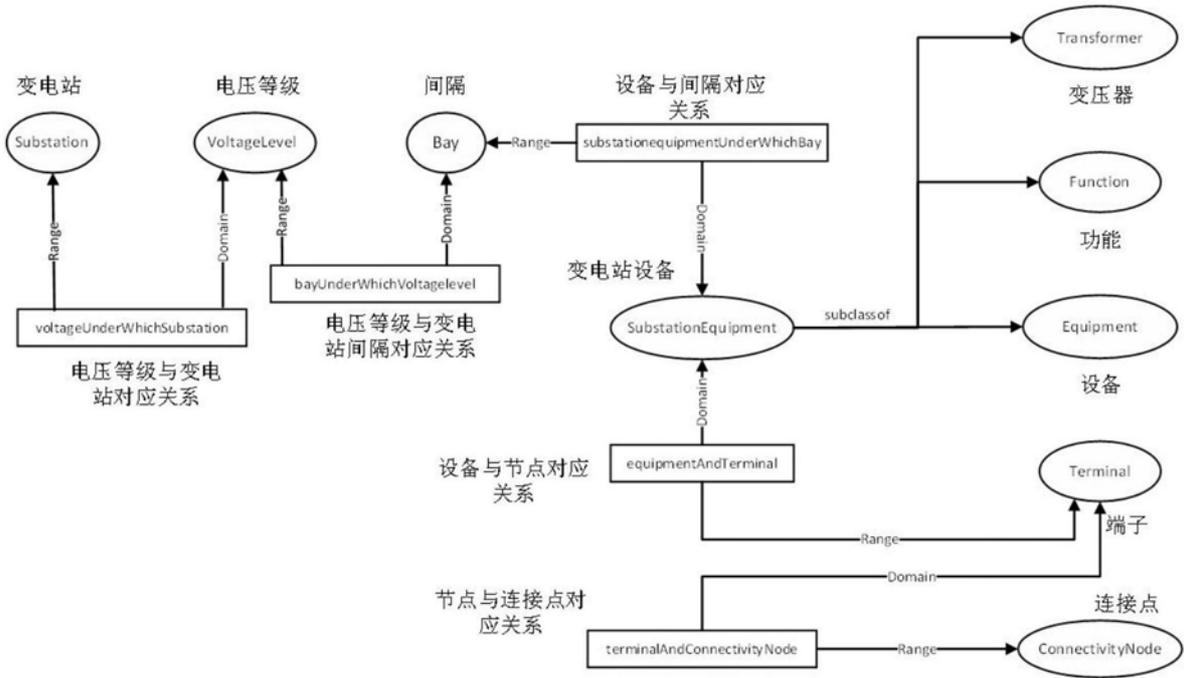


图3

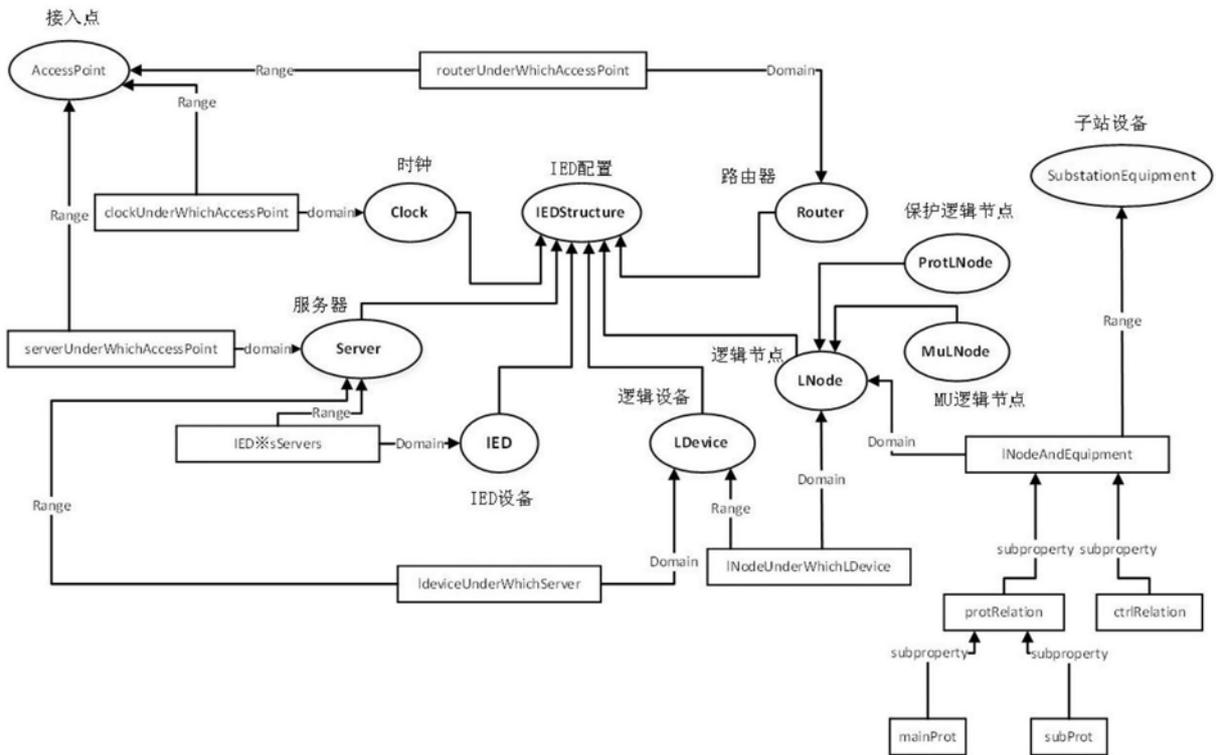


图4

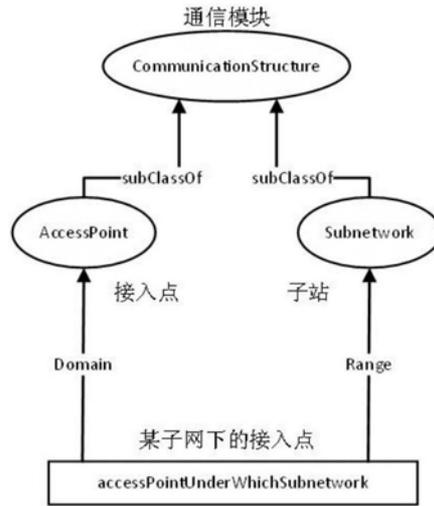


图5

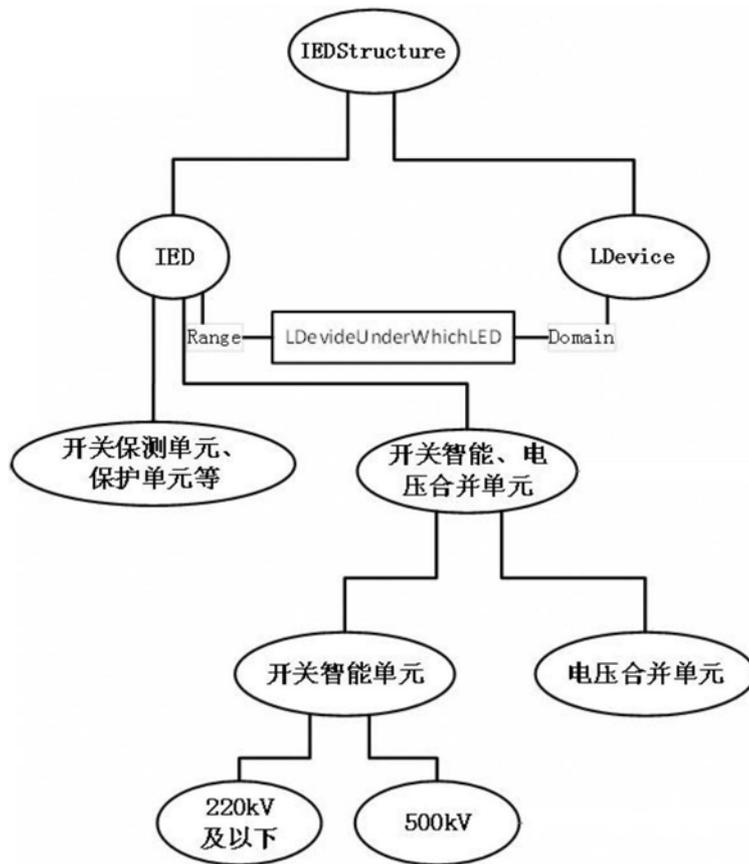


图6

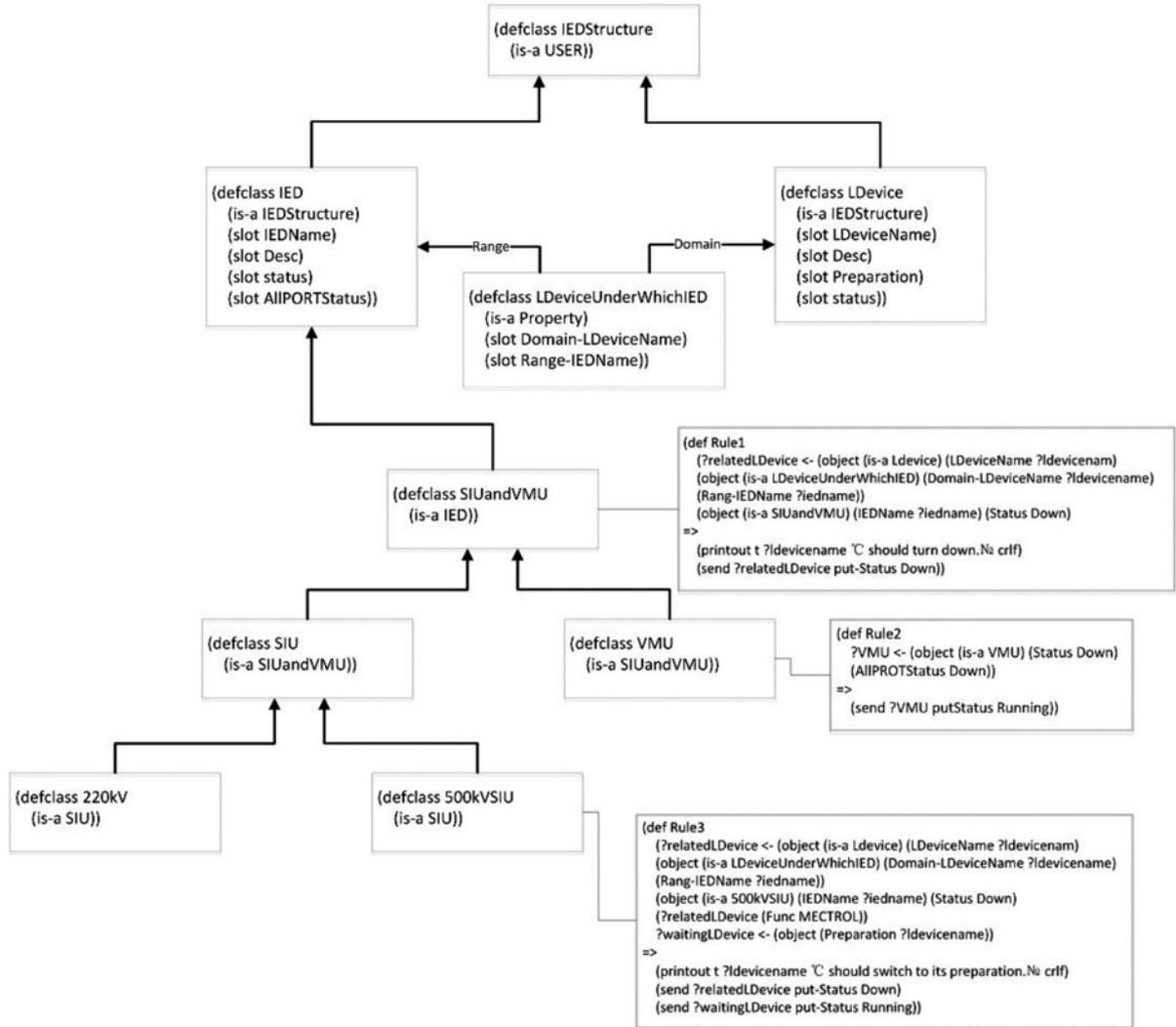


图7