

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102542513 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201210013995. 6

(22) 申请日 2012. 01. 17

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 刘东 于洋 陆一鸣 于文鹏

翁嘉明 凌万水

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 胡晶

(51) Int. Cl.

G06Q 50/06 (2012. 01)

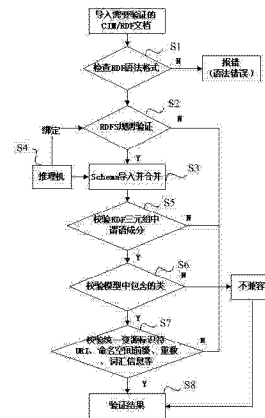
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于本体的电网公共信息模型的验证工具及其方法

(57) 摘要

一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具及其方法,提出从 CIM/XML 电网模型中解析出元数据信息,并与统一的标准信息模型做比对,分析模型的兼容性与语义一致性的模型验证系统;针对模型验证在语义方面的需求,提出采用 OWL 本体语言作为集成本体模型的描述语言,并提出了基于 CIM Schema 和 CIM Profile 的本体集成验证方法。本发明解决电网企业信息集成总线在语义规范上的缺陷,以及互操作过程中出现的模型不匹配问题,利于规范信息总线的语义,便于组件模型的管理与 CIM 的升级维护。



1. 一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具,其特征在于,包括:  
物理层,包括导入模块和解析模块;  
功能层,包括以下组成部分:  
本体解析转化模块,用于将导入的 CIM/XML 电网模型 RDF 转换为内存中的本体模型;  
查询模块,用于使用 SPARQL 语言完成所述 CIM/XML 电网模型的基本模型资源的查询检索;  
推理模块,用于根据导入的集成本体模型所采用的 OWL 语言,选择推理机,完成所述集成本体模型的推理,其中所述集成本体模型为公共信息模型验证模式 CIM Schema 和所述公共信息模型子集 CIM Profile 的本体知识层合并;以及  
验证模块,用于根据推理的语义逻辑信息,完成类、属性、统一资源标识符 URI、重数、词汇等方面的校验比对;以及  
用户层,包括用户界面模块和应用程序模块。
2. 如权利要求 1 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证工具,其特征在于,所述导入模块用于所述公共信息模型验证模式 CIM Schema 和所述公共信息模型子集 CIM Profile 的本体文档的导入;所述解析模块用于所述 CIM/XML 电网模型的基本模型和增量模型文件的解析,所述增量模型文件的解析是支持扩展模型的。
3. 如权利要求 1 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证工具,其特征在于,所述本体解析转化模块是用所述 OWL 语言描述的。
4. 如权利要求 1 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证工具,其特征在于,所述 OWL 语言包含三种子语言,为 OWL-LITE、OWL-DL 及 OWL-FULL。
5. 如权利要求 1 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证工具,其特征在于,所述用户界面模块用于实现所述 CIM/XML 电网模型的解析结果、验证结果、验证模式的显示;所述应用程序模块用于所述 CIM/XML 电网模型的解析结果、验证结果、验证模式的管理,以及文档的导入导出功能。
6. 一种基于本体的电网公共信息模型的验证方法,其特征在于,包括以下步骤:  
步骤 1:导入 CIM/XML 电网模型的基本模型进行解析,并校验所述 CIM/XML 电网模型的基本模型的 RDF 语法格式,若结果为否,则报出语法错误提示;  
步骤 2:将所述 CIM/XML 电网模型的基本模型在内存中转换为本体模型,导入定制的 RDFS 规则文档,完成 RDFS 模式验证,检查所述本体模型是否符合 RDFS 定义的通用规则;  
步骤 3:导入公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile,并完成所述公共信息模型验证模式 CIM Schema 和所述公共信息模型子集 CIM Profile 的知识层合并,生成一个集成本体模型;  
步骤 4:根据所述集成本体模型所采用的 OWL 语言,绑定推理机;  
步骤 5:遍历所述 CIM/XML 电网模型的基本模型中的谓语成分,并在所述集成本体模型 InfGraph 中查找所述谓语成分,若找不到所述谓语成分,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤 6;  
步骤 6:遍历所述 CIM/XML 电网模型的基本模型中引用的 CIM 类,在所述集成本体模型 InfGraph 中查找是否具有所述 CIM 类,若找不到所述 CIM 类,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤 7;

步骤 7:遍历统一资源标识符 URI、命名空间前缀、重数、词汇等信息,若找不到所述些信息,则重复所述步骤 5,所述步骤 6,若找到则执行下述步骤 8;

步骤 8:汇总生成的所述不兼容信息,生成验证结果文档。

7. 如权利要求 6 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证方法,其特征在于,所述本体模型由 OWL-FULL 语言描述,绑定基于 RDFS 规则的推理机。

8. 如权利要求 6 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证方法,其特征在于,所述谓词成分为引用的 CIM 模型的属性信息。

9. 如权利要求 6 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证方法,其特征在于,所述公共信息模型验证模式 CIM Schema 和所述公共信息模型子集 CIM Profile 用 OWL 语言描述。

10. 如权利要求 6 所述的基于本体的电网公共信息模型的验证方法,其特征在于,所述 OWL 语言包含三种子语言,为 OWL-LITE、OWL-DL 及 OWL-FULL。

## 基于本体的电网公共信息模型的验证工具及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统信息集成领域,本发明是有关一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具及其方法。

### 背景技术

[0002] 随着城市配电网规模的不断扩大,电力企业应用需求增加,应用系统间存在大量信息交换,然而各部门开发的应用系统,其信息模型大多按照各自需求建立,缺少统一接口规范,内部功能交叉重叠且数据格式不统一,造成大量冗余,如何实现业务信息的无缝集成,成为了目前电力企业信息化过程中的热点问题。

[0003] 国际电工委员会(IEC)制定了 IEC 61970/61968 系列标准,其中 IEC 61970 主要定义了公共信息模型(CIM, Common Information Model),解决了信息交换的语义问题,为各个应用提供了与平台无关的统一电力系统逻辑描述。IEC 61968-11 则针对配电网的业务需求,对 CIM 进行了扩展,定义了配网各应用的信息模型。国内外进行了数次互操作实验,也充分验证了 CIM 模型的可行性。

[0004] 以往针对电网模型的互操作试验都是采用 CIM/XML (基于 CIM 的 RDF 应用) 文件实现模型的导入与导出,一旦出现模型错误或者不匹配则导致数据交互失败。例如不同厂家采用不同版本的 CIM 模型、针对业务需求进行私有扩展且双方未协商等,这些都会造成互操作双方语义难以辨识,引发错误。当然也有可能因为导入的数据出现业务逻辑错误(例如电网拓扑连接错误)而出错。但是以往的模型解析与数据导入往往是绑定在一起的,这种绑定模式不利于发现其错误来源,因此,互操作过程需要一种能够校验模型本身错误的验证器。

[0005] 另外随着电力信息标准化的逐步开展,电力企业开始构建基于企业服务总线(Enterprise Service Bus, ESB)的信息集成架构。然而以往的总线模式只是规范了总线消息的语法格式,并没有对语义模型进行约束,导致总线上传递的信息模型混乱,因此从规范总线语义的角度出发,有必要在总线上部署模型验证服务。元数据层的语义校验需要描述元数据的语言具有强大的表达能力,以及一定的推理能力,近些年在语义网研究领域,本体(Ontology)技术得到了较快的发展。而本体出色的语义表达能力可以很好的满足我们语义验证的需求。本体是共享概念化的、显式的、形式化的说明。应用系统可以使用本体显式声明它们所包含的知识,这对于语义的建模非常有用。其代表性的语义表示语言(本体语言)有: RDF 和 RDF 模式(RDF Schema, RDFS), OIL, DAML+OIL 和 OWL。IEC 61970 建议采用 RDFS 规范 XML 文档的词汇表,但对于语义网来说, RDF/RDFS 并不是一个合适的基础,它在充分描述资源方面的能力太弱,而且缺乏对术语含义进行逻辑约束的机制,因此在语义表达能力上明显不足,因此无法满足模型验证的语义需求。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提出一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具及其方法,

解决传统互操作试验、以及电力企业信息集成过程中出现的问题,以利于规范电力企业信息集成总线的语义,实现多系统信息集成与交互,为建设坚强统一的智能电网打下坚实的集成基础。

[0007] 为了实现上述目的,本发明提出一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具,包括以下组成部分:

A. 物理层:包括导入模块和解析模块,所述导入模块用于公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile 的本体文档的导入;所述解析模块用于 CIM/XML 电网模型的基本模型(Base Model)和增量模型(Incremental Model)的解析,所述增量模型文件的解析是支持扩展模型的。

[0008] B. 功能层:包括本体解析转化模块、查询模块、推理模块以及验证模块。其中所述本体解析转化模块将导入的 CIM/XML 电网模型 RDF 转换为内存中的本体模型,所述本体解析转化模块是用 OWL 语言描述的;所述查询模块使用 SPARQL 语言完成 CIM/XML 电网模型的资源查询检索;所述推理模块根据导入的集成本体模型所采用的本体描述语言,选择合适的推理机完成本体知识层的推理,其中所述集成本体模型为公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile 的本体知识层信息融合形成的,所述本体描述语言为 OWL 子语言;所述验证模块根据推理的语义逻辑信息,完成类、属性、统一资源标识符 URI、重数(Cardinality)、词汇(Vocabulary)等方面的校验比对。

[0009] C. 用户层:包括用户界面模块和应用程序模块。所述用户界面模块用于实现 CIM/XML 电网模型解析结果、验证结果、验证模式的显示;所述应用程序模块用于 CIM/XML 电网模型解析结果、验证结果、验证模式的管理,以及文档的导入导出功能。

[0010] 本发明涉及原理如下:

一个具体的 CIM/XML 电网模型文件是将 CIM 语义信息模型及其扩展,映射为包含电力系统模型信息的 CIM/RDF 应用,因此它必须遵循 CIM 语义以及子集(Profile)的约束机制。在对 CIM/XML 电网模型进行校验时,需要构建基于公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile 的本体作为比较的对象,从而找出模型层(即元数据层)的语义差异。考虑到 RDFS 在语义表达能力,和逻辑推理方面的不足,采用 OWL 语言来描述公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile。其中 OWL 语言又包含三种子语言,为 OWL-LITE、OWL-DL 及 OWL-FULL,根据各子语言的特点,从信息交换需求的角度出发,选择合适的子语言描述本体模型。

[0011] 在内存中完成模型的元数据语义校验,首先需要实现公共信息模型模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile 的本体的知识层信息融合,生成一个集成本体模型(InfGraph);然后根据所述集成本体模型所采用的描述语言,绑定合适的推理机,完成知识层的推理;最后遍历 CIM/XML 电网模型的元数据信息,并在所述集成本体模型中完成查询。

[0012] 为了实现上述目的,本发明还相应提出一种基于本体的电网公共信息模型的验证方法,包括以下步骤:

(1) 导入需要验证的 CIM/XML 电网模型进行解析,并校验 CIM/XML 电网模型 RDF 语法格式,若结果与否,则报出语法错误提示;

(2) 将 CIM/XML 电网模型在内存中转换为本体模型,导入定制的 RDFS 规则文档,完成

RDFS 模式验证,检查所述本体模型是否符合 RDFS 定义的一些通用规则,所述本体模型用 OWL-FULL 语言描述,绑定基于 RDFS 规则的推理机;

(3) 导入用 OWL 语言描述的公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile,并完成两个本体的知识层合并;

(4) 根据公共信息模型验证模式 CIM Schema 所采用的本体描述语言,绑定合适的推理机(如基于 OWL-DL 规则的推理器);

(5) 遍历 CIM/XML 电网模型中的谓语成分(即引用的 CIM 模型的属性信息),并在集成本体模型 InfGraph 中查找所述谓语成分,若找不到所述谓语成分,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤(6);

(6) 遍历 CIM/XML 电网模型中引用的 CIM 类,在集成本体模型 InfGraph 中查找是否具有所述 CIM 类,若找不到所述 CIM 类,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤(7);

(7) 遍历统一资源标识符 URI、命名空间前缀、重数、词汇等信息,若找不到该信息,则重复所述步骤(5)和所述步骤(6),若找到则执行下述步骤(8);

(8) 汇总在验证中生成的所述不兼容信息,生成验证结果文档。

[0013] OWL 作为 W3C 推荐的标准,是其所倡导的语义网核心技术之一,被公认为未来的 Web 本体语言标准。OWL 位于 RDFS 的上层,基于 RDFS 语法和本体原语(类等),增加了更加丰富的原语集(传递、基数等)以及描述类与属性的域结构。

[0014] 总体来说,本发明就是从实际的 CIM/XML (公共信息模型 Common Information Model/可扩展标记语言 extensible markup language) 电网模型中解析出元数据信息,并与统一的标准信息模型(公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile) 做比对,分析模型的兼容性与语义一致性;针对模型验证在语义方面的需求,提出采用 OWL 本体语言作为集成本体模型的本体描述语言,并提出了基于公共信息模型验证模式 CIM Schema 和公共信息模型子集 CIM Profile 的本体集成验证方法。这种方法能够充分利用本体技术在语义表达以及逻辑推理方面的优势,实现电网模型 CIM/XML 元数据层的语义识别与验证。

[0015] 与现有技术相比,本发明的优点如下:

1、本发明解决电网企业信息集成在语义规范上的不一致以及互操作过程中出现的模型不匹配问题,便于组件模型的管理与 CIM 的升级维护,可以为电力运营商在规范企业级消息总线、维护各系统厂商模型一致性方面提供很好的支撑。

[0016] 2、本发明提出的校验机制基于本体语言 OWL,从底层语义级实现对模型的验证,即可以实现基于 CIM 全模型(OWL-Full 描述)的验证模式,也可以实现子集 Profile 的验证模式。

[0017] 3、本发明提出的模型验证工具,即可以实现总线上部署模型验证服务,对总线信息模型进行在线一致性验证,也可以离线对交换的模型和消息进行一致性验证。

## 附图说明

[0018] 图 1 为本发明的模型验证原理图;

图 2 为本发明的总体架构图;

图 3 为本发明的具体流程图。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施例对本发明作出详细的说明,但下述实施列并非用于限定本发明。

[0020] IEC 61968/70 系列标准定义的公共信息模型 CIM 为电力系统提供了一套公共的元数据语义,而模式(Schema)则用某种数据描述语言来描绘元数据与元数据之间的相互关系。子集(Profile)是针对特定的业务需求从模式(Schema)中选择一组类、属性以及关系的集合,并对关系进行了约束规范。一个具体的 CIM/XML 文件是将 CIM 语义信息模型及其扩展,映射为包含电力系统模型信息的 CIM/RDF 应用,因此它必须遵循 CIM 语义以及子集(Profile)的约束机制。

[0021] 因此,本发明提出的模型验证就是将 CIM/XML 中包含的元数据信息,与标准的信息模型(CIM 模型及其扩展)做比对,分析模型的兼容性与语义一致性。例如下面是一段采用 OWL-Full 语言描述的配网公共需求子集 CDPSM(Common Distribution Power System Model)。

```
[0022] <rdf:Description rdf:about="#Terminal">
    <rdfs:subClassOf rdf:nodeID="7fc4"/>
    ...
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2009/
CIM-schema-cim14#Terminal"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:nodeID="7fc4">
    <owl:minCardinality rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema#int">1</owl:minCardinality>
    <owl:onProperty rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#Id
entifiedObject.name"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Restriction"/>
</rdf:Description>
```

上述这一段,对端子 Terminal 的属性 IdentifiedObject.name 做了约束,最小基数为 1,即要求端子 Terminal 的实例必须包含该属性信息。因此如果 CIM/XML 中的一个端子 Terminal 实例没有这个属性,验证引擎就会捕捉到这一错误,提示某实例缺少 IdentifiedObject.name 属性。

[0023] 参看图 1,图 1 是本发明的模型验证原理,具体如下:

考虑到实际的 CIM/XML 电网模型,必须遵循其统一制定的标准 CIM 语义以及子集(Profile)的约束机制。因此在对 CIM/XML 电网模型 1 进行校验时,需要构建基于公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3 的集成本体模型 5 作为比较的对象,从而找出模型层(即元数据层)的语义差异。由于 RDFS(Resource Description Framework Schema,用于定义元数据属性元素,以描述资源的一种定义语言)在语义表达能力,和逻辑推理方面较弱,需要采用 OWL 网络本体语言来描述公共信息模型验证模式

CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3。其中 OWL 语言又包含三种子语言 (OWL-LITE、OWL-DL 及 OWL-FULL), 根据各子语言的特点, 从信息交换需求的角度出发, 选择合适的子语言描述本体模型。最后将基于本体的公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3 导入并合并, 通过模型验证引擎 4 完成 CIM/XML 电网模型 1 与统一的标准信息模型的校验比对, 并导出不兼容信息。

[0024] 其中该验证引擎的实施步骤为:

- a) 将公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3 导入, 并转化为内存本体模型;
- b) 实现所述这两个模型的知识层信息融合, 生成一个集成本体模型 5InfGraph;
- c) 根据该集成模型 5InfGraph 所采用的描述语言, 绑定合适的推理机, 基于推理规则, 完成知识层的推理;
- d) 遍历 CIM/XML 电网模型 1 的元数据信息, 并在集成本体模型 InfGraph5 中完成查询;
- e) 导出不兼容信息。

[0025] 参看图 1 和图 2, 图 2 为本发明的一种基于本体的电网公共信息模型的验证工具的总体架构图, 包括:

A. 物理层 21: 用于完成文档的导入和解析, 包括导入模块 211 和解析模块 212, 所述导入模块 211 用于公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和公共信息模型子集 CIM Profile3 的本体文档的导入; 所述解析模块 212 用于 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型 (Base Model) 和增量模型 (Incremental Model) 的解析, 所述增量模型文件的解析是支持扩展模型的。

[0026] B. 功能层 22: 包括本体解析转化模块 221、查询模块 222、推理模块 223 以及验证模块 224。其中本体解析转化模块 221 将导入的 CIM/XML 电网模型 1 RDF 转换为内存中的本体模型 (用 OWL 语言描述); 查询模块 222 使用 SPARQL 语言完成 CIM/XML 电网模型 1 资源的查询检索; 推理模块 223 用于根据导入的集成本体模型 5 所采用的 OWL 语言, 选择推理机, 完成所述集成本体模型 5 的推理, 其中所述集成本体模型 5 为公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3 的本体知识层合并, 所述 OWL 语言包含三种子语言, 为 OWL-LITE、OWL-DL 及 OWL-FULL; 验证模块 224 根据推理的语义逻辑信息, 完成类、属性、统一资源标识符 URI、重数 (Cardinality)、词汇 (Vocabulary) 等方面的校验比对。

[0027] C. 用户层 23: 包括用户界面模块 231 和应用程序模块 232。所述用户界面模块 231 用于实现 CIM/XML 电网模型解析结果、验证结果、验证模式的显示; 所述应用程序模块 232 用于 CIM/XML 电网模型解析结果、验证结果、验证模式的管理, 以及文档的导入导出功能。

[0028] 参看图 3, 图 3 为本发明的一种基于本体的电网公共信息模型的验证方法的具体流程图, 流程包括以下步骤:

S1: 导入 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型进行解析, 并校验所述 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型的 RDF 语法格式, 若结果为否, 则报出语法错误提示;

S2: 将所述 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型在内存中转换为本体模型 (OWL-FULL 语言描述, 绑定基于 RDFS 规则的推理机), 导入定制的 RDFS 规则文档, 完成 RDFS 模式验证, 检查



所述本体模型是否符合 RDFS 定义的一些通用规则；

S3:导入用 OWL 语言描述的公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和公共信息模型子集 CIM Profile3,并完成所述公共信息模型验证模式 CIM Schema2 和所述公共信息模型子集 CIM Profile3 的知识层合并,生成一个集成本体模型 5；

S4:根据所述集成本体模型 5 所采用的 OWL 语言,绑定推理机(如基于 OWL-DL 规则的推理器)；

S5:遍历所述 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型中的谓语成分(即引用的 CIM 模型的属性信息),并在所述集成本体模型 5InfGraph 中查找所述谓语成分,若找不到所述谓语成分,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤(6)；

S6:遍历所述 CIM/XML 电网模型 1 的基本模型中引用的 CIM 类,在所述集成本体模型 5InfGraph 中查找是否具有所述 CIM 类,若找不到所述 CIM 类,则报出一则不兼容信息,若找到则执行下述步骤 7；

S7:遍历出统一资源标识符 URI、命名空间前缀(Namespace Prefix)、重数(Cardinality)、词汇(Vocabulary)等信息,若找不到该信息,则重复步骤(5)、(6),若找到则执行步骤(8)；

S8:汇总在验证中生成的不兼容信息,生成验证结果文档。

[0029] 综上所述,本发明能够解析 CIM/XML 电网模型(包含扩展模型)以及增量模型,并对 CIM/XML 电网模型提供元数据层语义验证,从而便于规范企业集成总线的语义,利于组件模型的管理与维护以及 CIM 版本的升级。

[0030] 对本领域内的技术人员来说,在不脱离本发明的实质范围内,对上述实施例进行适当的替换或修改都将落在本发明权利要求的范围内。示例性的实施仅仅是例证性的,而不是对本发明的限定,本发明的范围由所附的权利要求所定义。

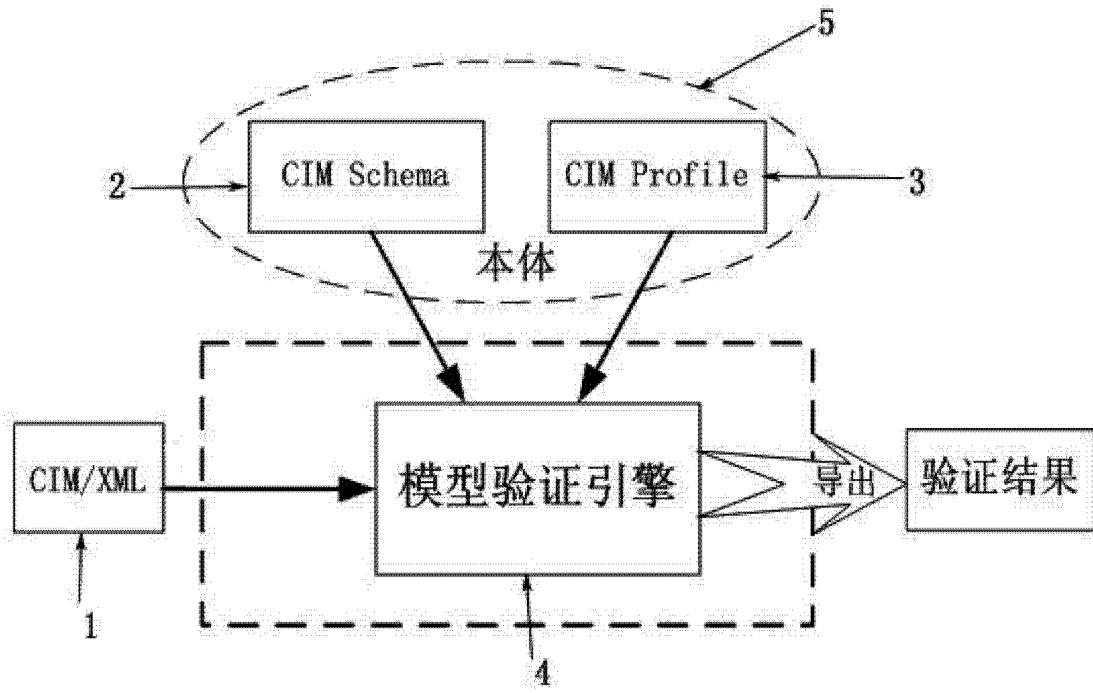


图 1

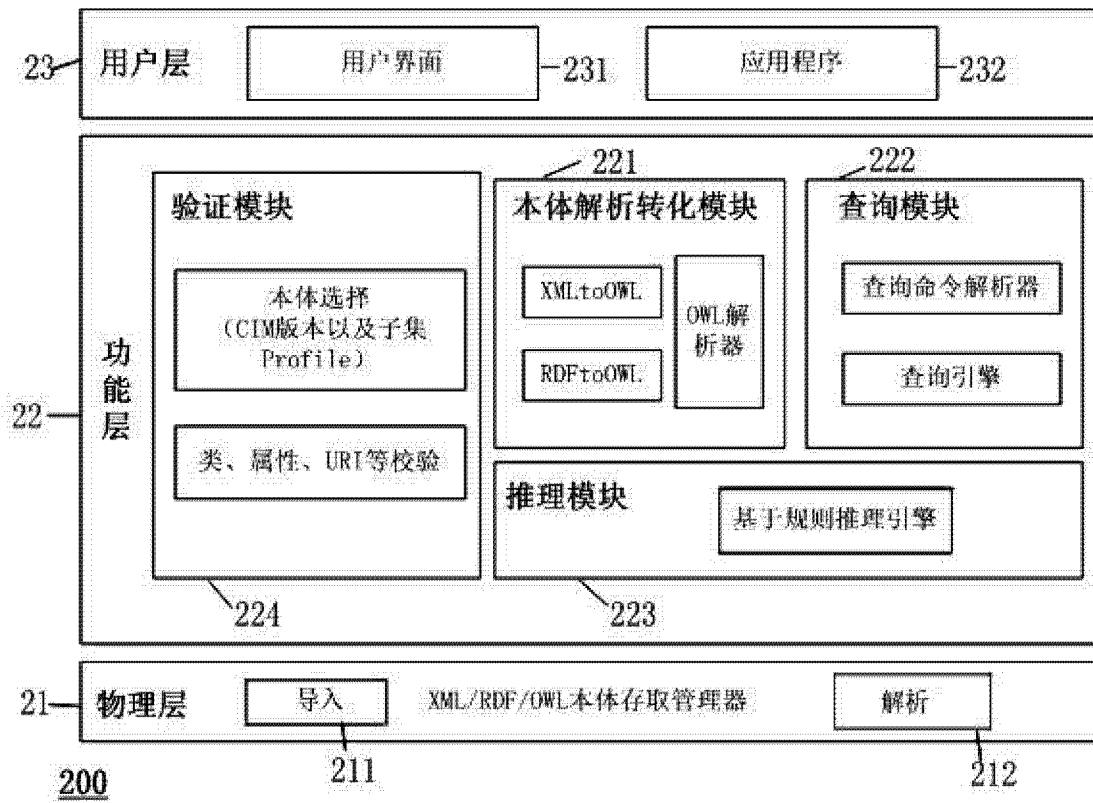


图 2

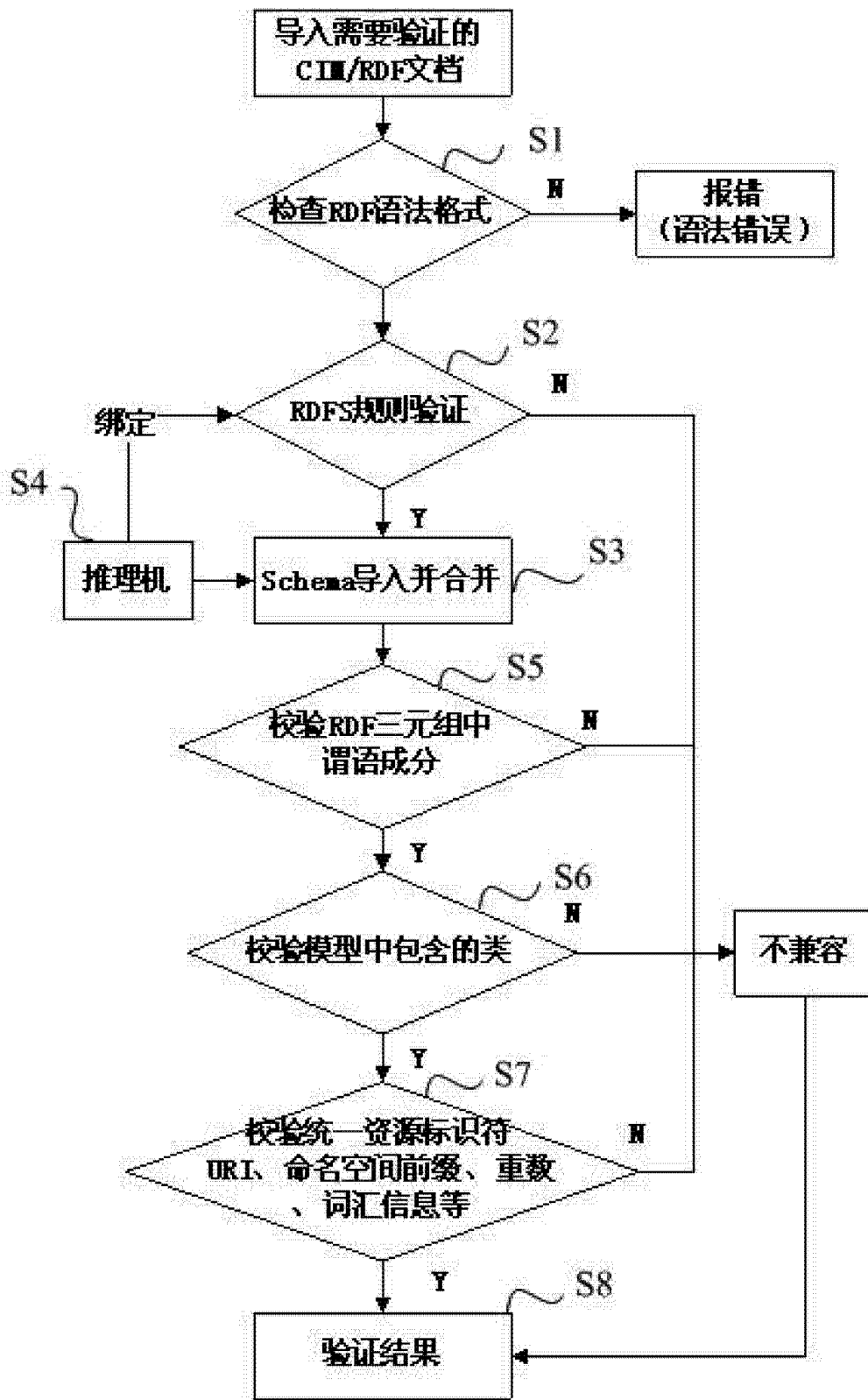


图 3