

语义传感器 Web 中传感器本体的构建及应用^①

王海渊¹, 张雅涵², 黄佳进¹, 李淮周¹, 黄智生^{1,3}, 钟宁^{1,4}

¹(北京工业大学 信息学部, 北京 100124)

²(河北省对外服务总公司秦皇岛外企服务中心, 秦皇岛 066000)

³(阿姆斯特丹自由大学 知识表示和推理组, 阿姆斯特丹 1081 HV)

⁴(前桥工科大学 生命科学与信息系, 前桥 371-0816)

通讯作者: 王海渊, E-mail: wang_hai_yuan@163.com

摘要: 语义传感器 Web 的出现为物联网中传感器系统间的数据互操作、信息共享和知识融合提供了实现方式, 传感器本体的构建则是实现这些功能的前提. 本文在参考万维网联盟提出的语义传感器网络本体的基础上, 对传感器及配套的数据采集仪构建了对应的本体, 为传感器系统提供了有效的知识组织模型. 通过建立的传感器和数据采集仪本体, 可以实现传感器的自动分类管理, 设定推理规则后可以提供传感器和采集仪间的配接推荐, 提高检测现场多传感器系统设计的效率和可靠性, 将领域知识应用到系统设计和管理中. 最后以具体的传感器实例对推理规则进行了测试, 结果满足应用要求.

关键词: 传感器本体; 物联网; 传感器; SSN 本体; 语义传感器 Web

引用格式: 王海渊, 张雅涵, 黄佳进, 李淮周, 黄智生, 钟宁. 语义传感器 Web 中传感器本体的构建及应用. 计算机系统应用, 2018, 27(10): 80-84. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6574.html>

Construction and Application of Sensor Ontology in Semantic Sensor Web

WANG Hai-Yuan¹, ZHANG Ya-Han², HUANG Jia-Jin¹, LI Huai-Zhou¹, HUANG Zhi-Sheng^{1,3}, ZHONG Ning^{1,4}

¹(Faculty of Information Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

²(Qinhuangdao Foreign Enterprise Service Center, Hebei Provincial Foreign Service Corporation, Qinhuangdao 066000, China)

³(Knowledge Representation and Reasoning Group, Vrije University Amsterdam, Amsterdam 1081 HV, Netherlands)

⁴(Department of Life Science and Informatics, Maebashi Institute of Technology, Maebashi 371-0816, Japan)

Abstract: The emergence of semantic sensor Web provides a way for realizing data interoperability, information sharing, and knowledge fusion among the different sensor systems in the Internet of Things (IoT). In this study, taking some sensors and corresponding data acquisition instruments as examples, the ontology based on the Semantic Sensor Network (SSN) proposed by World Wide Web Consortium is designed for providing the meaning background information and the knowledge organization about the sensor systems on the Web. Automatic classification management is realized by using this ontology, and the collection between the sensors and the instruments can be recommended according to the reasoning rules. The efficiency and the reliability of system are improved, and the domain knowledge can be also combined into the system. Finally, the reasoning rules are tested with the specific sensor example and the results meet the application requirements.

Key words: sensor ontology; Internet of Things (IoT); sensor; Semantic Sensor Network (SSN); semantic sensor Web

① 基金项目: 国家自然科学基金 (61420106005)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (61420106005)

收稿时间: 2018-03-02; 修改时间: 2018-03-22; 采用时间: 2018-04-02; csa 在线出版时间: 2018-09-28

当前信息技术高度发展,以太网、Wi-Fi 和 3G/4G 等各种 Internet 接入方式使得一些基于物联网 (Internet of Things, 简称 IoT) 的应用在不断地出现. 新兴的智慧城市就是以物联网为基础,通过对城市中各部分进行动态监测、分析、整合和利用,实现对城市中生活环境的透彻感知、城市资源的全面调控、城市中各个部分协调配合,使得城市方方面面便捷运作、人和城市之间和谐共赢等的新型城市^[1]. 然而目前智慧城市中各个传感器系统往往是获取数据后提供给专业人员,不能进行系统之间的交流沟通以及数据间的共享,形成了一座座数据的孤岛^[2,3],同时 Web 中相关的传感器资源、既有的领域知识也很难与应用系统相结合. 针对这些问题,将语义 Web 中数据的管理及知识的表达方式应用于传感器领域,而形成了语义传感器 Web 这一交叉应用^[4]. 语义传感器 Web 是将语义技术与物联网中大量传感器关联起来,提供有效的数据和知识的表示、管理和共享技术手段,使得工程师或应用程序不仅仅可以利用 Web 中各传感器系统的数据^[5],而且也可以融合 Web 中的各种资源.

1 传感器领域本体

本体或本体论 (Ontology) 是概念化的显示规范,是对领域知识的概念化、规范化的表达^[6],其主要解决知识共享以及知识表达的规范化问题,可以形成统一的知识体系^[7]. 通过本体,不同的人或应用程序之间可以共享一组有结构的信息,并达成理解上、知识上的共识,本体可以作为通信的媒介,以辅助获取、表达和操作领域知识^[8]. 2009 年万维网联盟 (World Wide Web Consortium, 简称 W3C) 成立了语义传感器网络 (Semantic Sensor Network, 简称 SSN) 工作组,开发描述传感器和传感器网络特性的本体,制定面向传感器网络服务应用的语义标注语言,并通过传感器发现技术的应用,展现传感器技术和语义技术相结合的巨大优势和现实意义^[9].

SSN 本体建立了传感器感测相关领域的基本概念和关系,然而其直接应用于 Web 中传感器系统还存在以下的不足:

- 1) 没有具体传感器的类型,需要用户根据应用领域的不同融合领域知识,自行扩展;
- 2) 传感器只有概念上的描述,对于传感器的组成

结构和功能部件缺乏必要的说明. 这样一些由多种感测元件组成的复合传感器,其内部感测元件间的关系就无法说明.

由以上分析可知,每一类传感器往往有其适用的条件,要进一步优化、细化,满足特定领域的应用需求,是在语义 Web 中描述传感器系统的关键.

2 基于 SSN 的传感器系统本体

2.1 传感器系统概念的划分

整个传感器系统是一般由各种传感器 (包括敏感元件)、数据采集仪、数据传输网络以及各种软件子系统组成. 图 1 对可以接入 Internet 的传感器系统的组成进行了划分,主要由传感器、数据采集仪、传输网络和服务器组成^[10].

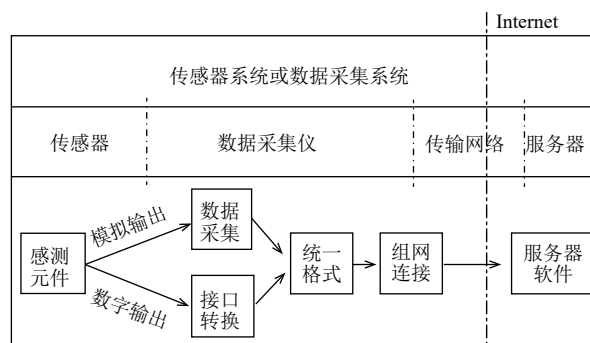


图 1 传感器系统中相关概念的划分

2.2 传感器本体

传感器 (Sensor) 在维基百科中的定义是能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置. 传感器本体主要是抽象和建模所使用的传感器,标准化传感器的种类、功能、性能指标等^[11]. 因此,传感器类的定义如式 (1) 所示:

$$\text{Sensor} \equiv \text{Device} \cap \forall \text{measure. Phenomenon} \cap \exists \text{hasOutput. SensorOutput} \quad (1)$$

其中, Object 属性 *hasOutput* 表明传感器需要具有输出,其对象为类型 *SensorOutput*. 定义 *SensorOutput* 用于表示传感器输出的信号特征,不同的传感器有不同的输出信号,因此需要构建 *SensorOutput* 的子类.

Object 属性 *measure* 表明测量的为一种现象 (Phenomenon),且测量也是输入属性的一种 (*measure* \sqsubseteq *hasInput*). 现象 (Phenomenon) 是传感器可以感知的物理世界的状态或事件,如温度、速度、加速

度等. 传感器输入 (SensorInput) 类, 是物理世界的所有现象或事件的一个子集, 如式 (2) 所示.

$$\text{SensorInput} \equiv \{\text{Strain} \cup \text{Temperature} \cup \dots \cup \text{Acceleration}\} \subseteq \text{PhysicalQuantity} \subseteq \text{Phenomenon} \quad (2)$$

根据其中测量类型的不同的, 传感器可进一步细分. 例如, 测量加速度的加速度计 (Accelerometer)、测量温度的温度计 (Thermometer) 等等.

2.3 数据采集仪本体

数据采集仪是整个系统中必不可少的环节, 这里数据采集仪不仅仅包括 A/D 的功能, 数据传输和传感器网络的连接也是数据采集仪本体描述的范围. 每种类型的传感器应用上都应该有采集仪与之匹配或集成. 数据采集仪 (Data Acquisition Instrument, 简称 DAI) 类为能够获取传感器输出信号, 并可以提供特定输出信号格式的设备 (Device), 其定义如式 (3) 所示.

$$\text{DAI} \equiv \text{Device} \cap \exists \text{hasOutput}.\text{DAIOutput} \cap \forall \text{hasInput}.\text{SensorOutput} \quad (3)$$

不同类型的传感器往往需要配接不同类型的数据采集仪, 如加速度数据采集仪 (AccelerationDAI) 类定义为可配接加速度传感器的数据采集仪如式 (4) 所示.

$$\text{AccelerationDAI} \equiv \text{DAI} \cap \exists \text{hasInput}.\text{AccelerometerOutput} \quad (4)$$

2.4 数据接口本体

对于构成传感器数据采集系统的各个环节来说, 各个功能模块接口间的匹配是保障系统正常、稳定工作的必要条件. 接口类的主要层次结构如图 2 所示. 接口类 (Interface) 由模拟接口 (AnalogInterface) 和数字接口 (DigitalInterface) 两部分组成. 模拟接口需根据实际输出情况定义 Data 属性, 例如幅度、频率、输出阻抗等电气特性, 而数字接口则可以根据数字协议进一步划分子类, 如 SPI、USB、UART 等.

$$\text{Interface} \equiv \{\text{AnalogInterface} \cup \text{DigitalInterface}\} \quad (5)$$

对于传感器的输出类 SensorOutput、采集仪的输入类 DAInput 和采集仪的输出类 DAIOOutput 都属于 Interface 的一个子集.

3 基于本体推理的应用

3.1 设备自动分类管理

本体的推理是语义 Web 应用中不可或缺的内容之一, 使用本体推理可以推理出潜在的或被人们忽视

的知识^[12,13]. 利用知识推理对设备进行分类, 有助于在大规模、复杂网路环境下对 Web 中的传感器资源进行统一管理^[14]. 尤其当前许多传感器、采集仪等产品信息都以网页的形式展现, 从 Web 中抓取的产品信息, 往往只具有碎片式的信息, 通过基于本体概念以及定义规则的推理, 可以实现产品的合理分类, 方便用户的选型, 提高效率. 例如, 从一些网站上可以抓取某个传感器所包含的敏感元件, 传感器包含敏感元件就必然会能检测敏感元件所能检测的物理量. 因此, 定义 SWRL (Semantic Web Rule Language) 规则^[15]实现该逻辑推理, 如式 (6) 所示.

$$\text{Rule 1} : \text{hasDetector} (?x, ?y) \wedge \text{measure} (?y, ?z) \rightarrow \text{measure} (?x, ?z) \quad (6)$$

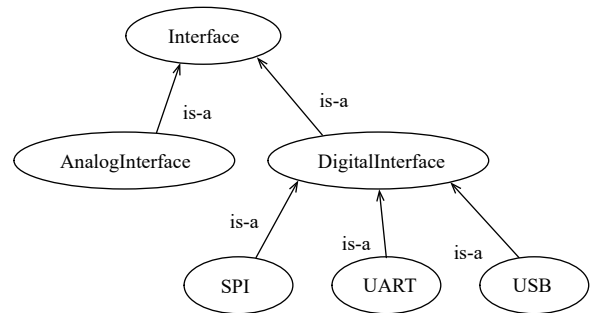


图 2 接口类主要层次类型

3.2 系统配接关系推荐

在设计传感器系统时, 传感器的选型和采集仪的选配往往是一项繁重的工作. 一旦进行了错误的配接, 不仅仅影响系统工作, 而且往往会烧毁传感器或数据采集仪.

定义规则 Rule 2 用于推理采集仪和传感器的配接关系, 如式 (7) 所示.

$$\text{Rule 2} : \text{Sensor} (?x) \wedge \text{hasOutput} (?x, ?y) \wedge \text{DAI} (?z) \wedge \text{hasInput} (?z, ?y) \rightarrow \text{canBeConnected} (?x, ?z) \quad (7)$$

在建立的传感器和采集仪本体基础上, 针对具体应用中提出的测量参数可推荐用于当前测量参数的传感器及采集仪的选型, 方便系统工程师设计传感器系统, 具体实施流程如图 3 所示.

4 实验测试

测试实验中, 从传感器生产厂家网站抓取传感器信息形成测试实例. 在 Protégé3.4.8 的集成环境下, 通过 SWRL Tab 中 Jess (Java Expert Shell System) 推理引擎插件对所构建的本体以及 Rule1 和 Rule2 进行测试,

其中类、属性、实例等存储于本体模型中^[16]. Jess 插件可以通过一些通用推理规则对本体类别信息、属性信息、实例信息进行拓展推理^[17]. 最后, Jess 将推理出的新事实可再写回到本体模型中.

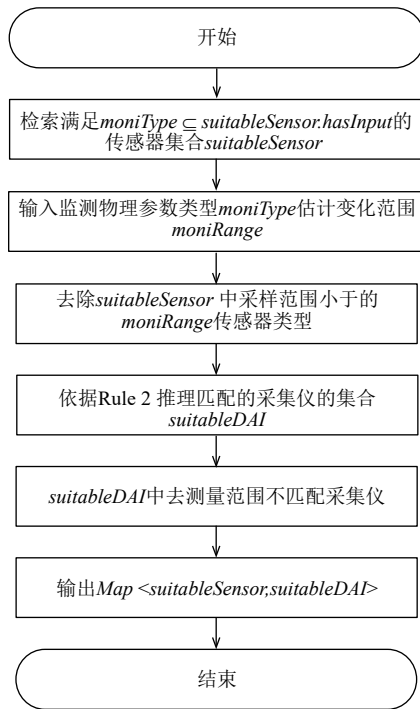


图3 传感器及采集仪推荐匹配流程

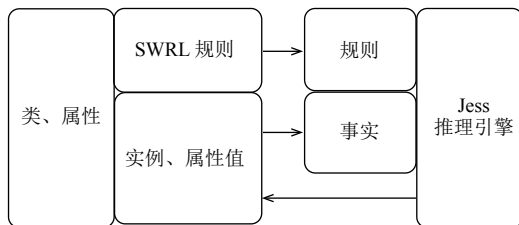


图4 Jess 推理流程

在 SWRL Tab 环境下输入 Rule1 和 Rule2, 如图5所示.

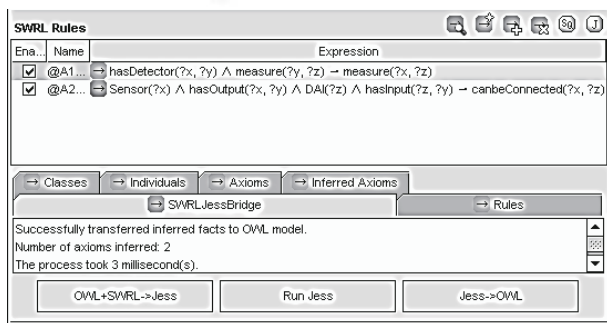


图5 建立 SWRL 规则

从传感器生产厂家 PCB 公司选取传感器实例 (353B14). 如图6所示是 PCB 传感器公司网站提供的型号为 353B14 传感器信息^[18].

定义 pcb353B14 为该传感器类 (Sensor) 的一个实例, 从图6中可知该传感器具有敏感元件: 石英晶体 (Quartz), 即 pcb353B14 具有 hasDetector 属性, 且属性值为 Quartz. 该敏感元件可以用于加速度的感知, 因此启动推理, Jess 依据 Rule 1 推理 pcb353B14 的 measure 属性具有属性值 Acceleration_1, 如图7所示. 同时可以将 pcb353B14 推理为 PiezoelectricAccelerometer 的一个实例, 实现了对产品的分类管理.

- Sensitivity: (±10%) 5 mV/g (0.51 mV/(m/s²))
- Measurement Range: ±1000 g pk (±9810 m/s² pk)
- Broadband Resolution: 0.01 grms (0.1 m/s² rms)
- Frequency Range: (±5%) 1 to 10000 HZ
- Sensing Element: Quartz

图6 PCB 公司型号 353B14 传感器基本信息



图7 Jess 依据 Rule1 和 Rule2 的推理结果

定义中国建筑科学研究院生产的基桩动测仪 (BETC-C6A) 为基桩动测仪 (PileDynamicTester) 的一个实例, PileDynamicTester 为加速度采集仪的一个子类. pcb353B14 的输出属性值与 BETC-C6A 的输入属性值匹配. 根据 Rule 2, 可以推理出 pcb353B14 具有 canbeConnected 属性, 如图7所示. 通过设计 Sparql 语句进行查询即可获得可以与传感器相相接的采集仪的实例.

然而, 参数类型的匹配必不一定表明该传感器满足现场要求, 且能与数据采集仪匹配. 按照图3所示流程设计如图8所示的传感器/采集仪推荐演示系统. 当用户选择所感知的物理量, 预估物理量大小后, 点击查询即返回满足测量要求的传感器类型. 当点击某一传感器后, 右侧出现与之匹配的数据采集仪的类型.

5 总结

在当前各种传感器系统不断接入 Web 的应用背景下, 本文以若干传感器及其配套的数据采集仪为例,

在参考 SSN 本体基础上构建了语义传感器本体, 通过推理可以使得智慧城市中的传感器系统管理更加方便、智能, 而且可以辅助工程师对传感器系统中传感器与采集仪间的配接进行推荐, 提高系统设计的效率和可靠性。

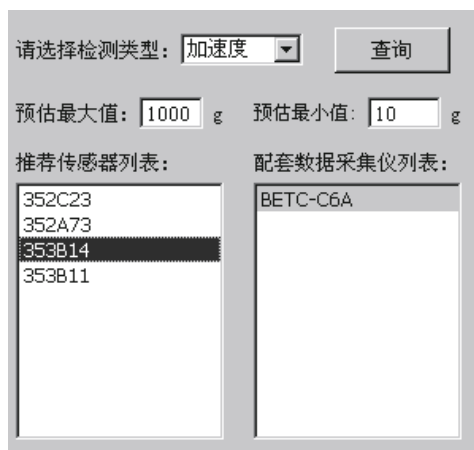


图8 传感器及采集仪推荐界面

然而, 在 Web 中的这些传感器系统只是数据的源头, 其源源不断产生着海量的传感器数据. 对于用户而言, 传感器网络的核心是感知数据, 而不是网络硬件, 用户感兴趣的是传感器产生的数据^[19]. 如果这些数据的应用背景不明确、处理不及时, 容易造成数据的堆积, 甚至成为数据垃圾. 因此在传感器本体的基础上建立感测数据的本体, 形成以传感器数据驱动的处理模式, 将是语义传感器 Web 中研究的方向之一。

参考文献

- 王静远, 李超, 熊璋, 等. 以数据为中心的智慧城市研究综述. 计算机研究与发展, 2014, 51(2): 237–259. [doi: 10.7544/issn1000-1239.2014.20131586]
- Wang HY, Huang ZS, Zhong N, *et al.* A monitoring system for the safety of building structure based on semantic technology. Proceedings of the 2013 4th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications. Zhangjiajie, China. 2013. 15–18. [doi: 10.1109/ISDEA.2013.410]
- 胡楚丽, 陈能成, 关庆锋, 等. 面向智慧城市应急响应的异构传感器集成共享方法. 计算机研究与发展, 2014, 51(2): 260–277. [doi: 10.7544/issn1000-1239.2014.20131095]
- Sheth A, Henson C, Sahoo SS. Semantic sensor web. IEEE Internet Computing, 2008, 12(4): 78–83. [doi: 10.1109/MIC.2008.87]
- 王建国. 一种新型的传感器 Web 标准—传感器 Web 整合框架. 小型微型计算机系统, 2008, 29(9): 1647–1651. [doi: 10.7544/issn1000-1239.2014.20131095]
- Gruber TR. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199–220. [doi: 10.1006/knac.1993.1008]
- 华辉有, 陈启买. 基于本体的网络安全态势知识库模型. 计算机应用, 2014, 34(S2): 95–98, 107.
- 贾保先, 谢圣献. 物联网发展关键技术研究. 自动化仪表, 2012, 33(3): 35–37, 41. [doi: 10.16086/j.cnki.issn1000-0380.2012.03.010]
- Compton M, Barnaghi P, Bermudez L, *et al.* The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 2012, 17: 25–32.
- Wang HY, Huang ZS, Zhong N, *et al.* An intelligent monitoring system for the safety of building structure under the W2T framework. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2015, 11(8). [doi: 10.1155/2015/378694]
- 王兴超, 赵艳芳, 安红萍, 等. 物联网前端感知设备本体模型构建. 云南大学学报 (自然科学版), 2013, 35(S2): 84–91. [doi: 10.7540/j.ynu.2013b35]
- Chen RC, Huang YH, Bau CT, *et al.* A recommendation system based on domain ontology and SWRL for anti-diabetic drugs selection. Expert Systems with Applications, 2012, 39(4): 3995–4006. [doi: 10.1016/j.eswa.2011.09.061]
- 潘超, 古辉. 本体推理机及应用. 计算机系统应用, 2010, 19(9): 163–167. [doi: 10.3969/j.issn.1003-3254.2010.09.037]
- 沈春山, 吴仲城, 蔡永娟, 等. 面向广泛互操作的传感数据模型研究. 小型微型计算机系统, 2010, 31(6): 1046–1052.
- Kim DY, Cha SH, Cho KH. Ontology-based methodology for managing heterogeneous wireless sensor networks. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2013, 9(3): 610684. [doi: 10.1155/2013/610684]
- 胡占生, 李小华, 刘晓辉, 等. 基于本体和 SWRL 规则分析健康体检结果的研究. 中国医学物理学杂志, 2014, 31(3): 4901–4904. [doi: 10.3969/j.issn.1005-202X.2014.03.013]
- 夏立新, 段菲菲, 翟姗姗. 基于本体的 JESS 推理实证研究. 情报科学, 2017, 35(5): 106–110, 118. [doi: 10.13833/j.cnki.is.2017.05.019]
- PCB Piezotronics Mts Systems Corporation. Model: 353B14. http://www.pcb.com/Products.aspx?m=353B14. [2018-02].
- 李琪, 吴刚. 语义传感器 Web 中的数据管理技术研究. 计算机科学, 2013, 40(6): 1–7. [doi: 10.3969/j.issn.1002-137X.2013.06.001]