

doi: 10.7690/bgzdh.2013.11.021

## 面向语义的物联网战场感知模型

李志亮, 邢国平, 崔跃山, 孙德翔  
(空军航空大学飞行研究所, 长春 130022)

**摘要:** 针对当前物联网语义化研究因在战场空间知识表示各成体系而导致的互操作困难等问题, 构建一种将本体论的方法应用于物联网战场感知语义模型。基于本体论的概念建模思想, 分析了本体建模方法, 通过描绘语义网络关系, 实现了相关概念、关系、属性、实例的规范化、形式化定义和描述, 以及语义模型的可视化, 利用 Jess 实现了自动推理。实例分析表明, 该模型为进一步研究基于本体论的物联网应用模型奠定了基础。

**关键词:** 物联网; 战场感知; 本体; 语义模型

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A

## Semantic-Oriented The Internet of Things Battlefield Awareness Model

Li Zhiliang, Xing Guoping, Cui Yueshan, Sun Dexiang  
(Flight Research Institute, Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

**Abstract:** Aiming at the problems that occur in the internet of things semantic research, especially the difficult interoperation because of battlefield space knowledge description system, establish the internet of things battlefield awareness semantic model by using ontology theory. Based on ontology model establishment theory, analyze ontology model establishment method, through describing semantic network relationship, realize standardization, format definition and description of related concept, relationship, attribute and example, and semantic visualization model, and use Jess to realize automatic illation. The example shows that the model provides a foundation for further research of the internet of things application model which based on ontology.

**Key words:** the internet of things; battlefield awareness; ontology; semantic model

### 0 引言

物联网 (internet of things, IoT) 就是在计算机互联网的基础上, 利用 RFID 技术 (radio frequency identification, 即射频识别)、红外感应器、全球定位系统等信息传感设备, 按约定的协议, 把任何物品与互联网连接起来, 进行信息交换和通讯, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理, 构造一个覆盖世界上万物的实物信息互联网<sup>[1]</sup>。

物联网的应用需要多系统之间协同工作, 而来自异构系统的信息难以实现共享和有效利用。解决这一问题的有效途径是语义技术, 目前, 物联网语义化的研究已经有一定的数量。W3C 的语义传感器网络孵化组开发了一个本体用来描述传感器和传感器网络资源, 称为语义传感器网络 (semantic sensor networks, SSN) 本体<sup>[2]</sup>, 该本体提供了高层次的概要来描述传感器设备, 并已在一定程度上得到了研究者和开发者的共识<sup>[3]</sup>。文献[4]给出了基于语义传感器网络的服务支撑框架, 满足服务的发现和自适应等功能。文献[5]提出了一种基于语义建模的 IoT 信息模型, 采用本体的方法描述了用来发布 IoT 相关实体、资源和服务。黄映辉等<sup>[6]</sup>学者对物联网的

语义、性质、归类和内在矛盾进行了研究, 提出了语义物联网的模型。当前物联网语义化的研究是在现实世界可知或可控的条件下进行的, 而在战场空间, 各种要素错综复杂, 对物联网战场感知应用进行合理的建模是进一步展开研究的基础; 为此, 笔者将本体论的方法应用于物联网战场感知语义模型的构建中, 旨在建立统一的战场空间描述, 为实现平台和系统之间的语义互操作奠定模型基础。

### 1 基于本体论的概念建模思想

语义互操作的含义是不同的系统之间可以自由无碍地进行信息交互, 不存在语义上的障碍<sup>[7]</sup>。如何从底层态势信息高效地提取出有用的高层信息, 也同样要求对态势信息进行有效组织和表达。

研究表明<sup>[8-9]</sup>, 态势信息的建模可以分为 2 个层面: 一是形式上的统一; 二是支持语义上的统一, 如基于本体论的知识表达, 通过统一的语义表达态势信息语义互操作和利用效率问题<sup>[10]</sup>。本体作为一种对现实世界的抽象描述, 是一种重要的知识表示方法, 是某个领域内 (领域范围可大可小, 领域划分可粗可细) 不同实体 (人、物、机器等) 之间进行交流 (会话、互操作、共享等) 的一种语义理解基础<sup>[11-12]</sup>。

收稿日期: 2013-07-26; 修回日期: 2013-09-08

作者简介: 李志亮 (1988—), 男, 河南人, 硕士, 从事物联网、本体论与应用研究。

战场感知是利用战场中的态势信息辅助决策优化的一种计算模型,简化了用户和态势信息的交互,提高了用户决策效率。在战场感知中,物联网的数据特征表现为海量性、异构性和不确定性,不同的传感器采集到的信息不同,表示方式也千差万别。

构建战场领域本体,就是要研究战场领域知识的表示,将现实世界抽象为概念和规则的集合,本体构建是一个复杂的过程,涉及到概念建模、本体评测、本体演化和本体复用等方面,可见本体构建与概念建模本质上是一致的,都包含了概念建模工作;因此,可以将基于本体论的概念建模思想应用于物联网战场感知语义模型的构建中。

## 2 物联网战场感知语义模型

目前,本体在信息领域内的应用日益广泛。所谓本体,最著名并被广泛引用的定义是 1993 年由美国斯坦福大学知识系统实验室的 Gruber<sup>[13]</sup>提出的,本体是对某个领域或多个领域内概念、属性、关系的描述,使得这些概念、属性、关系在共享的范围内具有认可的、明确的、规范化的、唯一的定义。这样不但满足了人机之间的交流,而且使机器之间的交流变得更加容易。本体构建方法论还没有成熟的理论作指导,笔者利用领域资源,借鉴骨架法<sup>[14]</sup>的基本流程,构建物联网战场感知语义模型。

### 2.1 基本概念和逻辑结构

物联网战场感知本体的概念是战场感知领域内不同层次和不同应用方向上的信息概念的详细内涵和层次关系,并给出概念的语义标识。物联网战场感知本体的概念涵盖了 2 个层面的含义。一层含义突出表现在对战场目标域本身的关注,主要涉及战场感知的概念、分类、关系及相互影响等方面。另一层含义主要表现在对共享战场感知概念的明确的形式化定义,信息共享与互操作,信息服务等方面。

物联网战场感知本体的逻辑结构:

$O = \langle C, R, A, I \rangle$ 。

**C:** 表示类(classes)或概念(concepts),是指战场感知中一组共享某些相同属性的对象的集合。

**R:** 表示概念间的关系(relations),是指战场感知中概念之间的交互关系和逻辑关系。交互关系反映的是概念之间的相互影响;逻辑关系反映的是概念之间的内在联系。

**A:** 表示属性(attribute),是指战场感知中概念所具有的技术指标和战术参数。

**I:** 表示实例(instances),也就是对象。

战场感知中各种实体在语义模型中映射成为概念,实体之间的内在联系和相互作用映射成为语义模型的关系,实体的技术指标和战术参数映射成为语义模型的属性,战场实体对象映射成为实例,以及语义模型与描述原语的对应关系,如图 1 所示。

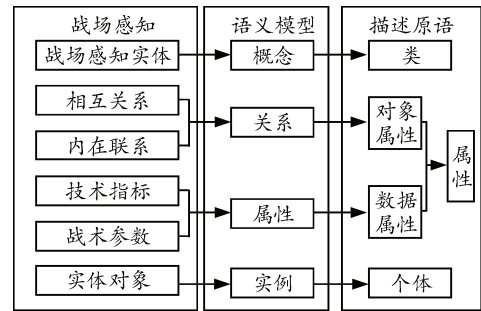


图 1 本体映射关系

### 2.2 语义模型构建

#### 2.2.1 概念类别与层次

物联网战场感知语义模型中的概念是指战场中的实体类以及组成战场的各种要素。依据物联网战场感知体系结构<sup>[15]</sup>,可以从感知层、网络层和应用层进行分类,如图 2 所示。

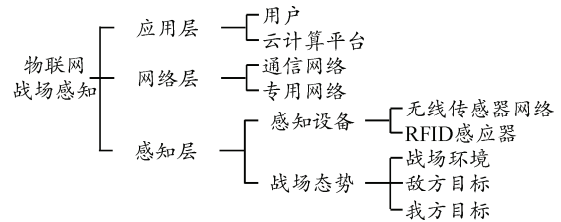


图 2 语义模型概念层次

#### 2.2.2 语义模型的关系

物联网战场感知语义模型的关系可以分为 2 类:交互关系和逻辑关系。交互关系表示语义模型中概念之间的相互作用,逻辑关系表示概念之间的内在联系。下面分别以物联网战场感知的应用过程推演来说明这 2 类关系。

##### 1) 交互关系。

物联网战场感知语义模型中的交互关系指概念之间的交互和动作,用以改变相应概念的状态和属性值。例如:感知设备与战场态势之间形成识别与被识别的关系,其中无线传感器网络探测战场环境和敌方目标,RFID 感应器识别我方目标;通信网络与云计算平台之间是数据传输和处理的关系,云计算平台与用户之间形成数据处理和分发的关系。

##### 2) 逻辑关系。

物联网战场感知语义模型的逻辑关系描述了概

念之间的内在联系，主要包括 3 种逻辑关系，分别是整体部分关系 (part-of)、继承关系 (kind-of) 和不相交关系 (disjointWith)。在构建完整的物联网战场感知语义模型中，概念之间的逻辑关系往往不止这 3 种关系，笔者以这 3 种主要关系来说明逻辑关系。例如，感知设备和战场态势与感知层之间是整体部分关系，无线传感器网络和 RFID 感应器与感知设备之间是继承关系。

### 2.2.3 语义模型的属性

物联网战场感知语义模型的属性是为了描述概念而存在的，每个概念都具有若干属性，属性本身也属于概念的范畴。属性的特点在于：每个属性描绘了某个或某些概念的特征和性质，因此在定义了一个概念以后就必须定义其属性。物联网战场感知语义模型的属性主要指概念的技术指标和战术参数，通过属性关系 (attribute-of) 与概念相互对应。以 RFID 为例，其属性包括：存储容量、工作方式、读写距离方式等。

### 2.2.4 语义模型的实例

物联网战场感知语义模型的实例指描述某一具体概念的对象，通过实例关系 (instance-of) 与概念相互对应。

## 2.3 语言描述

骨架法构建过程包括非形式化和形式化 2 个阶段，物联网战场感知语义模型属于非形式化阶段工作，语言描述是对所构建的模型进行形式化描述的过程。

随着 Web 技术的发展，全球信息共享变得更加便捷，以共享为特征的本体论与 Web 技术结合成为必然趋势。在此背景下，基于 Web 的本体描述语言成为本体论研究和应用的热点，例如 SHOE、RDF(S)、OWL 等<sup>[16]</sup>。通过比较可以得知，OWL 具有较强的表达能力，能够清晰地描述领域内的概念和含义以及这些概念之间的关系。笔者以 OWL 语言为基础提出了物联网战场感知语义模型的原语。限于篇幅，没有列出描述原语表。语义模型描述原语能够清晰地描述物联网战场感知的概念以及概念之间的关系，并且具有逻辑描述和推理能力，核心代码片段如下：

```
<owl:Class rfd:ID="SensingLayer">
<rdfs:Comment>
Make A Declaration</rdfs:Comment>
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rfd:ID="BattlefieldSituation">
<rdfs:subClassOf rfd:resource="#SensingLayer">
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rfd:ID="Identify">
<rdf:type
rfd:resource="#owl:TransitiveProperty"/>
<rdfs:domain rfd:resource="#RFIDSensor"/>
<rdfs:range rfd:resource="#FriendTarget"/>
</owl:ObjectProperty>
```

## 2.4 语义模型可视化

通过构建物联网战场感知语义模型，笔者实现了相关概念、关系、属性、实例的规范化、形式化定义和描述，需要在此基础上实现语义模型的可视化。Protégé 是斯坦福大学基于 Java 语言开发的本体编辑和知识获取开源软件，用来帮助本体开发人员和领域专家对领域知识进行建模，对知识库进行管理。笔者选择 Protégé4.3 作为语义模型可视化实现工具。生成的逻辑关系和网状关系如图 3、图 4。

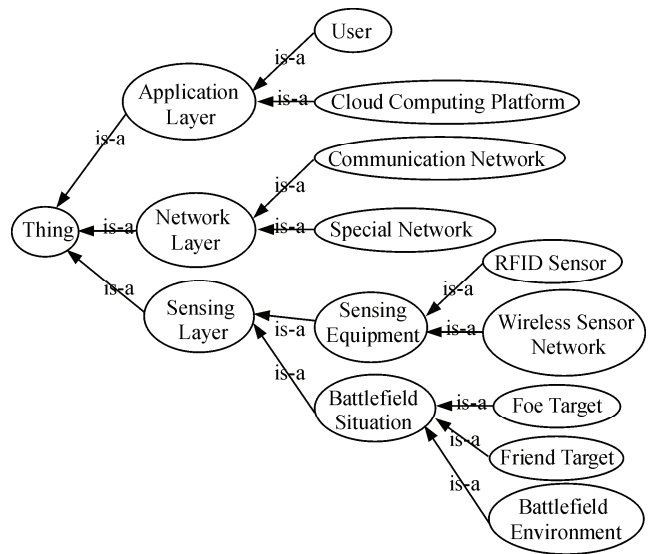


图 3 逻辑关系

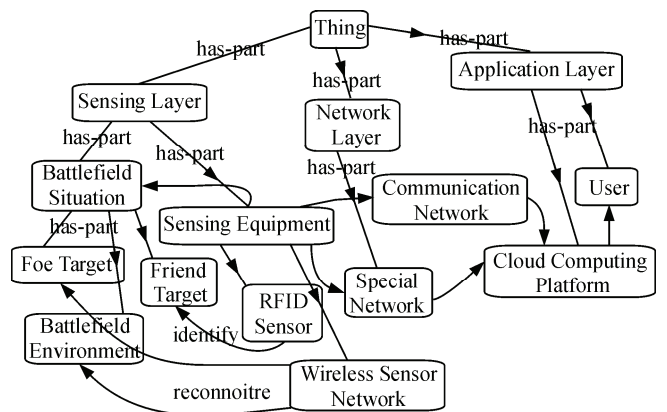


图 4 网状关系

### 3 应用案例

“传感器到射手”的作战模式是物联网应用于战场感知的典型案例。为了验证文中所建语义模型在“传感器到射手”作战中的应用，笔者建立了一个战场空间本体实例，反映了某一时刻、某一作战区域敌我对抗情况。该实验下的战场空间是实际战场空间的简化，所采用的数据均为假设。该本体包括战场领域本体知识、战场态势信息和相应的规则。笔者建立了想定场景并定义某一时刻某一地域的态势，如图 5 所示。

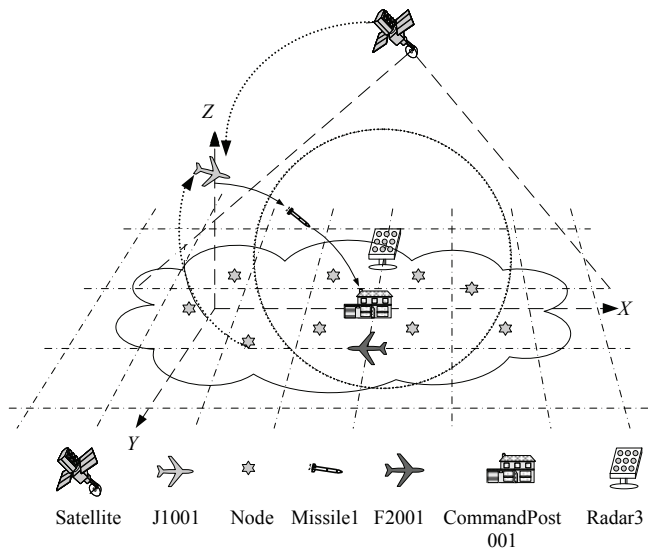


图 5 战场态势示意图

通过语义模型，可以把战场信息转化本体知识，进而通过推理把知识优势转化为决策优势。笔者使用 Protégé 中的 FaCT++ 对模型进行了一致性检查，同时使用 SWRL 语言对规则进行描述，使用 Jess 推理机实现了自定义规则下的自动推理。

### 4 结束语

战场感知是物联网军事应用的重要方面，对其进行合理有效的建模有助于理清整体架构和关键环节，从而指导其实现过程的有效推进。笔者分析了基于本体论的概念建模思想；根据本体构建的四要素和 3 种方法，结合物联网战场感知体系和应用模式，构建了物联网战场感知语义模型；并基于 OWL 语言对其进行规范化描述，利用 Protégé 软件实现

了语义模型可视化，利用 Jess 实现了自动推理。该工作为进一步研究基于本体论的物联网应用模型奠定了基础。此外，语义模型研究仅仅是开始，物联网的应用研究还涉及到领域知识库的构建、态势信息建模、信息系统建设等。

### 参考文献:

- [1] Vermesant O, et al. Internet of Things Strategic Research Roadmap[R]. EPoSS. Sep. 2009.
- [2] Lefon L, Henson C, Taylor K, et al. Semantic sensor network final report[R]. W3C Incubator Group, 2011.
- [3] Compton M, Barnaghi P, Bermudez L, et al. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web[R]. The SSN ontology of w3c semantic the sensor network incubator group, 2012.
- [4] De S, Elsaleh T, Barnaghi P, et al. An Internet of Things Platform for Real-World and Digital Objects[J]. Scalable Computing: Practice and Experience, 2012, 13(1): 23-28.
- [5] Wang W Barnaghi P, Cassar G, et al. Semantic Sensor Service Networks[C]. In Proceedings of the IEEE Sensors 2012 Conference, 2012.
- [6] 黄映辉, 李冠宇. 物联网: 语义、性质与归类[J]. 计算机科学, 2011, 38(1): 31-33.
- [7] 赵志军, 沈强, 唐晖, 等. 物联网架构和智能信息处理理论与关键技术[J]. 计算机科学, 2011, 38(8): 1-8.
- [8] 韩婕, 向阳. 本体构建研究综述[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(9): 21-23.
- [9] Dustdar S, Rosenberg F. A survey on context-aware systems[J]. Int. J. Ad-hoc and Ubiquitous Computing, 2007, 2(4): 263-277.
- [10] 童恩栋, 沈强, 雷君, 等. 物联网情景感知技术研究[J]. 计算机科学, 2011, 38(4): 9-20.
- [11] 袁媛. 领域本体建设的方法论和工具研究[D]. 北京: 中国人民大学, 2004.
- [12] 冯志勇, 李文杰, 等. 本体论工程及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [13] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
- [14] 蔡永娟, 沈春山, 吴仲城, 等. 机器人感知系统本体模型研究[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(5): 12-14.
- [15] 李志亮, 邢国平, 杨桃, 等. 基于物联网的技术的战场感知体系研究[J]. 兵工自动化, 2012, 31(8): 62-64.
- [16] 张维明, 宋峻峰. 面向语义 Web 的领域本体表示、推理与集成研究[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(1): 101-108.