

物联网业务模型描述语言的研究与设计

蒋林岑, 季一木

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘 要: 由于物理世界的环境不断变更, 物联网中原先传感节点仅提供数据采集的功能已不能满足现实应用中所需求的服务应具有的高度动态性、多样化等特性。为了解决上述问题, 文中将面向服务架构 SOA 的概念应用于物联网业务应用, 可以对应用组件进行部署、组合和使用。并且在此基础上, 提出一种基于 XML 的物联网业务模型描述语言 SML, 用来描述模型中服务之间的关联性, 确定一个灵活的表示业务组合的模型, 以加快业务模型的开发速度, 支持模型的重用, 使物联网业务具有更好的扩展性和实用性。

关键词: 物联网; 业务模型; 面向服务架构; 服务模型描述语言

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)02-0249-05

Research and Implementation of IOT Service Model Description Language

JIANG Lin-cen, JI Yi-mu

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: As the physical world is ever-changing, the sensor nodes provide the function of data collection in IOT past can not meet the services needed in real word are highly dynamic, diverse, effective and other characteristics. To solve the above problems, use the conception of SOA (Service-Oriented Architecture) in the services application of IOT, the service components can be deployed, combined and applied. In addition, propose an description language SML (Service Model Language) of IOT service model based on XML. The language is used to describe the relationship between services to determine a flexible service model of service combination, in order to accelerate the speed of service model development and support the model to reuse, so that the service of things has better scalability and practicality.

Key words: Internet of Things; service model; SOA; SML

0 引 言

当前, 物联网引起了人们的普遍关注, 人类社会已渐入物联网时代。物联网定义是把所有物品通过射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)和条码等信息传感设备与互联网连接起来, 实现智能化识别和管理功能的网络^[1]。但是由于物联网自身的特性, 如: 感应设备的智能化、人为参与到节点的控制等。

所以物联网在实际应用方面存在诸多问题:

1) 根据目前的研究发展, 感应设备趋于微型化、智能化, 它们如何能更好地适应周围环境甚至是保证

节点与节点之间自动数据的传送;

2) 物理网应用于各异构系统, 所能提供的业务功能种类繁多, 如何实现物联网与企业现有网络系统进行信息整合^[2], 使企业很好地应用这些业务有待解决。在文献[3]中, Dominique Guinard, Stamatis Karnouskos 等人提出在未来的物联网中, 传感设备将它们的业务功能通过基于 SOAP(Simple Object Access Protocol)的 web 服务提供。

为了解决上述问题, 文中提出了将 SOA^[4]的概念应用于物联网业务。当前物联网应用更多的是针对底层技术进行研究, 如物联网编码技术、射频和传感技术等, 而对收集的海量物品信息进行后期地高效利用, 人为参与的控制, 对各类服务进行整合, 并且提供给企业或个人更为人性化的服务, 是物联网最终取得成功应用的关键。同时, 为更好地利用各类业务服务, 提出一个用自定义的模型语言 SML 描述物联网业务模型。

收稿日期: 2011-07-02; 修回日期: 2011-10-12

基金项目: 江苏省工业支撑项目(SJ210013); 江苏省高等教育十五规划青年资助项目(GJS-SGH0903)

作者简介: 蒋林岑(1986-), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向为软件技术在通信中的应用; 季一木, 博士, 教授, 硕士生导师, 计算机学会会员, 研究方向为软件工程、中间件技术和云计算等。

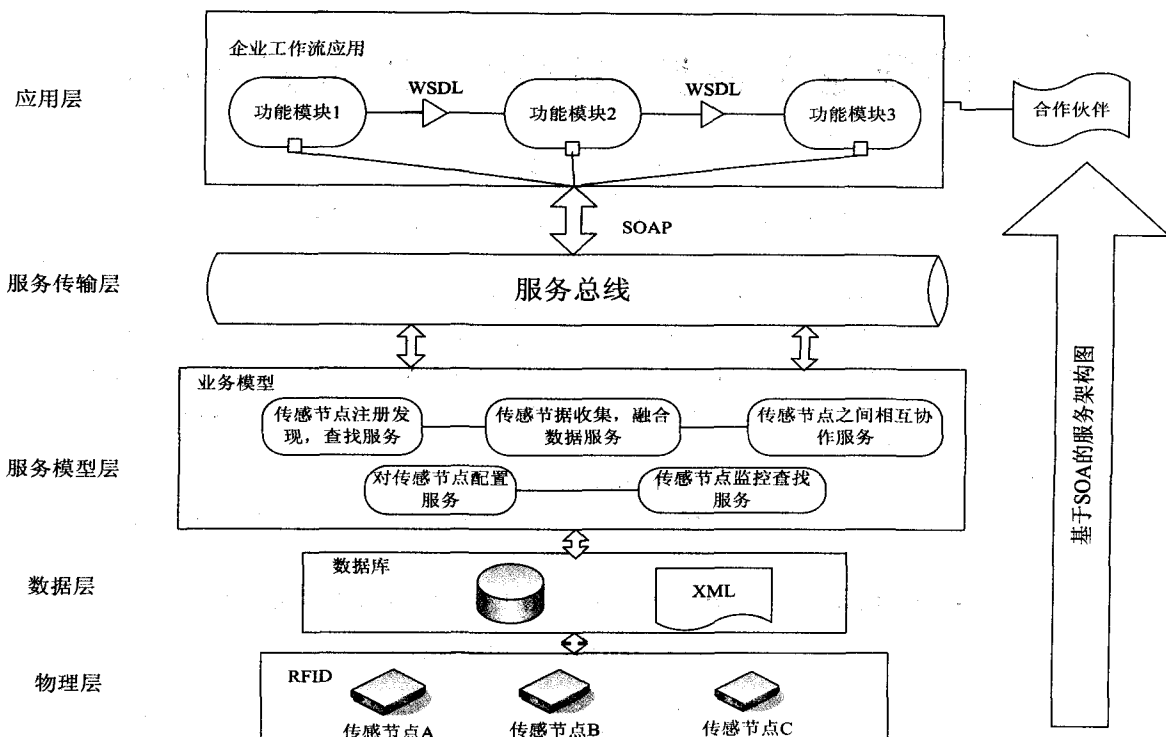


图 1 基于 SOA 的物联网业务服务架构

1 基于 SOA 的物联网业务的分析与设计

服务除了传统上应用于软件系统,如航班预定服务,或在线售票服务,也将服务延伸到物联网的节点,单个节点可作为服务的提供者或是消费者。在文献[5]中 N. B. Priyantha, A. Kansal, M. Goraczko, and F. Zhao 等学者提出将传感网中的多个节点应用为 Web Service 时,节点能量的有限性和数据格式的越界,遇到阻碍,分析解决方案。由于物联网应用领域比较广泛,RFID 收集信息资源分布于不同的区域,为了使企业生产实践中能高效合理地利用这些信息,文中将 SOA 架构应用于物联网,可以将信息节点作为可重复利用服务,通过浏览器或是应用程序快捷地发现、查找、应用服务。

文中提出的基于 SOA 的物联网框架如图 1 所示。

1) 物理层:是现实世界的物理设备,是利用 RFID 技术的具体传感节点。它不但可以存储有相关物理的信息,还可以作为服务提供者。

2) 数据层:收集物理层中传感节点的数据,对上层服务层提供支持。

3) 服务模型层:该层是文中的研究重点。如图中,传感节点发现、查找服务是对封装好的服务根据客户端需求发现或查找对应的服务。传感节点收集,融合数据服务提供的功能对底层数据的筛选和挖掘,把从物理层传到数据库的数据有选择地过滤,如服务消费者调用查看当前所有温度数据大于 37℃ 的节点的

服务,此时就会响应服务,传递具体数据。当传感器节点服务之间需要功能互补、相互调用时就可以需要传感节点相互协作服务,当服务 A 传递接口给此服务,处理后传递给服务 B。传感节点配置服务是对节点基本信息的补充,包括对传感器操作的权限配置,间隔多久返回一次实时数据的配置等。传感节点监控服务可以提供对当前活动中的节点进行监控,如是否在工作状态,或是剩余能量的支撑。同时,各个服务也在此层中进行注册,等待服务消费者的调用。

4) 服务传输层:从服务模型层定义好的服务通过服务总线传输到应用层,让不同的应用服务器协调运作,实现了不同服务之间的通信和整合。并且,提供了事件驱动和文档导向的处理模式,以及分布式的运行管理机制,服务间通过定义良好的接口和契约联系起来,接口采用中立的方式定义,它独立于具体实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言,使得构建在这样的系统中的服务可以使用统一的和标准的方式进行通信。

5) 应用层:不同的客户端的访问应用程序作为服务消费者,发出服务请求,若是请求涉及到多个服务,则由单个服务组合成为具有强大的业务组件,由 WSDL 文件交互描述组合方案,解决企业、个人的应用整合、接口整合、界面整合的问题。

在上述整个服务架构中,在不同的访问平台,服务传输层到应用层应用协议也会不同,物理层不同的 RFID 设备,所定义的数据格式也会有所差异。

2 物联网业务模型描述语言的研究与设计

为了对图2中所示的服务模型层中的业务模型进行统一地描述,设计一种服务模型描述语言 SML (Service Model Language),目的是通过对物联网中的服务组合复用以满足应用层不同的需求。SML 采用基于 XML^[6] (eXtensible Markup Language) 的 DTD^[7] (Document Type Definition) 来定义,包含一套和物联网服务^[8]相关的组成相符合的元素。为了达到预期可以对服务组合的需求,由于服务之间的数据关联是服务模型层各服务相互引用组合的关键^[9],首先提出各服务的数据关联,可以对服务的操作 (Operation) 属性分析,通过对 Operation 的联系进而达到服务的关联,如图2所示。

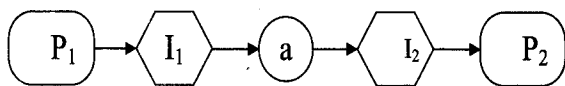


图2 服务之间的数据关联表示

如上图, P_i 表示两个服务的操作 Operation, a 是服务的属性 attribution, I_i 表示服务接口 Interface, 支持访问入口点类型, 供其他服务调用。 $P_i \rightarrow I_i$ 表示接口 I_i 是服务操作 P_i 的输出, $I_i \rightarrow a$ 表示 a 作为服务的属性从 I_i 接口输出。 $P_i \rightarrow I_i a I_j \rightarrow P_j$ 表示 P_i 与 P_j 之间的数据关联。

但是上述表示方法却存在诸多问题:

- 1) 不能高效地支持服务间数据的关联性, 而是在关联时还需要数据的转换;
- 2) 在从服务 $P_i \rightarrow P_j$ 的过程会出现耗费时间的情况, 并且在数据传输的时候会有错误关联的概率。

于是为了克服以上问题, 提出 SML, 它能够提供稳定数据传送的机制, 能够很好对服务之间的复杂的数据关联进行表达阐述。

2.1 SML 语言模型的建立

如图3, 给出 SML 语言模型的定义, $SML = (p, p', T, L, LA)$, 描述了两个服务之间的数据关联, 以下对其中的基本元素进行解释:

p, p', p_i : 表示服务的操作 Operation, 在 SML 语言的描述中 p 只有一个 d 作为 p 的输入或是输出;

d, d', d_i : 代表抽象出的文档 document, 是用半结构化语言描述的实体, 供以下 T 元素使用;

e, e', e_i : 表示为 d 的子元素 element, 可以在实际应用中根据需求从 d 中找到 e ;

m, q : 表示数量, 对在数据关联过程中各元素出现的数量进行描述;

- (1) 有且仅有一个
- (?) 零个或是一个
- (*) 零个或是多个

(+) 一个或多个

$T: d \mapsto e^m$, 定义为从 d 转换到 e , 给出 d , 能够通过 T 找到相应的 e , 对两者起到衔接作用, m 表示 T 的输出数量;

$LA: d' \mapsto e^q$, 表示从 d 元素定位找到 (Locator) 相应的 e 元素, q 表示 e 的个数;

$L: e^q \mapsto d''$ 表示从元素 e 连接 (Link) 到 d'' , 指在找到中间关联元素 e 后, 通过 L 可以对其再次进行 T 转换。

于是 SML 可以用公式表示如下

$$SML = \begin{cases} T(p) \Rightarrow LA(p') & e \text{ 使用一次} \\ T(p) \xrightarrow{L} LA(p') & e \text{ 重复使用} \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)对 SML 进行了描述, 根据对 T 的输出 LA 定义对 d' 指定找出 e 元素, 模型图中没有标识 LA 。由公式可以看出, 在 e 重复使用的情况下, 模型具有很好的扩展性。

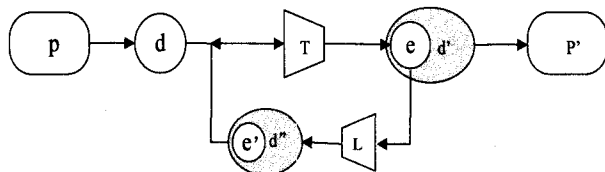


图3 SML 模型的建立

2.2 业务模型的动态描述分析

在对 SML 语言模型的定义之后, 实现对单个服务的描述表示, 但是需要服务组织模型规范它们如何组合并执行复杂的业务流程^[10,11]。文中用 SML 来确定一个灵活动态的表示服务模型描述的方法, 以高效地组织利用服务, 满足物联网中不同应用客户端的服务需求, 见图4。

SML 同样定义服务数据模型, 采用面向层级面向对象的方式来描述服务模型中各个服务的组合状态, 描述服务组合状态的一套最基本的类满足基本涵盖全面, 这样为以后对服务组合的额外特征的描述节省开销。同时, 定义的最基本的类又要表达抽象、简单, 为以后模型的优化、功能可扩展做准备^[12]。SML 文件由4类基本元素组成, 这些元素应该很快捷地转化为面向对象环境中对应的对象、属性和方法。

这四类基本元素包括:

(1) 节点 (Node)。节点元素用来描述在服务组织模型中的单个服务实体, 代表着实际应用中服务组织流程执行的活动, 当服务节点完成任务后, 需要返回服务节点处理的结果。因此, 节点还有用于输入输出数据流和控制流等数据的附加属性。若参与物联网的应用需求足够复杂, 则在服务组织模型中的节点数也相应增多。

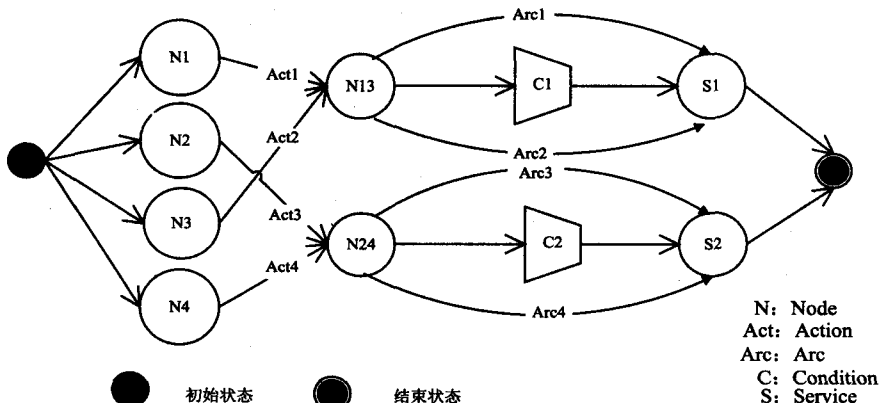
(2) 连接弧 (Arc)。对业务模型中节点的分析表

明,要组合链接(Link)两个节点,必须要从两个节点的执行顺序和信息流有很好的描述,因此,用 Arc 来表示两个节点的联系。控制连接弧用来定义两个节点之间的执行顺序,在有向图中以节点间的连接弧表示。当连接弧的起始节点执行完毕,组织模型将会根据控制连接弧的定义进行过程导航,使连接弧的终止节点能够被执行。数据连接弧用来定义两个活动间的信息流,在有向图中也是以节点间的连接弧来表示,由前一个活动的输出数据指向后一个活动的输入数据,意味着前一个活动的输出信息将被后一个活动所使用。

(3)行为(Action)。行为用来描述组织模型内部发生的转换,每一个服务都是独立的逻辑单元,又可以将它们定义为服务集,行为可以是调用其他服务、等待请求、操作数据变量或终止执行等。通过描述行为输入和输出来具体化一个行为。

(4)条件(Condition)。条件是用来描述组合模型执行中的约束。因为节点之间的执行顺序是通过控制连接弧来描述,所以将条件定义为控制连接弧上的转移条件。转移条件决定了在组合模型中服务执行过程由开始节点到结束节点之间的路径,不同的执行情况将导致组合服务输出数据的不同。

图 4 服务组织模型



上述为描述服务模型提供了一套典型的模型框架,易于填充,由此允许动态生成很详细的物联网业务服务描述信息。用面向对象的观点来说,上述元素都可以被解析类,可以将元素的具体化为对象。用面向对象的方法描述业务模型的各个部分,对 SML 的描述结构很重要。

3 基于物联网智能温度调控系统中模型语言的分析与设计

此节以物联网智能温度调控系统为例,介绍 SML 如何基于 XML 进行实际应用。

3.1 SML 语言模型

文中利用 XML schema 来描述 SML 模型,重点描

述在系统中确定服务之间(图 4 中)的数据联系,在这里将 p 和 p' 分别定义为查询节点感应温度和返回温度列表,描述如下:

```
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8"? >
<SMLExample name="SML" xml:ns="http://sml.com/">
<source>
<!--p-->
<definition portType="ns:ServiceA" operation="getTemperatureList"/>
</source>
<target>
<!--p'-->
<definition portType="ns:ServiceB" operation="getTemperatureDetail"/>
</target>
<mapping>
<!--T-->
<transform multiplicity="*" part="result"> //m 定义数量为多个,查询多个传感器
<xpath>/sensors/sensorID</xpath> //transform 通过 XPATH 实现查找 d
<!--LA-->
<locator quantity="1" part="message"> //q 定义数量为一个,通过一个传感器 ID 作为两个服务的数据关联
<xpath>sensorID</xpath>
<!--L-->
<link quantity="1" part="information"> //q 定义数量为一个
<xpath>sensorID</xpath>
</mapping>
</SMLExample>
```

3.2 业务模型的动态描述

在对业务模型的动态描述时,四个基本元素可以再通过一套属性和子元素对基本元素进行信息补充,所以 SML 在描述服务模型时有很好的扩展性。在引入面向对象对模型进行描述时,为每个基本元素分配一个容器元素来容纳四类基本元素。SML 描述服务组织模型的 SML DTD 文件如下:

```
<! ELEMENT serviceteam (Node,Arc,Action,Condition)>
<! ELEMENT Node(node+)>
<! ELEMENT node(
nodeinPut,nodeoutPut,nodeDemands,initialstate)>
<! ATTLIST node
name ID #REQUIRED
arcIn CDATA #IMPLIED
arcOut CDATA #IMPLIED
curdataCDATA #REQUIRED
```

```

>
<! ELEMENT Arc(arc *)>
<! ELEMENT arc (arcObject, arcTime, arcCost, initialState)
>
<! ATTLIST arc name ID #REQUIRED>
sourceNode CDATA #IMPLIED
destinationNode CDATA #IMPLIED
sendtype (single|bilateral|other) #IMPLIED
>
<! ELEMENT Action(act *)>
<! ELEMENT act (actInput *, actOutput *)>
<! ATTLIST act name ID #REQUIRED>
<! ATTLIST actInput servicename CDATA #IMPLIED >
<! ATTLIST actOutput servicename CDATA #IMPLIED >
<! ELEMENT Condition (cond *)>
<! ELEMENT cond (condExist, condDescription)>
<! ATTLIST cond condExist (True|False) #IMPLIED
condDescription (satisfied|unsatisfied|others) #IMPLIED
>

```

根据以上 DTD 文档类型的声明,对服务组织模型节点 N13 用 SML 描述是:

```

<! -----Node----->
<node name = "N13", curdata = 37°C>
<nodeinPut arcIn = NULL>
</ nodeinPut >
< nodeoutPut arcOut = Arc1>
</ nodeoutPut >
</node>
<! -----Arc----->
< arc name = "Arc1", sourceNode = N13, destinationNode =
S1, sendtype = single>
</arc>
<! -----Action----->
< act name = "Act1", actInput = N1, actOutput = N13>
</ act >
<! -----Condition----->
< cond name = "C1", condExist = True, condDescription =
satisfied >
</ cond >

```

4 结束语

文中将 SOA 的概念引入到物联网业务,分析设计了基于 SOA 的物联网业务服务架构,从而对不同的物联网应用平台都可以高效地共享服务。同时,自定义的业务模型语言 SML 对业务模型中业务和业务之间

的动态关联进行描述。在物联网智能温度调控系统应用中分别建立 SML 语言模型和业务模型的动态描述,使得应用物联网业务系统灵活而易于扩展。

由于在现实应用中,随着用户需求的复杂性,业务模型层涉及的业务数量随之增多,如何高效地使用组合业务,这将是下一步研究的重点。

参考文献:

- [1] ITU. The Internet of Things [EB/OL]. 2008-09. http://www.networkcultures.org/_uploads/notebook2_theinternet-ofthings.pdf.
- [2] 茅维华,唐守国,高淑娟,等. 基于 SOA 架构的业务协同关键技术平台[J]. 计算机工程,2009,35(19):280-281.
- [3] Guinard D, Trifa V, Karnouskos S, et al. Interacting with the SOA-based Internet of Things: Discovery, Query, Selection, and On-Demand Provisioning of Web Services [J]. IEEE Transaction on Services Computing, 2010, 3(3):223-235.
- [4] 杨斌,张卫冬,张利欣,等. 基于 SOA 的物联网应用基础框架[J]. 计算机工程,2010,36(17):95-97.
- [5] Priyantha N B, Kansal A, Goraczko M, et al. Tiny Web Services: Design and Implementation of Interoperable and Evolvable Sensor Networks [C]//Proc Sixth ACM Conf Embedded Network Sensor Systems. [s.l.]:[s.n.], 2008:253-266.
- [6] 谭良,周明天. XSSRA/ADL:一种基于 XML 的安全需求体系结构描述语言[J]. 计算机研究与发展,2007(5):737-747.
- [7] Introduction of DTD [EB/OL]. 2006-04-01. http://www.w3school.com.cn/dtd/dtd_intro.asp.
- [8] Chu Xingchen, Buyya R. Service Oriented Sensor Web [M]//Sensor Networks and Configuration. [s.l.]:[s.n.], 2007.
- [9] Gu Zhifeng, Xu Bin, Li Juanzi. Service Data Correlation Modeling and Its Application in Data-driven Service Composition [J]. IEEE Transaction on Services Computing, 2010, 3(4):279-291.
- [10] Choi I, Song M, Park C. An XML-based process definition language for integrated process management [J]. Computers in Industry, 2003, 50(1):85-102.
- [11] 郭李娟. 基于 XML 的可重用文档数据管理系统的设计与实现[D]. 西安:西北工业大学, 2007.
- [12] Bouzoualegh A, Marcadet D, Boulanger F, et al. An Architecture Description Language for Verification in Component-based Software [C]//Computer Software and Applications. [s.l.]:[s.n.], 2008:365-368.