

面向物联网的多元标识映射模型

王平泉*, 罗红, 孙岩

北京邮电大学通信软件与多媒体北京市重点实验室, 北京 100876

* 通信作者. E-mail: pingquanw@163.com

收稿日期: 2013-04-07; 接受日期: 2013-08-28

国家重点基础研究发展计划(批准号: 2011CB302701)、国家自然科学基金(批准号: 61070205, 61272520)和教育部博士点基金(批准号: 20110005110007)资助项目

摘要 现有的物联网中存在多种信息标识方式, 感知数据通过这些标识进行信息传输的过程中, 由于标识间缺少严格的映射机制, 会产生了信息追溯差, 设备感控难的问题, 这些问题在一定程度上限制了物联网服务的开放. 因此本文以物联网四层模型为基础, 综合分析各个层次中信息标识方式, 并提出了异构环境下的物联网多元标识映射模型. 该模型以物联网信息处理的全过程为主线, 重点分析信息在采集、传输、处理和展示过程中的标识映射方式, 并建立设备原始感知信息标识与 IPv6 地址、感知元数据与资源标识、资源标识与资源类标识、资源类标识与服务标识之间的映射方案. 通过多元标识映射模型的构建, 能够实现物联网信息源的可追溯性与物联网服务对感知元的更优的感控. 论文最后在智慧校园原型系统上验证了本模型的可行性.

关键词 物联网 标识映射 资源类 多元标识 物联网服务

1 引言

当前, 物联网技术已经在多个领域得到广泛应用, 比如: (1) 在现代物流业中, 通过使用 RFID 技术、GPS 技术、蓝牙技术、传感器网络技术实现物品与物品之间的信息交互. (2) 在智能家居应用中, 通过使用物联网技术对室内温度、湿度、灯光、窗帘、煤气等进行远程监控, 实现“以人为本”的全新家居生活体验^[1]. (3) 在智能交通系统中, 通过物联网技术、数据通讯传输技术、电子传输技术、控制技术集成运用于整个地面交通管理系统, 实现信号控制、信息采集处理、公交智能调度、停车引导、出租车智能指挥. (4) 在智慧城市中, 通过建设通信网、互联网与物联网, 实现智能公共服务、智能安居服务、智能教育文化服务, 进而实现整个城市的智慧化.

不同领域中物联网设备, 通信协议, 网络标识, 服务类型等方面具有不同的需求与定义, 造成物联网异构性明显, 主要表现在以下一些方面: (1) 对象标识不统一. 比如在 RFID 领域, 主要有美国 EPC-Global 标准体系中的 EPC 编码^[2,3], 日本泛在识别中心的 UID 标准体系与泛在识别码 Ucode, 国际标准化组织与国际电工委员会指定的 ISO/IEC 标准; 在软件领域, 由 Open Group 的 DCE 组织指定的 UUID 标识, 该标识已经在包括 CORBA 和 Java EE 在内的许多分布式系统中广泛使用; 在电信和计算机网络领域, ASN.1 提供的对象标识 OID 已被 ISO 和 ITU-T 广泛认可. (2) 通信地址标识不统一. 组成物联网的网络类型多样, 各种网络中使用不同的地址标识方式, 比如在 ZigBee 网络中

使用 IEEE EUI-64 位长地址或 16 位短地址作为设备链路层地址^[4]。当传感网接入 TCP/IP 网络时, 地址选择基于 6LoWPAN 的 IPv6 地址方案, 或者选用基于 IPv4 的地址方案。(3) 数据交换标准多样。现有的物联网中并没有统一的数据交换标准, 各个行业或应用协会大多会制定相应的数据处理与交换标准, 比如 SensorML 是一种描述传感器及其测量过程的标准模型 XML 语言^[5], 用来描述包括动态和静态、现场和远程在内的多种传感器; 电子设备描述语言 (EDDL), 用于描述现场设备中的数据; 应急数据交互语言 (EXDL), 是基于 XML 的应急通信数据标准, 用以促使政府机构之间的应急信息共享。传感器标记语言 (TML), 是一个基于 XML 规范的协议, 用以描述如何捕获传感器数据^[1]。(4) 资源描述方式不统一。在 Web Service 实现中, 对资源的描述方式主要有基于简单对象访问协议 (SOAP) 和基于表述性状态转移 (REST)^[6,7] 两种方式。前者是 Web 服务 XML 封装信息的机制, SOAP 通过 XML 来封装方法与参数, 进行远程方法调用 RPC, 但 SOAP 限定了以 XML 语言组织信息, XML 结构化的信息描述方式并不适用于二进制数据的表示, 这在一定程度上限制了 SOAP 的表现能力; 后者通过 URI 的方式准确识别出服务的资源对象, 这种方式已经在物联网资源描述中得到广泛应用^[8]。

针对物联网的异构性, 很多文章中已经提出了相应的解决方法。归纳起来主要有四类: (1) 文献 [9, 10] 中提出通过对感知节点统一标识的方式解决网络异构性。(2) 文献 [11 ~ 13] 中提出了全 IP 的解决方案。(3) 文献 [13, 14] 中提出通过对异构网络节点进行虚拟化, 实现网络地址转换, 数据报封装, 并达到感知数据的统一传输。(4) 文献 [15 ~ 17] 提出通过中间件技术解决物联网中的异构性问题。

以上四类方法都是解决网络异构性的可行方法。然而物联网是一种复杂程度很高的网络, 通过某一种方案解决网络异构性显然是不可行的, 比如物联网中感知节点类型多样, 通过统一标准, 生产相同标识的节点设备不太现实; 另外节点计算能力差异较大, 有 8 位运算能力的感知节点, 同样也存在 16 位或 32 位运算能力的感知节点, 对于运算能力与存储能力较高的节点使用 IP 方案存在可行性, 而对于那些终端能力较低的节点来说, 运行 IP 方案将造成网络运行效率的降低。

物联网中包括了用于采集感知信息的感控设备, 用于感知信息加工、处理与实例化的信息资源, 用于资源汇集、组合、抽象并最终展示给用户的服务。因此, 我们可以将物联网抽象为三个层次的网络: 设备网、信息资源网与服务网。设备网实现对物理对象的定位和通信; 信息资源网完成对资源的检索和信息传送; 服务网实现对服务的灵活组建和定位。设备网处于原始数据采集的最低端, 感知数据的多样性导致信息标识种类的多样性, 因此多种对象标识和多种通信地址标识并存是不可避免的, 而在应用服务网中, 服务的开放性特征又需要一种统一灵活的服务标识方式, 因此本文提出使用多元标识的方式, 构建设备标识、通信标识、资源标识和服务标识, 用以解决各个层次中的设备/资源/服务的寻址问题, 并通过相应的标识映射机制, 实现标识间的转换, 并最终实现对物联网异构性的包容, 增强系统的可扩展性。

2 相关研究概述

物联网中网络类型多种多样, 解决不同情况下的标识问题可以采用不同的解决方法, 下面将常见的几类方法进行概括总结。

2.1 统一终端标识的方法

物联网终端节点的多样性导致节点标识方式的不统一, 比如在射频识别系统 RFID 中, 通过 EPC 编码唯一标识节点信息; 在 ZigBee 网络中, 通过 16 位短地址与 PAN 的形式或者 64 位长地址的形式

唯一标识节点信息. 文献 [9] 中提出一种基于 EPC 编码的物联网架构, 即在家居设备上安装由 RFID 标签标识的 ZigBee 无线传感器节点, 传感器节点由 RFID, MCU 和 ZigBee 收发器组成, MCU 通过基带协议读取 EPC 编码数据, 每个 EPC 编码代表了一种家庭应用, 节点可以通过 EPC 编码控制家庭应用, 并通过 ZigBee 网络连接到家庭局域网中. 文献 [10] 中提出基于 OID 的标示符框架, 通过虚拟标识层的方式为异构物联网提供标识服务, 并维持原有网络标识不变. 文献 [18] 中提出了以 UUID 为核心的可扩展标识物联网标识定位方案.

2.2 IP 方案

目前 IP 协议已经成为网络的主要的通信协议, 许多物联网的实现方案会通过接入网关的方式将 ZigBee, Z-WAVE, INSTEON, WAVENIS 等网络接入 IP 网络 [7], 接入网关负责进行地址映射、报文压缩等. IPv6 的出现为物联网地址标识提供了新的解决方案, 128 位的 IPv6 地址方案使为每个感知节点分配单独的 IP 地址成为可能, 从而解决了 IPv4 地址空间有限的问题. 针对物联网节点能力有限的特点, IETF 6LoWPAN 工作组提出了基于 IEEE 802.15.4 实现 IPv6 通信的 IETF 6LoWPAN 草案标准, 6LoWPAN 技术通过在网络层和数据链路层之间引入适配层 [19], 解决网络互通问题. 例如 IEEE 802.15.4 协议定义的 MTU 为 127 byte, 而 IPv6 分组最少为 1280 byte, IEEE 802.15.4 MAC 帧不能封装完整的 IPv6 分组, 这就需要网络适配层对数据包进行分片、重组或者通过报头压缩技术提高数据传输效率和网络资源利用率. 当前主要的报头压缩方案有 RFC4944 中提到的报头压缩方案 (header compression1, HC1)^[20] 和 IPv6 报头压缩方案 (IPv6 header compression, IPHC), 在文献 [21] 中也提出一种物联网 IPv6 报头压缩方法 (IOTs IPv6 header compression, IIPHC) 方法, 通过在编码中植入链路本地地址和全球地址控制位决定采用报头压缩方案的类型, 从而解决 HC1 只对链路本地单播通信有效以及 IPHC 系统开销大的缺陷. IPv6 的地址分配方案主要包括静态配置方案、无状态的地址配置方案和有状态的地址配置方案. 物联网中感知节点众多, 通过静态分配的方式显然缺乏可行性, 通过有状态和无状态的地址分配方案又需要网络中具有中心服务器, 而物联网底层网络一般不存在整个网络信息的中心服务器, 因此像动态主机配置协议 (DHCP) 这样的配置方案不适应于物联网 [21]. 针对物联网的特点, 文献 [22] 中提出了三原色坐标和节点位置信息实现 IPv6 地址自动配置策略. 文献 [21] 提出了分层地址自动配置策略, 在底层网络内部允许节点使用 16 bit 短地址导出的链路本地地址进行数据分组传输, 该链路本地地址需经过基于分簇的 DAD 保证唯一性; 每个底层网络中的 Sink 节点通过上层 IP 路由器获取全球单播路由前缀, 并与 IEEE IEEE64 地址计算出的接口标识符相结合, 形成 Sink 节点的全球单播地址, 实现底层网络与互联网的数据交换. 文献 [14] 中提出了通过 bootstrapping 协议获取 IPv6 的方法, 通过邻居发现中的网络前缀与 IEEE802.15.4 接口标签组合成 IPv6 地址.

2.3 中间件技术

中间件 [16] 是一种软件层的概念, 用来隐藏不同软/硬件之间的差异, 使程序员将更多的精力集中于特定的应用开发. 物联网中间件主要提供互操作、上下文检测、设备发现与管理、安全和隐私、数据管理等功能 [15]. 中间件种类多样, 例如 EPC 中间件、RFID 中间、WSN 中间件、OSGI 中间件等. 文献 [23] 提出通过物联网语义 web 中间件技术进行异构网络配置, 该方法可以进行设备和信息之间的互操作, 采用上下文感知, 提高服务发现和组合的搜索效率. 文献 [24] 介绍了事件驱动 VIRTUS 物联网中间件技术, 在这种中间件中使用即时消息协议管理异构设备中的信息传输, 以及开发服务网关机制用于支持物联网应用. 文献 [16] 总结了基于 SOA 的物联网中间件架构, 该架构从对象、对象抽

象、服务管理、服务整合和应用 5 个层次对物联网中间件进行了描述, 并对比了 HYDRA, UBIWARE, UBIROAD, SMEPP, GSN 这些常用中间件技术。

2.4 虚拟化技术

中间件方式屏蔽了软件开发过程中的底层差异, 开发人员可以将更多的精力用于客户应用开发, 然而并不是所有情况都适用于使用中间件的方式, 比如一些已经开发好的软件很难实现与中间件的无缝连接, 因为他们之间的 API 接口差异较大, 重新设计 API 会大幅提高开发成本, 因此一些文章中提出了基于虚拟技术的软件开发方式. 文献 [9] 中提出了虚拟即插即用机制, 当传感器节点加入网络时, 网关就会为这个传感器节点创建一个虚拟即插即用设备, 通过虚拟即插即用协议, 虚拟设备可以在网络中进行设备寻址、发现、描述和控制等操作. 文献 [12] 中提出了虚拟传感器节点的概念, 虚拟传感器节点既可以用来处理自身节点中的数据流, 又可以处理来自其他传感器节点的数据流. 虚拟传感器节点由三部分组成, 分别为: 包装类, 用来从传感器中读取数据; 处理类, 对包装类中的数据进行进一步处理; 描述文件, 用来描述位置、数据格式、传输协议等状态信息. 文献 [14] 中介绍了个人专属网机制, 在该方法中使用了虚拟网络接口的方法, 为每个加入网关的非 IP 网元设置一个与之对应的虚拟网络地址, 并在网关中做原有地址与虚拟地址的映射, 传感器可以使用虚拟地址进行数据传输。

上文中分别从终端节点标识方式、IP 网络接入方式、终端节点描述方法和中间件技术等方面阐述了物联网解决方案. 下面将以物联网信息交换为主线, 通过建立面向物联网的多元标识映射模型, 实现设备/资源/服务的有效标识与高效寻址。

3 面向物联网的多元标识映射模型

3.1 需求分析

在国家重点基础研究发展计划 (973 计划)《物联网体系结构基础研究》中将物联网划分为对象感知、数据传输、信息整合和应用服务 4 个层次, 分别负责感知数据采集、信息交换传输、数据抽象理解和具体服务生成. 各个层次内部信息采用不同的标识方式, 因此在建立标识映射模型时, 应当全面分析这些差异性。

对象感知层位于体系结构模型的底层, 负责感知数据的采集. 在这个层次中, 信息之间会通过异类标识方式进行互联. 比如在以 ZigBee 网络为代表的无线传感器网络中, 根据功能的不同可以将设备划分为协调器、路由器和终端设备. 在网络建立过程中, 协调器会为每个加入网络的终端设备分配一个 16 位的短地址, 用于设备之间的通信标识. 终端设备将采集到的温度、湿度、浓度等感知数据通过这个短地址发送到路由节点, 之后再由路由节点转发到汇聚节点. 在感知数据传输过程中, 短地址充当了设备间的互联标识; 在 RFID 系统中, 电子标签标识了产品的具体信息, 读写器通过射频信号读取电子标签中的信息, 之后再通过网络或 RS232 接口将标签信息传送到计算机进行处理, 在这个过程中, 电子标签充当了产品与读写器之间的互联标识。

对象感知层中异类信息标识方式的并存, 是物联网异构性的主要来源, 因此在建立标识映射模型的过程中, 应当充分考虑底层因网络类型、生产厂家或数据标准不同而带来的标识方式的多样性问题, 在进行标识选择的过程中应能够保证标识与设备的唯一性对应, 这样物联网服务才能对设备实现唯一性感控。

数据传输层主要是以 IP 网络为基础的传统通信网络, 其中包括 IPv4 与 IPv6 两种地址方案. 目前 IPv4 地址已经基本耗尽, 在进行物联网传输过程中有很多应用更倾向使用 IPv6 地址, 因为 IPv6 地址在地址空间、报文格式以及安全机制方面具有较大的优势. 然而, 对象感控层中的感知数据在接入数据传输层的时候, 需要设计新的 IP 地址方案. 首先, 在对象感控层中包括以 IEEE 802.15.4 通信协议为代表的无线传感网络以及使用 EPC 编码标识的 RFID 系统, 这两种使用不同机制进行信息传输的网络在接入 IP 网络时需要两种不同的地址映射机制; 其次, 在物联网中, 需要对感知节点进行更好的感控, 因此如何将各种感知网节点标识信息通过 IPv6 地址向上层传递, 是 IPv6 地址方案中需要考虑的内容.

信息整合层负责资源的生成与标识. 由数据传输层接收到的数据一般是未经处理的原始信息, 比如商品的 EPC 编码信息, 或传感器采集的各种感知数据等, 这些数据一般会具有时间、地点、社会等多个维度的内容, 对具体的应用服务来说, 它们的可操作性较低, 需要信息整合层将这些信息处理成更具实际意义的资源, 这就涉及如何对资源进行多维度描述. 另外物联网资源数量众多类型多样, 如何设计更高效的资源标识方式, 并基于这种标识方式实现对资源的组合表达也将成为模型中需要重点研究的内容.

应用服务层处在物联网基础体系模型的顶端, 负责具体服务与行业应用的生成. 由信息整合层生成的资源类通过应用服务进行服务整合并协同生成某种具体服务, 比如天气预报服务、办公环境参数服务等, 这些服务针对某一种或几种具体的应用而开发, 并可以被多个应用同时使用. 由于应用的差异性, 服务也因此呈现多样性, 如何更加快捷的构建多种形式的服务表达方式以满足不同应用的需求是在模型中需要进行研究的内容.

3.2 多元标识映射模型

通过以上的需求分析, 文中建立了如图 1 所示的多元标识映射模型. 该模型使用物联网多元标识方式 (包括异类原始感知信息标识并存、IPv6 地址、资源 URI、资源类 URI 和服务 URI), 并建立标识之间的映射, 实现物联网标识之间的有效转换. 如图 1 所示面向物联网的多元标识映射模型主要包括设备接入平台、资源/资源类平台和服务平台.

1) 设备接入平台: 负责异构感知网络与 IP 网络间的接入. 主要由 4 部分组成, 分别是标识/地址适配器、协议转换、安全管理和移动管理.

2) 资源/资源类平台: 负责 IPv6 数据报文与资源、资源与资源类之间的映射. 其中包括生命周期管理、数据存储、元数据/资源生成规则管理等功能模块.

3) 服务平台: 负责资源类与服务之间的映射、服务生成、服务规则管理. 平台由资源类库、服务总线、服务管理、流程管理等功能模块组成.

3.3 多元标识映射模型中元素定义

如图 1 所示, 多元标识映射模型中使用设备原始感知信息、资源、资源类和服务 4 个不同层次的物联网信息描述, 它们的关系可以描述为如图 2 所示的物联网信息关系树.

其中每个具有实际应用意义的物联网服务由多个资源类组成, 每个资源类是具有相同属性的一类资源的集合, 而在资源/服务树的终端节点是一个个资源, 这些资源的粒度最细, 是最原始资源类型, 其中包括多个维度的属性, 比如时间属性、地点、社会属性等. 资源是由设备原始感知信息生成, 设备原

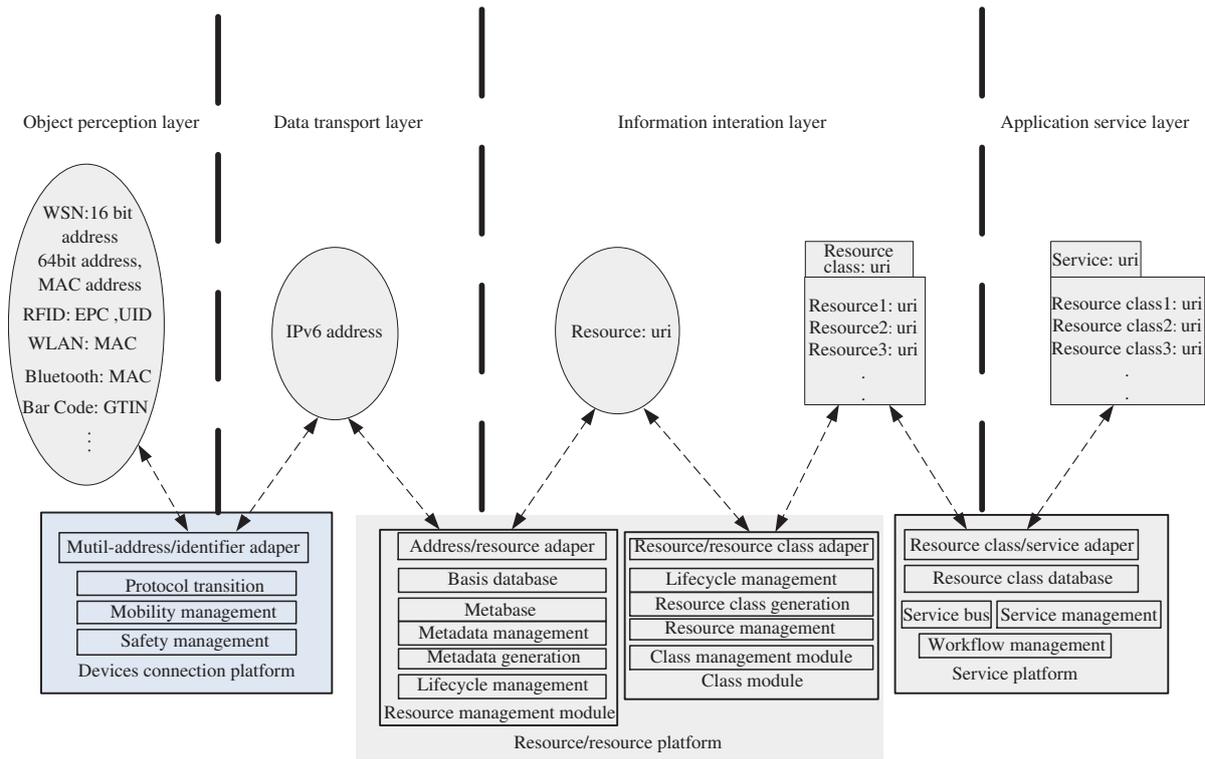


图 1 多元标识映射模型

Figure 1 Multiple identifiers mapping model

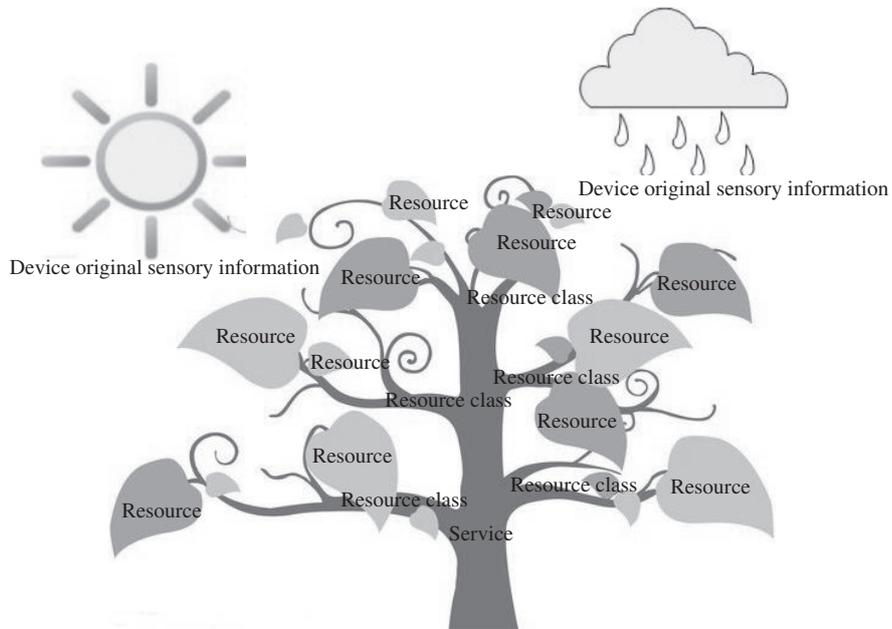


图 2 信息关系树

Figure 2 Information relation tree

始感知信息是由传感器或读写器获取的原始数据, 这些信息维度较少, 一般不会具有社会属性. 模型中采用本体的方式对各种物联网信息进行描述, 因此, 文中引入以下一些定义.

定义 1 设备原始感知信息

$$\text{DeviceData} \equiv \langle \text{DDAddress}, \text{DDAttrib}, \text{DDValue} \rangle. \quad (1)$$

$$\text{DDAddress} : \{ \text{DDA}(\text{id}, \text{name}) | \text{id} : \text{IPv6}, \text{name} : \text{String} \}. \quad (2)$$

$$\text{DDAttrib} : \{ \text{DTB}(\text{DTime}, \text{place}) | \text{DTime} : \text{date}, \text{place} : \text{String} \}. \quad (3)$$

$$\text{DDValue} : \{ \text{DDData}(\text{data}) | \text{data} : \text{String} \}. \quad (4)$$

设备原始感知信息描述为三元组 $\langle \text{DDAddress}, \text{DDAttrib}, \text{DDValue} \rangle$, 其中 DDAddress 为设备原始感知信息标识, 其中包括 id 与 name , id 为设备原始感知信息的 IPv6 地址, name 是设备原始感知信息名称; DDAttrib 为设备原始感知信息属性集, 设备原始感知信息中包括时间属性和空间属性; PDValue 用于描述设备原始感知信息携带的基本信息.

定义 2 感知元数据

$$\text{PriData} \equiv \langle \text{PDAAddress}, \text{PriAttrib}, \text{PDValue}, \text{PRule} \rangle. \quad (5)$$

$$\text{PDAAddress} : \{ \text{PDA}(\text{id}, \text{name}) | \text{id} : \text{IPv6}, \text{name} : \text{String} \}. \quad (6)$$

$$\text{PriAttrib} : \{ \text{ATB}(\text{DTime}, \text{place}, \text{social}) | \text{DTime} : \text{date}, \text{place} : \text{String}, \text{social} : \text{String} \}. \quad (7)$$

$$\text{PDValue} : \{ \text{PData}(\text{data}) | \text{data} : \text{String} \}. \quad (8)$$

$$\text{PRule} : \{ \text{PRu}(\text{rule}) | \text{rule} : \text{String} \}. \quad (9)$$

感知元数据描述为四元组 $\langle \text{PDAAddress}, \text{PriAttrib}, \text{PDValue}, \text{PRule} \rangle$. 其中 PDAAddress 为感知元数据标识, 其中包括 id 与 name , 文章中感知数据元数据使用 IPv6 地址与名称共同标识; PriAttrib 为感知元数据的属性集, 感知元数据包括时间属性和空间属性, 并由元数据规则赋予的社会属性等; PDValue 用于描述感知元数据携带的基本信息; PRule 是元数据生成规则, 该规则用于生成感知元数据基本的社会属性.

定义 3 物联网资源

$$\text{MetaDataRe} \equiv \langle \text{MDRURI}, \text{MDAttrib}, \text{MValue} \rangle. \quad (10)$$

$$\text{MDRURI} : \{ \text{MD}(\text{id}, \text{name}) | \text{id} : \text{uri}, \text{name} : \text{String} \}. \quad (11)$$

$$\text{MDAttrib} : \{ \text{MTB}(\text{DTime}, \text{place}, \text{social}) | \text{DTime} : \text{date}, \text{place} : \text{String}, \text{social} : \text{String} \}. \quad (12)$$

$$\text{MValue} : \{ \text{MData}(\text{data}) | \text{data} : \text{String} \}. \quad (13)$$

资源用于记录原始感知设备, 其中记录了传感器或读写器等设备采集到的简单信息. 定义中, 物联网资源资源描述为三元组 $\langle \text{MDRURI}, \text{MDAttrib}, \text{MValue} \rangle$. 其中 MDRUri 为资源标示符, 描述资源的标识信息, 本文中资源标识使用 uri 与名称共同标识; MDAttrib 为资源的属性集, 对资源的描述可以基于不同的维度, 比如某一个资源可以包括时间属性、空间属性和社会属性等, 这些属性可以作为生成资源类的依据; MValue 用于描述资源数据中携带的基本信息.

定义 4 物联网资源类

$$\text{ResourceClass} \equiv \langle \text{RCURI}, \text{RCAttrib}, \text{RValue} \rangle. \quad (14)$$

$$\text{RCURI} : \{ \text{RD}(\text{id}, \text{name}) | \text{id} : \text{uri}, \text{name} : \text{String} \}. \quad (15)$$

$$\text{RCAttrib} : \{ \text{RTB}(\text{DTime}, \text{place}, \text{social}) | \text{DTime} : \text{date}, \text{place} : \text{String}, \text{social} : \text{String} \}. \quad (16)$$

$$\text{RValue} : \{ \text{RData}(\text{data}) | \text{data} : \text{String} \}. \quad (17)$$

根据资源的某个或某些属性维度可以生成相应的资源类. 定义中, 物联网资源类描述为三元组, RCURI 为资源标示符; 由资源生成的资源类同样也具有时间、空间、社会属性, 因此 RCAttrib 代表资源类的多维属性; RValue 是资源类携带的基本信息.

定义 5 物联网服务

$$\text{IOTService} \equiv \langle \text{ISURI}, \text{ISAttrib}, \text{ISValue}, \text{ISRule} \rangle. \quad (18)$$

$$\text{ISURI} : \{ \text{SD}(\text{id}, \text{name}) | \text{id} : \text{uri}, \text{name} : \text{String} \}. \quad (19)$$

$$\text{ISAttrib} : \{ \text{ISTB}(\text{DTime}, \text{place}, \text{social}) | \text{DTime} : \text{date}, \text{place} : \text{String}, \text{social} : \text{String} \}. \quad (20)$$

$$\text{ISValue} : \{ \text{SData}(\text{data}) | \text{data} : \text{String} \}. \quad (21)$$

$$\text{ISRule} : \{ \text{ISCon}(\text{rule}) | \text{rule} : \text{String} \}. \quad (22)$$

根据服务生成规则, 对相应的资源类进行操作, 并生成服务. 定义中, 物联网服务描述为四元组, ISURI 为资源标示符; 由服务生成规则生成的服务具有时间, 空间, 社会等属性, 因此 ISAttrib 代表资源类的多维属性; ISValue 是服务信息; ISRule 是服务规则, 通过该规则对资源/资源类进行操作.

定义 6 设备原始感知信息标识/IPv6 地址映射 M^D

$$M^D : ((\text{DeviceData} | \text{DDAddress}) \mapsto (\text{IPv6})). \quad (23)$$

原始感知信息标识通过设备原始感知信息标识/IPv6 地址映射规则生成相应的 IPv6 地址, 这个过程中会通过判断 DDAddress 内容, 选择某种地址生成方式, 进行地址生成.

定义 7 感知元数据/资源标识映射 M^E

$$M^E : ((\text{PriData} | \text{PriAttrib}, \text{MDAttrib}) \mapsto (\text{MDRURI})). \quad (24)$$

单个感知元数据根据感知元数据和资源属性生成相应的资源标识, 感知元数据和资源之间是一一对一映射关系, 资源标识包含了资源属性信息, 这样便于对资源的搜索.

定义 8 资源/资源类标识映射 M^S

$$M^S : ((\text{MetaDataRe1}, \text{MetaDataRe2}, \dots | \text{MDAttrib}, \text{RCAttrib}) \mapsto (\text{RCURI})). \quad (25)$$

多个资源根据资源与资源类属性的相关性生成相应的资源类, 资源类是资源的聚合, 资源类标识中包含了资源的公有属性信息.

定义 9 资源类/服务标识映射 M^C

$$M^C : ((\text{ResourceClass1}, \text{ResourceClass2}, \dots | \text{RCAttrib}, \text{ISAttrib}, \text{ISRule}) \mapsto (\text{ISURI})). \quad (26)$$

多个资源类通过资源类/服务映射规则生成相应的服务, 生成过程中将参照资源类和服务的属性信息, 并根据服务生成规则对资源/资源类进行控制.

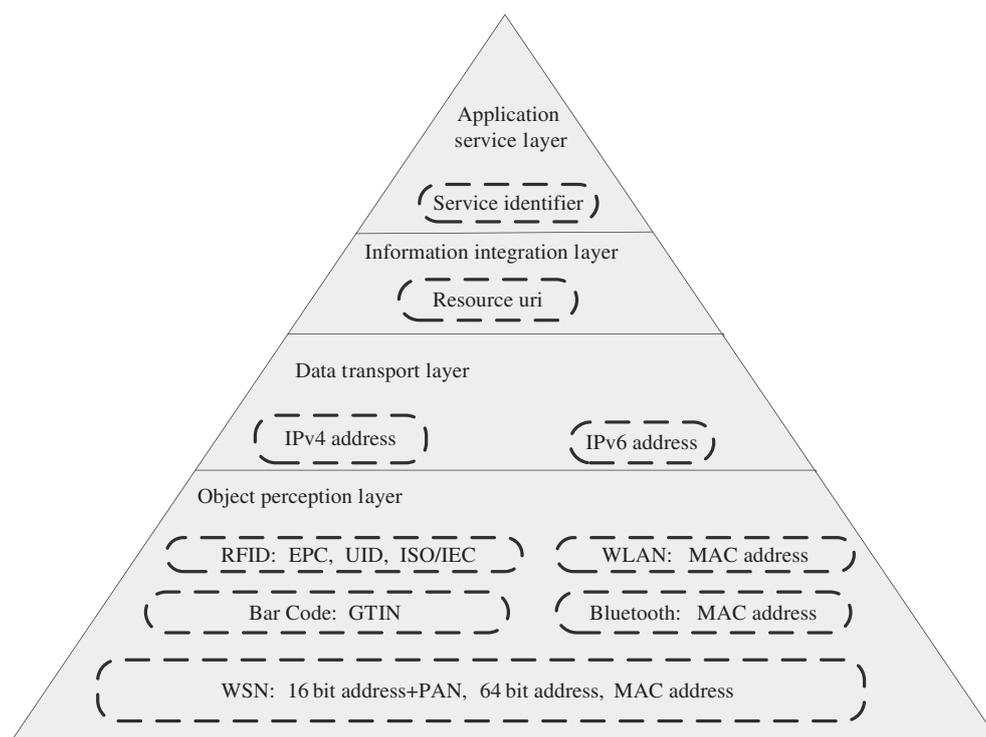


图 3 物联网标识类别

Figure 3 IOT identifiers categorie

3.4 标识选择

如图 3 所示物联网标识种类呈现金字塔式的递减, 这也体现出物联网当前的发展现状, 底层标准多样, 越往上层越趋于使用统一方法. 模型中希望实现底层异类标识方法与上层标识之间有效映射. 因此我们在不同的层次中选取了异类标识并存、IPv6 地址、资源 URI、资源类 URI、服务 URI 的标识方法.

1) 本模型针对对象感控层, 选用了多种标识形式并存的方案. 选用标识的原则是能够对终端节点进行唯一性标识.

(1) ZigBee 网络中选用 IEEE-64 位长地址. 在 ZigBee 网络中包括了 16 位短地址和 64 位长地址, 16 位短地址由控制节点分配给终端传感器节点, 不同的 ZigBee 网络间 16 位短地址可能出现地址重复的现象, 因此 16 位短地址不适合本模型需求. IEEE64 位长地址由厂商为感控节点分配的设备标识, 具有全球唯一性, 比较适合本模型的要求.

(2) RFID 系统中选用 EPC 编码、UID 编码或者其他标签编码. 某一种标签编码内部不会出现重码现象, 但编码之间可能出现重码现象, 比如 uCode 编码和 mRFID Code 编码均有 128 位长度的编码, 虽然 uCode 和 mRFID 编码在自己的名字空间中是唯一的, 但一个 uCode 编码和一个 mRFID 编码则可能完全相同, 从而导致冲突. 针对重码问题, 可以在数据传输层进行解决, 具体方法将在后边文章中详细介绍.

(3) 其他类型的网络比如蓝牙系统, 无线局域网等, 选用 48 位 MAC 地址作为设备标识. MAC 地址也同样具有全球唯一性的特点, 比较适合作为设备唯一性标识.

2) 数据传输层中选用 IPv6 地址方案, 因为 128 位的地址空间, 比较适合物联网海量节点标识, 另外 IPv6 地址包括 48 位全球地址前缀, 16 位子网标识码, 64 位端口标识码, 适合于在 IPv6 地址携带终端节点标识信息.

3) 信息整合层与应用服务层中的资源, 资源类以及服务的标识方法都采用 URI 资源服务标识, 这种方式使网络中的资源或服务获得唯一且全局的标识, 并能够更加方便地对网络中的资源或者服务进行集中管理.

3.5 标识映射规则

感知信息从采集到最终展示为服务的过程中会使用不同的标识方案: 对象感控层中的多种标识形式并存, 数据传输层中的 IPv6 地址, 信息整合层中的资源 URI 和资源类 URI, 应用服务层中的服务 URI. 各层次标识之间需要建立一定的映射关系.

3.5.1 设备原始感知信息标识/IPv6 地址映射 M^D

由设备原始感知信息标识到 IPv6 地址的映射过程中包括 IPv6 数据报文的生成过程与感知信息标识/IPv6 地址映射两种主要过程.

1) IPv6 数据报文生成过程: 设备原始感知信息与 IPv6 数据报文的转换过程可以描述为如图 4 所示的流程.

感知信息通过数据包解析出不同类型的设备原始感知信息标识数据, 并根据这些信息选择采用哪种 IP 地址方案. IPv6 地址生成包括两种不同的方法. 第一种是地址生成方案, 第二种是地址代理方案. 选用两种不同的方案是考虑到物联网存在着以 EPC 编码进行标识的 RFID 系统, 或以 64 位长地址或 MAC 地址进行标识的无线传感器网络, 两种不同的设备原始感知信息标识方式需要不同的地址生成方法. 通过地址生成之后, 感知信息将使用 IPv6 地址进行传输.

2) 原始感知信息标识/IPv6 地址映射 M^D : 原始感知信息标识通过如下映射过程 ((DeviceData|DDAddress) \mapsto (IPv6)) 映射为相应的 IPv6 地址, 这个过程中会判断原始感知信息中的原始标识类型, 具体可以描述为如下伪码流程.

```
String PreSourceData = getData(PrePackage);
String MakeMacAdrV6;
String MakeIEEEAdrV6;
String MakeAgentAdrV6;
if (PreSourceData.indexOf('DataType') == '001'){
    MakeIEEEAdrV6 = MakeIEEEAdr(PreSourceData); }
if (PreSourceData.indexOf('DataType') == '010'){
    MakeMacAdrV6 = MakeFullAddress(PreSourceData); }
if (PreSourceData.indexOf('DataType') == '011'){
    MakeAgentAdrV6 = MakeAgentAdr(PreSourceData); }
```

以上流程中, 首先获得原始感知数据, 并判断数据中的 DataType 字段值, 根据字段值选用相应的 IPv6 地址生成方法, MakeIEEEAdr, MakeFullAddress 或者 MakeAgentAdr. 这些方法实现对图 5 所示的 IPv6 地址添加.

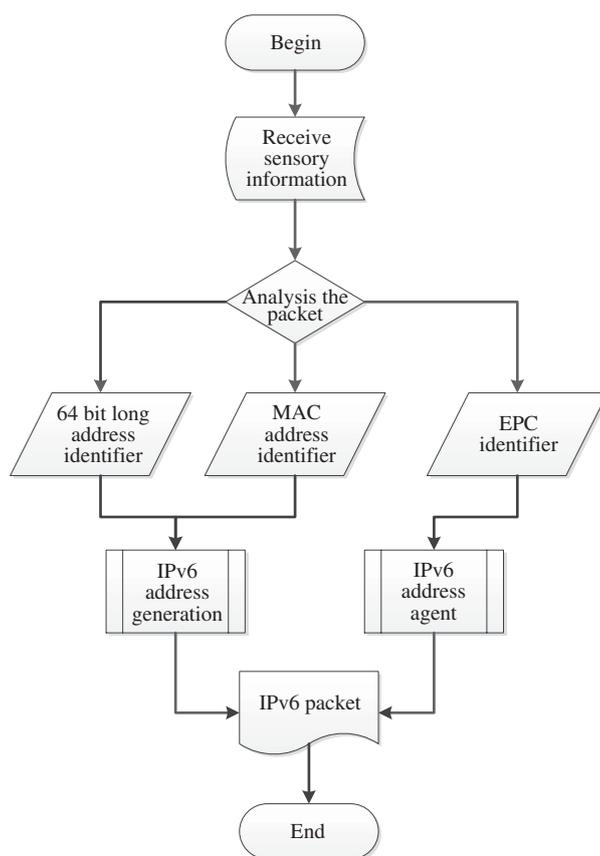


图 4 原始感知信息与 IPv6 数据报文的转换过程

Figure 4 Conversion of original sensing data and IPv6

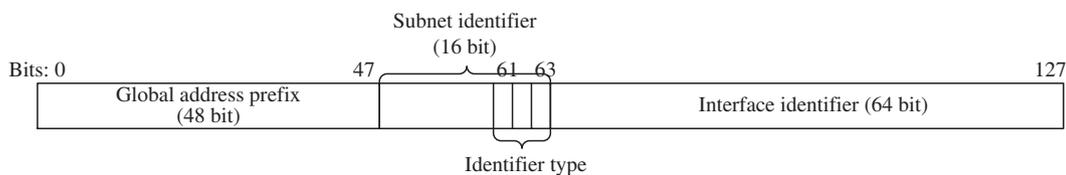


图 5 IPv6 地址格式

Figure 5 IPv6 address format

如图 5 所示是 IPv6 地址格式, 128 位 IPv6 地址被分为三部分, 分别为全球地址前缀, 子网标识符和接口标识符. 其中全球地址前缀由上层路由节点统一分配, 比如 FE80:0000:0000H 代表北京邮电大学全球地址前缀. 子网标识符由各个公司或组织内部分配, 用于内部子网地址分配, 第 61 位到第 63 位代表标识类型, 在本模型中定义 001 表示 IEEE64 位长地址作为接口标识符; 010 表示 48 位 MAC 地址作为地址标识符; 011 表示代理方式传输; 其他标识作为类型扩展. 接口标识符为节点标识, 能够唯一标识感知节点, 在本模型中选取了 MAC 地址或者 IEEE66 位长地址作为接口标识符.

(1) 地址生成方案: 主要针对 ZigBee 网络和以 MAC 地址作为感知节点唯一性标识的网络, 地址生成方案如图 6 所示.

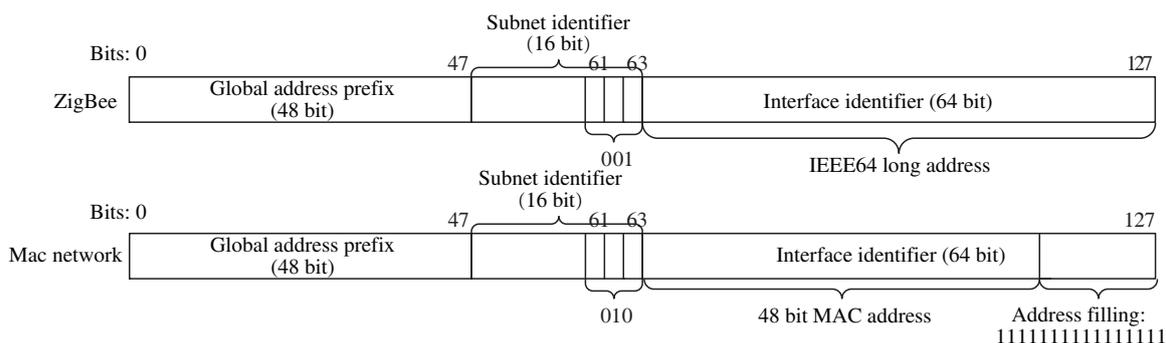


图 6 IPv6 地址生成方案

Figure 6 IPv6 address generation scheme

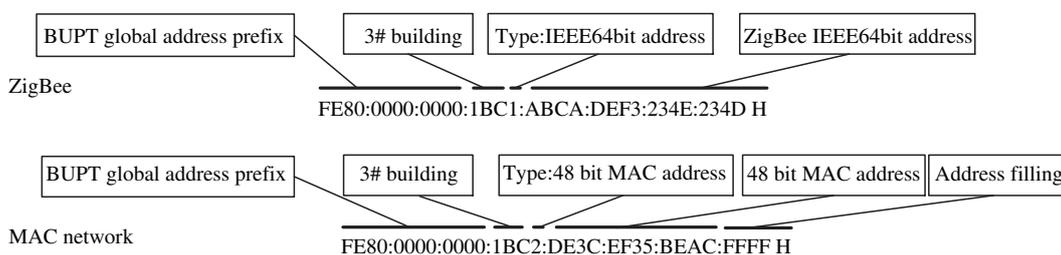


图 7 IPv6 地址生成实例

Figure 7 IPv6 address generation instance

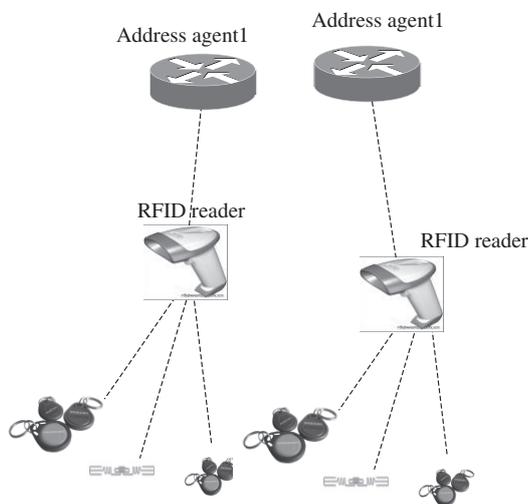


图 8 IPv6 地址代理方案

Figure 8 IPv6 address agent schema

标识类型字段设置为 001, 接口标识符将填充 IEEE-64 位长地址. 标识类型字段设置为 010, 接口标识符前 48 位填充 48 位 MAC 地址, 后 16 位地址填充为 FFFFH. 具体实例如图 7 所示.

(2) 代理方案: 在 RFID 系统中使用如图 8 所示的地址代理方案.

表 1 EPC 地址与 IPv6 代理映射关系

Table 1 Mapping relationship of IPv6 and EPC

Address agent IPv6 address	EPC
FE80:0000:0000:0000:A3F5:0345:6565:4576	3400E2007521210502661340904BD81A
	3400E2003412DC03011790200021D770
	3400E200751617022913508C3D245234
FE80:0000:0000:0000:B2RB:3425:0242:4531	3400E200752121050234234DN34E5D2
	3400E2003412DC030117902342345456
	3400E20075161702291345345FD345EC

某一区域中的电子标签由地址代理统一转发, 每个地址代理分配单独的 IP 地址, 标签与地址代理间需建立如表 1 所示的映射关系.

RFID 系统采取代理方案基于以下一些原因: (1) 在 RFID 系统中, 电子标签信息作为感知数据被采集传输. 相关的商品信息存储在信息服务器中, 通过标签数据能够查询相应商品信息. 标签仅作为查询依据, 并不存储大量商品信息, 因此不必为其单独设置 IP 地址. (2) 电子标签数据较多, 而为每个标签都分配 IPv6 地址会造成地址浪费.

3.5.2 感知元数据/资源标识映射 M^E

感知元数据到资源标识的映射过程是设备数据到资源数据的转换, 下面我们从 IPv6 数据报文/资源的转换过程、元数据定义、资源标识方法、感知元数据/资源标识映射流程 4 个方面介绍资源的生成过程.

1) IPv6 数据报文/资源的转换过程: 由设备接入平台传入的 IPv6 数据报文在进入资源/资源类平台后, 会通过如图 9 所示的处理过程, 地址/资源适配器将 IPv6 中携带的数据分类为 EPC 信息或传感网数据, 传感网数据会直接存储到基础数据库中, EPC 信息会通过信息服务器进行解析生成相应产品信息, 这两部分信息最终被存储在设备原始感知信息库中, 设备原始感知信息形式化为 (1) 式. 通过元数据生成功能并依据 PRule 规则可以赋予原始感知信息新的属性比如社会属性, 并将其标准化描述为感知元数据 PriData, 并存储到感知元数据库中. 感知元数据/资源标识映射将元数据映射为相应的资源, 并对外发布为资源 URI.

2) 感知元数据: 在本模型中感知元数据将会作为最基础的数据来源, 通过元数据生成 XML 文档并存储在元数据中, 由于物联网信息标准的多样性, 我们将元数据划分为如图 10 所示的标准元数据, 共识元数据以及用户自定义元数据^[25], 标准元数据是按照权威的组织定义的元数据标准 (如: FGDC, ISO, TC211) 得到的元数据; 共识元数据是行业中已经形成共识但并未形成标准的元数据; 用户自定义元数据是用户根据具体需求定义的元数据形式. 在本文中定义了如图 11 所示的用户自定义感知元数据, 该元数据从时间和空间两个维度描述了教学 3 号楼 902 室 L1.30 的传感器采集的光照信息, 多个维度的信息描述更有利于资源的生成.

3) 资源标识方法: 由感知元数据/资源标识映射生成的 URI 标识资源被传输到资源类管理子模块. 为了使资源标识能够唯一定位到某一资源, 本文采用了多维度资源标识格式:

协议://域名/维度1/维度2/.../维度n/资源名.

其中协议代表物联网所使用的通信协议, 域名需要通过 DNS 进行解析, 维度 1 到维度 n 是对某一资

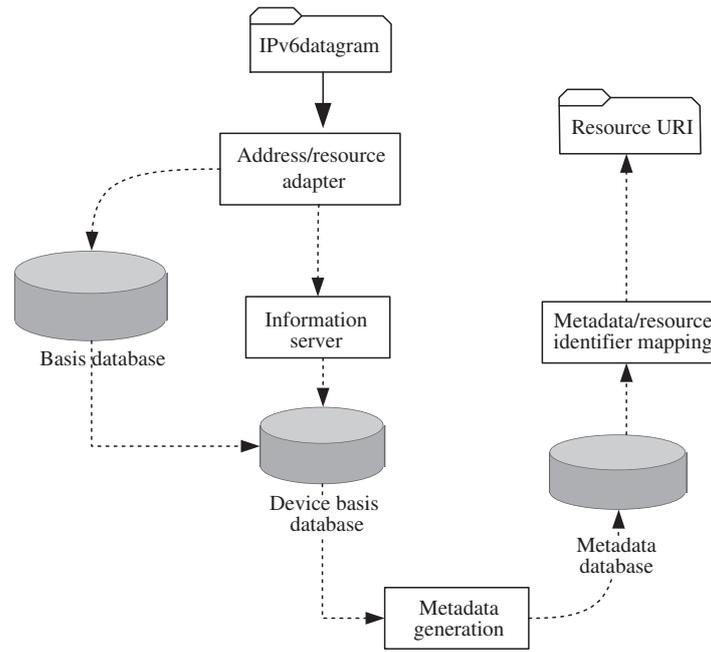


图 9 IPv6 数据包到资源 URI 转换过程

Figure 9 Conversion of IPv6 and resource URI

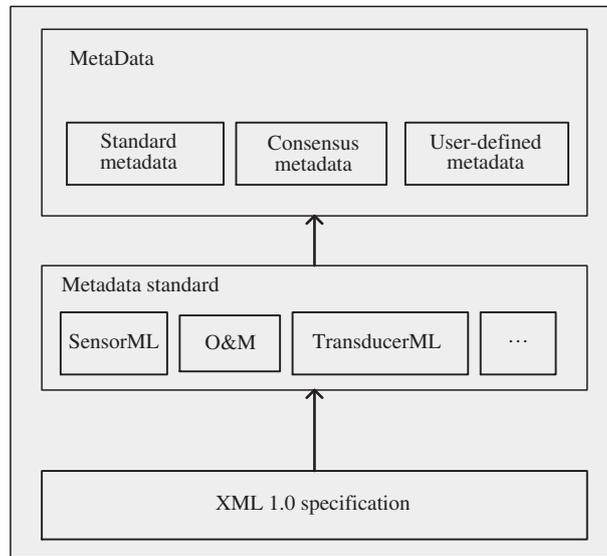


图 10 元数据描述

Figure 10 Metadata description

源的多角度属性信息. 具体实例如图 12 所示.

根据时间和空间和两个维度抽取出来的 2012 年 12 月 24 日 902 教室传感器 Light_1 的资源, 通过资源名能够快捷的获取资源中所包含日期和地点信息, jx3.bupt.edu.cn 代表了北京邮电大学 3 号教

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<BuildingMeta>
  <timing>2012/12/24 16:27</timing>
  <Address>
    <IPAddress>FE80:0000:0000:0000:ABEF:3245:5467:6879</IPAddress>
    <MACAddress>2D AC 1D 1B 4B 7C 17 1F</MACAddress>
    <PsyAddress>classroom902</BuildName>
  </Address>
  <NodeType>
    <Ability>temperature</Ability>
  </NodeType>
  <NodeInfo>
    <NodeName>L1_30</NodeName>
    <NodeValue>20</NodeValue>
  </NodeInfo>
</BuildingMeta>
    
```

图 11 XML 元数据实例

Figure 11 XML metadata instance

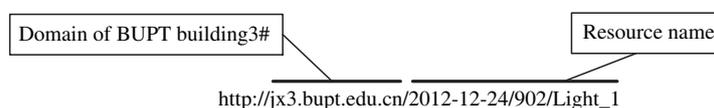


图 12 灯光资源 URI 描述实例

Figure 12 Light resource URI instance

学楼的域名, 这个域名是通过 DNS 域名服务对 IPv6 地址 FE80:0000:0000:1BC1:ABCA:DEF3:234E:234DH 解析获得.

4) 感知元数据/资源标识映射 M^E : 存储在元数据库中的感知元数据, 通过 (24) 式生成相应资源的 URI 标识, 感知元数据与资源标识之间通过属性之间的关联, 建立一对一的映射关系. 映射关系可以描述为如下的伪码程序.

```

*PriAttrib[a];
*MDAttrib[b];
if compare(PriAttrib,MDAttrib) = 1{
  MakeURI(MDAttrib);}
else{
  cout <<' sourcefall';}
    
```

如程序所示, 比较感知元数据属性 PriAttrib 与资源属性 MDAttrib, 如果存在满足属性关系的感知元则根据资源属性生成相应的资源标识 URI. 资源标识中携带资源的属性信息与资源的名称, 资源信息存储在资源对应的感知元数据中. 通过这种方式, 能够根据资源 URI 快速查询到相应的感知元数据信息, 也便于资源类的生成.

3.5.3 资源/资源类标识映射 M^S

由感知元数据/资源标识映射生成的资源 URI 信息会被存储在资源数据库中, 之后通过资源/资源类标识映射 M^S 映射为资源类标识, 在进行资源/资源类映射的过程中, 会根据资源 URI 中的属性

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<sour>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/environment</sour>
<mapping>
<room902>
  <light>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/Light_1</uri>
  </light>
  <temperature>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/Tem_1</uri>
  </Temperature>
  <humidity>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/Hum_1</uri>
  </humidity>
  <power>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/Power_1</uri>
  </power>
</room902>
</mapping>

```

图 13 环境参数资源/资源类映射描述文件

Figure 13 Environmental resource/resource class mapping file

信息与资源类属性进行对比, 满足资源类属性的资源 URI 标识将生成资源类描述文件, 并根据资源类属性生成相应的资源类 URI 标识. 映射关系可以描述为如下的伪码程序.

```

RCAttribs;
MDAttribs;
if RCAttribs ∈ MDAttribs{
  Add(Source, SourceClass);
  MakeClassURI(RCAttribs); }

```

当资源属性属于资源类属性时, 则将相应资源加入资源/资源类映射描述文件中. 因此资源类是满足相同属性的资源集合, 之后根据资源类属性生成相应的资源类 URI. 比如资源类时间与空间分别为 2012 年 12 月 24 日和位置 902 教室, 根据这两个属性生成的环境参数资源/资源类映射描述文件如图 13 所示, 通过查询资源 URI 中的时间属性和位置属性快捷的将资源 URI 汇集到资源/资源类映射描述文件中, 不用直接对原始数据进行搜索, 提高了资源查询效率.

资源类通过 URI 进行标识, 根据资源类属性生成相应的资源类 URI 标识名称, 比如根据时间、地址内容生成的环境参数类资源可以表示为 <http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/environment>.

3.5.4 资源类/服务标识映射 M^C

资源/资源类标识映射生成的资源类 URI 标识将被存储在资源类数据库中, 通过资源类/服务标识映射 M^C 生成相应的服务标识与服务. 服务具有相应的生成规则, 用于对各种资源/资源类进行约束, 因此生成服务的过程不是简单的资源类聚合, 在服务中引入了规则属性 ISRule. 资源类/服务标识映射可以描述为如下的伪码程序.

```

ServiceTime;
ServicePlace;
ServiceSocial;

```

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<seruri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/info</seruri>
<mapping>
<floor9>
  <environment>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/environment</uri>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/903/environment</uri>
  </environment>
  <device>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/device</uri>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/903/device</uri>
  </device>
  <employee>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/employee</uri>
    <uri>http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/employee</uri>
  </employee>
</floor9>
</mapping>
```

图 14 资源类/服务标识映射描述文件

Figure 14 Resources class/service identifiers mapping file

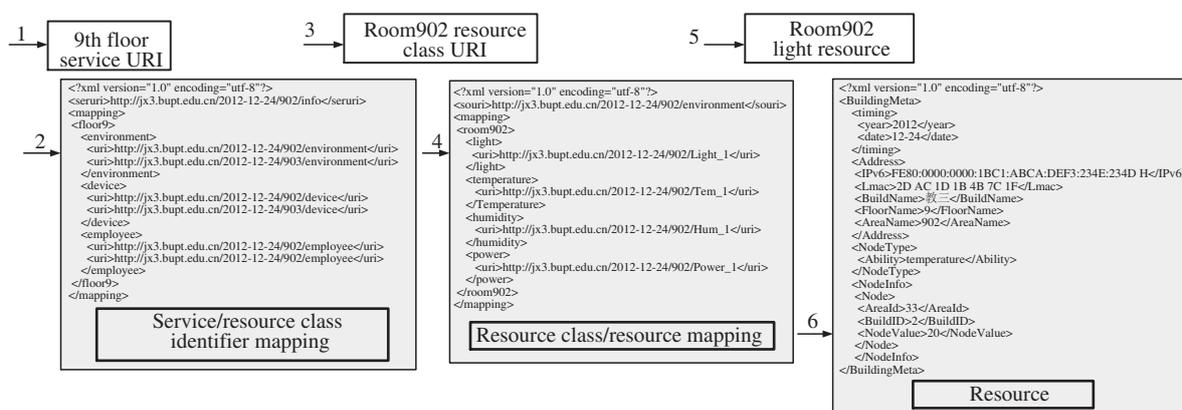


图 15 服务/资源的映射过程

Figure 15 Service/resource mapping

```
if ISRule(ResourceClass1, ResourceClass2, ...){
  AddSourceClass(ReSourceClass, Service);
  MakeClassURI(ServiceTime, ServicePlace, ServiceSocial); }
```

资源类被存储在资源类库中, 服务管理模块根据服务生成规则查询相关资源类, 之后将这些资源类进行动态绑定, 服务接口定义、服务配置等操作被描述为 XML 形式的资源类/服务标识映射描述文件. 比如公布教学 3 号楼 9 楼的信息, 这个服务规则中包括各个房间的环境信息、设备信息、人员工作信息. 建立的资源类/服务标识映射描述文件如图 14. 这个服务对外以发布为统一的 URI 为 <http://jx3.bupt.edu.cn/2012-12-24/902/info>.

具体的应用中通过查询资源类/服务标识映射描述文件, 获得服务内容. 比如要查询 2012 年 12 月 24 日 902 教室灯光信息, 会经历如图 15 所示的过程.

首先根据 9 楼信息服务 URI 定位到服务描述文件, 查询到相应资源类 URI; 再根据这个资源类 URI 定位资源类描述文件, 查询到相应资源 URI; 最终查询到相应资源信息.

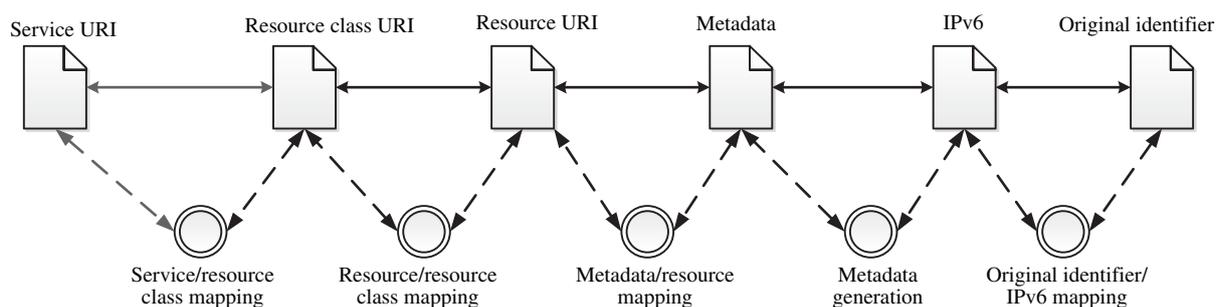


图 16 标识映射全过程

Figure 16 Identifiers mapping process

3.5.5 标识映射全过程

通过建立标识之间的映射桥梁, 本模型实现了设备原始感知信息标识到最终的服务标识转换中信息的双向可追溯性, 这种方式增强了服务对感知信息的控制性, 使物联网服务粒度更细微, 服务范围更广泛. 如图 16 所示, 感知信息从被采集到最终在服务中展示, 经历了 5 种映射过程和 6 种信息标识方式, 最终实现了设备网、信息资源网络和服务网络的有机结合.

4 系统原型与验证

校园应用中存在着异构网络环境, 比如图书馆、教务处、后勤等部门对学生信息、校内车辆、环境参数的监测, 而基于这些监测信息可以衍生出许多有实际应用意义的服务. 下面文章将基于面向物联网的多元标识映射模型创建智慧校园原型系统, 系统模型如图 17 所示. 在实验室工作环境中, 部署了多种传感器节点实现对温度、湿度、二氧化碳浓度的监测; 对空调、饮水机、灯光等设备实现感控; 通过 RFID 系统实现对人员考勤、室内定位、仪器设备管理等内容. 感知节点被分为多个 6LowPan 域, 并从边界路由网关获得 IPv6 前缀. 终端节点选用支持 6LowPan 的传感器节点, 边界路由选用嵌入式 LINUX 操作系统, 并能够进行 6LoWPAN 与 IPv6 之间的转换, 以及对 6LoWPAN 域参数的设置. 传感器接入网关实现协议转换、移动管理、节点注册、路由管理等功能. 资源管理系统完成原始数据的存储, 以及感知元数据的生成. 由于感知元数据、资源、服务都使用 XML 语言进行描述, 为了提高查询效率, 系统选择 Native-XML 数据库系统, 便于通过 DOM 树方式检索 XML 文档及文档节点. 资源管理系统、类管理系统、服务管理系统采用基于 REST 风格的 WEB 服务描述方式, 应用服务最终以 URI 形式对外开放.

5 结论

当前, 物联网中多种标识方式并存在一定程度上加剧了网络的异构性, 并限制了物联网技术的进一步的发展. 本文通过综合分析物联网四层基础模型中存在的各种标识方式和现有的解决网络异构性的方法, 建立起面向物联网的多元标识映射模型. 希望通过本模型的建立为物联网标识选择与映射问题提供一种可行的方法. 通过原型系统的建立, 验证了本模型的可行性, 然而也发现了模型中存在需

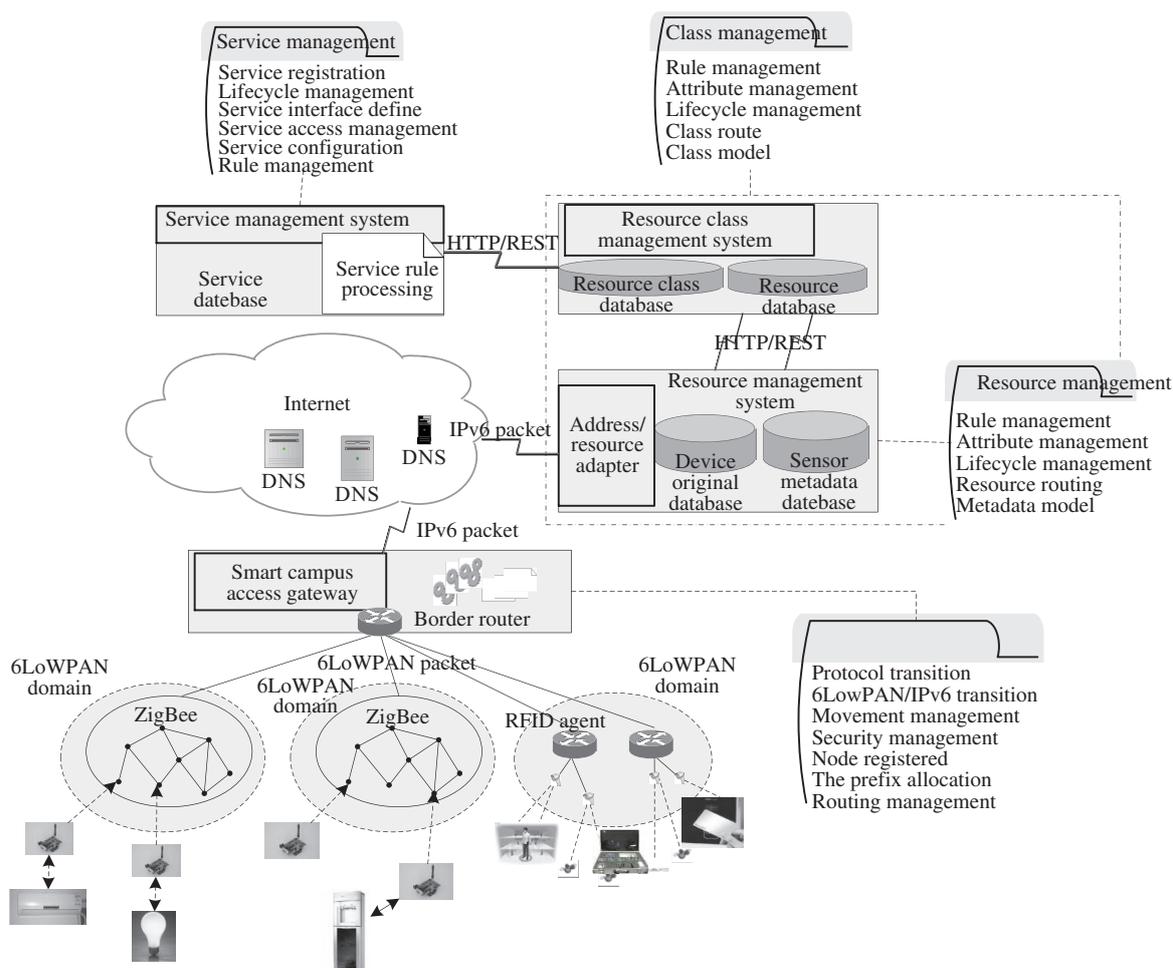


图 17 智慧校园原型系统

Figure 17 Wisdom campus prototype system

要改进的部分. 例如, (1) 需要构建物联网模型, 用于描述数量众多, 类型多样的物联网服务; (2) 对物联网服务进行可视化管理、服务验证、匹配、定位、调度. 这些内容是下一步工作的重点内容.

参考文献

- 1 Zhou H B. The Internet of Things, application, standard and business model. Beijing: Publication House of Electronics Industry, 2011 [周洪波. 物联网技术, 应用, 标准和商业模式. 北京: 电子工业出版社, 2011]
- 2 EPCglobal. The EPCglobal Architecture Framework, Version 1.2. 2005
- 3 EPCglobal. EPC Tag Data Standards, Version 1.5. 2010
- 4 Gao S W, Wu Y Y. ZigBee Technology Practice Tutorial. Beijing: Beihang University Press, 2009 [高守玮, 吴灿阳. ZigBee 技术实践教程. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009]
- 5 Cai Y J, Shen C S, Wu Z C, et al. A novel sensor network standard based on SensorML and IEEE 1451. Instrumentation Technol, 2010, 1:2 [蔡永娟, 沈春山, 吴仲城, 等. 基于 SensorML 和 IEEE 1451 的新型传感器网络标准研究. 仪表技术, 2010, 1: 2]
- 6 Shelby Z. Embedded web services. IEEE Wirel Commun, 2010, 17: 52-57

- 7 Colitti W, Steenhaut K, de Caro N, et al. Rest enabled wireless sensor networks for seamless integration with web applications. In: Proceedings of IEEE 8th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), IEEE, 2011. 867–872
- 8 Zhang L L, Liu J M, Zhang X, et al. Design of remote sensing image service based on REST. Chinese J Comput Appl, 2010, A01: 57–59 [张利利, 刘峻明, 张旭, 等. 基于 REST 架构模式的遥感影像数据服务设计. 计算机应用, 2010, A01: 57–59]
- 9 Hada H, Mitsugi J. Epc based Internet of Things architecture. In: Proceedings of IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications (RFID-TA), IEEE, 2011. 527–532
- 10 Jung E, Choi Y, Lee J S, et al. An OID-based identifier framework supporting the interoperability of heterogeneous identifiers. In: Proceedings of 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), IEEE, 2012. 304–308
- 11 Hong S, Kim D, Ha M, et al. SNAIL: an IP-based wireless sensor network approach to the internet of things. IEEE Wirel Commun, 2010, 17: 34–42
- 12 Mainetti L, Patrono L, Vilei A. Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey. In: Proceedings of IEEE 19th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), IEEE, 2011. 1–6
- 13 Donghyuk H, Jong-Moon C, Garcia R C. Energy efficient wireless sensor networks based on 6LoWPAN and virtual MIMO technology. In: Proceedings of IEEE 55th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWS-CAS), IEEE, 2012. 849–852
- 14 Sakakibara H, Nakazawa J, Tokuda H. PBN: A seamless network infrastructure of heterogeneous network nodes. In: Proceedings of IEEE 6th International Conference on Networked Sensing Systems (INSS), IEEE, 2009. 1–1
- 15 Bandyopadhyay S, Sengupta M, Maiti S, et al. Role of middleware for Internet of things: a study. Int J Comput Sci Eng Survey (IJCSSES), 2011, 2: 94–105
- 16 Atzori L, Iera A, Morabito G. The Internet of Things: A survey. Comput Networks, 2010, 54: 2787–2805
- 17 Chatzigiannakis I, Mylonas G, Nikolettseas S. 50 ways to build your application: A survey of middleware and systems for wireless sensor networks. In: Proceedings of IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), IEEE, 2007. 466–473
- 18 Roussos G, Chartier P. Scalable ID/Locator Resolution for the IOT. In: Proceedings of International Conference on Internet of Things (iThings/CPSCoM) and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, IEEE, 2011. 58–66
- 19 Evdokimov S, Fabian B, Kunz S, et al. Comparison of discovery service architectures for the internet of things. In Proceedings of IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC), IEEE, 2010. 237–244
- 20 Montenegro G, Kushalnagar N, Hui J, et al. Transmission of IPv6 Packets Over IEEE 802.15.4 Networks. Internet proposed standard RFC, 2007, 4944
- 21 Wang Y J, Qian Z H, Wang X, et al. Addressing scheme for Internet of Things based on IPv6 over low-power wireless personal area network (6LoWPAN). Chinese J Electron Inf Technol, 2012, 34: 763–769 [王义君, 钱志鸿, 王雪, 等. 基于 6LoWPAN 的物联网寻址策略研究. 电子与信息学报, 2012, 34: 763–769]
- 22 Shin H, Talipov E, Cha H. IPv6 lightweight stateless address autoconfiguration for 6LoWPAN using color coordinators. In: Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom), IEEE, 2009. 1–9
- 23 Song Z, Cardenas A A, Masuoka R. Semantic middleware for the Internet of Things. In: Proceedings of Internet of Things (IOT), IEEE, 2010. 1–8
- 24 Bazzani M, Conzon D, Scalera A, et al. Enabling the IOT paradigm in E-health solutions through the VIRTUS middleware. In: Proceedings of IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), IEEE, 2012. 1954–1959
- 25 Luo Y W, Wang X L, Xu Z Y. XML-based geospatial metadata system. Chinese J Comput, 2005, 28: 1205–1212 [罗英伟, 汪小林, 许卓群. 基于 XML 的地理信息元数据系统. 计算机学报, 2005, 28: 1205–1212]

Mapping model of multi-identifiers oriented to Internet of Things

WANG PingQuan*, LUO Hong & SUN Yan

Beijing Key Laboratory of Intelligent Telecommunication Software and Multimedia, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China

*E-mail: pingquanw@163.com

Abstract Although in the course of messages transport of the perception data, there are many different methods of identifiers information on the Internet of Things (IOT), a strict mapping mechanism is missed which leads to many difficulties in tracing information and controlling devices, further undermining IOT services opening. On the basis of four layer model of IOT, this paper comprehensively analyzes the marking methods of information in each layer, and proposes a new mapping model of diversified identifiers on IOT in heterogeneous network structures. In light of the whole processing of information on IOT, we focus on analyzing the identifiers mapping methods of information in adopting, transmission, processing and displaying and establishes new mapping methods to identify the information identifiers from origin devices and IPv6 address, meta data and resource identifiers, resource identifiers and resource catalogue identifiers. By building a diversified identifiers mapping model, we gain a better identification and control of metadata and can retrace the information source under IOT services. Finally, the author verified the feasibility through the prototype of smart campus.

Keywords Internet of things, identifier mapping, resource class, Multi-identifiers, services of Internet of things



WANG PingQuan was born in 1980. He is a Ph.D. candidate of the School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, China. He is also an assistant of Huhhot University for Nationalities. He obtained the B.S. degree from Inner Mongolia Agricultural University and M.S. degree from Inner Mongolia University of Technology. His research interest includes Internet of things, wireless networking and smart environments.



LUO Hong was born in 1968. She is a professor of the School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, China. She is also a research member of the Beijing Key Lab of Intelligent Telecommunication Software and Multimedia. She obtained her B.S., M.S. and Ph.D. degree from Beijing University of Posts and Telecommunications in 1990, 1993, and 2006, respectively. From 2004 to 2005, she held a visiting position in the Department of Computer Science and Engineering, the University of Texas at Arlington, and she was a visiting Professor at the Helsinki University of Technology in 2008. She is also a recipient of the New Century Excellent talents in University of China (2008). Her research interest includes Internet of things, wireless networking, sensor networks, smart environments and communication software.



SUN Yan was born in 1970. She is an associate Professor of the School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, China. She is also a research member of the Beijing Key Lab of Intelligent Telecommunication Software and Multimedia. She obtained her B.S. degree from Beijing Jiaotong University in 1992, the M.S. and Ph.D. degree from Beijing University of Posts and Telecommunications in 1996, and 2007, respectively. Her research interest includes Internet of things, sensor networks, smart environments and embedded systems.