

云信任驱动的物联网信息资源寻址模型

万年红, 王雪蓉

(浙江东方职业技术学院 工程技术系, 浙江 温州 325011)

(wnhhong@126.com)

摘要: 为提高物联网底层信息资源寻址效果, 基于对云环境下的物联网底层寻址服务的信任度评估准则等方面的研究, 改进信任驱动算法, 提出一个云信任驱动的物联网信息资源寻址模型。首先, 分析寻址的关键特征; 然后, 设计并采用特定约束条件、信任陡度函数、云信任度评估准则及信任约束系数建立寻址模型; 最后, 设计了一个物联网系统实例来验证该模型的有效性。实验结果表明, 相比传统模型或算法, 该模型有良好的底层资源寻址效果。

关键词: 物联网; 信任驱动; 信息资源; 寻址服务

中图分类号: TP393.01 **文献标志码:** A

Information resource addressing model based on trust-driven cloud for Internet of things

WAN Nian-hong, WANG Xue-rong

(Department of Engineering Technology, Zhejiang Dongfang Vocational and Technical College, Wenzhou Zhejiang 325011, China)

Abstract: To improve bottom-layered information resource addressing efficiency for Internet of Things (IoT), with researching trust evaluation criteria on bottom-layered addressing services for IoT in cloud, and improving trust-driven algorithms, an information resource addressing model based on trust-driven cloud for IoT was presented. First the key addressing features were analyzed, then the addressing model was constructed by designing and using specific constraint conditions, trust steepness function, cloud trust evaluation criteria and trust constraint coefficients. Finally, the model was validated by an IoT system designing instance. The experimental results show the proposed model has satisfactory bottom-layered resource addressing efficiency in comparison with traditional models or algorithms.

Key words: Internet of Things (IoT); trust-driven; information resource; addressing service

0 引言

物联网(Internet of Things, IoT)是将基于感应设备的射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术、传感器技术嵌入到互联网中的物物相连的下一代信息网络。实现物品信息被准确、安全、高效定位及查询的物联网底层信息资源寻址技术已成为物联网研究中备受瞩目的热门课题^[1]。目前, 对物联网底层信息资源寻址技术的研究主要集中在两个基本方面: 一是有关物联网 RFID Savant 中间件^[2]、层次结构^[3]、RFID 信息服务发现^[4-5]、可信查询机制^[6]、泛在识别中心(ubiquitous ID center, uIDc)^[7]及物联网信息资源命名或寻址模型^[1, 8-9]等底层技术的研究, 最有代表性的是孔宁等人提出的物联网资源寻址模型^[1]; 二是基于信任驱动机制的互联网资源或云资源管理与调度算法的研究^[10-17]。

以上研究较好地完善了网络底层资源之间的信任驱动关系动态演化机制, 从而一定程度上实现了多变、难控的物联网环境下的动态信息资源的安全定位。但是这些研究总体上仍偏重于传统的互联网信息资源寻址模式, 并且由于物联网资源的高度复杂性, 导致基于 RFID 和互联网的底层寻址技术难以在复杂的网络环境中有效实现^[1-2], 总体存在着信任驱动机制与物联网底层系统分离、通信协议和寻址定位标准不统一、底层编码单一、信任功能定义不一致等问题。因此相对物联网寻址研究的总体目标, 以上工作仍然较为初步, 尤其是

对多域协作的信任驱动算法的动态性描述不足, 很少见到通用的甚至较为底层的物联网资源寻址技术的研究。

云计算是互联网(目前的物联网支撑环境)发展的代表性计算模式。在开放的云环境下, RFID 读取大量物品标签信息的速度快、响应时间短, 可以满足物联网底层寻址的实时性和安全性要求, 因此, 云计算将对物联网计算环境及应用模式产生重大影响^[6, 10, 16]; 另一方面, 基于云的信任驱动机制作为云资源调度与管理的关键技术之一, 能够有效地支持信任主体的信任决策过程, 较好地解决信任表达中模糊性和不确定性难题^[15-17], 在物联网底层信息资源寻址研究中发挥着越来越重要的作用。

本文针对目前研究的现状, 从云环境下物联网寻址服务的信任度评估角度, 提出一个云信任驱动的物联网信息资源寻址模型(Information Resource Addressing Model Based on Cloud Trust-Driven for Internet of Things, IRAMCTDIOT), 着重实现物联网底层信息资源寻址的目标, 以便更好地推动物联网在世界范围内的安全互联。

1 IRAMCTDIOT 总体研究

1.1 物联网底层技术与寻址的关键特征分析

物联网底层技术包括物品编码技术、信息采集技术等主要技术, 这是实现物联网寻址的关键技术。信息采集技术所包含的技术主要有数据采集技术、智能信号处理技术、网络接

收稿日期: 2010-11-18; 修回日期: 2011-01-18。

作者简介: 万年红(1977-), 男, 江西新建人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 软件工程、网络信息管理系统集成; 王雪蓉(1981-), 女, 浙江平阳县人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 软件工程、图形图像处理。

入技术、传感器协议管理技术等技术。目前常用的物联网物品编码标准主要包括针对贸易项目、物流、资产、服务关系等领域而言的国际通用标准(Global Standards 1 , GS1); 对每个物品进行编码的电子产品编码(Electronic Product Code , EPC) 标准; 识别物品信息的对象识别编码(Object Identifier Code , OID) 标准。物品编码标准并不统一 , 从而导致了物联网底层信息资源的不安全定位与查询。

实际上在云环境中 , 物联网物品编码是一种典型的底层信息资源载体 , 其名称是一个可遵循不同的物品编码标准、具有显性和隐性特征的分级结构^[1] , 而其所表达的底层物品信息可以通过数据采集技术来进行数字化表示 , 并通过网络接入技术使用 RFID 设备将数字化信息读取到网络中 , 这是实现物品与网络进行连接的关键。编码结构分级的作用是在动态变化的跨域的云环境中尽可能地实时追踪编码的详细信息 , 并通过智能信号处理技术完整协同地表达物品编码的基元信息(如物品名称代码、分类代码、属性代码) , 形成具有相对固定的类型多样化表示模式 , 从而有利于实现物品地址解析的完整映射。对显性特征而言 , 任何一条物品信息均应通过传感器协议管理机制在某时刻产生的确定性的随机数来模拟追踪 , 即显性特征所表达的信息具有唯一性 , 一个物品编码对应一个资源; 对隐性特征而言 , 因其所表达的信息隐含在物品编码中 , 不同物品的分类代码和属性代码有可能相同 , 易造成寻址冲突^[1]。

例如物品 A 的名称代码、分类代码、属性代码分别以 AN、2ERTFD、Y768U9 来表示; 物品 B 的名称代码、分类代码、属性代码分别以 BN、2ERTFD、Y768U9 来表示 , 则按照 EPC 编码标准 , 这两个物品的编码被表示成 3 层分级结构^[1]: AN-2ERTFD-Y768U9 , BN-2ERTFD-Y768U9。若按 GS1 或 OID 标准 , 物品的编码是不同的 , 但它们均表达了一条完整信息 , 可直接通过 RFID 设备扫描电子标签的方式被准确寻址 , 具有可追踪性和实时性特点。而物品的名称代码、分类代码、属性代码等基元信息则是隐含在跨域的物品的编码中的 , 属于隐性特征 , 被寻址的可信度比较低。

因此 , 可以把 IRAMCTDIOT 寻址的关键特征归纳为可信度、准确度、无冲突性、跨域性、实时性和编码统一性等。但在云环境下寻址服务首先需要解决跨域的底层寻址信任度低下这一瓶颈性的问题^[10]。由于物联网系统的分布特性 , 此问题得以解决 , 物联网信息资源寻址的准确度、无冲突性等方面相对容易实现。这需要在资源寻址过程中按某种信任驱动机制把分级的信息资源的底层地址通过寻址解析算法完整地映射到高层资源地址。

1.2 寻址服务的云信任驱动机制分析

云信任驱动机制可以实现云滴资源(物联网底层编码) 与寻址服务之间动态演化的信任关系 , 以及底层编码显性与隐性描述之间的不确定性转换^[15-18] , 是实现物联网底层资源寻址的一个重要条件。有关云、云滴、云模型和云信任驱动的定义 , 限于篇幅 , 请参见文献[15-18] , 但是有关信任驱动机制的文献的研究工作仅集中在资源的可靠性上 , 而忽视跨域协作的信任度自适应问题。因此 , 需要定义一种新的云信任驱动机制 , 并将它融入到物联网底层信息资源寻址服务中。

本文对用于物联网资源寻址的云信任驱动机制的定义如下: 在开放的云环境下 , 当跨域的物联网的寻址服务 AS_i 严格遵循某种特定约束条件 , 并通过传感器协议管理机制 , 按照寻址服务 AS_2 的信任值行动 , 使得整个系统能进行动态的协作 ,

达到底层寻址定位标准统一状态时 , 则称寻址服务 AS_1 与寻址服务 AS_2 之间满足信任驱动关系。该定义是对传统主观云信任驱动机制定义^[15-16] 的改进 , 优点就在于首先利用主观云信任驱动机制有效支持信任决策的功能 , 增加了一个特定约束条件来表达物联网底层资源寻址服务的一对一约束 , 并以信任值表达寻址服务的行为可信度评估准则 , 避免传统主观云信任驱动机制的寻址冲突和信任度低下问题。因此需要寻找一个这样的特定约束条件 , 并基于该条件设计物联网资源寻址服务的信任度评估准则。

1.2.1 特定约束条件

假设 $C = \{ C_i = \langle C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \rangle \mid i \in N \}$ 表示云环境下跨域的物联网的全体物品编码(包括数字化的显性信息和隐性信息) 的集合 , C_i 表示显性信息 , 由传感器协议管理机制产生的随机数的编号为 $Ra_i, C_{i1}, C_{i2}, C_{i3}$ 表示三级隐性信息 , 自然数集 N 包括 n 个元素; $AS = \{ AS_i \mid i \in N \}$ 和 $AS = \{ \langle AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3} \rangle \mid i \in N \}$ 分别表示显性、隐性信息资源寻址服务集合 , 即 $AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3}$ 分别表示对隐性信息资源的三级寻址服务 , 其中物品名称代码、分类代码、属性代码由智能信号处理技术来处理 , 自然数集 N 包括 m 个元素; 显性映射函数为 $M1 = (AS_i \rightarrow C_i)$, 表示将 AS_i 分配到 C_i 上; 隐性映射函数为 $M2 = (\langle AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3} \rangle \rightarrow \langle C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \rangle)$, 表示将 $AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3}$ 对应分配到 C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} 上(可能有冲突) 。

若 $\forall C_i \in C \wedge \langle AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3} \rangle \rightarrow \langle C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \rangle \wedge Ra_i \neq \emptyset$, 并且 $\exists AS_i$, 使得 $(AS_i \rightarrow C_i \& \langle AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3} \rangle \rightarrow \langle C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \rangle)$ 均为单调函数 $\wedge (AS_{i1} \neq AS_{j1} \neq \dots \neq AS_{m1}) \wedge (AS_{i2} \neq AS_{j2} \neq \dots \neq AS_{m2}) \wedge (AS_{i3} \neq AS_{j3} \neq \dots \neq AS_{m3})$ 成立 , 则称 AS_j 与 AS_k 之间 $(j, k \in N)$ 满足信任驱动关系的特定约束条件 , 记作 RC_{jk} 。

可以证明 , 以上约束条件不仅使寻址服务 AS_i 准确定位到物联网底层显性信息资源 , 而且使得分级结构的各级隐性信息资源各自映射到不同的 $\langle AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3} \rangle$ 中 , 这比传统缺乏约束条件的主观云信任驱动机制更能有效地保证云资源基元信息寻址的可追踪性、唯一性 , 从宏观上表达了寻址服务优化的流程。但是物联网环境尤其是云环境是动态演化的 , 随着信息资源的加入或删除 , RC_{jk} 并不能实时适应这种变化。因此 , 需要设计一个云信任值 , 设计基于云的信任驱动算法 , 使得寻址服务按该值行动时 , 达到寻址定位标准的统一。

1.2.2 寻址服务的云信任度评估准则

云信任值表达了云环境中物联网底层资源寻址服务的信任度评估准则 , 可以采用动态信任管理模型^[10]、基于反馈的信任驱动机制^[14]、基于信任效益函数(信任陡度函数) 的启发式算法^[11]、基于云的信任评价算法^[15-17] 来求解。相比较而言 , 后两种方法更有优势 , 但它们缺乏多域协作的动态性描述^[11]、可信值依赖于难以捕获的信任对象的动态信息^[13-14]、难以验证新的信用度时效性权值^[15] , 这在一定程度上影响了跨域寻址服务之间信任关系的构建。为解决以上问题 , 本节结合基于云的信任评价算法 , 对信任效益函数进行改进 , 并结合使用改进的算法求解信任值。

设 $G1, G2$ 分别是素数阶的加法群、乘法群; AS_i 的当前云信任度 T_i 与综合经验 c 的云信任度期望值按 RC_{jk} 进行约束; 对于任意寻址距离小于预设的阈值 ω_0 的服务均可视为同类云服务; AS_i 在 C 集中搜索的时间为 t_i , 满足映射关系 “ $f: G1 \cdot G1 \rightarrow G2$ ” 的云寻址时间表示一个最佳寻址时间 t_{opt} ; 任意两个

不同云寻址服务的信任度误差记为: $e(i, j) = c - \sum T_i$ 。则信任度函数的改进公式可以用式(1)表示:

$$TS(AS_i, AS_j) = \begin{cases} \frac{A\omega_0 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m e(i, j) \cdot (|AS_i - C_i|)}{\prod_{i=1}^n Ra_i \cdot t_i \cdot T_i}, & C_i \neq C_j \\ \frac{B\omega_0 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m e(i, j) \cdot (|AS_i - C_i|)}{\prod_{i=1}^n Ra_i \cdot T_{opt}}, & AS_i \neq AS_j \end{cases} \quad (1)$$

其中: A, B 是两个常数, 其值由中心极限定理^[14]预设的服从标准正态分布的统计量来得到, 满足正态分布云的条件, 作用是增加节点陡度。因此相比传统信任效益函数^[11], 式(1)最明显的作用就是有效实现了多域协作的动态性描述, 解决信任表达中模糊性和不确定性难题。但是由于式(1)难以捕获信任对象的动态变化信息, 因此仍然难以验证新的云信任值变化情况。下面对信任变化云算法^[15-18]进行改进并采用该算法来求解云信任度评估准则(信任值), 以便解决这一问题。

在式(1)相关定义的基础上, 假设云滴的集合为 $CD = \{cd_1, cd_2, \dots, cd_n\}$; 云滴对应的权值集合为 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$; 云滴叠代寻优的个体总数为 SN (称为一个云群落); 云滴 cd_i 和 cd_j 之间的显性信息或隐性信息相关联的期望值 $Ex(i, j) = TS(AS_i, AS_j) + e(i, j)$ 、熵值 $En(i, j) = TS(AS_i, AS_j) \cdot e(i, j)$ 、超熵值 $He(i, j) = TS(AS_i, AS_j) / e(i, j)$; 云群落中的个体被分成 M 个种群(称 M 为群落的丰富度)。则底层寻址服务 AS_i 与 AS_j 之间的云信任度评估准则(信任值)可用式(2)动态表示:

$$T(AS_i, AS_j) = \begin{cases} Ex(i, j) \cdot \sum_{i=1}^{SN} \sum_{j=1}^M |w_i \cdot T_{opt} / TS(AS_i, AS_j)| \cdot C_i \neq C_j \\ En(i, j) \cdot \sum_{i=1}^{SN} \sum_{j=1}^M |w_i \cdot He(i, j) / TS(AS_i, AS_j)|, & AS_i \neq AS_j \end{cases} \quad (2)$$

相比传统云信任度评估准则^[15-18], 式(2)的重要作用体现在如下方面: 通过式(1)~(2)可以有效捕获信任对象的动态信息, 并在需要加入或删除物联网信息资源时, 系统能动态地实时适应网络规模的变化, 实现云环境下物联网寻址服务的动态性描述, 寻址服务的跨域性、开放性、无冲突性、可扩展性从而得到有效保证。

2 IRAMCTDIOT 建立

2.1 IRAMCTDIOT 寻址算法

IRAMCTDIOT 基于云信任驱动机制, 按照特定约束条件和信任度评估准则, 促进云环境下物联网底层平台的可信性, 相比传统模型更能使得物联网底层信息资源共享与协同对寻址服务之间的信任关系具有很强的依赖性, 这对分析 IRAMCTDIOT 核心算法具有重要的意义。因此, 本节基于此, 对 IRAMCTDIOT 寻址的核心算法的步骤进行详细说明。

第 1 步 寻址服务与底层信息资源之间信任关系的约束。

特定约束条件表达了底层资源寻址服务优化的流程, 但

还需要对集合 C 和集合 AS 之间的信任关系进行约束, 使得寻址服务与信息资源之间存在着严格的逻辑-物理映射关系, 即在实施寻址服务时保证底层信息资源寻址定位标准达到一致。

按 1.2.1 节中对特定约束条件 RC_{jk} 的介绍, 当 $Ra_i \neq \emptyset$ 时, 即将 $AS_{i1}, AS_{i2}, AS_{i3}$ 对应分配到 C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} 上时, 一般不会出现无约束现象。由于 Ra_i 是对物品的一个模拟编码, 应具有哈希、可微特点, 可以将 Ra_i 的值归到某一个固定区间^[6]。因此本节按式(3)所示的形式对 Ra_i 进行改进:

$$Ra_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{random}(\ln |C_i| \cdot \lg |AS_j|) \quad (3)$$

其中 $\text{random}()$ 为随机数函数。式(3)的优势就在于 Ra_i 取决于集合 C 和集合 AS 的元素个数(问题规模)。由式(3), 底层寻址服务与信息资源之间的信任关系可以用式(4)表示:

$$C: \{C_i | i \in N\} \xleftrightarrow{RC_{jk}} AS: \{AS_i | i \in N\} \quad (4)$$

第 2 步 信息资源动态加入或删除时的寻址信任约束。

给定若干个满足特定约束条件 RC_{jk} 和信任陡度函数关系的物联网底层信息资源, 根据实际情况, 需对这些资源进行动态地加入或删除操作, 并使得整个物联网寻址服务动态适应这种变化。根据 1.2.2 节改进的信任陡度函数、基于云的信任评价算法和寻址服务的云信任度评估准则, 信息资源动态加入的寻址信任约束系数 AC 可以用式(5)表示:

$$AC = \int_1^n \int_1^m \sum \sqrt[3]{\lg |C_i| / |AS_i|} \quad (5)$$

信息资源动态删除的寻址信任约束系数 DC 可用式(6)表示:

$$DC = \int_1^n \lg |C_i| \cdot |AS_i| - \int_1^m \sum \sqrt[3]{|AS_i|} \quad (6)$$

式(5)~(6)分别表示了底层信息资源动态加入物联网或从物联网中动态删除的寻址信任约束。可以证明, 物联网寻址服务能动态适应资源的变化。

2.2 模型建立与描述

IRAMCTDIOT 由泛在识别中心(底层)、物联网环境(跨域)、云环境(物联网支撑环境)3 个模块组成, 如图 1 所示, 可以形式化地表示为: IRAMCTDIOT(泛在识别、寻址定位、信任驱动、云管理)。3 个模块通过网络接入技术实现互联互通。

泛在识别中心属于底层, 是 IRAMCTDIOT 的核心模块, 它主要提供物品编码显性和隐性信息表达功能, 即通过智能信号处理技术完整、协同地表达物品编码的基元信息, 并在 1.2.1 节特定约束条件、1.2.2 节改进的信任陡度函数、基于云的信任评价算法、寻址服务的云信任度评估准则和第 2.1 节寻址信任约束系数的作用下, 准确、唯一、无冲突、实时、动态地对来自最高层的寻址请求进行响应, 优化寻址服务流程。

云环境属于通信管理层(中间层), 主要作用就是在开放的云环境的支持下, 输入物品编码, 并转换为显性资源, 从而完成系统资源的搜索、通信与评价管理任务。

物联网环境属于最高层, 提供基础的识别功能, 完成物品名称的编码信息定位任务, 将物品编码形成电子标签或电子码, 并通过 RFID 设备和 Savant 中间件直接识别物联网环境中的物品编码地址。

从图 1 可以看出, 实现该模型的流程是这样的: 首先需要采集物品信息, 然后将物品进行编码并形成电子标签或产品电子码, 再通过云环境搜索资源; 然后在 RFID 设备和 Savant

中间件的支持下在跨域的动态变化的物联网环境中实现寻址服务,识别物品编码的显性信息(遵循树状分级结构);为了尽可能多地追踪物品编码的基元信息,从而有利于实现各物品地址解析的完整映射并且不发生冲突,需要通过 1.2 节改进的云信任驱动机制、2.1 节的寻址算法求解云信任值并形成信任单元,然后利用 RFID 设备识别隐性信息;最后将寻址服务结果反馈到云环境中,实现模型的有效评价。通信管理模型提供 IRAMCTDIOT 寻址过程中涉及到的众多的对话控制功能。

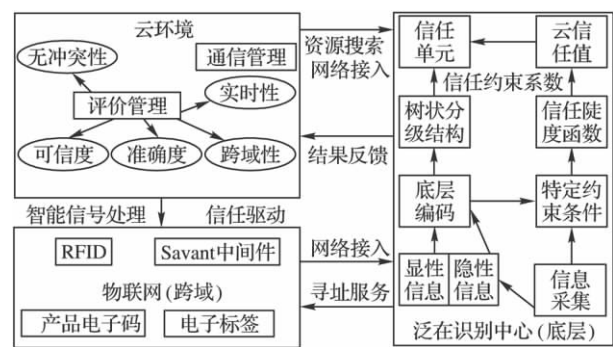


图 1 云信任驱动的物联网信息资源寻址模型

3 应用实验

本章以组建某大学的校园一卡通系统并连接到广域范围的其他物联网系统(例如千里外的某物联网系统)为例,验证本文第 1 章寻址服务的云信任驱动机制、第 2 章寻址算法以及基于此所建立的 IRAMCTDIOT 的有效性。

校园一卡通系统主要包括控水、控电、教务、门禁、查询、考勤、上机、通话等几个功能模块,系统架构如图 2 所示。

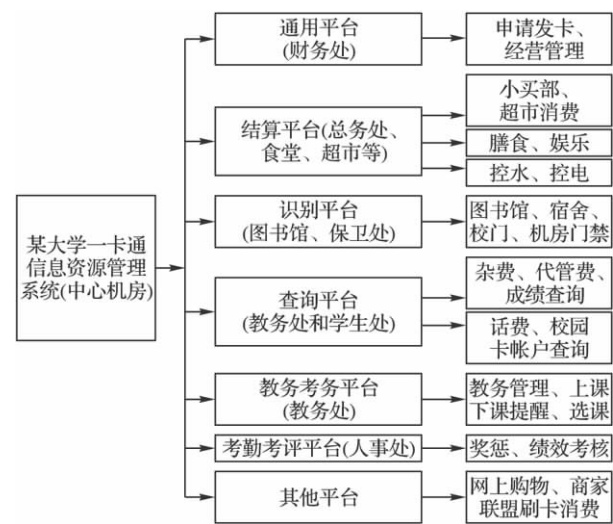


图 2 某大学一卡通系统总体架构

所需硬件设备:核心交换机、汇聚交换机、接入交换机、VPN、Web 服务器、刀片服务器等网络设备,刷卡机,移动终端,小型机,信息采集设备,RFID 设备,传感设备等;所需软件:Oracle 数据库企业版、Real Application Clusters 等数据库软件以及 ASP、Java 等前台软件等。

先按图 2 所示的一卡通架构和物联网资源寻址模型(Model of the Resource Addressing in the Internet of Things, MRAIT)^[1]、面向网络计算的动态信任管理模型(Dynamic Trust Management Model for Internet Computing Environments, DTM)^[10]、信任驱动的网络作业调度算法(Trust-driven job

scheduling heuristics for computing grid,TDJSHCG)^[11]、基于云模型的主观信任评价方法(Evaluation Approach of Subjective Trust Based on Cloud Model,EASTBCM)^[15]分别设计一卡通系统;然后将它与跨域的远程物联网互通,再按 IRAMCTDIOT 改进该系统,并投入运行阶段,观测、统计寻址服务的相关数据。其中 IRAMCTDIOT 寻址算法需要通过 ASP 或 Java 语言编程实现,可信度参考值在区间[4.0,9.0]内变化,准确度参考值在区间[7.0,10.0]内变化^[15]。

实验时重点关注特定约束条件增加之前与之后、信任约束系数增加之前与之后、信任陡度函数改进前后、云信任度评估准则改进前后系统的性能变化,总体体现为底层寻址的可信度、准确度(数量级)、无冲突性、跨域性、实时性、编码统一性等性能指标的变化情况。这实际上隐含了需要达到如下实验效果:以特定约束条件表达底层资源寻址服务的一对一约束,避免寻址冲突;以云信任度评估准则表达底层寻址服务之间的信任值,解决信任度低下问题;以信任效益函数表达多域协作的动态性描述;以信任约束系数表达寻址服务与底层信息资源之间信任关系的约束、底层信息资源动态加入或删除时的寻址信任约束。

限于篇幅,此处直接给出各种模型与算法的实验综合性性能对比结果,见表 1 所示。

表 1 各种模型与算法的实验综合性性能对比结果

实例	可信度	准确度	无冲突性	跨域性	实时性	编码统一性
MRAIT	(未测)	10.9	中等	一般	一般	良好
DTM	6.5	8.3	(未测)	良好	中等	一般
TDJSHCG	6.6	8.2	良好	中等	中等	中等
EASTBCM	7.4	9.5	良好	中等	中等	良好
IRAMCTDIOT	8.1	11.7	优秀	良好	良好	良好

表 1 实验结果显示,相比传统的信任效益函数和云信任度评估准则,改进后的信任效益函数和云信任度评估准则在寻址服务的可信度、准确度、无冲突性等方面均有良好的效果,实现了多域协作的动态性描述,解决信任表达中模糊性和不确定性难题。这实际上也体现出了增加特定约束条件后底层资源寻址服务的一对一约束以及底层信息资源动态加入或删除时的信任约束,解决了传统缺乏约束条件的主观云信任驱动机制寻址冲突和信任度低下的矛盾。

因此,相比改进前的模型与算法(MRAIT、DTM、TDJSHCG、EASTBCM),基于增加特定约束条件、改进信任效益函数和云信任度评估准则的云信任驱动机制所建立起来的 IRAMCTDIOT 及其寻址算法有不错的综合性能效果,有效地解决了物联网多域协作的动态演化、底层寻址定位标准不统一、底层信任功能定义不一致以及新的信用度时效性权值难以验证、寻址冲突、信任度低下等问题。这表明 IRAMCTDIOT 具有一定的实用价值。

4 结语

基于特定约束条件和约束信任值的云信任驱动算法使寻址服务准确、无冲突地定位到显性信息资源和各级隐性信息资源(即底层编码),因此 IRAMCTDIOT 体现了云信任驱动机制与物联网系统紧密结合等优点,一定程度上实现了云信任驱动的物联网底层信息资源的通用寻址模型。但是,鉴于物联网系统的高度复杂性,基于本文所提模型设计的物联网寻址系统并不可能适用于所有的寻址服务,对寻址服务的通信

管理和评价管理方面的研究仍存在不足,这也是本文作者继续研究的方向。

参考文献:

- [1] 孔宁,李晓东,罗万明,等. 物联网资源寻址模型[J]. 软件学报, 2010,21(7): 1657 - 1666.
- [2] FLOERKEMEIER C, LAMPE M. RFID middleware design — Addressing application requirements and RFID constraints[C]// Proceedings of sOc-EUSAI05. New York: ACM Press, 2005: 219 - 224.
- [3] NING H S, NING N, QU S, *et al.* Layered structure and management in Internet of things [C]// Proceedings of Future Generation Communication and Networking. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2007, 2: 389 - 392.
- [4] JIN B H, CONG L L, ZHANG L, *et al.* Towards an RFID-oriented service discovery system [C]// Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing. Berlin: Springer-Verlag, 2007: 235 - 245.
- [5] YAN B, HUANG G W. Supply chain information transmission based on RFID and Internet of things [C]// ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control and Management. Washington, DC: IEEE, 2009: 166 - 169.
- [6] 周彦伟,吴振强. TA_ONS_新型的物联网查询机制[J]. 计算机应用, 2010,30(8): 2202 - 2206.
- [7] 郎为民,刘德敏,李建军. 泛在 ID(UID) 中心的 RFID 标准化进展[J]. 商品储运与养护, 2007,29(1): 33 - 36.
- [8] 李晓东. 计算机网络资源命名和寻址技术的研究[D]. 北京: 中国科学院计算技术研究所, 2003: 12 - 34.

- [9] KONG N, LI X D, YAN B P. A model supporting any product code standard for the resource addressing in the Internet of things [J]. Journal of Software, 2008,22(3): 128 - 145.
- [10] 李建欣,怀进鹏,李先贤,等. DTM: 一种面向网络计算的动态信任管理模型[J]. 计算机学报, 2009,32(3): 493 - 504.
- [11] 张伟哲,刘欣然,云晓春,等. 信任驱动的网络作业调度算法[J]. 通信学报, 2006,27(2): 73 - 79.
- [12] BONATTI P, OLMEDILLA D. Driving and monitoring provisional trust negotiation with metapolicies [C]// Proceedings of the 6th IEEE International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 14 - 223.
- [13] 赵灵犀,田园,邓鲁耀. P2P 环境下引入激励机制的动态信任模型[J]. 计算机应用研究, 2010,27(1): 34 - 36.
- [14] 王远,吕建,徐锋,等. 一种面向网构软件体系结构的信任驱动服务选取机制[J]. 软件学报, 2008,19(6): 1350 - 1362.
- [15] 王守信,张莉,李鹤松. 一种基于云模型的主观信任评价方法[J]. 软件学报, 2010,21(6): 1341 - 1351.
- [16] MENG X Y, ZHANG G W, LIU C Y, *et al.* Research on subjective trust management model based on cloud model [J]. Journal of System Simulation, 2007,19(14): 3310 - 3317.
- [17] LI D Y, LIU C Y. Study on the universality of the normal cloud model [J]. Engineering Science, 2004, 6(8): 228 - 233.
- [18] 张光卫,何锐,刘禹,等. 基于云模型的进化算法[J]. 计算机学报, 2008,31(7): 1082 - 1090.

(上接第 1161 页)

Nash 均衡,是 Pareto 最优。可见,激励模型中参与者对私有信息 G_i 和 W_i 进行欺骗,反而促进了参与者双方进行有效的相互协作。

欺骗的方式 2 通过报告较少的缓存信息进行欺骗。

节点相互之间根据 BM 进行调度,来发送请求消息并应对对方请求。当节点故意发送虚假的 BM,报告较少的个人缓存信息时,对应地就改变了 m 或 n 值。根据式(6),节点 1 只能改变 n 的值,而达到 Nash 均衡时的效用为 $m(G_1 - C_1)$ 与 n 的值无关,则节点 1 不能通过发送虚假 BM 消息来获利,同理节点 2 也不能获利。因此理性的参与者双方都不会采用这种欺骗方式。

综上所述,激励模型在实现刺激节点协作的同时,能够抑制欺骗行为。

4 结语

本文提出一种博弈论框架下的激励合作模型应用于 P2P 实时流环境中,以限制节点的不合作行为,减少“搭便车”和“公共悲剧”现象的发生。运用博弈论分析网络中参与节点存在的竞争和不合作关系,推导达到 Nash 均衡和 Pareto 最优的状态,并对该状态进行精炼。理论分析证明该模型能够刺激节点合作,同时对节点的欺骗行为具有抑制作用,因此博弈论下的激励合作模型能够较好地应用于 P2P 实时流系统。

参考文献:

- [1] ADAR E, HUBERMAN B A. Free riding on gnutella[EB/OL]. [2000 - 10 - 10]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.12.6173>.
- [2] HABIB A, CHUANG J. Incentive mechanism for peer-to-peer media streaming [C]// The 12th International Workshop on Quality of Service. Washington, DC: IEEE, 2004: 171 - 180.

- [3] BURAGOHAIR C, AGRAWAL D, SURI S. A game theoretic framework for incentives in P2P systems [C]// Third International Conference on Peer-to-Peer Computing. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2003: 48 - 56.
- [4] JUN S, AHAMAD M. Incentives in BitTorrent induce free riding [C]// Proceeding of ACM SIGCOMM Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems. New York: ACM Press, 2005: 116 - 121.
- [5] WANG CHUNZHI, CHEN LI, CHEN HONGWEI, *et al.* Incentive mechanism based on game theory in P2P networks [C]// The 2nd International Conference on Information Technology and Computer Science. Washington, DC: IEEE, 2010: 190 - 193.
- [6] FENG HUIBIN, ZHANG SHUNYI, LIU CHAO, *et al.* P2P incentive model on evolutionary game theory [C]// The 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Washington, DC: IEEE, 2008: 1 - 4.
- [7] OUYANG JING-CHENG, WANG YUE-BIN, HU XU-HUAI, *et al.* An incentive mechanism using game theory for P2P networks [C]// International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing. Washington, DC: IEEE, 2009: 715 - 718.
- [8] XIE FU, LIU FENG-MING, YANG RONG-RONG, *et al.* Game-based incentive mechanisms for cooperation in P2P networks [C]// The 4th International Conference on Natural Computation. Washington, DC: IEEE, 2008: 498 - 501.
- [9] 卫萌蕊,方旭明. 基于博弈论的无线宽带网络协作资源管理[J]. 计算机应用, 2010,30(3): 745 - 750.
- [10] 李莉,董树松,温向明. 基于博弈理论建立无线自组网中激励合作机制的研究[J]. 电子与信息学报, 2007,29(6): 1299 - 1303.
- [11] 谢识予. 经济博弈论[M]. 2 版. 上海: 复旦大学出版社, 2006.
- [12] LIN W S, ZHAO H V, LIU K J R. A game theoretic framework for incentive-based peer-to-peer live-streaming social networks [C]// IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Washington, DC: IEEE, 2008: 2141 - 2144.