

物联网信息资源智能寻址系统^①

万年红

(浙江东方职业技术学院 工程技术系, 温州 325011)

摘 要: 物联网信息资源智能寻址已经成为物联网领域的一个研究热点. 目前, 常见的寻址系统效率比较低, 尤其是不能支持信息资源的动态变化. 为提高物联网信息资源寻址效果和扩展度, 本文首先对物联网定位机制、寻址系统模型等方面展开研究; 然后基于此改进相应算法, 提出了一种基于无线传感器网络的物联网信息资源智能寻址系统; 最后进行应用实验, 对比分析各种模型的性能. 多次实验结果表明, 该系统比传统模型更具有良好的信息资源寻址效果和实用价值.

关键词: 无线传感器网络; 物联网; 信息资源; 寻址

On Information Resource Intelligence Addressing System for Internet of Things

WAN Nian-Hong

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

Abstract: Information resources intelligence addressing for Internet of Things(Iot) has become a research hotspot in the field of Iot. Nowadays, common addressing systems usually have lower efficiency, especially cannot support dynamical evolution of information resource. To improve information resource addressing efficiency for Iot and extension, this paper first studied the localization mechanism for Iot and the addressing system model. Then it improved corresponding algorithms and an information resource intelligence addressing system for Iot based on wireless sensor network was proposed. Finally, the application experiments were made, the results demonstrate the proposed system has sound information resource addressing efficiency and utility compared with conventional models.

Key words: wireless sensor network; Internet of Things; information resource; addressing

物联网是一个基于互联网、传感器网络、无线射频识别设备、条码技术、全球定位系统而构建的物物相联的下一代网络, 其实质是虚拟世界中的互联网向物理世界中的物品互联的延伸和拓展. 无线传感器网络作为物联网的重要组成部分, 在灾害搜救、环境监测、医疗卫生、智能家居等领域有着广阔的应用前景, 是当前信息技术领域的一个研究热点. 物联网信息资源智能寻址系统基于无线射频识别技术、各种接入网技术, 以自感应自适应方式对一个体域巨大的智能网络进行智能寻址, 是物联网的核心技术, 可以实现物体与物体之间、人与物体之间的对话与交互. 智能寻址系统的研发将为物联网底层信息资源的智能管理与寻址服务提供理想的解决方案, 可实现全球范围内的

任何时间、任何地点、任何物品的互联与智能寻址. 因此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智能寻址系统已成为物联网研究中备受瞩目的热门课题. 目前和本文有关的研究主要集中在: 一是 RFID Savant 中间件、层次结构、信息服务系统、可信查询机制、泛在识别中心及物联网信息资源命名或寻址模型^[1,2]等技术的研究; 二是基于无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型、无线传感器网络空间范围查询处理算法、面向无线传感器网络应用的自适应调试方法等^[3-5]等方面的研究. 以上研究从技术角度来讲除了支持各类通信网络之外, 最终的目的就是通过 RFID 全面感知与采集信息, 通过信息服务器获得产品的特定信息, 并通过智能处理软件实现物

^① 项目资助:浙江省教育厅科研项目(Y201122648)

收稿时间:2013-01-22;收到修改稿时间:2013-03-29

品地址的智能处理与查询,从而在后台进行更深入地计算处理.这不仅可以实现信息资源的智能化识别,而且可以自动定位、跟踪、监控和管理网络系统.但是总体来说,目前有关物联网信息资源智能寻址技术的研究存在两大瓶颈问题亟待解决:复杂的数据管理和垂直化的闭环应用系统.

另外一方面,无线传感器网络在高速移动的情况下达到良好的接收效果,因此无线传感器网络的应用在寻址服务到寻址服务的跨域物联网研究中将成为一种趋势.在此基础上,管理人员可以用更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然之间的关系.

本文针对目前研究的不足,从物联网定位机制、寻址系统模型描述和智能寻址算法等方面,提出了一种无线传感器网络与物联网技术相互融合的物联网信息资源智能寻址系统(Information Resource Intelligence Addressing System for Internet of Things,简称 IRIASIOT).

1 基于无线传感器网络的物联网定位机制

基于无线传感器网络的物联网定位机制主要包括编码感知中心、核心传输网、综合接入网和云计算等模块.

编码感知中心主要功能是通过无线传感器和感知设备对物品编码所表达的显性信息和隐性信息进行感知与识别,它包括 ONS(Object Naming Service,对象命名服务)服务器、EPC-IS 服务器(电子产品码信息服务器)和内部中间件.物品标签属性中一般只能阅读显性信息,仅能通过 EPC 名称解析其属于何种物品,感知过程中需通过相应产品的信息资源表示方法把这种表示显示信息的 EPC 匹配到物联网体系架构中,使感知中心不仅可以感知显性信息资源,而且可以感知隐性信息资源.ONS 服务器就是一个承担如此任务的名称解析服务器.EPC-IS 在物联网体系架构中起着信息发布的作用,它提供了一个模块化、可扩展发布信息的数据服务接口,使得物品编码所表达的显性信息资源和隐性信息资源均可以在此模块上发布,提供数据存储、数据查询、数据共享功能,并通过 ONS 服务器来定位,实现物品编码信息资源在各存储单元之间的共享与交互.此外,内部中间件即物联网体系架构中负责提供物品信息资源与外界进行交流的服务器接口,

不仅可以收集 EPC 数据,还可以集成防火墙功能.

核心传输网主要负责物品编码所表达的显性信息资源和隐性信息资源的可靠传输,属于物联网体系架构的网络层,它是基于网络基站和网络管理实体而建立的.网络基站可以利用移动通信网络的基站来为用户提供信息接收功能,而网络管理实体负责完成转发、控制、信令交换和编解码等功能,网络管理实体的建立可以通过适当的设备例如网关设备将多种接入网整合起来,统一接入到移动或电信网络中,从而实现与公共网络的连接.

综合接入网主要功能是通过现有的移动通信网、GPS 定位系统、无线或有线终端接入技术等基础设施,应用读写器或具有中间件功能的智能站将来自编码感知中心的信息传送到互联网中,从而为实现物联网智能寻址提供环境支持.

云计算模块作为物联网发展的代表性模式,其实质是将物联网终端的有限计算模式扩展为多模式计算功能,将物品编码所表达的显性信息资源和隐性信息资源以“云”的方式来计算,从而实现复杂信息资源的高效处理.

2 基于无线传感器网络的物联网信息资源智能寻址系统

2.1 错误信息资源的几何表现

在复杂或不可信的物联网网络环境中,在隐性资源名称为空的情况下,受网络攻击、硬件错误、环境障碍物等因素影响,资源地址信息等同于该层次的显性资源名称,有时直接把某层次作为寻址系统的输入,而该操作只涉及字符串匹配、替换等简单运算,因此信息资源在智能寻址过程中易发生失真或错误.这种错误信息资源会严重地影响智能寻址结果,其带来的时间消耗相对于寻址层次中与寻址系统交互而建立网络连接的消耗而言大大提高了,这与普通网络中易产生的简单误差是不同的.由于物品标准寻址层位于物联网资源寻址应用中的顶层,物联网中这种具有严重偏差的错误数据,可称为“野值”,亦即错误信息资源的几何表现,其值与所采集到的正常数据有很大偏差,从而严重影响智能寻址结果.本文正是侧重对此物联网环境下的智能寻址方法开展研究,因此在同一数据集集中,使分布密度越低的点对智能寻址的影响越低,以实现较好的鲁棒性^[1,3].

2.2 寻址系统模型描述

假设 D_i^x (或 D_i^y) 表示无线传感器网络节点 i 在信号空间或物理空间中所处的区域密集程度, 作用是使得编码感知中心能通过无线传感器和感知设备对物品编码所表达的显性信息和隐性信息进行感知与识别.

$S_x = \{S_{ij}^x\}_{i,j=1}^n$ 和 $S_y = \{S_{ij}^y\}_{i,j=1}^n$ 分别表示信号空间和物理空间的相似度矩阵^[3], 作用是使得核心传输网负责物品编码所表达的显性信息资源和隐性信息资源的可靠传输. 从而可得 $D_i^x = \sum_{j=1}^n S_{ij}^x$ 和 $D_i^y = \sum_{j=1}^n S_{ij}^y$. 若 D_i^x (或 D_i^y) 越大, 表示节点 i 所处的区域密度越高. 但是, 由于野值的影响, 使得数据产生严重偏差, 并不能使得综合接入网通过现有的移动通信网、GPS 定位系统等基础设施来感知信息. 对于这个问题, 文献[3]中式(4)提出了一种较好的基于无线传感器节点拓扑结构的密度计算的解决方法, 但并不能那个完全消除这种偏差, 因此需要对文献[3]中式(4)做进一步改进. 设 M_i^x 或 M_i^y 分别表示节点 i 在信号空间或物理空间的密度, 则改进后的形式如式(1)所示:

$$M_i^x = \frac{\sqrt{D_i^x}}{\sum_{j=1}^n D_j^x}; M_i^y = \frac{\sqrt{D_i^y}}{\sum_{j=1}^n D_j^y} \quad (1)$$

做如上改进的好处是: 使信息资源变换后的信号空间和物理空间的相关性最大, 且仍保持原始空间局部拓扑结构信息, 错误信息资源的几何表现强度降低. 因此, 坐标邻近的传感器节点在变换后信号空间中依旧相邻, 使得综合接入网能通过现有的移动通信网、GPS 定位系统等基础设施、无线或有线终端接入技术, 应用读写器或具有中间件感知信息, 从而为实现物联网智能寻址提供环境支持. 显然, 若 M_i^x 或 M_i^y 越大, 则表示节点 i 在信号空间或物理空间的密度越大.

在如上改进的基础上, 可以根据网络拓扑将物联网寻址区域划分为一系列网格, 在每个网格中挑选出一个簇头节点用于收集网格中其它节点的感知数据, 对收集到的信息资源集合进行聚集运算(如求最大值、求和等). 由此得到两个分别表示信号空间和物理空间的密度矩阵 $M_x = \text{diag}[M_1^x, M_2^x, \dots, M_n^x]$ 和 $M_y = \text{diag}[M_1^y, M_2^y, \dots, M_n^y]$ (用来计算信号空间的密度矩阵和物理空间的密度分布情况). 但是这两个矩阵存在着能量消耗较大、节点失效时寻址结果全部丢失的问题. 针对这种情况, 文献[3]中式(5)提出了优化

问题, 它通过消息泛洪协议将查询消息发送到网络中的所有节点, 使得显性信息资源和隐性信息资源以“云”的方式来计算, 减少了野值的影响, 从而实现复杂信息资源的高效处理. 但仍然存在当寻址区域内存在不包含节点的子区域时无法得到正确的寻址结果的问题. 为此, 我们对文献[3]中式(5)进行改进.

设 x_i 和 x_j 分别表示无线传感器对信号空间所表达的显性信息和隐性信息进行感知的程度, y_i 和 y_j 分别表示无线传感器对物理空间所表达的显性信息和隐性信息进行感知的程度, w_x^T 表示信号空间相邻两个节点的权值, w_y^T 表示物理空间相邻两个节点的权值, 则可得如式(2)所示的优化公式:

$$\begin{aligned} w_x^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_i^x (x_i - x_j)(x_i - x_j)^T &= 1 \\ w_y^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_i^y (y_i - y_j)(y_i - y_j)^T &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

相比改进前, 改进后的作用是有效地控制错误追踪和错误调试的时空开销, 自动生成用于追踪程序的源代码, 能够有效地提高错误诊断效率, 并根据用户诊断的反馈自动调整追踪和重放的粒度和范围.

利用 Lagrange 乘子法, 容易得到如式(3)所示的广义特征值方程^[3]:

$$\begin{bmatrix} 0 & XM_{xy}Y^T \\ YM_{yx}X^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} XM_{xx}X^T & \\ & YM_{yy}Y^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

求解式(3), 得到基向量组(w_x, w_y). 文献[6]提出了利用奇异值分解(SVD)技术求解基向量组的方法, 但它仅记录粗粒度、无针对性且不完整的程序执行信息, 不利于减轻用户诊断错误的负担.

基于上述分析, 本文采用如下方法: 在寻址处理过程中, 传感器簇头节点根据其所有邻居节点当前的位置, 动态地选择下一个簇头节点和计算下一个网格的大小.

为此令 $H = (XM_{xx}X^T)^{-1/2}XM_{xy}Y^T(YM_{yy}Y^T)^{-1/2}$

$$u = (XM_{xx}X^T)^{1/2}w_x$$

$$v = (YM_{yy}Y^T)^{1/2}w_y$$

则式(3)变为式(4)^[3]:

$$\begin{aligned} HH^T u &= \lambda^2 u \\ HTH v &= \lambda^2 v \end{aligned} \quad (4)$$

作如上变换的作用是: 式(4)实际上对应于矩阵 H 的 SVD 分解, 其中对角矩阵 D 的第 i 个元素等于 λ_i, u_i 和 v_i 分别是矩阵 U 和 V 的第 i 列. 对应奇异值, 则有

如式(5) 所示的公式^[3]:

$$\begin{aligned}w_{xi}&=(XM_{XX}X^T)^{-1/2}u_i \\w_{yi}&=(YM_{YY}Y^T)^{-1/2}v_i\end{aligned}\tag{5}$$

利用式(5)即可得模型问题的第 i 对基向量, 通过基向量, 可以较好地对智能寻址模型进行描述.

2.3 智能寻址算法

物联网隐性资源名称的特殊性从根本上决定了物联网信息资源寻址模型要复杂于传统的互联网信息资源寻址模型. 已知传感器信号强度矩阵 X 和对应的物理坐标矩阵 Y , 寻址模型的目标就是根据未知传感器节点 g 所接收到的信号向量 $x_g(x_{g1}, x_{g2}, \dots, x_{gm})^T$, 估计出 g 的位置坐标 y_g . 这就导致在物联网资源寻址体系中, 资源寻址系统的输出结果可能不仅仅是资源地址, 还可能是生成资源地址. 在第 2.2 节, 已详细讨论了建立信号空间到物理空间的映射的方法, 避免了网络拓扑变化对查询处理的影响; 接下来的工作就是如何从传感器中快速寻找出未知节点, 然后根据该信息动态地进行网格划分和选择网格的簇头节点. 根据映射方法, 可对未知节点所接收到的信号强度值做数据变换后, 找出与之 K 个距离最近的已知节点, 因而这 K 个节点的物理坐标 $[y_1, Y_2, \dots, Y_k]^{q \times k}$ 必定也在 y_k 附近. 最终可以通过质心方法估算出 g 点的物理坐标^[3]:

$$Y_r=(y_1+y_2+\dots+y_k)/k\tag{6}$$

针对传感器网络环境下的空间范围查询依赖于预先构造的树形网络拓扑的情况, 现在给出资源智能寻址系统的算法^[3]:

步骤 1 计算相似度矩阵 $S_x = \{S_{ij}^x\}_{i,j=1}^n$ 和 $S_y = \{S_{ij}^y\}_{i,j=1}^n$, 并利用位置路由协议将寻址信息发送至寻址区域内的一个节点;

步骤 2 通过式(1), 得出密度矩阵 M_i^x 与 M_i^y , 并根据实时的网络状态将寻址区域划分为若干个网格;

步骤 3 根据式(3)~式(5), 求出映射矩阵 w_x 和 w_y . 每个网格中有一个簇头节点 C 负责收集所在网格 g 中其它节点的数据;

步骤 4 网格 g 中的所有节点均在簇头节点 c 的通信半径内, 对已知数据 $\{X, Y\}$ 做线性变换: $\{P^x, P^y\} = (W_x^T \times X, W_y^T \times Y)$. 从而使 PX, PY 相关性达到最大, 且网格 g 中除簇头节点 c 之外的所有节点均能与 c 通信;

步骤 5 对于未知节点 g 所接收到的信号向量为 $x_g=(x_{g1}, x_{g2}, \dots, x_{gm})$, 用 w_x 来对其进行线性变换, 得 $p^g = W_x^T x_g$, 并将寻址信息和经聚集运算后生成的部分寻

址结果广播至簇头节点 c ;

步骤 6 通过计算欧氏距离, 找寻 p^g 在 P^x 中 K 个距离最短的已知节点, 消除空洞区域对寻址处理的影响;

步骤 7 找出这 K 个节点的物理坐标, 利用位置路由协议绕过该子区域, 再通过式(5)估算 g 点位置.

至此, y_g 则为 g 点的位置计算结果. 算法结束.

3 应用实验

本文选择用 C 语言编写的程序作为实验程序, 并选用由 TelosB 传感器结点搭建的传感网作为实验程序的运行环境^[5]. 实验数据采集于真实物联网环境, 其背景来源于汽车无插孔感应门系统项目. 本次实验我们共采集了 399 个样本. 其中随机选取 60 个数据用来做训练样本, 训练出信号空间到物理空间的映射; 剩下数据做测试样本, 计算寻址精度. 为了保证结果的准确性, 每组实验均运行了至少 10 次. 定位精度由平均误差表示, 平均误差越小, 则说明算法寻址精度越高.

在对测试效果的评价指标及其值进行划分的情况下, 为验证本文算法的有效性、稳定性、兼容性和可伸缩性, 本节需要实施几个局部实验与全局实验. 先分别对 LE-LPCCA^[3]和本文所提系统 IRIASIOT 进行局部实验, 然后实施全局实验. 实验时重点关注算法改进前后系统的性能变化, 总体体现为寻址的可信度、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.

无冲突性、跨域性、实时性、编码统一性等性能指标可以分别取“一般”、“中等”、“良好”三个值, “良好”表明算法越灵活, 一般情况下能达到“中等”以上即可; 可信度和准确度是根据式(2)、式(3)来求值的, 其取值范围在区间[9, 10].

限于篇幅, 此处直接给出各种模型与算法的实验综合性能对比结果, 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
LE-LPCCA	未测	9.1	中等	一般	一般	中等
IRIASIOT	9.4	9.8	良好	良好	良好	良好

从表1可以看出, LE-LPCCA的无冲突性、跨域性、实时性、编码统一性等性能为一般或中等, 均没有达到良好程度. 相比 LE-LPCCA, 改进后的系统 IRIASIOT 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. 这表明本文所提系统 IRIASIOT 具有一定的实用价值.

4 结语

本文提出了一个无线传感器网络与物联网技术相互融合的物联网信息资源智能寻址系统 IRIASIOT, 通过充分利用信号空间和物理空间的拓扑结构和密度信息, 体现了分散资源集中使用和集中资源分散服务的思想, 可有效应用于数据采集易产生较大错误的物联网环境, 降低了数据库转换与检索的时间, 克服了现有算法或模型定位精度不高、鲁棒性差等问题. 但是物联网是一个高度复杂的网络, 本文所提算法在描述高度虚拟化、演化性的信息资源寻址系统时, 并不能

及时适应动态变化. 因此, 本文今后还需要在这方面进行改进.

参考文献

- 1 孔宁, 李晓东, 罗万明, 等. 物联网资源寻址模型. 软件学报, 2010, 21(7): 1657-1666.
- 2 李晓东. 计算机网络资源命名和寻址技术的研究[学位论文]. 北京: 中国科学院计算技术研究所, 2003. 12-34.
- 3 顾晶晶, 陈松灿, 庄毅. 基于无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型. 计算机学报, 2010, 33(9): 1548-1555.
- 4 刘亮, 秦小麟, 郑桂能, 等. 能量高效的无线传感器网络空间范围查询处理算法. 计算机学报, 2011, 34(5): 763-776.
- 5 李丰, 霍玮, 冯晓兵. 面向无线传感器网络应用的自适应调试方法. 计算机学报, 2011, 34(7): 1195-1212.
- 6 Melzer T, Reiter M. Bischof H. Appearance models based on kernel canonical correlation analysis. Pattern Recognition, 2003, 36(9): 1961-1971.

(上接第168页)

高了工作效率. 随着频率法测量索力理论的发展, 手持终端应用程序可以嵌入不同的数据处理方法, 以实现快速、准确的计算拉索索力.

参考文献

- 1 赵兴奎, 周宇, 李周至, 王晓东, 冯志敏. 基于传感器的斜拉索基频提取的混合算法研究. 计算机测量与控制, 2011, 19(2): 380-383.
- 2 吴康雄, 刘克明, 杨金喜. 基于频率法的索力测量系统. 中国公路学报, 2006, 19(2): 62-66.
- 3 上海桑锐电子科技有限公司, SRWF-1022(V1.1)无线模块使用说明书.
- 4 杨明羽. Android 语法范例参考大全. 北京: 电子工业出版社, 2012, 230-237.
- 5 侯立群, 欧进萍, 赵雪峰, 李宏伟. 哈尔滨四方台斜拉桥模态

参数和索力识别. 振动与冲击, 2009, 28(5): 106-111.

- 6 肖昌量. 提高频谱法测量斜拉桥索力精度的方法. 世界桥梁, 2011(2): 61-63.
- 7 毛志峰. 基于振动测试的斜拉桥索力识别研究. 大连: 大连理工大学, 2009.
- 8 孙江波. 基于频率法的斜拉索索力测量. 北京: 北京林业大学, 2012.
- 9 张亮. 基于频率法的拉索索力自动测量技术研究. 重庆: 重庆大学, 2008.
- 10 徐郁峰. 大跨度预应力混凝土斜拉桥施工控制理论与核心技术研究及软件开发. 广州: 华南理工大学, 2004.
- 11 张巍, 王广政, 孙永明. 考虑抗弯刚度的斜拉索频率与索力分析. 公路交通科技, 2012, 29(7): 64-70.
- 12 张利国, 代闻, 龚海平. Android 移动开发案例详解. 北京: 人民邮电出版社, 2010. 161-169.