

# 物联网环境下一种基于人工能量势的服务获取方法

王 杨<sup>1,2</sup> 赵保华<sup>1</sup>

(中国科学技术大学计算机科学与技术学院 合肥 230027)<sup>1</sup> (安徽师范大学计算机系 芜湖 241000)<sup>2</sup>

**摘 要** 针对物联网环境下的服务获取问题,结合物联网节点能量有限、节点自组织、数据空间性等特点,提出了一种基于人工能量势的物联网空间社区服务获取方法。首先给出了空间社区的概念,然后利用能量迁移方法,使物联网用户能够通过空间节点在节点的最大有效传输范围内寻找最优节点作为下一跳节点,以减少节点的下一跳数和交互时间,从而节省节点能耗,提高服务获取的效率。理论分析和仿真实验表明,提出的方法与 Random Walk 和 Modified-BFS 算法相比在减少节点能耗、延长网络生存周期及服务获取效率等方面有一定的改进。

**关键词** 物联网,能量迁移,空间社区,服务获取

**中图分类号** TP393.03 **文献标识码** A

## Novel Service Acquire Approach Oriented to Things of Internet Based on Artificial Potential Energy Field

WANG Yang<sup>1,2</sup> ZHAO Bao-hua<sup>1</sup>

(School of Computer Science and Technology, Chinese University of Science and Technology, Hefei 230027, China)<sup>1</sup>

(Department of Computer, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)<sup>2</sup>

**Abstract** In order to construct a secure and efficient service environment and make the user convenient to search resource in the Internet of Things(IoT), the paper proposed a novel service discovery method oriented to IoT based on the artificial potential field. Firstly, the concept of space service community was presented. Then the service acquire method SRDBSM(service routing method based on space migration) was proposed. By the transmission characteristics of space node, SRDBSM can search the optimal node which is considered as next-hop node within the maximum effective transmission range. Theory analysis and experiments indicate that compared with random walk and modified-BFS, SRDBSM has certain improvement in following aspects: reducing node energy consumption, prolonging the network space community survival cycle and increasing the efficiency of resource discovery.

**Keywords** Internet of things, Spherical migration, Space-community, Service acquiring

## 1 引言

近年来,随着无线通信和计算机技术的发展,物联网已经成为当前的研究热点。物联网(The Internet of Things)是把具有标识、感知能力和智能处理能力的物体互联而成的网络。它们不需人类干预便可以实现协同互动,为人类提供智能服务<sup>[2]</sup>。物联网具有节点海量性、连接关系动态复杂、能量受限、数据时空性等特点。基于 WSN 和 RFID 的物联网尽管具有广阔的应用前景,但是面临着一些挑战<sup>[1]</sup>。在物联网服务方面,现有研究主要包括物联网体系、技术和应用等方面,但是对于物联网环境的服务获取方面的研究并不多见。人工虚拟势场的概念最早由 Khatib<sup>[5]</sup>提出并应用于移动机器人的路径规划中,即把机器人的运动环境假想成某种抽象势场。我们假设物联网是由能量构成的人工势场,在此基础上提出了物联网环境的服务获取方法。

本文第 2 节是问题相关描述;第 3 节提出基于人工能量势的物联网服务获取算法;第 4 节给出仿真实验及结果分析;

最后总结全文。

## 2 问题描述

### 2.1 相关定义

为了便于问题的描述,首先给出如下定义。

**定义 1(空间社区, SC)** 由分布在物联网空间中的节点组成,具有一定的社区规范、主题和范围等。

$SC=(nodeID, Criterion, Topic, Scale)$ 。其中 nodeID 表示节点 ID,可以是 Mac 地址等唯一性的标识;Criterion 是空间社区规范,由一系列策略组成;Topic 表示的是空间社区的主题,可以是任务、兴趣、地理位置等;Scale 表示空间社区的空间范围  $f(x, y, z)$ ,是空间坐标的函数。

这样,物联网就可以描述为由节点在一定空间范围内按照一定策略规范形成的物联网空间社区,并由空间社区组成物联网。

**定义 2(社区中心机构)** 每个物联网空间社区有一个中心管理节点。节点加入到某一社区后,首先与该中心管理节

到稿日期:2011-05-10 返修日期:2011-08-10 本文受国家 863 高科技计划项目(2009AA01Z148),中国博士后基金(20100480701)资助。

王 杨(1971—),博士后,教授,硕士生导师,CCF 会员,主要研究方向为物联网与数据挖掘, E-mail: wycap@ustc.edu.cn;赵保华(1947—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为物联网、协议测试。

点进行交互(包括自身位置的确定),然后与社区中其他节点进行社区内节点级交互。我们称该中心管理节点为“社区中心机构”。

社区中心机构一般是位置相对固定、性能优越的节点,这里假设节点能够通过社区中心机构掌握自身的物理位置信息。我们规定节点每隔时间  $w$  向中心机构重新确定自身的位置,以  $(X_i, Y_i, Z_i)$  表示节点  $i$  的位置,对于节点  $A(X_A, Y_A, Z_A)$  和节点  $B(X_B, Y_B, Z_B)$ ,通过下面的公式能够得到它们之间的距离:

$$d_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} \quad (1)$$

在物联网中,由于节点的移动,当有新的节点加入到移动社区时,利用社区中心机构对每个新加入的节点产生一个唯一性的社区标识 ID, ID 可以是 MAC 地址、唯一性的名字等。节点在加入社区之前,必须到中心机构进行身份认证,社区中心机构分配给节点一个唯一的 ID。图 1 描述了基于社区中心机构认证的节点加入社区的抽象示意图。

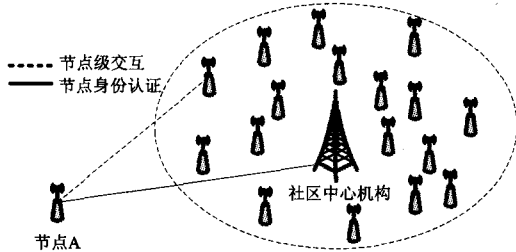


图1 基于社区的节点加入社区抽象示意图

在物联网中,节点大都受到能量限制。节点有效传输范围与能量密切相关,在相同网络环境下,节点能量越高,其传输范围就越大。节点传输范围与其功率之间有以下关系:

$$P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} \quad (2)$$

式中,  $P_r$  表示接收处节点功率密度,  $P_t$  表示发射功率,  $G_t$  为发射增益,  $r$  为传输距离 ( $r > 0$ )。  $G_t$  对于某一节点来说是固定的,在实际的网络环境中  $P_r$  会受到网络环境和拓扑关系的影响。本文中,假设  $P_r$  不会受到这些因素的影响。由式(2)可得:

$$r = \sqrt{\frac{P_t G_t}{4\pi P_r}} \quad (3)$$

定义4(等能量面) 节点在进行路由查询的过程中,为了寻找下一跳节点而向周围发送请求信息。该消息以球面形式向外扩充,在以发送节点为中心、 $r$  为半径的球面上,任何两点的能量都是相等的,我们称该球面为等能量面,如图2所示。

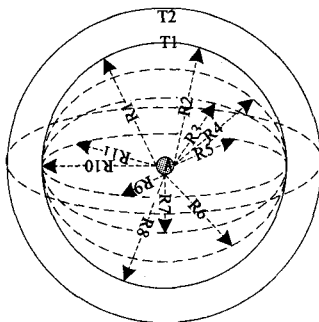


图2 等能量面示意图

图2中,箭头  $R_1, R_2, \dots, R_{11}$  所指为  $T_1$  时刻节点A的等能量面,在节点A的最大有效传输范围  $R_{max}$  内,随着时间推移,节点A的等能量面也在向外扩张,如图中的  $T_2$  时刻,直至  $r = R_{max}$  时停止扩张。只要节点没有失效,某一时刻节点的等能量面有无数个。

定义5(能量势) 节点在进行路由查询的过程中,为了提高路由查询效率,我们规定在节点最大有效传输范围  $R_{max}$  内,节点按照  $r$  从  $R_{max}$  开始逐渐减小的方式进行下一跳节点的查询,此时形成一个路由查询的球面。当查找到下一跳节点时,又以当前节点为中心,在其有效传输范围内重复上面的查找过程,再次形成路由查询球面。这一从上一查询球面到下一查询球面的过程称之为能量势。图3描述了能量势过程。

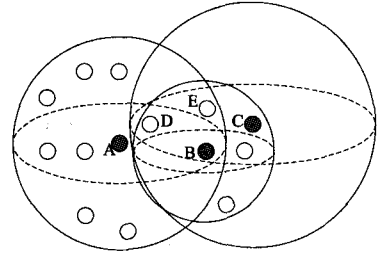


图3 能量势示例

图3中,节点A发起路由查询过程,首先以A为中心节点在其有效传输范围内查找到下一跳节点B,节点B重复节点A的路由查询过程,查找到下一跳节点C,依此类推。

## 2.2 查询控制策略

为了提高服务获取效率,我们提出了一系列的控制策略。以图3为例,在路由查找过程中,节点A通过比较节点距离  $d_{AB}$  与有效半径  $r$  的大小判断另一节点B是否在其有效传输范围内。节点距离与有效半径的关系如下:

$$\begin{cases} d_{AB} < r, & B \text{ 在 } A \text{ 的有效范围内} \\ d_{AB} = r, & B \text{ 在 } A \text{ 的最大有效范围} \\ d_{AB} > r, & B \text{ 在 } A \text{ 的有效范围外} \end{cases} \quad (4)$$

由式(1)、式(3)、式(4)可得:

$$\begin{cases} \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} < \sqrt{\frac{P_t G_t}{4\pi P_r}} \\ \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} = \sqrt{\frac{P_t G_t}{4\pi P_r}} \\ \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} > \sqrt{\frac{P_t G_t}{4\pi P_r}} \end{cases} \quad (5)$$

由式(5)可知,对于两个节点A和B,判断B是否在A的有效范围,取决于B的接收功率密度。针对不同的需求,我们通过设定  $P_r$  的值来实现对路由查询的控制。

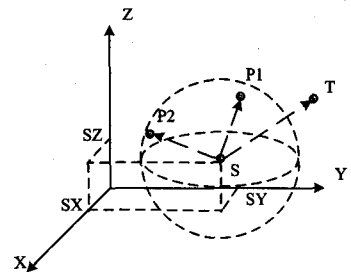


图4 服务获取过程方向控制示例

在服务获取过程中,针对可能出现最优节点与目标节点所在位置方向相反,导致服务获取远离目标节点,从而出现效率大幅降低的情况,我们利用向量对服务获取方向进行控制,如图4所示。

如图4所示,其中 $S$ 为源节点, $T$ 为目标节点, $P_1, P_2$ 为节点 $S$ 有效传输范围内的节点,其中 $d_{SP_2} > d_{SP_1}$ 。按照前面相关描述,在选择下一跳节点时,首先在有效传输范围内选择距离更大的节点。如图所示情况下, $d_{SP_2} > d_{SP_1}$ ,此时会选择 $P_2$ 作为下一跳节点,但 $P_2$ 明显远离目标节点。针对这种情况,我们利用向量 $\vec{SP}_2, \vec{ST}$ 来判断 $P_2$ 的方向。设 $P_2(X_2, Y_2, Z_2), T(X_T, Y_T, Z_T), S(X_S, Y_S, Z_S)$ ,则有:

$$\vec{SP}_2 = (X_2 - X_S, Y_2 - Y_S, Z_2 - Z_S)$$

$$\vec{ST} = (X_T - X_S, Y_T - Y_S, Z_T - Z_S)$$

由向量夹角公式可得:

$$\cos\langle \vec{SP}_2, \vec{ST} \rangle = \frac{\vec{SP}_2 \cdot \vec{ST}}{|\vec{SP}_2| |\vec{ST}|} \quad (6)$$

即

$$\langle \vec{SP}_2, \vec{ST} \rangle = \arccos \frac{\vec{SP}_2 \cdot \vec{ST}}{|\vec{SP}_2| |\vec{ST}|} \quad (7)$$

当 $\langle \vec{SP}_2, \vec{ST} \rangle = \frac{\pi}{2}$ 时, $P_2$ 节点不能作为下一跳节点,因此应对 $P_1$ 节点进行下一跳节点的条件判断。在每次选择下一跳节点时,利用源节点 $S$ 和目标节点 $T$ 来控制服务获取的方向。

在服务获取过程中可能存在多个下一跳节点都满足有效范围内距离最大条件的情况,如图5所示。

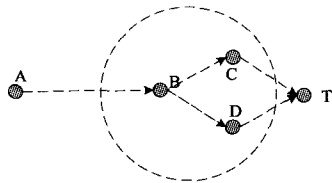


图5 特殊下一跳选择示例

图5中, $B$ 为 $A$ 的下一跳节点, $C$ 和 $D$ 为 $B$ 的下一跳节点,其中 $d_{BC} = d_{BD}$ , $T$ 为目标节点。若 $d_{CT} > d_{DT}$ ,则选择 $D$ 作为下一跳节点;若 $d_{CT} < d_{DT}$ ,则选择 $C$ 作为下一跳节点;当 $d_{CT} = d_{DT}$ 时,我们规定通过节点坐标来确定下一跳节点,坐标优先级为 $X > Y > Z$ ,即先判断 $C$ 和 $D$ 的 $X$ 坐标。若 $X$ 坐标相同,则判断 $Y$ 坐标;若仍相同,则判断 $Z$ 坐标,从而确定下一跳。

### 3 基于能量势的物联网空间社区服务获取算法

#### 3.1 社区内服务获取的描述

由于社区内所有节点加入社区前必须通过社区中心机构的认证,因此可利用社区中心节点判断目标节点与源节点是否处于同一社区。对于社区内任意节点 $A$ ,通过建立 $A$ 与其邻居节点的联系,形成带权边,边的权值大小与节点之间的距离大小成正比。通过上述方法将社区构造成一个带权图 $G = \langle V, E \rangle$ ,其中 $V = \langle V_1, V_2, \dots, V_n \rangle$ 为顶点的集合; $E = \langle E_1, E_2, \dots, E_m \rangle$ 为边的集合。

同时,定义矩阵 $L$ 表示两点之间的距离,矩阵 $P$ 表示经

过的节点,集合 $V$ 记录已访问过的节点。设 $S$ 和 $T$ 分别表示源节点与目标节点,若 $S$ 与 $T$ 直接相连,则 $L[s, t] = d_{ST}$ ,用 $P[s, t]$ 记录从 $S$ 到 $T$ 经过的节点,初始 $P[s, t] = T$ ;可以利用Floyd算法求出从某点出发到资源所在节点的最优路径。

#### 3.2 物联网空间社区服务获取算法

在物联网环境中发现资源,节点在其能量传输范围内选择下一跳节点,根据前面的相关描述,基于能量势的物联网空间社区服务获取算法(简称为SRDBSM)描述如下:

{ Input: Source node S(ID). Target node T(ID).

Output: The route of service acquire (node-id sequence).

Step1 if node T and S are in the same community, go to Step2; else execute Step3;

Step2 take  $k \in V - \{S, T\}$ , put  $k$  to set  $V$ ,  
if  $L[s, t] > L[s, k] + L[k, t]$ ,  $L[s, t] = L[s, k] + L[k, t]$ ,  $P[s, t] = k$ ;  
Else  $L[s, t]$  remain; until  $V$  is empty; output  $L[s, t]$  and  $P[s, t]$ .

Step3 S computes  $r_s$ , Search next node P (when  $r < r_s$ , if  $r_p + d_{sp} \leq r_s$  return to S;

Else if  $\langle \vec{SP}, \vec{ST} \rangle \geq \frac{\pi}{2}$  return to S,

Else choose P;

Step4 End algorithm when T has been chosen.

算法的主要思想如下:新节点 $i$ 经过社区中心机构认证后加入社区,获得自身物理位置信息 $(X_i, Y_i, Z_i)$ ,节点每隔时间 $\omega$ 刷新自身的位置信息;源节点 $S$ 进行服务获取时,首先判断目标节点 $T$ 是否与其处于同一社区。若 $S$ 与 $T$ 处于同一社区,则利用Floyd算法进行服务获取,否则源节点 $S$ 根据当前自身能量及服务获取需求,利用式(3)计算出最大有效距离 $r_s$ 。源节点在最大有效距离 $r_s$ 形成的球面内,查找下一跳路由;当中间节点 $K$ 接收到其上一跳节点 $B$ 的信息后,查找下一跳节点,选择有效范围内距离最大的节点作为下一跳节点。若在最大有效范围内同时存在多个节点满足距离节点 $K$ 和目标节点 $T$ 的距离相等,则首先从中选择最优节点;假设 $P$ 为满足条件的节点,若 $r_p + d_{kp} \leq r_k$ ,则返回到 $K$ ,重新进行下一跳选择,否则进行方向的判断,若 $\langle \vec{SP}, \vec{ST} \rangle \geq \frac{\pi}{2}$ ,则 $P$ 不能作为下一跳节点,此时重新进行节点的选择;否则,选择 $P$ 作为下一跳节点,节点 $P$ 按照上述步骤进行下一跳节点的选择;当目标节点 $T$ 被其上一跳节点成功选择时,算法结束。

#### 3.3 算法分析

假设空间社区由多个子社区组成,社区内节点总规模为 $N$ ,其中某一子社区TSC1的规模为 $n$ 。在服务获取过程中,源节点首先判断目标节点是否与其处于同一子社区。若处于同一子社区,则利用Floyd算法进行社区内的服务获取<sup>[24]</sup>;若处于不同社区,则采用SRDBSM算法进行服务获取。

设源节点 $S$ 处于子社区TSC1中,目标节点为 $T$ ,当 $T$ 也处于子社区TSC1时,采用Floyd算法,其时间复杂度为 $O(n^3)$ ;若 $T$ 与 $S$ 处于不同的社区,则采用SRDBSM算法。此时,由于空间社区规模为 $N$ ,算法在进行服务获取时,主要有最优节点的判断和方向的控制两个步骤。设中间节点 $K$ ,其寻找下一跳节点 $P$ ,在方向控制过程中,若 $\langle \vec{SP}, \vec{ST} \rangle \geq$

$\frac{\pi}{2}$ , 不能将  $P$  作为下一跳节点, 说明一般情况下在有效方向内的节点约有  $N/2$ 。寻找下一跳节点的最坏情况为其他所有节点都满足距离节点  $K$  和目标节点  $T$  的距离相等, 此时则要进行节点坐标的判断。由于空间节点为三维坐标, 因此此时时间复杂度介于  $O(N/2)$  和  $O((N/2)^3)$  之间。在某一次服务获取过程中, 可能出现资源不可发现, 从而导致源节点重新发起一次服务获取的情况, 此时的时间复杂度为  $O(N^2)$ 。综上所述, 服务获取的时间复杂度介于  $O(N^3/2)$  与  $O(N^4/8)$  之间。

#### 4 仿真实验

为了验证本文提出的服务获取算法的性能, 我们进行了仿真实验, 并将其与改进的宽度优先 (Modified-BFS) 搜索算法以及随机漫步 (Random Walk) 搜索算法<sup>[6]</sup> 进行了性能比较。实验在 AMD CPU 2.0GHz(2)、内存 2048M 的计算机上进行, 程序采用 MATLAB 7.0 语言编写。

实验中将 100 个节点随机分布在一个  $100 \times 100 \times 100$  的区域, 按照节点发射功率的不同, 将节点分为 3 类, 其中 Type1 类型的发射功率为 0.0036W; Type2 类型的发射功率为 0.0024W; Type3 类型的发射功率为 0.0015W。节点的发射增益统一设置为 5, 最小有效接收功率密度  $P_r$  分别设置为 0.0001W 和 0.00015W 两种情况。节点分布如图 6 所示。

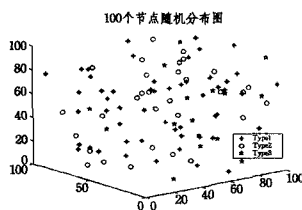


图 6 节点随机分布图

##### 4.1 社区剩余能量比较实验

社区剩余能量反映网络在进行服务获取的过程中社区的能耗情况。实验主要检验在不同接收功率密度下, 采用 SRDBSM 算法、Random Walk 以及 Modified-BFS 时, 其服务获取的能量利用效率之间的差异。接收功率密度分别取  $P_r = 0.0001W$  和  $0.00015W$ , 每次实验进行 100s, 重复进行 100 次实验。图 7 反映的是 100 次实验的平均网络社区剩余能量的比较。

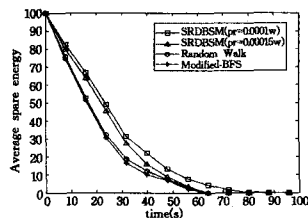


图 7 网络社区剩余能量随时间变化情况

仿真结果表明, 当  $P_r = 0.00015W$  时, SRDBSM 算法整体能量的利用率要略优于 Random Walk 算法和 Modified-BFS 算法, 网络能量耗尽时间基本一致; 当  $P_r = 0.0001W$  时, SRDBSM 算法在提高能量利用率方面要优于 Random Walk 算法和 Modified-BFS 算法及  $P_r = 0.00015W$  时的 SRDBSM 算法, 其网络能量耗尽时间要提高大约 25%。以上差异主要是由于  $P_r$  值减小时, 算法在服务获取过程中的发现半径  $R_{max}$  增大, 从而减少了服务获取过程中的下一跳次数和节点间交

互次数, 进而减少了服务获取过程中的能量消耗, 提高了网络整体的能量利用率。

##### 4.2 空间社区有效节点比较实验

空间社区有效节点反映网络中节点随着服务获取过程是否失效的变化情况。实验主要验证 SRDBSM 算法与 Random Walk 算法以及 Modified-BFS 算法在提高节点生存时间上的差异。接收功率密度分别取  $P_r = 0.0001W$  和  $0.00015W$ , 每次实验进行 100s, 重复进行 100 次实验。图 8 反映的是 100 次实验的平均有效节点数随时间变化的情况。

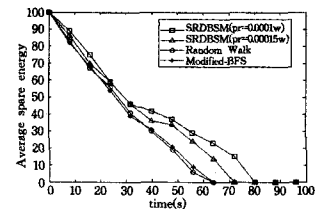


图 8 空间网络社区有效节点随时间变化的情况

仿真结果表明, SRDBSM 算法在有效节点个数上要优于 Random Walk 算法和 Modified-BFS 算法, 这主要是由于 SRDBSM 算法在进行服务获取的过程中采取一定策略进行下一跳节点的选取, 减少了节点自身能量的消耗, 提高了节点的生存周期, 从而提高了网络中有效节点的个数。接收功率密度不同时, SRDBSM 算法在前 30s 有效节点个数基本一致, 30s 之后出现一定差异。主要是因为, 当  $P_r = 0.00015W$  时, 节点最大有效传输范围  $R_{max}$  较小。由于节点能量的消耗同时伴随着部分节点的失效, 在节点有效传输范围内选择下一跳节点时需要进行更多的判断, 甚至出现节点不可达的情况, 导致节点多次进行消息转发, 增加节点能耗, 导致有效节点数减少。

##### 4.3 平均查找成功率比较实验

平均查找成功率是指单位时间内内查找到资源的次数与查找的总次数之比。接收功率密度分别取  $P_r = 0.0001W$  和  $0.00015W$ , 每次实验进行 100s, 重复进行 100 次实验。每 10 次实验分为一组, 每组的服务获取条件一致, 分 10 组进行。由于网络的生存周期有限, 导致每次模拟在后期的对比结果不明显。因此, 每次取实验前 50s 的数据作为结果进行统计。实验重复进行 100 次的平均查找成功率结果如图 9 所示。

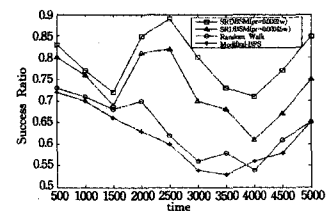


图 9 平均查找成功率比较

由图 9 可知, SRDBSM 算法在平均查找成功率上要优于 Random Walk 算法和 Modified-BFS 算法, 整体性能提高大约 15%。SRDBSM 算法在  $P_r$  不同时, 表现出的查找成功率特征曲线保持一致,  $P_r$  值为 0.0001W 时的平均查找成功率要优于  $P_r = 0.00015W$  时的平均查找成功率。这主要是由于节点有效传输范围增大, 减少了下一跳次数, 提高了节点服务获取效率, 同时降低了出现节点不可达的情况, 提高了查找成功率。

(下转第 97 页)

上述典型方案和本文方案均实现了数字内容及其相应许可的安全分发,前者主要采用传统的数字内容加密方法,而本文则基于 AP<sup>2</sup>RA 远程证明方法,结合可信计算用户终端平台实现多媒体内容的安全、可信分发;在系统开销上,本文方案采用了第三方可信平台验证机制,因此开销略大,但更适合于一般开放网络。

**结束语** 为解决多媒体社交网络应用下的数字内容版权管理问题,本文将可信计算中的远程证明技术引入到 DRM 安全方案中,提出了一种基于支持验证方代理的数字内容分发方案与安全协议。通过与其他代表性的 DRM 方案相比,本文方案提高了数字内容分享和传播的安全性、可信性和可控性,从而满足了 MSN 中用户节点终端平台的隐私保护这一实际需求。进一步工作将对本文协议进行形式化验证分析,并将其应用于普适的社交网络信息交换与共享应用服务中。

### 参 考 文 献

[1] Rosenblum D. What anyone can know: The privacy risks of social networking sites [J]. IEEE Security and Privacy, 2007, 5(3):40-49  
[2] 张志勇,牛丹梅. 数字版权管理中数字权利使用控制研究进展

(上接第 62 页)

[4] Lee W, Stolfo S J. A Data mining framework for building intrusion detection models[M]. IEEE Computer Society Press, 1999: 120-132  
[5] Yue Yao-xue. The Research of Network Intrusion System Based on Algorithm of Data Mining[J]. Computer Security, 2009, 10: 41-43  
[6] Liu He-bing, Shang Jun-ping. On Clustering Analysis Algorithm [J]. Journal of Yiyuan Vocational and Technical Collage, 2006, 5(4):4-7  
[7] Hartigan J A, Wong M A. A K-Means Clustering Algorithm [J]. Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics), 1979, 28(1):100-108

(上接第 78 页)

**结束语** 本文主要针对物联网环境中的服务获取问题提出了一种基于人工能量势的空间社区服务获取方法。物联网中的节点在进行服务获取时,利用节点最大有效传输范围选择下一跳节点,提高了节点生存周期,也在一定程度上增强了服务获取的效率。但是由于空间社区中节点的多样性和海量性,导致在一定程度上影响到服务获取的安全性和发现效率,我们下一步工作将集中于如何构建物联网实验床并开发基于人工能量势的服务获取原型系统。

### 参 考 文 献

[1] Commission of the European Communities. Internet of Things- An Action Plan for Europe(1st Edition)[R]. Brussels: COM, 2009, 278:1-12

[J]. 计算机科学, 2011, 38(4):48-54

[3] 邱星,王玉磊,周利华,等. 基于可信计算的 DRM 互操作研究 [J]. 计算机科学, 2009, 36(1):77-80  
[4] Grawrock D. TCG Specification Architecture Overview Revision 1. 4 [EB/OL]. [https://www.trustedcomputinggroup.org/groups/TCG\\_1.4\\_Architecture\\_Overview.pdf](https://www.trustedcomputinggroup.org/groups/TCG_1.4_Architecture_Overview.pdf), 2011-05-01  
[5] 谭良,刘震,周明天. TCG 架构下的证明问题研究及进展[J]. 电子学报, 2010(5):1105-1112  
[6] 张焕国,陈璐,张立强. 可信网络连接研究 [J]. 计算机学报, 2010, 33(4):706-717  
[7] 张志勇,裴庆祺,等. 支持验证代理方的远程证明模型及其安全协议[J]. 西安电子科技大学学报, 2009, 36(1):58-63, 105  
[8] Popescu B, Crisop B, Tanenbaum A, et al. A DRM security architecture for home networks[C] // Proceedings of 4th ACM Workshop on Digital Rights Management, Oct. 2004  
[9] Kim H, Lee Y, Chung B, et al. Digital Rights Management with right delegation for home networks[C] // Proceedings of 9th International Conference on Information Security and Cryptology. LNCS 4296, 2006:233-245  
[10] 马兆丰,范科峰,陈铭,等. 支持时空约束的可信数字版权管理安全许可协议[J]. 通信学报, 2008, 29(10):153-164

[8] Xindong W, Kumar V, Quinlan J R, et al. Top 10 Algorithms in Data Mining[J]. Knowledge and Information Systems, 2008, 14(1):1-37  
[9] Li Ling-juan, Li Bing, Xue Ming. Research on Application of K-MEANS Algorithm in IDS[J]. Computer Technology and Development, 2010, 20(7):129-131  
[10] Fukunaga K, Narendra P M. A Branch and Bound Algorithm for Computing K-Nearest Neighbors [J]. IEEE Transactions on Computers, 1975(7):750-753  
[11] Li Yang, Fang Bin-xing, Guo Li, et al. A Network Anomaly Detection Method Based on Transduction Scheme[J]. Journal of Software, 2007, 18(10):2595-2604

[2] Yu Tao, Zhang Yue, Lin K-J. Efficient Algorithms for Web Services Selection with End-to-End QoS Constraints[J]. ACM Transactions on the Web, 2007, 1(1)  
[3] 王杨,王汝传. 一种基于 Echord 协议的网格资源发现方法[J]. 电子学报, 2010, 38(11):2499-2504  
[4] Zhao Q, Liu J, Xu J. Improving Search on Gnutella-like P2P Systems[C] // Computational Science-ICCS2007-7th International Conference. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, 4490(4): 887-890  
[5] Khatib O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots [J]. The International Journal of Robotics Research, 1986, 5(1):90-98  
[6] Zhong M, Shen K, Seiferas J. The convergence-guaranteed random walk and its applications in peer-to-peer networks[J]. IEEE Transactions on Computers, 2008, 57(5):619-633