

LEACH-CS: 一种自定义的 WSN 跨区多跳路由机制

顾跃跃 白光伟 陶金晶

(南京工业大学计算机科学与技术系 南京 210009)

摘 要 针对无线传感器网络中节点能量受限的特征,深入分析了经典的 LEACH 路由协议;针对其在能耗和适用规模方面存在的不足,提出了一种新型自定义的跨区多跳路由算法(LEACH-CS)。新算法引入了“区域”的概念,即某区域选举簇头失败时产生补充簇头,建立簇间路由时以跨区距离的约束来自定义合适的多跳路由方案。实验表明,与现有 LEACH 协议相比,新的协议明显提高了网络的生存时间,平衡了网络的节点能耗,均匀了死亡节点的分布,也扩大了协议适用的网络规模。

关键词 无线传感器网络, LEACH, 自定义跨区多跳路由

中图法分类号 TP393.03 **文献标识码** A

LEACH-CS: A Customizable Zone-spanned Multi-hop Routing Protocol in WSNs

GU Yue-yue BAI Guang-wei TAO Jin-jing

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract This paper, based on the existing LEACH routing algorithm, proposed a novel customizable zone-spanned multi-hop routing algorithm(LEACH-CS) for large-scale, energy limited wireless sensor networks. At first, we introduced the concept of “zone”. On this basis, an additional cluster-head may be elected on demand during cluster-head selection process. The purpose is to optimize multi-hop routing with the constraint of multi-zone distance threshold. Our simulation experiment demonstrated that, compared with the existing LEACH protocol, the LEACH-CS could reduce the energy consumption of the cluster-heads significantly and extend the life-cycle of large-scale networks due to more uniformly distributed dead nodes.

Keywords Wireless sensor networks, LEACH, Customizable zone-spanned multi-hop routing

1 引言

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成、通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络系统。其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖范围内监测对象的信息,并发送给观察者。WSN 可广泛应用于军事、环境监控和预报、医疗护理、智能家居以及城市交通等许多领域。

在计算机网络中,路由协议负责将数据分组从源节点通过网络转发到目的节点。传统无线网络路由设计的首要目标是提供高质量服务和公平高效地利用网络带宽,能量消耗问题不是路由考虑的重点。但在无线传感器网络中,传感节点的能量和通信能力有限,网络要求路由协议高效利用能量。同时传感器网络的节点数目往往很大,节点只能获取局部拓扑结构信息,这就要求路由协议能在局部网络信息的基础上选择合适的路径^[1]。由此可见,传统无线网络的路由协议已不适应于无线传感器网络环境,研究新的适用于无线传感器网络的路由协议具有重要意义。

在无线传感器网络中,传感器节点的无线通信模块即使在空闲状态下其能量消耗也与收发状态时相差无几,因此无线传感器网络引入了分簇算法来适当地关闭通信模块,降低节点的能量开销^[2]。分簇网络中节点通常被分为簇头和普通节点两类。由于簇头需要协调普通节点的工作,负责数据的融合和转发,因此能量消耗相对较大。为此,分簇算法周期性地更换簇头来均衡网络能耗。

目前典型的分簇路由算法中,LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)^[3]是最早提出的一种基于多簇结构的无线传感器网络分簇算法,其分簇思想贯穿于后来提出的许多协议中。但是 LEACH 算法没有考虑节点的能量,也不能保证簇头数目和分布。当簇头与汇聚节点(sink)相距较远时,通信会消耗较多能量,造成网络能耗不均衡。

针对 LEACH 存在的不足,近年来,研究人员已经做了很多工作^[4-8]。如文献[4]将节点剩余能量作为簇头选举的一个衡量因素,文献[5]增加了节点与汇聚节点的距离因素,文献[6]则提出选举备用簇头的方法,文献[7,8]提出新的簇间路由等。这些工作都得到了预期的效果,但是算法或者引入的

到稿日期:2010-03-03 返修日期:2010-06-01 本文受国家自然科学基金项目(60673185),教育部留学回国人员科研启动基金项目(教外司留[2007]1108号),江苏省“青蓝工程”中青年学术带头人培养对象资助项目(苏教师[2007]2号)资助。

顾跃跃(1985—),男,硕士生,主要研究方向为无线传感器网络路由协议等, E-mail: yueyuegu@yahoo.com.cn; 白光伟(1961—),男,博士,教授, CCF 会员,主要研究方向为网络体系结构和协议、Ad hoc 网络、无线移动 Internet、多媒体网络、网络系统性能分析和评价等。

参数较为复杂,或者每轮循环都要重复运算,这些被累积起来的能量消耗应该尽量减少。为此,本文提出一种自定义的跨区多跳路由机制 LEACH-CS (LEACH-Customizable Zone-Spanned)。新机制使网络各节点首先完成简单分区定位,之后根据分区情况执行轮循环过程,着重避免网络节点能耗不均问题,延长网络寿命,扩大协议适用的网络规模。

本文第2节简单介绍 LEACH 算法;第3节描述自定义的跨区多跳路由算法 LEACH-CS;第4节介绍区域差半径 r_0 与节点密度 ρ 的关系;第5节对 LEACH-CS 性能进行分析与评价;最后总结全文。

2 LEACH 算法简介

LEACH 协议的基本思想是以随机方式选举簇头节点,非簇头节点将传感到的数据通过相应簇头传输到汇聚节点。为防止某节点长期担任簇头而耗能过多,LEACH 定义了“轮”的概念,通过轮循环将整个网络的能量负载平分到每个节点。每轮循环中,LEACH 分为簇的建立和数据通信两个阶段。

在簇建立阶段,各节点生成一个 0 到 1 之间的随机数。如果该数小于阈值 $T(n)$,则该节点被选为簇头。 $T(n)$ 的计算方法如下:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P[r \bmod (1/P)]}, & n \in G \\ 0, & n \notin G \end{cases} \quad (1)$$

式中, P 是网络中簇头数占总节点数的百分比, r 是选举轮数, $r \bmod (1/P)$ 代表这一轮循环中当选簇头的节点个数, G 是这一轮循环中未当选簇头的节点集合。

当节点选为簇头后便主动广播这一消息。非簇头节点根据接收到的信号强度 RSSI (Received Signal Strength Indicator)^[9] 来决定加入哪个簇,并请求相应的簇头。簇头收到所有簇成员发送的信息后,根据簇内节点的数量创建 TDMA (Time Division Multiple Access) 时刻表,答复每个节点何时开始传输数据。

成簇后,稳定的数据通信阶段开始。非簇头节点将收集到的数据传输给簇头,簇头对收到的数据进行融合处理后传输给汇聚节点。持续一段时间后,网络进入新一轮循环。

由此可见,LEACH 协议采用层次结构,节点不需要存储大量的路由信息,网络相对均衡地消耗能量。但通过研究发现 LEACH 协议也存在一些问题。

首先,簇头选举由于随机数产生的不稳定性可能导致簇头分布不合理和个数偏离期望值;

第二,簇头与汇聚节点直接通信,远离汇聚节点的簇头能耗较大,死亡较早,死亡分布不均匀;

第三,节点的通信范围有限,簇头与汇聚节点的单跳方式限制了网络覆盖范围,不适用于大规模部署的网络;

第四,多次的仿真结果显示,从第一个节点死亡到网络失效经历了一段较长的时间,这一部分的能量可以更好地利用起来。

针对以上问题,下一节主要从簇头选举、非簇头节点入簇和簇间路由 3 个方面对 LEACH 进行改进,以均衡网络能耗、延长网络有效期、扩大协议适用的网络规模。

3 自定义的跨区多跳路由算法 LEACH-CS

本节首先引入“区域”的概念,给出有关定义;在此基础上,我们提出一种自定义的跨区多跳路由算法,即 LEACH-CS,并详细描述算法的核心思想。

定义 1(区域, zone) 指以汇聚节点为圆心、以多个不同长度为半径的相邻圆周线之间围成的各圆环带(如图 1 所示)。

定义 2(区域差半径, zone difference radius) 指形成相邻圆周的两个半径之差的绝对值,记为 r_0 (如图 1 所示)。

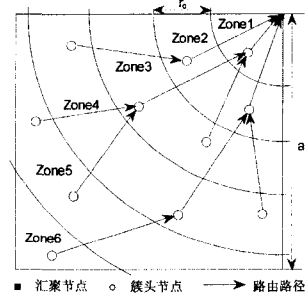


图1 簇头跨一区多跳路由示意图

一般来说,近距离节点之间的通信能耗少,通信质量也比较好。LEACH-CS 协议就是通过缩短通信节点间的距离来节省能量。在算法分析过程中,本文采用文献[10]中的能耗模型,该模型定义无线电路发送距离为 d m 的 l bit 消息消耗的能量为

$$E_{Tx}(l, d) = E_{Tx-dec}(l, d) + E_{Tx-amp}(l, d) = \begin{cases} lE_{dec} + l\epsilon_{fs}d^2, & d < d_0 \\ lE_{dec} + l\epsilon_{mp}d^4, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (2)$$

相应地,接收这些消息消耗的能量为

$$E_{Rx}(l, d) = E_{Rx-dec}(l, d) = lE_{dec} \quad (3)$$

数据融合消耗的能量为

$$E_{Gx}(l, d) = lE_{gather} \quad (4)$$

以上各式中, E_{dec} 表示电路发送或接收 1bit 数据所消耗的能量; $\epsilon_{fs}d^2$ 和 $\epsilon_{mp}d^4$ 为每放大 1bit 数据放大器消耗的能量; E_{gather} 为每 1bit 数据融合处理消耗的能量;式(4)为将接收到的 n 个节点发送过来的 $n \times l$ bit 数据融合成 l bit 数据所消耗的能量。式(2)中的 d_0 由式(5)决定:

$$d_0 = \sqrt[4]{\frac{\epsilon_{fs}}{\epsilon_{mp}}} \quad (5)$$

式(2)表明合适的传输距离对于节点节省发送能量有很大帮助。LEACH-CS 选择簇头间合适的传输距离的方法就是跨区多跳,其具体方案如下:

(1)网络初始化阶段,汇聚节点向整个网络广播一个控制消息,各节点判断接收到该消息的信号强度 RSSI,估算与汇聚节点的距离,根据预设的 r_0 来标识自己所属区域。

(2)簇的建立阶段,当节点产生的 0~1 之间的随机数小于阈值 $T(n)$ 时,该节点当选簇头并广播自己是簇头的消息,非簇头节点根据收到的广播消息判断自己所属区域是否已产生簇头。若没有,则自己作为簇头,并广播消息;若有,则采用就近原则选择最近的簇头发送入簇请求(被选的簇头不一定与自己同区域)。簇头收到入簇请求后建立 TDMA 时刻表并

回复各成员。

(3)路由建立阶段,同区域簇头相互不通信,距汇聚节点较远区域的簇头按最近原则向距汇聚节点较近区域的簇头发送路由请求,收到请求消息的簇头回复确认消息。簇头若处于汇聚节点 d_0 范围内,则直接与汇聚节点通信。

值得注意的是,簇头下一跳的选择可以是相邻区、跨一区或跨更多区的最近簇头,这取决于 r_0 和 d_0 的关系。一般情况,当 r_0 等于 d_0 时,邻区传递;当 d_0 是 r_0 的两倍时,跨一区传递;当 d_0 是 r_0 的三倍时,跨两区传递等。跨区一方面提供更多距接近汇聚节点 d_0 范围的簇头来分担数据传输能耗,另一方面缩小区域边缘可能形成的盲区带。如图 1 所示,设定 Zone1 和 Zone2 合为 α 区,Zone3 和 Zone4 合为 β 区,Zone5 和 Zone6 合为 γ 区,且不采用跨区路由,则 β, γ 区按照邻区最近原则建立路由,这样本来由 Zone1 和 Zone3 中簇头中继的数据将分别由 Zone2 和 Zone4 中簇头中继,这样 Zone2 和 Zone4 区中的簇头能耗将增加,导致 α, β 分区一侧的节点死亡较早,形成盲区带。

(4)数据传输阶段,非簇头节点收集数据,发送给所在簇的簇头节点。簇头对数据融合处理后交给下一跳节点,直到汇聚节点。循环(2)至(4)步,至网络失效。

从上述步骤中可见,由于各节点不需要周期性地报告所属区域,只在初始化阶段判断并只告知自身位置,因此这样的定位能耗不仅不会给整个网络带来明显的负担,而且可以基本忽略。且由汇聚节点发送控制消息,可以将网络规模扩大到汇聚节点信号覆盖的范围。算法中,簇头选举采取区域自治,即当某区域没有产生簇头时,该区域某节点会自动成为簇头,对簇头均匀化分布起到补充作用;而在成簇时,非簇头节点打破区域的束缚,寻找距离最近的簇头入簇,以节省能量;簇间路由采用跨区多跳方式,节省簇头能量消耗,推迟整个网络节点死亡时间,平均分布死亡节点。此外,算法对 r_0 可自定义。下一节将详细描述 r_0 与节点分布密度 ρ 的关系,为不同密度的网络确定 r_0 的值提供参考依据。

4 区域差半径 r_0 与节点分布密度 ρ 的关系

根据节点分布密度 ρ 选择合适的区域差半径 r_0 ,可以在理论上使得网络发挥更好的能效。若 ρ 很大、 r_0 很小,区域数就会较多,而簇头补充会使得簇头数增加,造成不必要的簇间路由消耗,也会影响原始数据收集量;若 ρ 很大、 r_0 很大,区域数就不多,但每区节点非常多,簇间路由负担会加大;反之,若 ρ 很小,则节点布局很稀疏,使用新算法的必要性就不大。所以, r_0 与 ρ 的关系可以相互参考。

现假设传感器节点分布在一个边长为 a 的正方形内,如图 1 所示,则第 i 区域的面积 S_i 表示为

$$S_i = \begin{cases} \frac{1}{4}(2i-1)\pi r_0^2, & i \leq \frac{a}{r_0} \\ \frac{1}{4}(2i-1)\pi r_0^2 - (ir_0 - a)^2, & \frac{a}{r_0} < i \leq \frac{\sqrt{2}a}{r_0} \\ \sqrt{(ir_0)^2 - a^2}, & \frac{a}{r_0} < i \leq \frac{\sqrt{2}a}{r_0} \\ [\sqrt{2}a - (i-1)r_0]^2, & i > \frac{\sqrt{2}a}{r_0} \end{cases} \quad (6)$$

各区域节点数 n_i 为

$$n_i = S_i \rho \quad (7)$$

各区域簇头数 CH_i 为

$$CH_i = n_i p \quad (8)$$

式中, p 为簇头百分比。 r_0 的选择对近汇聚节点范围内的区域影响较大,因此由式(6)的第一种情形及式(7)、式(8)得距汇聚节点 d_0 范围内的簇头总数 N_j 为

$$N_j = \frac{1}{4} \pi \rho p r_0^2 j^2, j = \left\lfloor \frac{d_0}{r_0} \right\rfloor \quad (9)$$

式中, j 是包含在 d_0 范围内的区域个数,则在建立簇间路由时可选择跨 $(j-1)$ 个区,即当 $j=1$ 时,邻区传递; $j=2$ 时,跨一区传递; $j=3$ 时,跨两区传递。特别地,当 $j=0$ 时,已不能保证区域间簇头有合适的通信距离,新算法不适合这种情形。然而随着网络布局规模的扩大,这 j 个区域的簇头会因接收到其它簇头传输的数据而增加较多能耗。因此,这些区域应当产生一定量的簇头数 ch 来分担其它区域簇头传来的数据量。由此, r_0 与 ρ 的关系可由下式确定:

$$N_j = ch$$

将式(9)代入上式,得

$$r_0 = \frac{2}{j} \sqrt{\frac{ch}{\pi \rho p}} \quad (10)$$

式中 ch 可以根据实际情况自定义,也可以由以下方法确定:

令

$$N_{ch} = a^2 \rho p$$

式中, N_{ch} 表示全网络总簇头数。近汇聚节点的 ch 个簇头接收由其它簇头发送来的数据所消耗的能量,等同于这 ch 个节点新接受了簇内成员,但是必须对接受的数量加以限制。而整个网络平均簇成员数为 $(1-p)/p$,设新增成员不得超过其 $1/v$, v 可根据实际情况自定义。则有以下关系式:

$$\frac{N_{ch}}{ch} \leq \frac{(1-p)/p}{v} \quad (11)$$

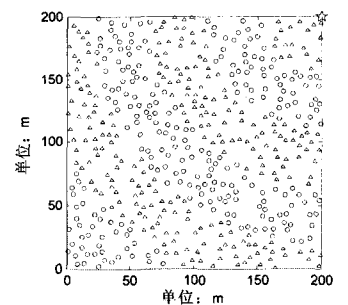
由式(10)和式(11)可以消去 ch ,得

$$r_0 \geq \frac{2a}{j} \sqrt{\frac{pv}{(1-p)\pi}} \quad (12)$$

至此,式(10)提供了 r_0 和 ρ 的关系。式(12)则提供了 r_0 和 v 的关系,实际环境中参考两式可使网络发挥较好的效能。

5 LEACH-CS 性能分析与评价

为了评估 LEACH-CS 算法的性能,本节通过 MATLAB 仿真平台下的模拟实验将其与现有的 LEACH 算法进行比较分析。假设 $200\text{m} \times 200\text{m}$ 的正方形中随机分布 500 个节点,汇聚节点位于正方形的右上角(如图 2 所示)。具体仿真参数如表 1 所列。



☆ 汇聚节点 △ 1315区节点 ○ 21416区节点

图 2 MATLAB 随机生成网络节点拓扑图

表 1 仿真参数

参数类型	参数值
传感器个数	500
传感器位置坐标范围(单位:m)	(0,0)-(200,200)
数据包长度	4000 bit
控制包长度	100 bit
电子发射消耗能量 E_{Tx}	50 nJ/bit
电子接收消耗能量 E_{Rx}	50 nJ/bit
近距离发射放大器参数 ϵ_{fs}	10 pJ/bit/m ²
远距离发射放大器参数 ϵ_{mp}	0.0013 pJ/bit/m ⁴
数据整合能量 E_{DA}	5 nJ/bit/signal
簇的最佳个数百分比 p	5 %
传感器初始能量 E_0	1 J
距离门限 d_0	87.7m
区域差半径 r_0	45m

由表 1 知,在整个网络中每轮簇头数约为 25。现将这 25 个簇头传输的数据分担到 3 个或 4 个近汇聚节点簇头上,即 $ch=3$ 或 $ch=4$ 。将相关参数代入式(10)中,计算得表 2。若以式(12)计算,则相当于 $v=2$ 或 $v=3$,即不得超过平均簇成员数的 1/2 或 1/3。表 2 中 r_0 的值都是可取值,实验中取 $r_0=45$ 。

表 2 $ch=3$ 和 $ch=4$ 时的 r_0 取值情况

$p=0.05$	$p=0.0125$	$ch=3$	$ch=4$
邻区 $j/j=1/45 < r_0 \leq 90$		$r_0=79$	$r_0=90$
跨一区 $j/j=2/30 < r_0 \leq 45$		$r_0=39$	$r_0=45$
跨两区 $j/j=3/23 < r_0 \leq 30$		$r_0=26$	$r_0=30$

仿真设定网络运行轮循环周期为 20s,普通节点每 2s 收集一次数据转发给簇头,即每周期普通节点发送 10 次数据,簇头节点接收、融合和发送 10 次数据。设定 LEACH 与 LEACH-CS 的网络节点初始能量及拓扑结构一样,规定当网络中 80% 的节点无法工作即认为该网络不可用。

仿真结果如图 3 至图 6 及表 3 所示,主要对比两种协议的网络寿命、死亡节点分布和特定数量节点的死亡时间。

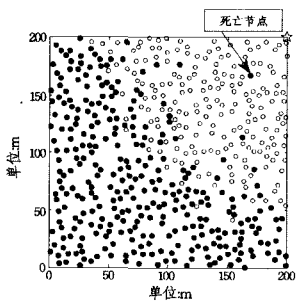


图 3 LEACH 第 180 轮死亡节点分布图

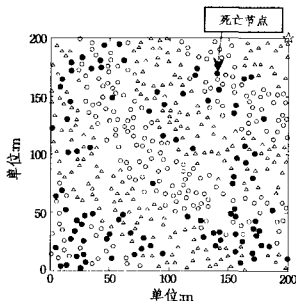


图 4 LEACH-CS 第 180 轮死亡节点分布图

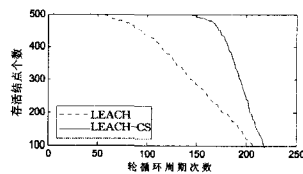


图 5 网络生存时间曲线

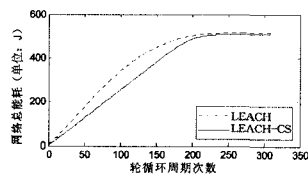


图 6 网络总能耗曲线

表 3 两种协议的节点死亡状况统计

协议名称	第一个节点死亡	10%节点死亡	50%节点死亡	80%节点死亡
LEACH(仿真轮数)	49	94	161	206
LEACH-CS(仿真轮数)	140	173	198	217
提高比例	186%	84%	23%	6%

图 3 和图 4 分别是 LEACH 协议和 LEACH-CS 协议在第 180 轮时的节点死亡情况。可以看出,在网络拓扑和节点初始能量相同的情况下,LEACH-CS 死亡节点个数比 LEACH 少,且分布均匀。图 3 中,LEACH 簇头与汇聚节点直接通信消耗能量较大,所以距汇聚节点较远的节点都较早死亡。图 4 中,因 LEACH-CS 采用自定义分区的跨区多跳路由机制,节省了距汇聚节点较远簇头发送数据的能量,使得所有簇头发送数据消耗的能量基本接近,所以在多轮循环后大多数节点依然存活,且死亡节点分布均匀。此外,LEACH 死亡节点集中造成了监测盲区,实际上已失去了监测的意义,而 LEACH-CS 依然能保持监测范围的普遍覆盖。图 5 和图 6 分别是两种协议在各轮次存活节点数目和网络总能耗的曲线图。从图 5 可以看到,LEACH-CS 明显推迟了节点死亡时间,但其曲线总体上有靠近 LEACH 的趋势。表 3 也显示了这一现象,LEACH-CS 第一个节点死亡时间是 LEACH 的 2.86 倍,随着时间的推移,倍数减少,80% 的节点死亡时间仅为 LEACH 的 1.06 倍。这是因为在网络初期,节点能量充足,LEACH-CS 簇头虽然消耗了路由控制消息的能量,但是节省下了更多的能量用于数据传输,所以节点死亡个数增长缓慢。然而到了网络后期,节点能量所剩无几,此时的路由控制信息能耗会明显增加节点负担,加快节点死亡。但 LEACH-CS 总能耗变化率始终比 LEACH 变化小(见图 6),这说明 LEACH-CS 每轮循环消耗的能量都是均衡的,不会因簇头距离汇聚节点远近而使网络能耗变化不定。所以 LEACH-CS 延长了网络有效时间,网络出现大面积监测盲区的时间短。

结束语 本文研究无线传感器网络的路由协议,选择典型的分簇式路由协议 LEACH 作为研究对象,通过对 LEACH 协议的分析指出了其存在的一些不足,并提出了一种自定义的跨区多跳路由机制 LEACH-CS。新机制以区域为基础,执行簇头补充、跨区入簇和自定义跨区多跳路由等新过程,同时保留原 LEACH 中关于节点自主决定是否成为簇头的特点,从而不需要全局信息,减少通信能耗。仿真结果表明,LEACH-CS 与 LEACH 相比,在网络生存时间、能耗速度和死亡节点分布等方面都得到有效提高。下一步的工作是研究进一步延长网络生存时间的方法,探讨更加均匀地分布簇头的算法,并仿真网络丢包率和时延,以使其在更加真实的网络环境中得到较好的效果。

参考文献

- [1] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. A survey on sensor networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40 (8): 102-114
- [2] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2006
- [3] Heinzelman W R, Chandrakasan A P, et al. Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks [C]// Proc. of Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii, USA, 2000: 3005-3014
- [4] 武春涛,胡艳军. 无线传感器网络 LEACH 算法的改进[J]. 计算机技术与发展, 2009, 3(19): 80-83
- [5] 付华,赵刚. 无线传感器网络中一种能量均衡的分簇策略[J]. 计算机应用研究, 2009, 4(26): 1494-1496

- [6] 胡海江,张凤登.一种新的无线传感器网络分簇模型[J].传感技术学报,2006,2(19):477-480
- [7] Ko Young H, Park Chang-Sup, Song In Chu, et al. An efficient void resolution method for geographic routing in wireless sensor networks [J]. The Journal of Systems and Software, 2009, 6(82):963-973
- [8] 唐启涛,陶滔,伍海波.基于最小生成树的 LEACH 路由算法研

究[J].计算机技术与发展,2009,4(19):109-111

- [9] Gibson J D. The mobile communication handbook[M]. Boca Raton: CRC Press, 1999
- [10] Heinzelman W B, Chandrakasan A P, et al. An application specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2002, 1(4):660-670

(上接第 56 页)

EigenRep 是对等网中较为典型的基于全局可信度的信誉系统。其核心思想是当节点 p_i 需要了解任意节点 p_j 的全局可信度时,首先从 p_i 的交易伙伴(曾经与 p_i 发生过交易的节点)获知节点 p_j 的可信度信息,然后根据这些交易伙伴自身的局部可信度(从 p_i 的眼光来看)综合出 p_j 的全局可信度。EigenRep 易造成全网迭代;在计算可信度时没有考虑对恶意节点的惩罚问题。

SERM 能有效降低网络通信量,一方面仅向较可信的部分节点发送查询请求,排除了大部分可信度较低的节点;另一方面,随着节点适应度的不断提高,其查询对象的范围会不断缩小。

SERM 考虑了恶意行为的惩罚问题,满意行为获得奖励,而不满意行为获得惩罚,且惩罚力度较大,这对恶意行为起到了良好的抑制作用。

4 实验与分析

我们以文件共享应用为背景,对 SERM 进行了仿真。仿真结果以节点相对于理想情况下的下载成功率作为评价指标。我们在 CPU 为 PIV 1.80GHz,内存 1GB 的计算机上,采用 JAVA 进行了仿真。

对于规模为 1000 个节点的仿真网络,我们设定的文件总数为 10000。将 10000 个文件随机分配到所有 1000 个节点,并保证每个文件至少被一个诚实节点拥有。每个用户在整个仿真过程中必须完成 100 次交易(下载 100 次),每次交易目标为从其不曾拥有的文件中随机选择一个并试图进行下载。交易的成功使得该用户拥有该文件,失败的交易不会增加该用户拥有的文件。

仿真假设系统中只存在两类节点,即诚实节点和恶意节点,其中诚实节点指的是提供真实上载和真实反馈的节点,而恶意节点指的是只提供不真实文件服务的节点。仿真实验验证了恶意节点的规模对 SERM 的影响。实验表明,在单纯存在恶意节点的情况下,SERM 比 EigenRep 具有较高的下载成功率,如图 1 所示。

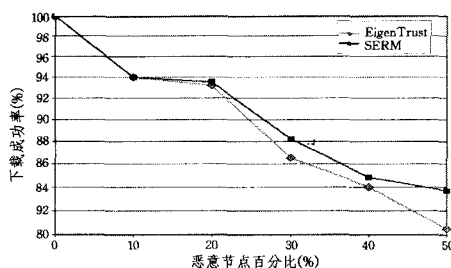


图 1 不同规模的恶意节点下载成功率对比

结束语 本文提出了一种全新的对等网中基于种群进化的信誉模型 SERM。它将对等网视为社会生态系统,节点通过交叉和变异不断进化,从而能选择更可信的节点进行交易,并避免有害节点的伤害。仿真结果表明模型在抑制恶意节点方面性能良好。

需要说明的是,SERM 只是一个初步的模型,在针对模型本身的恶意攻击方面,模型并没有提出明确的机制。但是,模型基于信任度和推荐相似度选择节点的推荐信息应能有效防御恶意节点的不实推荐攻击。

参考文献

- [1] 纪雯.对等环境下信誉机制的若干关键问题研究[D].合肥:中国科学技术大学,2009
- [2] Josang A. Prospectives for Online Trust Management[J]. Working Paper(IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering), 2008
- [3] Liang J, Kumar R, Xi Y, et al. Pollution in file sharing systems [C]//Proceedings of the IEEE Infocom 2005. 2005
- [4] Liang J, Naoumov N, Ross K W. The Index Poisoning Attack in P2P File-Sharing Systems[C]//Proceedings of IEEE Infocom. 2006
- [5] Farhad M. Gnutella Bandwidth bandits[EB/OL]. <http://www.linux.com/feed/24453/>, 2002
- [6] Huang Quan-neng, Song Jia-xing, Liu Wei-dong, et al. Survey of Reputation System on Peer-to-Peer Network [J]. Mini-Micro Systems, 2006, 27(7):1176-1181
- [7] Josang A, Ismail R, Boyd C. A survey of trust and reputation systems for online service provision [J]. Decision Support Systems, 2007, 43(2):618-644
- [8] Kamvar S D, Schlosser M T, Garcia-Molina H. The EigenTrust Algorithm for Reputation Management in P2P Networks[C]//the Twelfth International World Wide Web Conference. Budapest, 2003
- [9] Gambetta D. Can We Trust Trust? [M]//D. Gambetta, ed. Trust: Making and Breaking Cooperative Relations, Basil Blackwell, Oxford, 1990:213-238
- [10] Pan Xiao-ying, Liu Fang, Jiao Li-cheng. Multiobject Social Evolutionary Algorithm Based on Multi-Agent[J]. Journal of Software, 2009, 20(7):1703-1717
- [11] Chen R Q, Lu G. The relation Web model: An organizational approach to agent cooperation based on social mechanism[J]. Journal of Computer Research and Development, 2003, 40(1):107-114