

节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法

张 昕

(东北石油大学 秦皇岛分校,河北 秦皇岛 066004)

摘 要: 为了延长节点负荷超载环境下 ad-hoc 网络的使用寿命,需要对节点负荷超载下的 ad-hoc 网络能量均衡算法进行研究.使用当前算法,在节点负荷超载情况下,无法解决 ad-hoc 网络节点能量消耗不均衡造成网络过早瘫痪的问题.为此,提出一种基于分层结构的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法.该算法以分布局部信息的方式衡量 ad-hoc 网络的能量指标,将 ad-hoc 网络能量划分为正常、警告、危险三个等级,根据节点剩余能量处在的不同等级,采用不同的方法进行 ad-hoc 网络节点数据传输,最后采用分层结构的算法均衡 ad-hoc 网络能量.实验仿真证明,所提算法有效延长 ad-hoc 网络的使用寿命.

关键词: 节点负荷超载;ad-hoc 网络;能量均衡

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)12-0107-04

Energy Balance Algorithm for Ad-hoc Network With Node Overload

ZHANG Xin

(Northeast Petroleum University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: In order to extend the node load the service life of the AD hoc network overload environment, need to overload of AD hoc network node load energy equalization algorithm is studied. Using the current algorithms, existing network node energy consumption imbalance caused the problem of premature network paralysis. For this, put forward a kind of based on hierarchical structure under the node load overload of AD hoc network energy equalization algorithm. The algorithm in the form of distribution of local information to measure the energy of the AD hoc network indicators, the energies of the AD hoc network is divided into three levels to normal, warning, danger and on the basis of the residual energy of nodes in different grades, different methods for AD hoc network nodes data transmission, finally USES the hierarchical algorithm balanced AD-hoc network energy. Simulation experiment proves that the proposed algorithm effectively extend the service life of AD hoc network.

Key words: node overload; ad-hoc networks; energy balance

1 引言

近年来,随着国家对网络发展的支持和投入,ad-hoc 网络的发展越加迅速,ad-hoc 网络的研究成为当前的一个研究热点^[1]. ad-hoc 网络是由一组带有有限收发装置的移动终端组成的一个多跳的临时性自治系统,在保证 ad-hoc 网络正常通信的前提下,调节 ad-hoc 网络的能量使其均衡,并尽可能的延长 ad-hoc 网络的使用寿命^[2]. 当前算法,在节点负荷超载情况下,无法解决网络节点负荷超载能量

消耗不均衡的问题,使得 ad-hoc 网络的使用寿命减短^[3]. 在这种情况下,如何有效地利用网络节点能量,并延长 ad-hoc 网络生存时间,成为当前 ad-hoc 网络中最为重要的问题,同时也取得了一定成果^[4-5].

现有的 ad-hoc 网络能量均衡算法有文献[6]提出的基于移动线性规划的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 该算法对 ad-hoc 网络能量调度有显著的影响,但该算法在调节 ad-hoc 网络能量使其达到均衡时,经常出现 ad-hoc 网络能量均衡的劣

化的现象. 文献[7]提出基于三维传感器的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 该算法有效地均衡 ad-hoc 网络的能量, 但该算法具有一定的重复性, 使得计算量大, 均衡能量时间过长. 文献[8]提出基于蚁群优化的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 该算法在延长 ad-hoc 网络使用寿命方面效果显著, 但该算法是在牺牲数据传输效率的前提下, 延长 ad-hoc 网络的使用寿命, 使得数据传输效率慢, 容易出现数据丢失的现象^[9-10].

针对上述问题, 提出基于分层结构的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 实验仿真证明, 所提算法有效地延长 ad-hoc 网络的使用寿命.

2 分层结构的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法

2.1 ad-hoc 网络中节点负荷超载

节点负荷超载主要体现在节点中数据量过大, 没有能量进行数据传输. ad-hoc 网络中节点能量消耗主要在节点数据传输消耗. 在 ad-hoc 网络中设置两种汇聚节点 Sihe, 一种位于网络数据采集区中心, 一种位于网络数据采集区边缘. 在 ad-hoc 网络中与汇聚节点 Sihe 越近的网络节点负荷量较大, 离汇聚节点越近的网络节点, 不仅需要接收的数据传输出去, 还要将自己采集的数据传输到汇聚节点, 数据存数量较大, 传输时间加长, 节点的能量消耗变大, 当汇聚节点在数据采集区中心时, 汇聚中心节点四周的节点负荷超载的现象更加严重, 能量更容易耗尽.

上述问题说明, 在节点出现负荷超载情况下, 如果可以将 ad-hoc 网络能量以相应比例使各个节点的能量相对均衡, 就能够有效地延长 ad-hoc 网络的使用寿命.

2.2 ad-hoc 网络中能量均衡的度量指标与能量分级

使用现有的集中式算法也可以达到 ad-hoc 网络中能量均衡的目的, 现有的算法会给 ad-hoc 网络带来较大的控制开销, 并且影响 ad-hoc 网络的扩展性, 通过 ad-hoc 网络中分布局部信息的方式, 来均衡 ad-hoc 网络能量.

在 ad-hoc 网络中以局部信息实现网络能量均衡, 相对于节点来说, 只能将节点数据最小化, 并计算出该节点与一跳的相邻节点的均方差. 利用 ad-hoc 网络节点中剩余的能量平方差, 来衡量 ad-hoc 网络能量的均衡度. 则 ad-hoc 网络中局部能领均衡

的度量指标为

$$\varphi_{\text{local}} = \frac{\sum_i (E_i - E_k)^2}{k} \quad (1)$$

式中, $i = 1, 2, \dots, k$; φ 为 ad-hoc 网络节点剩余的能量平方差; k 为 ad-hoc 网络节点的相邻节点个数; E_k 为 ad-hoc 网络中 k 个节点的均值.

为了更好地完成数据传输, 将 ad-hoc 网络节点中剩余的能量分成不同等级, 根据节点能量等级使用不同的数据传输方式, 这种方式可以记录 ad-hoc 网络节点能量的状态. 在 ad-hoc 网络中将以网络节点中剩余的能量和网络中剩余能量平均值作为 ad-hoc 网络能量分级的标准, 本文将 ad-hoc 网络能量划分为正常、警告、危险三个等级. 式(2)表示 ad-hoc 网络节点能量分级情况.

$$\begin{cases} EL = \text{normal}, 0.5 < ES \\ EL = \text{warning}, 0.1 < ES \leq 0.5 \\ EL = \text{dange}, 0 < ES \leq 0.1 \end{cases} \quad (2)$$

式中, EL 表示 ad-hoc 网络能量的级别; ES 为 ad-hoc 网络能量状态.

2.3 节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法

本文提出分层结构的节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 该算法对 ad-hoc 网络进行分层, 整个 ad-hoc 网络将以汇聚节点 Sihe 为中心, 第一层 ad-hoc 网络节点为与汇聚节点直接进行数据传输, 设 ad-hoc 网络分层后第一层区域的半径为 r_1 , 之后的每一层半径都比前一层半径长 r_i , 整个 ad-hoc 网络的目标区域半径为 R , 可以表示为

$$R = r_1 + (n-1)r_i \quad (3)$$

式中, n 表示 ad-hoc 网络的目标区域一共分为 n 层. ad-hoc 网络中所有节点都在目标区域内, 并且均匀地分布, 在该区域内节点分部的密度为 ρ , 则 ad-hoc 网络每层的节点数可以表示为

$$n_i = \pi\rho \left(\left(\sum_{z=1}^j r_z \right) - \left(\sum_{z=1}^{j-1} r_z \right)^2 \right) \quad (4)$$

ad-hoc 网络中普通节点数可以表示为

$$n = \sum_{z=1}^j k_i \quad (5)$$

ad-hoc 网络中每一层内, 设 ad-hoc 网络中每层数据的系数为 z_d , ad-hoc 网络第 j 层节点自身采集数据为

$$d_{jm}(j) = z_d n_j \quad (6)$$

式中, d 为 ad-hoc 网络中节点到汇聚节点的发射距离; 第 j 层节点需要传输给汇聚节点的数据总量为

$$d_{out}(j) = z_d(n - \sum_{z=1}^j n_z) \quad (7)$$

第 j 层节点接收到 ad-hoc 网络外层节点数据能量消耗为

$$E_{rx}(l) = lE_{elec} \quad (8)$$

$$E_{rx}(d_{jn}(j)) = d_{jn}(j)E_{elec} \quad (9)$$

式中, l 为 ad-hoc 网络第 j 层发送或接收的数据长度; E_{elec} 为 ad-hoc 网络第 j 层损耗的能量; ad-hoc 网络中第 j 层网络节点需要向汇聚节点转发数据总量为

$$d_{all}(j) = d_{jn}(j) + d_{out}(j) \quad (10)$$

ad-hoc 网络第 j 层网络节点将数据传输到 $j-1$ 层时需要传输的平均距离。

$$\bar{d}(j) = \frac{1}{2}r_j + r_{j-1} \quad (11)$$

ad-hoc 网络第 j 层网络节点传输所有数据消耗能量:

$$E_{tx}(j) = d_{all}(d(j))(E_{elec} + \epsilon(\bar{d}(j))^2) \quad (12)$$

ad-hoc 网络第 j 层网络节点传输所有数据总能量:

$$E_x(j) = E_{rx}(j) + E_{tx}(j) \quad (13)$$

因此 ad-hoc 网络第 j 层网络节点传输所有数据需要消耗能量的平均值为

$$\bar{E}_x(j) = \frac{E_x(j)}{n_j} \quad (14)$$

式中, $\bar{E}_x(j)$ 为 ad-hoc 网络中第 j 层网络节点每次传输所有数据需要消耗的能量. 由此可以计算出 ad-hoc 网络中第 j 层网络节点的生命周期为

$$r(j) = \frac{E_0}{\bar{E}_x(j)} \quad (15)$$

式中, E_0 为 ad-hoc 网络中每个网络节点的初始能量. 当 ad-hoc 网络中所有网络节点的能量消耗均匀的情况下, ad-hoc 网络能量使用效率最高, 则关系式表示为

$$r(1) = r(2) = \dots = r(j-1) = \dots = r(j) \quad (16)$$

则 ad-hoc 网络中能量的消耗必须满足式(17):

$$\bar{E}_x(1) = \bar{E}_x(2) = \dots = \bar{E}_x(j) \quad (17)$$

将公式中 $\bar{E}_x(j)$ 展开得到式(18):

$$\bar{E}_x(j) = \frac{E_{rx}(j) + E_{tx}(j)}{n_j}$$

$$\frac{\pi z_d \rho (R^2 - (\sum_{z=1}^j r_z)^2) E_{elec} + \pi z_d \rho (R^2 - (\sum_{z=1}^j r_z)^2) (E_{elec} + \epsilon d^2)}{\pi \rho ((\sum_{z=1}^j r_z)^2 - (\sum_{z=1}^{j-1} r_z)^2)} \quad (18)$$

式中, R 表示为 ad-hoc 网络的网络规模; 当满足 $x_j = r_j, k_j = \sum_{z=1}^j r_z, \bar{E}_x(1) = \bar{E}_x(2) = \dots = \bar{E}_x(j) = \delta$ 时, 公式可以简化为

$$z_d E_{elec} (R^2 - (x_j + z_j)^2) + z_d (R^2 - z_j^2) (E_{elec} + \epsilon d^2) - \delta ((x_j + z_j)^2 - z_j^2) = 0 \quad (19)$$

合并 ad-hoc 网络中同类节点, 可以变成一个一元二次方程:

$$ax^2 + dx + c = 0 \quad (20)$$

$$\begin{cases} a = -z_d E_{elec} + \frac{1}{4} z_d \epsilon (R^2 - z_j^2) - \delta \\ b = -2z_d E_{elec} z_j + z_d (R^2 - z_j^2) \epsilon r_{j-1} \\ c = -z_d (R^2 - z_j^2) 2(E_{elec} + \epsilon r_{j-1}) \end{cases} \quad (21)$$

通过计算可以确定 ad-hoc 网络中每层的半径, 确定半径就可以确定 ad-hoc 网络节点能量消耗 δ , 也就可以计算出 ad-hoc 网络的使用寿命.

3 实验与分析

为了验证本文所提方法是否有效的均衡调节节点负荷超载下 ad-hoc 网络能量, 延长 ad-hoc 网络的使用寿命而进行实验, 该实验将使用 EXata 平台, 数据传输速率为 2 Mb/s, ad-hoc 网络模型采用 Two Ray Ground 模型, MAC 层协议为 IEEE802.11. 在半径为 4 m 的区域内随机分布 100 个 ad-hoc 网络节点, 节点初始能量为 50 J. 实验以 ad-hoc 网络现有的数据进行实验. 本实验主要对 ad-hoc 网络的生存周期、能量效率、能量均衡性三个方面进行实验, 并与文献中所提的方法对比. 根据 ad-hoc 网络节点的剩余能量与节点密度来选择 ad-hoc 网络的簇头节点, 在节点密度较小的地方增加簇头节点, ad-hoc 网络中节点的分布如图 1 所示, 簇头节点均匀的分布在 ad-hoc 网络中.

ad-hoc 网络的质量是根据 ad-hoc 网络的生命周期来衡量的, 在试验中验证网络节点的存活个数与 ad-hoc 网络存活时间的关系, 对本文方法与文献中 2 种方法进行实验, 实验结果如图 2 所示, 对比 ad-hoc 网络中第一个节点失效的时间可以看出, 本文方法与文献[7]所提方法延长了 ad-hoc 网络的生命周期, 比文献[6]所提方法所提方法延长 ad-hoc 网络的生命周期的效果明显, 文献[6]所提方法所提方法在 ad-hoc 网络使用到 1 400 天时 ad-hoc 网络中的节点全部死亡, 本文方法使用到 2 000 天依然有网络节点存活. 由此可见本文方法有效地延长了网络生命周期.

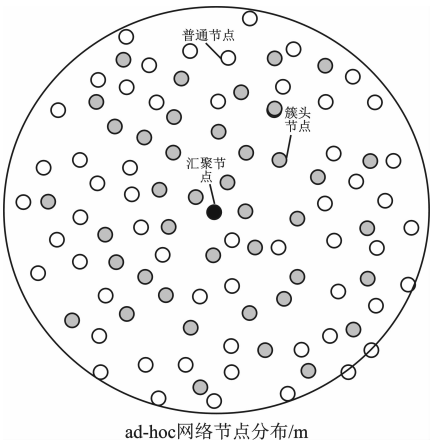


图 1 ad-hoc 网络节点的分布

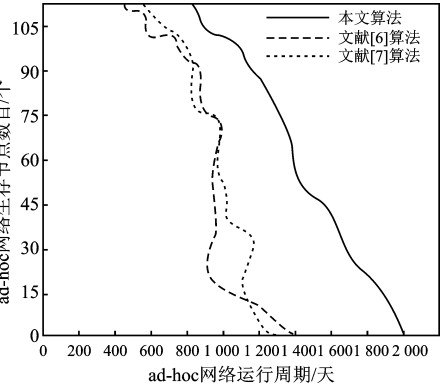


图 2 ad-hoc 网络生命周期对比

图 3 显示了 3 种算法 ad-hoc 网络总能量随 ad-hoc 网络周期的变化曲线,从图中可以看出本文算法相比其他算法有效的节约 ad-hoc 网络的能量,并合理的均衡 ad-hoc 网络能量,即使在节点负荷超载的情况下也可以有效的进行 ad-hoc 网络能量的调度。

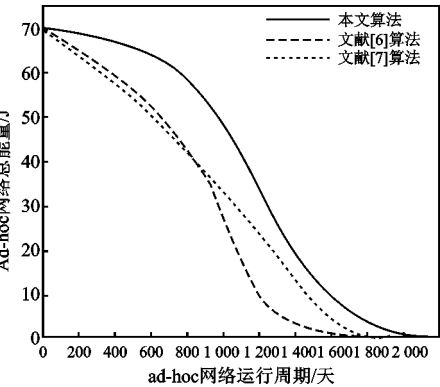
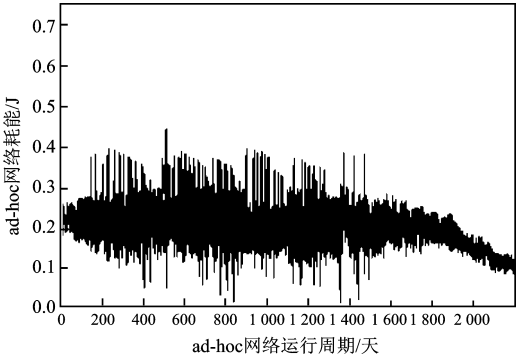


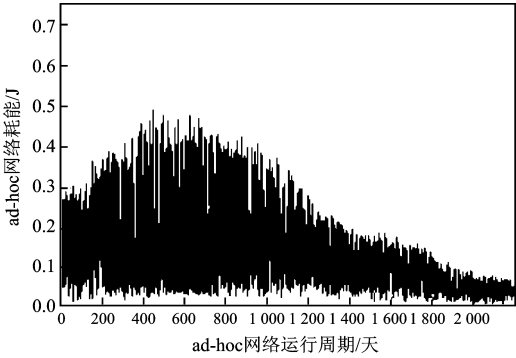
图 3 ad-hoc 网络剩余能量对比

ad-hoc 网络中每个周期的耗能显示出网络节点耗能的均衡性,只有节点耗能处在一个均衡的状态,就可以延长 ad-hoc 网络的生命周期. 图 4 中显

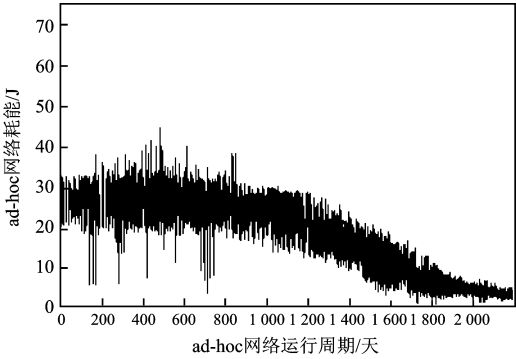
示出本文所提方法具有良好的能量均衡性,主要表现在耗能的波动较小,因此体现出本文算法较好的均衡性。



(a) 本文方法能耗



(b) 文献[6]所提方法能耗



(c) 文献[7]所提方法能耗

图 4 ad-hoc 网络能耗对比

通过实验证明,所提算法能有效延长 ad-hoc 网络的使用寿命。

4 结束语

针对当前算法在节点负荷超载情况下,无法解决 ad-hoc 网络节点能量消耗不均衡造成网络过早瘫痪的问题, 提出一种基于分层结构的节点负荷

(下转第 115 页)

由表 1 可知, SHPD 模型能够检测到多种隐藏的恶意程序, 在检测的同时, 还能保证模型自身不被受到攻击, 实验证明了 SHPD 模型的有效性和安全性.

5 结束语

针对新型隐藏恶意程序, 本文提出了基于系统管理模式的隐藏进程检测模型 SHPD. 该模型利用可信视图和不可信视图对比差异, 能够有效的检测出恶意隐藏进程, 并保证自身的安全隔离性. 实验证明了该模型的有效性.

参考文献:

[1] McAfee. Threats report: First quarter 2014[EB/OL]. [2017-01-12]. <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterly-threat-ql-2014-summary.pdf>.

[2] Klister. Windows kernel level rootkit detector. 2011 [EB/OL]. [2017-01-12]. <http://www.securiteam.com/tools>.

[3] 李博, 沃天宇, 胡春明, 等. 基于 VMM 的操作系统隐藏对象关联检测技术[J]. 软件学报, 2013, 24(2): 405-420.

[4] Kortchinsky K. CLOUDBURST: A VMware guest to host escape story[C]//Black Hat. USA, 2009.

[5] Branco R R, Barbosa G N, Neto P D. Scientific but not academical overview of malware anti-debugging, anti-disassembly and anti-VM technologies[C]// Black Hat. USA, 2012.

[6] Zhang Fengwei, Kevin Leach, Kun Sun, et al. SPEC-

TRE: A dependable introspection framework via system management mode[C]// Dependable Systems and Networks (DSN), 2013 43rd Annual IEEE/IFIP International Conference on. IEEE, 2013: 1-12.

[7] William A. R, Allan Tomlinson. SMM-based hypervisor integrity measurement[C]// Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), 2015 IEEE 2nd International Conference on. IEEE, 2015: 362-367.

[8] Zhang Fengwei, Kevin Leach, Angelos Stavrou, et al. Using hardware features for increased debugging transparency[C]// Security and Privacy (SP), 2015 IEEE Symposium on. IEEE, 2015: 55-69.

[9] Zhang Fengwei, Zhang Hongwei. SoK: A study of using hardware-assisted isolated execution environments for security[C]// Proceedings of the Hardware and Architectural Support for Security and Privacy 2016. ACM, 2016: 3.

[10] Intel Corporation. Intel 82801DB I/O Controller Hub 4(ICH4)[Z]. Intel Corporation ,2002.

作者简介:

赵晓参 男, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为访问控制、信息安全. E-mail: 992536614@qq. com.

任 炬 男, (1987-), 博士, 特聘教授. 研究方向为无限传感器网络.

徐 旻 男, (1988-), 博士研究生. 研究方向为信息安全.

王国军 男, (1970-), 博士, 教授. 研究方向为可信计算、隐私保护.

(上接第 110 页)

超载下 ad-hoc 网络能量均衡算法. 并通过仿真实验证明, 所提算法能有效地延长 ad-hoc 网络的使用寿命.

参考文献:

[1] 李波波, 龙昭华. 基于蚁群优化的 Ad Hoc 网络 QoS 路由[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(1): 12-15.

[2] 孙泽宇, 伍卫国, 曹仰杰, 等. 无线传感器网络中能量均衡参数可控覆盖算法[J]. 西安交通大学学报, 2016, 50(8): 77-83.

[3] 向敏, 唐亮, 王平. 基于 Dijkstra 能量均衡的无线 HART 图路由算法[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(11): 2628-2636.

[4] 徐驰, 邵华钢, 倪圣喆. 均衡网络能量的智能水滴路由算法[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(7): 1725-1728.

[5] 蔡钊, 马林华, 黄绍城, 等. 基于博弈论的能量均衡路由

算法[J]. 计算机工程与科学, 2016, 38(7): 1369-1375.

[6] 刘文进, 周天明, 李新春. 一种能量均衡的 WSN 多级分簇路由算法[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(16): 126-131.

[7] 魏炬熠, 张建军, 魏振春. 一种能量均衡的低开销 WSN 时间同步算法[J]. 计算机工程, 2016, 42(12): 5-10.

[8] 孙毅, 南婧, 武昕, 等. 基于簇的能量均衡无线传感器网络时间同步算法[J]. 计算机应用, 2014, 34(9): 2456-2459.

[9] 鲁登月, 樊建席, 刘文军, 等. 一种能量均衡的最小连通支配集构造算法[J]. 小型微型计算机系统, 2014, 35(3): 443-447.

[10] 赵梦, 李蜀瑜. 云计算环境下基于蚁群优化的任务负载均衡调度算法[J]. 电子设计工程, 2016, 24(8): 30-33.

作者简介:

张 昕 男, (1979-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络. E-mail: zhangxin7852@sina. com.