

能量均衡的 WSN 非均匀分簇路由算法

吕林涛, 范永林

(西安理工大学计算机科学与工程学院, 西安 710048)

摘要: 针对现有无线传感器网络(WSN)分层分簇路由算法存在的能耗不均衡问题, 提出一种能耗均衡的 WSN 非均匀分簇路由算法。该算法通过在已划分的非均匀区域中构建中间层达到均衡簇首和其他节点能耗的目的, 实现 WSN 整体能耗均衡。实验结果表明, 该算法能均衡 WSN 能耗负载, 提高 WSN 的能量效率, 延长 100 轮~200 轮 WSN 生命周期。

关键词: 无线传感器网络; 非均匀分簇; 路由算法

Energy-balanced WSN Uneven Clustering Routing Algorithm

LV Lin-tao, FAN Yong-lin

(Institute of Computer Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048)

【Abstract】 Aiming at the problem of unbalanced energy consumption in the existing Wireless Sensor Networks(WSN) uneven clustering routing algorithm, this paper proposes an energy-balanced uneven clustering WSN routing algorithm. It constructs a middle layer in the divided non-uniform zone to achieve the energy consumption balance of cluster head and inter-cluster node, which realizes the overall energy consumption balance of WSN. Experimental results show that the algorithm can balance the WSN energy consumption, improve the WSN energy efficiency and extend 100 ~ 200 rounds of WSN life cycle.

【Key words】 Wireless Sensor Networks(WSN); uneven clustering; routing algorithm

1 概述

路由技术作为无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)研究的关键技术之一, 对 WSN 的发展具有至关重要的作用。在众多的 WSN 路由算法中, 基于分簇的层次路由算法在提高 WSN 效率和可扩展性方面比较有效, 得到了广泛的关注^[1-3]。文献[1]提出的分簇路由思想被很多层次路由算法所采用, 但它未考虑对 WSN 能耗进行均衡, 导致了 WSN 簇头数量不稳定且分布不均匀等问题。文献[2]提出一种混合分簇路由协议 HEED, 其目的是通过增加选簇条件引入 WSN 能耗均衡概念。但 HEED 忽略了簇首间的能耗均衡。文献[3]提出根据节点离汇集点的距离(Distance To Sink, DTS)不同将 WSN 划分为一序列非均匀簇的方法, 在解决簇首间能耗不均衡的问题上有独到之处。但它仅以节点剩余能量为选簇依据, 未引入其他参数均衡非簇首能耗, 容易引起 WSN 簇区重叠及簇首边沿化问题^[4]。

综上所述, 现有的 WSN 层次路由算法仅针对普通节点或簇首能耗进行单环节改善, 没有综合两者对 WSN 整体能耗进行均衡。因此, 本文提出一种能耗均衡的非均匀分簇(Energy Balanced Uneven Clustering, EBUC)路由算法。该算法根据 WSN 中节点的不同 DTS 将 WSN 划分为大小不同的区域, 通过这些区域限定其内簇大小, 从而达到均衡簇首间能耗的目的。同时, EBUC 算法用每个区域中选出的部分节点构成中间层, 根据各节点剩余能量和度数选择最优簇首, 达到了通过选簇均衡非簇首节点能耗的效果。

2 EBUC 网络模型

本文在建立 EBUC 算法网络模型时, 假设一个由 n 个随机部署的传感器节点组成的网络具有如下性质: (1) WSN 为高密度静态网络, 节点部署后不再移动或很少移动, 但可扩

充, 所有节点被事先编排唯一的 ID, 依次为 S_1, S_2, \dots, S_n , Sink 为 S_0 ; (2) 节点设有自动功率调节装置, 可以根据接收节点的距离自动调整发射功率大小; (3) 假设 Sink 能量足够大、位置任意但保证其射频区域能够覆盖全网所有范围; (4) 根据节点的不同, DTS 把网络划分成大小不等的区域。

基于上述性质, 本文提出 EBUC 算法 WSN 架构及对应的 WSN 模型, 见图 1、图 2。在图 2 中, WSN 被划分为一序列非均匀区域(区域跨度用 D_i 表示), 离 Sink 越近, 区域跨度越小, 即 $D_4 > D_3 > D_2 > D_1$ 。在已划分的区域中, EBUC 算法选出部分节点构成中间层, 中间层均衡区域内的节点能耗后选出最佳簇首, 节点间连线表示数据传输路径。

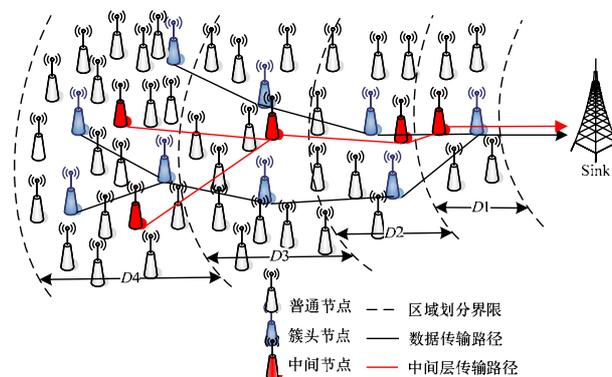


图 1 WSN 架构

基金项目: 2007 年度陕西省科学技术研究计划(自然)基金资助项目(07JK339)

作者简介: 吕林涛(1955 -), 男, 教授, 主研方向: 计算机网络, 网络信息安全, 数据挖掘; 范永林, 硕士研究生

收稿日期: 2009-04-05 E-mail: reachera@163.com

(21)end if
(22)end while

(23)完成中间层构建,得到构建好中间层的 WSN 节点有序集合 $C = \{ U_1 U_2 \dots U_i \dots U_m \}$, $U_i = \{ \dots H_{i-1}, H_i, H_{i+1} \dots \}$, $H_i = \{ \dots S_{i-m}, S_i, S_{i+1} \dots \}$, $1 \leq i \leq n, 1 \leq m \leq n, 1 \leq j \leq n$, H_i 为中间节点 H_i 管辖节点集合;

(24)输出构建好中间层的 WSN 节点集合 C

3.2.3 动态路由树构造算法

本文引入阈值 D_Max 表示簇首到 Sink 最大距离。若簇首 DTS 小于 D_Max , 则它直接与 Sink 通信, 否则尽量使用多跳路由方式将数据传到汇集点。算法描述如下:

输入 中间层构建完成的有序集合 $C = \{ U_1 U_2 \dots U_i \dots U_m \}$

输出 完成构建的路由树 T_{route}

(1)Sink 向全网广播开始构建路由树通知(SM) 并计时 T;
(2)While($T < T_{ch}$) do /* T_{ch} 为动态路由树构建时间*/
(3)if ($Sh.DST > D_Max$) then
(4) $S_i.FatherID = S_0$; end if
(5)else if ($Sh.DST < S_j.DST$ && ($D(Sh, S_j) < K * Sh.Rc$)) then /* k 为使 $S_i.CH$ 非空的参数, 如果不存在, 则定义 $S_i.CH$ 为空*/
(6) $Sh.CH \leftarrow S_j$; /* $Sh.CH$ 为 Sh 的备选簇头集合*/
(7)计算 $E_c = d^2(S_h, S_j) + d^2(S_j, S_0)$ end if /* E_c 为 Sh 到 S_j 传输能量代价*/
(8)end while

(9)完成动态路由树构建, 输出 T_{route}

4 实验分析与对比

为了验证 EBUC 算法的能量效率和 WSN 生命周期, 本算法采用 C++ 结合网络模拟软件 NS2(Network Simulator, Version 2)对 LEACH, HEED, EEUC 和 EBUC 进行了模拟。实验中统计节点接收数据、融合数据和发送数据所耗能量, 并计算 WSN 存活时间(用轮数表示), 实验数据^[5]见表 2。

表 2 实验参数

参数	取值
WSN 覆盖范围/m	(0,0)-(200,200)
数据汇聚点位置/m	(0, 250)
N (节点数)	400
传感器节点初始能量/J	0.5
E_{elec} (发射电路损耗能量)/($nJ \cdot b^{-1}$)	50
ϵ_{fs} (自由空间模型功率放大所需能量)/($pJ \cdot (b \cdot m^2)^{-1}$)	10
ϵ_{mp} (多路衰减模型功率放大所需能量)/($pJ \cdot (b \cdot m^4)^{-1}$)	0.001 3
d_0 (数据传输距离)/m	87
E_{dp} (融合单位比特数据所需能量)/($nJ \cdot b_{signal}^{-1}$)	5
数据包大小/bit	4 000

4.1 能量效率

现有的 WSN 分簇路由算法能量消耗主要集中在建簇和数据传输 2 个阶段, 与其相比, EBUC 算法增加了区域划分和中间层构建 2 个部分。实验表明, 在 WSN 启动初期, EBUC 算法中簇首能量消耗比其他算法多, 但在第 200 轮簇选结束后, 曲线呈现平稳走势, 并基本保持到 WSN 生命周期结束,

说明 EBUC 算法从整体上均衡了 WSN 能耗, 避免了簇区重叠, 见图 3。

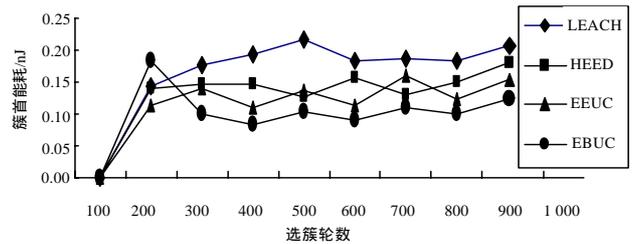


图 3 4 种算法簇首能量消耗变化趋势

4.2 WSN 生命周期

由图 4 可知, 本算法出现节点死亡的时间比其他算法延长了 200 轮~300 轮, 并且算法从开始出现节点死亡到 WSN 生命周期结束所花时间比其他算法少近 100 轮, 这充分说明 EBUC 算法降低了 WSN 能量消耗, 避免了簇首边沿化问题, 延长了 WSN 的生命周期。

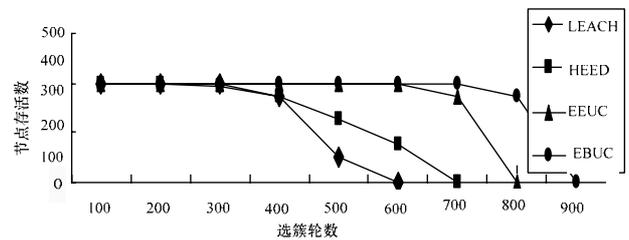


图 4 4 种算法节点存活时间对比

5 结束语

本文提出综合考虑簇首和簇内节点对 WSN 整体进行能耗均衡的方法, 为 WSN 的实用化提出了一种新的思路。EBUC 算法有效均衡了 WSN 能量负载, 避免了 WSN 簇区重叠及簇首边沿化问题。实验证明, EBUC 算法中出现节点死亡时间比其他算法延长了 200 轮~300 轮, 生命周期延长了 100 轮~200 轮, WSN 能量效率明显提高。但是, 本算法根据信号强弱确定 WSN 节点间距的方法容易受外界因素影响, 造成测出的节点间距不准确, 影响中间层构建和分簇的准确性, 这些问题有待进一步研究。

参考文献

- [1] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks[C]// Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. Maui, Hawaii, USA: IEEE Computer Society, 2000.
- [2] Younis O, Fahmy S. HEED: A Hybrid, Energy-efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2004, 3(4): 660-669.
- [3] 李成法, 陈贵海, 叶懋, 等. 一种基于非均匀分簇的无线传感器网络路由协议[J]. 计算机学报, 2007, 30(1): 27-36.
- [4] 卢春枝. 无线传感器网络分簇路由协议分析[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2008, 30(1): 15-17.
- [5] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. An Application-specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2002, 1(4): 660-670.

编辑 张正兴