

传感网中基于能量窗口的监测方法

李兰英, 蒋维成, 何 勇, 李华兵

(成都理工大学 工程技术学院, 四川 乐山 614000)

摘 要: 能量是无线传感器网络中的重要资源。为了充分利用区域内无线传感器的能量,对无线传感器的能耗进行建模,提出了能量窗口的概念,在能量窗口的基础上,设计了一种无线传感器网络能量均衡监测方法。构建执行任务的等效节点集合,从集合中依概率选择执行任务的节点,将任务执行的能耗分散在众多节点之间,实现能量消耗的均衡化。构建任务分配树,进行任务的分配和执行,简化操作。根据无线传感器的执行特性,将区域中的节点进行聚类处理,降低处理问题的复杂度,提高算法的可靠性。仿真实验结果显示,无线传感器网络中相同时间里文中算法的节点死亡数要比 LEACH 算法少,节点存活数量要比 LEACH 算法多,表明文中算法有效地延长了网络生成有效期。

关键词: 无线传感器网络; 能量窗口; 能耗均衡; 分配树

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2019)04-0208-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2019.04.042

A Monitoring Method Based on Energy Window in Sensor Network

LI Lan-ying, JIANG Wei-cheng, HE Yong, LI Hua-bing

(School of Engineering & Technique, Chengdu University of Technology, Leshan 614000, China)

Abstract: Energy is an important resource in wireless sensor networks. In order to make full use of the energy of wireless sensor in the region, the energy consumption of wireless sensor is modeled, and the concept of energy window is proposed. Based on the energy window, we design an energy balance monitoring method of wireless sensor network. A set of equivalent nodes is constructed to perform the task. The nodes performing the task are selected according to the probability from the set, and the energy consumption of task execution is dispersed among many nodes to realize the equalization of energy consumption. The task assignment tree is constructed to assign and execute tasks and simplify operations. According to the execution characteristics of wireless sensor, the nodes in the region are clustered to reduce the complexity of the processing and improve the reliability of the algorithm. The simulation shows that the proposed algorithm has fewer node deaths than LEACH algorithm and more node survival than LEACH algorithm, which indicates that it effectively extends the validity period of network generation.

Key words: wireless sensor network; energy window; energy consumption balance; allocation tree

0 引 言

无线传感器常布置在野外,实现对某一任务的监测,能量对无线传感器网络的运行十分重要^[1-4]。由于无线传感器网络在军事、医疗、生产和生活中的重要作用,引起了广泛的研究^[5-7]。簇树结构是无线传感网络的一种常用网络,文献[8]设计不平衡的分簇,采用调度算法进行传输任务的分配来保证传输时延满足条件。文献[9]采用自适应信标交换算法和基于过渡带思想的贪婪转发策略,提出了一种实时可靠的贪婪路由算法,提高了数据实时传输的可靠性。这些文献

侧重研究实时数据的延迟。

为了对无线传感器网络中的节点进行管理, LEACH 算法^[10-12]采用分簇的方式,把无线传感器网络中的节点分为簇头节点和普通成员节点,每个节点以一定的概率当选为簇头。簇头负责数据的转发和簇内节点的管理,普通成员节点进行数据的采集。由于簇头能量消耗比较多,经过一段时间要进行簇头轮换。然而 LEACH 算法的分簇是随机进行的,不足在于簇头聚集在一起。

为了充分利用区域中无线传感器节点能量,使得

收稿日期: 2018-06-02

修回日期: 2018-10-09

网络出版时间: 2018-12-20

基金项目: 四川省教育科研项目(16ZB0404); 乐山市科技局项目(17GZD028); 成都理工大学工程技术学院基金资助项目(C122017026)

作者简介: 李兰英(1979-),女,硕士,副教授,研究方向为计算机网络。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20181220.1109.078.html>

各节点能量的消耗均衡化,提出了一种能量均衡的地理位置监测方法。

1 算法框架

文献[13]指出无线传感器在不同状态下的能量消耗存在某种关系,在空闲状态、数据接收和数据发送时的能量消耗是1:1:5。

为了研究无线传感器网络中各种不同状态下任务量之间的关系,定义一个标准任务。

定义1:标准任务是对无线传感器所执行的众多任务的抽象,用来衡量其他任务的任务量大小,用 S_0 表示。

无线传感器在执行各种不同任务时可以通过标准任务量来衡量任务的大小。无线传感器在执行数据采集任务时的任务量可以表示为: $S_1 = \alpha \cdot S_0$,其中 α 为比例系数,表示数据采集的任务量与标准任务之间的关系。无线传感器在执行接收数据任务时的任务量可以表示为: $S_2 = \beta \cdot S_0$,其中 β 为比例系数,表示接收数据的任务量与标准任务之间的关系。无线传感器在执行发送数据任务时的任务量可以表示为: $S_3 = \gamma \cdot S_0$,其中 γ 为比例系数,表示发送数据的任务量与标准任务之间的关系。

定义2:能量窗口指无线传感器的剩余能量与标准任务之间的乘积。

若能量窗口用 W 表示,则有:

$$W = E \cdot S_0 \quad (1)$$

其中, E 表示无线传感器的剩余能量。

能量窗口反映无线传感器节点在剩余时间里所能完成的任务量的多少。能量窗口越大,节点所能完成的任务量越多;反之,则越少。

无线传感器在执行一定的任务之后,就将能量窗口减少一定的量 $\Delta\theta$ 。如图1所示,无线传感器在执行某任务之后,能量窗口由 θ_1 变成 θ_2 。

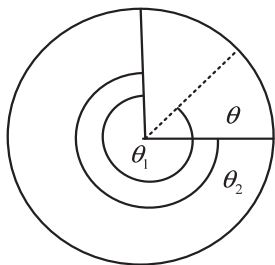


图1 能量窗口

有了能量窗口之后,就可以清楚地知道区域内各节点的能量窗口大小,在分配任务时就可以根据任务量的大小选择不同的执行节点,也可以优先把任务分配给能量窗口大的无线传感器,这些无线传感器可以完成更多的任务。

无线传感器的监测范围是有限的。距离事发点位置越近的无线传感器,监测效果越佳。设事件发生位置的中心 O 坐标为 (x_0, y_0) ,无线传感器 i 的位置坐标为 (x_i, y_i) ,那么无线传感器 i 到 O 的距离为:

$$D = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (2)$$

取距离的倒数 F 为:

$$F = \frac{1}{D} \quad (f_0 < F) \quad (3)$$

其中, f_0 为监测允许范围的最小值。由式3可知, F 的值越大,无线传感器离事发中心的距离越近,监测效果越好。

选取 F 和 W 作为参考量,构建能距关系式,表示为:

$$G = \sqrt{k_1 \cdot F^2 + k_2 \cdot W^2} \quad (4)$$

其中, k_1, k_2 为比例系数,表示 F 和 W 所占的比例。通过系数 k_1, k_2 在 D 和 W 之间进行折衷和权衡来选择区域中的无线传感器作为任务的执行节点,将满足条件的无线传感器构成一个集合,把监测的任务分担给集合中的节点,来执行监测任务。使得任务监测的能量消耗分散在区域中的不同节点之间。

由式4可知,在能量窗口相同的情况下,任务的执行优先选择距离事发地点较近位置的无线传感器,随着任务监测的进行,节点的能量不断消耗,使得 G 值减小,当减少到一定量后,选择其他节点来执行任务。

如图2所示,事件发生的中心位置位于 O 点,任务执行节点首先选择与 O 点较近的节点 i ,随着能量的消耗, E 值不断减小,从而 G 值不断减小,在 O 点附件存在比 i 点 G 值更大的无线传感器 j ,从而使得 j 成为任务执行节点,当 j 的能量消耗到一定量后,又由 k 节点担任任务的监测。从而对 O 的监测能耗分散在不同的节点之间,避免了节点提前死亡。

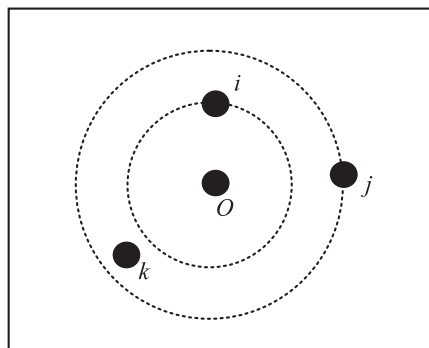


图2 节点选择

2 任务分配

2.1 分配树

定义3:分配树是由无线传感器的 F 值和 W 值构成的有序树,用来对无线传感器进行任务分配。

在分配树中,中间节点均是无线传感器的 G 值,并且满足如下性质:第一,每个左子树或者为空,或者左子树上的所有节点小于它的父节点;第二,每个右子树或者为空,或者不小于它的父节点。分配树中所有的叶子节点均为无线传感器的 F 值或 W 值,如果该叶子节点位于某子树的左叶子位置,则为该无线传感器的 F 值,位于右叶子位置则为该无线传感器的 W 值。

如图 3 所示,无线传感器 i_1 和 i_2 的能量窗口 W 均为 0.5, i_1 与事发中心的距离为 50 m,其 F 值为 0.02, G 值为 0.224;无线传感器 i_2 与事发中心的距离为 14

m,其 F 值为 0.07, G 值为 0.232;由于 i_2 的 G 值比 i_1 大,所以 i_1 位于 i_2 的左侧。无线传感器 i_3 和 i_4 与事发中心的距离均为 10 m, F 值为 0.1, i_3 的能量窗口 W 为 0.7, G 值为 0.326, i_4 的能量窗口 W 为 0.8, G 为 0.369,由于 i_4 的 G 值比 i_3 大,所以 i_4 位于 i_3 的右侧。

根据分配树的性质,任务的执行可以选择分配树的右子树所对应的无线传感器,因为右子树的 G 值更大。在图 3 所示的分配树中,优先选择右侧的节点,可以选择无线传感器 i_4 执行任务。

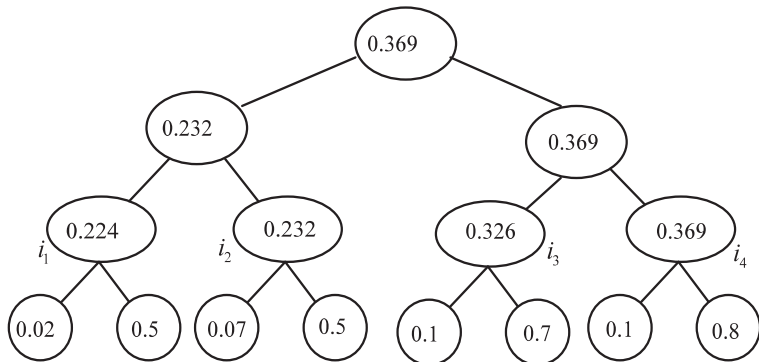


图 3 分配树

2.2 聚类处理

为了使处理简单和减少执行任务过程中节点的频繁变换,若 t_1 时刻的 G 值为 G_1 , t_2 时刻的为 G_2 ,其中 $t_2 > t_1$ 。设置一个阈值 h_0 ,当 $|G_2 - G_1| \leq h_0$ 时视为不变,只有当 $|G_2 - G_1| > h_0$ 时,才认为发生改变,此刻进行节点间的轮换。

由于区域中的无线传感器数量比较多,考虑实际的 G 值之间的差异,将无线传感器进行聚类处理,把 G 值相同的无线传感器归为一类,这样就可以简化操作。

根据区域中无线传感器 G 值的分布情况进行划分。设 G_n 是某一类 G 值中数量较多无线传感器的中心值,那么可以根据式 5 计算属于该类的无线传感器。

$$\frac{|G_i - G_n|}{G_n} \leq \rho \quad (5)$$

其中, ρ 为阈值,表示无线传感器允许偏离中心值 G_n 的范围。根据式 5 可以将区域中的无线传感器划分成不同的类,每一类无线传感器中的节点是等效的。在实际应用中,可以根据具体情况,针对 G 值进行不同的划分。

对区域中的无线传感器进行聚类处理之后,无线传感器节点就属于不同的集合,同一集合中的无线传感器均是等效的,对于同一集合中的节点就可以按某种概率进行选择。若集合中有 n 个元素,那么选择该集合中的某一无线传感器节点 i 的概率为:

$$P_i = \frac{\text{平方数据}}{n} \quad (6)$$

这样就可以将任务分配给这 n 个节点。一方面将能量消耗分散在这 n 个节点之间,另外,由于这 n 个节点是等效的,也提高了系统的可靠性。

3 仿真结果

为了研究文中算法的性能,采用 Matlab 对文中算法和 Leach 算法构建模型,进行仿真实验。

从图 4 可以看出,文中算法的死亡出现时间要比 LEACH 算法晚,在相同时间条件下,文中算法在无线传感器死亡数量上也较 LEACH 算法少。这主要因为文中算法将数据监测的任务分配给符合条件的无线传感器节点集合,使得能量的消耗均衡化,减少了节点的过度能耗。

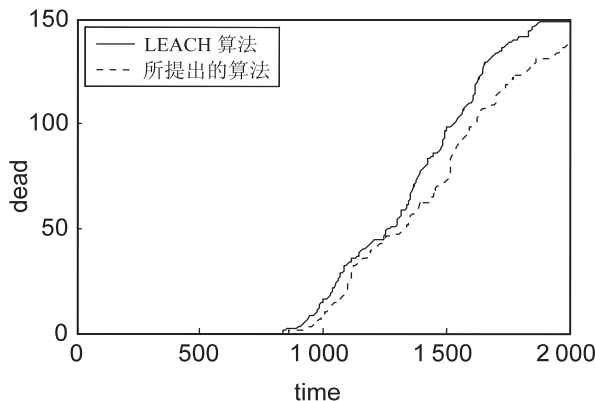


图 4 死亡数

任务的执行是通过无线传感器完成的,区域中一定数量的存活无线传感器是保证任务的完成的前

提^[14]。在相同条件下,文中算法和 LEACH 算法中的节点存活数随时间的变化如图 5 所示。可以看出,在相同时间条件下,文中算法的节点存活数比 LEACH 算法要多,因而文中算法比 LEACH 算法有更长的网络生存期。

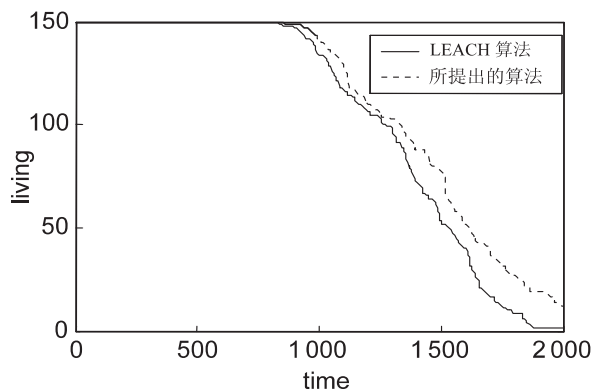


图5 存活数

4 结束语

为了充分利用该无线传感器的能量,提出了能量窗口的概念,在监测效果允许范围内,构建监测距离和能量窗口关系式,在能量窗口和监测距离之间进行权衡选择,把能量消耗分散在众多等效无线传感器节点之间。根据监测距离和能量窗口构建任务分配树,实现对无线传感器的快速指派,同时,根据无线传感器节点的特性,将区域内的无线传感器进行聚类处理,把共同特性的无线传感器归为一类,简化操作,提高算法的可靠性。最后,通过仿真实验验证了该算法的正确性。

参考文献:

- [1] 胡珺珺,张宇. 基于位置信息的 WSNs 数据转发优化算法[J]. 计算机工程与设计,2015,36(4):896-900.
- [2] 蒋畅江,石为人,唐贤伦,等. 能量均衡的无线传感器网络非均匀分簇路由协议[J]. 软件学报,2012,23(5):1222-1232.

- [3] XIANG Min, SHI Weiren, JIANG Changjiang, et al. Energy efficient clustering algorithm for maximizing lifetime of wireless sensor networks[J]. International Journal of Electronics and Communications, 2010, 64(4):289-298.
- [4] BUYANJARGAL O, KWON Y. Adaptive and energy efficient clustering algorithm for event-driven application in wireless sensor networks (AEEC)[J]. Journal of Networks, 2010, 5(8):904-911.
- [5] 马华东,陶丹. 多媒体传感器网络及其研究进展[J]. 软件学报,2006,17(9):2013-2028.
- [6] SHEN Hang, BAI Guangwei, TANG Zhenmin, et al. QMO-R: QoS-aware multi-sink opportunistic routing for wireless multimedia sensor networks[J]. Wireless Personal Communications, 2014, 75(2):1307-1330.
- [7] 钱志鸿,王义君. 面向物联网的无线传感器网络综述[J]. 电子与信息学报,2013,35(1):215-227.
- [8] 任苗苗,范书瑞,王悦良. 一种时分簇调度算法的实现[J]. 传感技术学报,2015,28(7):1073-1077.
- [9] 张衡阳,樊玮虹,王玲,等. 一种实时可靠的移动无线传感器网络贪婪地理路由协议[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(5):713-722.
- [10] SINGH S K, KUMAR P, SINGH J P. A survey on successors of LEACH protocol[J]. IEEE Access, 2017, 5:4298-4328.
- [11] KRISHNAKUMAR A, DR ANURTAHA V. Improved LEACH: a modified LEACH for wireless sensor network [C]//IEEE international conference on advances in computer applications. Coimbatore, India; IEEE, 2017.
- [12] LEE J Y, JUNG K D, MOON S J, et al. Improvement on LEACH protocol of a wide-area wireless sensor network [J]. Multimedia Tools & Applications, 2016, 76(19):1-18.
- [13] 杨博雄,倪玉华. 无线传感网络[M]. 北京:人民邮电出版社,2015.
- [14] MALEKI M, DANTU K, PEDRAM M. Power-aware source routing protocol for mobile ad hoc networks [C]//Proceedings of the 2002 international symposium on low power electronics and design. Monterey, California, USA: ACM, 2002: 72-75.