

一种支持多分辨率查询的数据存储策略

徐 阳¹, 陈 华²

(1. 南通航运学院 管理信息系, 江苏 南通 226010;
2. 南通航运学院 教务处, 江苏 南通 226010)

摘 要:减少空闲侦听是延长无线传感网络生命周期的有效途径。文章分析了无线传感网络在数据处理和数据传输时的能耗问题,提出了一种支持多分辨率查询的数据存储策略。该策略是将指定区域内所有无线传感节点的工作时槽以一种蛇形排列方式进行分配,使各节点周期性地进入睡眠或侦听状态。在任意时刻,有且仅有两个传感节点处于工作状态,既保证了系统的可靠性,又降低了系统的开销。仿真实验表明,该方法减少了空闲侦听,降低了传感器的能耗,有效延长了网络的生命周期。

关键词:无线传感网络;多分辨率;蛇形时槽

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)02-0123-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.02.030

A Data Storage Strategy for Multi-resolution Query

XU Yang¹, CHEN Hua²

(1. Dept. of Management & Information, Nantong Shipping College, Nantong 226010, China;
2. Dept. of Academic Affairs, Nantong Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: To reduce idle listening of radio is an effective way to prolong lifetime of wireless sensor network. Analyze energy consumption of data processing and data transmission in wireless sensor networks. A multi-resolution storage scheme is proposed. It makes sensor nodes working in serpentine slot time, which switches sensor nodes between listening and sleeping properly. Only two nodes are working in a particular region at a certain time. Therefore, the system not only becomes more reliable, but also reduces the system consumption. Experiments show that, the scheme reduces the idle listening and the power consumption of sensors, prolongs the network lifetime effectively.

Key words: wireless sensor network; multi-resolution; serpentine slot time

0 引言

无线传感器体积小,成本低,组网方便,广泛应用于军事、航空、医疗、家居等众多领域。能耗问题一直是制约无线传感网络长时间工作的一个瓶颈,也是研究的热点之一。因为传感器在没有外界持续供电的情况下,会因电力耗尽而停止工作,造成数据丢失。已有的一些研究和实验表明^[1-6]:数据的存储、查询和电力消耗有很大关系,合理的机制能有效降低能耗,延长网络的生命周期。

文中提出一种数据储存方法,它能够使一组传感器周期性的侦听或睡眠,并支持不同分辨率的查询请求。实验表明:该方法可靠性高、节能效果明显。

1 相关工作

文献[7]提出了通过小波压缩将整个网络的数据以多分辨率的方法储存起来,但该方法计算成本较大,小波压缩能耗很高。文献[8]提出了一个 MCS 架构以达到多分辨率查询的目的,其主要思想是利用空间、时间的压缩减少数据传输量,并将 2D-DCT 方法应用在数据储存上,但 2D-DCT 对传感器来说是一个不小的计算负担。文献[9]提出用连续的平滑信号来表示采集到的数据,较实用。文献[10-11]考虑到传感器进入睡眠模式的问题。进入睡眠模式,可以有效降低传感器的能耗,但数据无法被存取,而复制多笔数据又会消耗电力,效率不高。

2 支持多分辨率查询的蛇形时槽分配策略

2.1 基本概念

方法是无线传感网络分割成若干个格子(后简称“网格”),每个网格中任意时刻,有且仅有两个传感器同时处于侦听模式,其他传感器都将进入睡眠模式。将需要存储的数据经哈希运算得到一个地址,再将这个地址转换成对应的编号存储在网格中。与此同时,在查询格式中加入一个精准度(precision)字段,当数据查询到达目标网格后,侦听模式下的传感器会执行查询操作,如果数据分辨率不满足查询的精准度要求,整个查询会被留在网格中等待其他传感器醒来,以获得更多数据来提高精准度。

2.2 蛇形时槽

上节提到网格中只有两个传感器会同时处于侦听模式,是为了增加数据传输的可靠性;其他传感器都将进入睡眠模式,这是出于节能考虑。不难看出,传感器睡眠和醒来的切换时机至关重要,要找到一种合理的切换机制,让网络高效工作。

假设传感器被均匀布置在场景中,且场景中传感器的密度较高。每一个网格的大小为 $d \times d$,文献[12]中已深入探讨了网格长度和网络连接性问题。在此,直接以 $\frac{r}{2\sqrt{2}}$ 作为网格的长度,其中 r 为传感器的传输半径。在最极端的情况下,两个网格间的最远距离不会大于 r ,不会超出传感器的传输半径,连接性问题得以解决。

在布置初期,每一个网格中的传感器会交换信息以探索邻近的传感器,获取所在网格中所有传感器的编号和数量。网格以 $\text{grid}(i,j)$ 表示,用 node_number 来表示 $\text{grid}(i,j)$ 中传感器的数量。

对于某一个网格 $\text{grid}(i,j)$ 而言,共有 node_number 个传感器,用一个 $\text{row} \times \text{column}$ 大小的矩阵来分配传感器的工作时槽, row 和 column 相等,或尽量接近(是为了每个传感器睡眠和侦听的周期比较公平), row 和 column 之和即为 node_number ,共有 $\text{row} \times \text{column}$ 个时槽。传感器获取了所在网格中传感器的数量和编号之后,将这些信息记录到网格矩阵中,并将时槽以蛇形的方式排入矩阵中。即第一行第一列开始分配连续的时槽,如遇到矩阵边界则垂直换到下一行,并以相反的方向在该行继续分配连续的时槽。每一个时槽会对应到两个传感器,一个在行,一个在列,能满足在任一时刻有且只有两个传感器处于侦听状态。

总结一下,蛇形时槽分配策略有以下特点。

(1)用一个二维矩阵来分配时槽,每个时槽是由列和行对应的传感器组成,就如同坐标系,一个点是由 x 和 y 值所确定的。同一时槽会且只会分配给两个传

感器,保证在同一时刻,有两个传感器处于侦听状态。

(2)任意两个连续的时槽,都能找到 1 个传感器拥有连续的侦听时槽与之对应。这保证了在多分辨率的数据查询时,不会因为传感器切换睡眠模式,而导致数据丢失。

(3)时槽分配矩阵具有一定容错能力。将数据储存在两个侦听模式的传感器上,如果行方向的传感器损坏,数据可以由列方向的传感器恢复,反之亦然。因为矩阵分配的时槽在储存时具有重复性。

2.3 数据存储

蛇形时槽分配策略决定了网格中传感器醒、睡的排程。网格中侦听模式下的两个传感器负责存储数据。同属性的数据被存储在同一个网格内,以降低查询遍历的成本。具体实现如下:当传感器获取外界事件后,它会将这个事件的属性经哈希运算,得到一个地址,然后将数据送到对应的地址储存。当数据送至目标网格时,它会保存在侦听模式下的两个传感器中。把数据保存在两个传感器中,增加了数据的可靠性。多复制一份数据,虽然增加了开销,但是对于提高整个网络的稳定性和数据分辨率是很有意义的。

2.4 多分辨率的数据查询

当有数据查询时,在查询格式中增加一个精准度字段。查询格式为 $\text{Query}(\text{key}, \text{precision})$, key 为数据属性, precision 为 sink 所要求的精准度。当查询到达目标网格后,如果精准度符合,处于侦听状态的传感器可以直接回传结果;如不符合,查询会被留在网格内,等待进入下一时槽,由其他传感器醒来提升分辨率,如仍不能满足精准度要求,则继续等待下一时槽,如此反复进行下去直到满足再回传结果,拥有连续侦听时间的传感器负责主导查询。

3 模拟实验

借助于 MATLAB 模拟。实验中所使用的变量如表 1 所示。传感器被布置在一个 $136 \times 136 \text{ m}^2$ 的场景中,而场景又切割成 8×8 的网格。传感器的传输半径为 50 m。实验时间为 600 s,1 个时槽为 0.1 s。为了评估能耗,传感器的电力消耗率在传输、接收、闲置及睡眠分别设为 50、50、20 及 5 mw。预设 500 个传感器,事件储存率为每秒 1/3 个事件,事件查询率为每秒 1/5 个查询。网络中的汇聚点(sink)位于坐标(0,0)。假设网络中只有四种事件属性而且分别储存在 $\text{grid}(0,7)$, $\text{grid}(7,0)$, $\text{grid}(3,3)$ 和 $\text{grid}(7,7)$,而事件会随机出现在网络中。

首先,评估在不同数量的传感器、不同数量的存储事件及不同数量的查询下电力消耗的情形。然后,评估网络中不同传感器数量下的平均睡眠百分比。最

后,评估在不同查询分辨率下查询的延迟及网络生命周期。

表 1 实验参数

Definition	Setting
Number of sensor nodes	400/500/600/700
Size of the sensing region/m ²	136×136(8×8 grids)
Transmission range/m	50
Simulation time/s	600
Slot time/s	0.1
Power consumption in transmitting (per sec.)/mw	50
Power consumption in receiving (per sec.)/mw	50
Power consumption in idle listing (per sec.)/mw	20

3.1 网络生命周期

网络生命周期定义为:无线传感网络从开始工作,到有传感器因为电力耗尽而停止工作时的运行时间。观察在不同数量的传感器、不同存储事件及不同查询数量下网络生命周期的变化。

如图 1 所示,当传感器数量从 400 增加到 700 时,GHT 策略下的网络生命周期几乎没有变化,而在蛇形时槽分配策略下的网络生命周期随着传感器数量的增加而增加。当网格中传感器密度较高时,传感器会有更多的机会睡眠,网格中的负载被分散掉,网络生命周期得以延长。

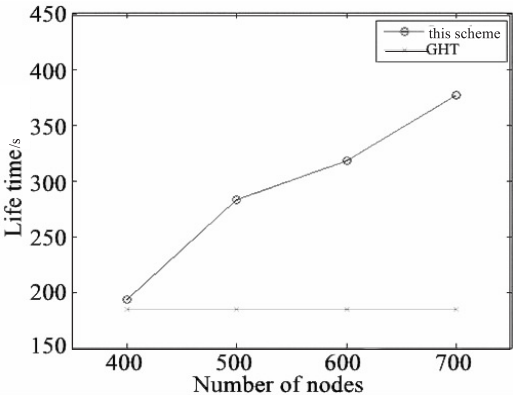


图 1 传感器数量的变化对网络生命周期的影响

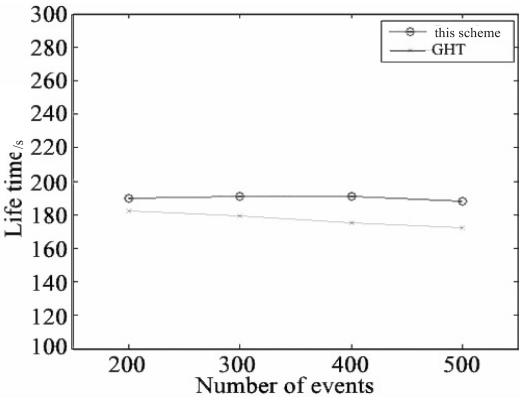


图 2 存储事件增加对网络生命周期的影响

如图 2 所示,当存储事件由 200 增加到 500 时,GHT 和文中方法相比,生命周期下降的速度快,受事件激增影响明显。将相同属性的事件储存在同一网格内,而非传感器中,这有效减少了电力的消耗。

如图 3 所示,当查询由 150 增加到 450 时,两种策略下的网络生命周期整体趋势都是下降的,但蛇形时槽分配策略下的网络生命周期相对稳定,受网络繁忙的影响小。

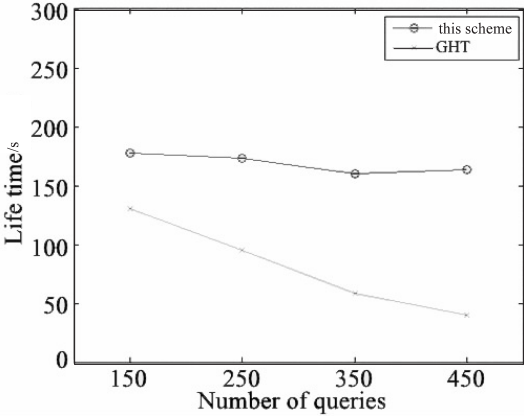


图 3 查询数量变化对网络生命周期的影响

3.2 平均睡眠时间

继续比较不同传感器数量下,传感器的睡眠情况。如图 4 所示,平均睡眠百分比随着传感器数量的增加而增加。当网格中传感器密度较高时,整体睡眠时间会上升,因为同一时间只有两个传感器处于侦听状态,所以平均睡眠时间就增加了,整体睡眠百分比呈现上升趋势。

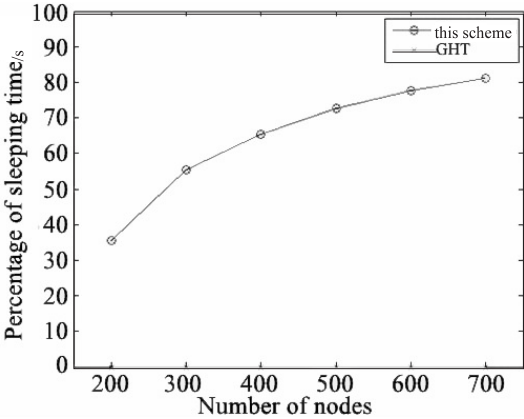


图 4 不同数量传感器下的平均睡眠时间

3.3 数据分辨率

评估不同分辨率下网格延迟 (grid delay) 和网络生命周期的变化规律。网格延迟是指:为达到查询分辨率而停留在网格中的时间。如图 5 所示,当分辨率为 20% 时,网格延迟为 0;当分辨率为 40% 时,延迟还是很小;当分辨率继续上升时,延迟会明显增大,因为留在网格中愈久,消耗的电力愈多,网络生命周期也随之明显下降。

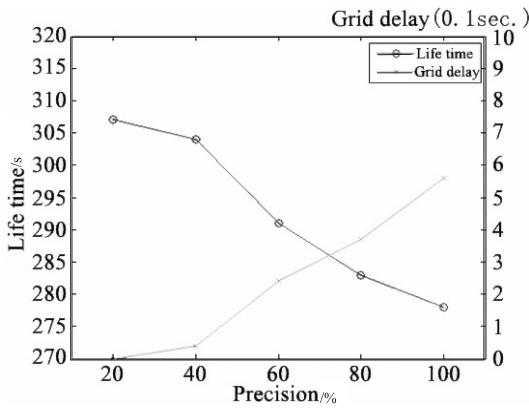


图 5 不同分辨率下的网格延迟和网络生命周期

4 结束语

文中提出一种支持多分辨率查询的蛇形时槽分配数据存储策略,该策略控制同一网格中只有两个传感器来侦听数据,并将同一属性数据存储在同一网格内,以节省电力。当有数据查询时,能满足不同分辨率的查询请求。经实验证明:该方法节省了电力,有效延长了无线传感网络的生命周期。对于数据存储和查询来说,传感器电力的消耗是动态的,不同传感器在处理数据的过程中的电力消耗不尽相同,如能根据传感器的剩余电力来设计时槽分配,对提高整体网络的生命周期会大有益处,这将是进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] Liu A F, Wu X Y, Chen Z G, et al. Research on the energy hole problem based on unequal cluster-radius for wireless sensor networks[J]. Computer communications, 2010, 33(3): 302-321.
- [2] Ray S, Demirkol I, Heinzelman W. ADV-MAC: Analysis and optimization of energy efficiency through data advertisements for wireless sensor networks[J]. Ad Hoc networks, 2011, 9(5): 876-892.
- [3] Uster H, Lin Hui. Integrated topology control and routing in
- [4] 邱伟星,王以凡,沈金龙. 一个求无向网络最大流的算法[J]. 南京邮电学院学报, 1997, 17(4): 170-172.
- [5] 陈 静,单 锐. 容差修正网络最大流 2F 算法[J]. 长春工业大学学报(自然科学版), 2008, 29(6): 713-716.
- [6] 赵礼峰,陈 华,宋常城,等. 基于一个网络图最大流算法的改进[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(12): 162-165.
- [7] Goldberg A V, Tarjan R E. A new approach to the maximum

wireless sensor networks for prolonged network lifetime[J]. Ad Hoc networks, 2011, 9(5): 835-851.

- [4] Albano M, Chessa S, Nidito F, et al. Q-NIGHT: Adding QoS to data centric storage in non-uniform sensor networks [C]// Proc of IEEE international conference on mobile data management. Mannheim, Germany: [s. n.], 2007.
- [5] Gavidia D, Steen M V. A probabilistic replication and storage scheme for 30 large wireless networks of small devices [C]// Proc of IEEE mobile Ad Hoc and sensor systems. Atlanta, Georgia, USA: [s. n.], 2008.
- [6] Xu J, Tang X, Lee W C. A new storage scheme for approximate location queries in object-tracking sensor networks[J]. IEEE transactions on parallel and distributed systems, 2008, 19(2): 262-275.
- [7] Ganesan D, Estrin D, Heidemann J. DIMENSIONS: Why do we need a new data handling architecture for sensor networks? [J]. SIGCOMM computer communication review, 2003, 33(1): 143-148.
- [8] Wang Y C, Hsieh Y Y, Tseng Y C. Compression and storage schemes in a sensor network with spatial and temporal coding techniques [C]// Proceedings of VTC2008-Spring. Singapore: [s. n.], 2008.
- [9] Cheung Y H, Maxemchuk N F. Telescopic data compression in dense sensor networks that support fire-fighters [C]// Proc of IEEE global telecommunications conference. Washington DC, USA: [s. n.], 2007.
- [10] Madsen T K, Grauballe A, Jensen M G, et al. Reliable cooperative information storage in wireless sensor networks [C]// Proc of IEEE international conference on telecommunications. Beijing, China: [s. n.], 2008.
- [11] Ratnasamy S, Karp B, Li Y, et al. GHT: A geographic hash table for data-centric storage [C]// Proceedings of the first ACM international workshop on wireless sensor networks and applications. Atlanta, USA: [s. n.], 2002.
- [12] Liao W H, Tseng Y C, Sheu J P. GRID: A fully location-aware routing protocol for mobile Ad Hoc networks [J]. Telecommunication systems, 2001, 18(3): 37-60.
- [8] 胡雄鹰,熊 茜,黎伟东. 基于结点的网络最大流算法[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(12): 67-69.
- [9] Ford L R, Fulkerson D R. Maximum flow through a network [J]. Canadian journal of math, 1965, 8(5): 399-404.
- [10] 赵礼峰,白 睿,宋常城. 求解网络最大流问题的标号算法[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(12): 113-115.
- [11] 谭洁群. 求网络最大流的新方法[J]. 洛阳大学学报, 1997, 12(2): 9-12.
- [12] 谢凡荣. 求解网络最大流问题的一个算法[J]. 运筹与管理, 2004, 13(4): 37-40.

(上接第 122 页)

联合大学学报(自然科学版), 2009, 23(4): 64-66.

一种支持多分辨率查询的数据存储策略

作者：[徐阳](#)，[陈华](#)，[XU Yang](#)，[CHEN Hua](#)

作者单位：[徐阳, XU Yang\(南通航运学院 管理信息系, 江苏 南通, 226010\)](#)，[陈华, CHEN Hua\(南通航运学院 教务处, 江苏 南通, 226010\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

2014(2)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201402031.aspx