

无线传感器网络移动簇头节能传输协议

柴亦飞, 高丽强, 涂时亮, 陈章龙

(复旦大学计算机科学与工程系, 上海 200433)

摘要: 无线传感器网络具有资源的有限性和传感器采集数据的特点, 许多在传统网络中运作良好的通信协议, 在一些由固定节点和移动节点组成的无线传感器网络中不能很好地管理网络和处理传感器数据。该文提出一种移动簇头的节能通信协议, 使用自组织传感器簇来处理 and 散发数据。通过与 LEACH 协议的对比, 证明该协议具有更好的节能性和更长的网络寿命, 更适用于无线传感器网络。

关键词: 无线传感器网络; 移动簇头; 节能传输协议

Mobile Cluster Head Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Sensor Networks

CHAI Yi-fei, GAO Li-qiang, TU Shi-liang, CHEN Zhang-long

(Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433)

【Abstract】 Due to limited resource of wireless sensor networks and characteristics of sensor data, many communication protocols that work well in traditional WSN are insufficient for managing and processing sensor data in networks including both static and mobile sensors. This paper presents a Mobile Cluster Head (MCH) energy efficient communication protocol for wireless sensor networks which uses self-organized sensor clusters to process and disseminate data within the sensor network. Simulation results show that the protocol achieves better results in enhancing system lifetime than LEACH for wireless sensor networks including both static and mobile sensors.

【Key words】 wireless sensor networks; Mobile Cluster Head (MCH); energy efficient communication protocol

1 概述

无线传感器网络增加了人们探测和监控整个物理世界的的能力, 随着技术的发展, 人们可以将低功耗的微传感器、信号处理器以及无线通信模块整合到一个传感器节点中^[1]。无线传感器网络包含无数个节点, 所有的节点被随机地部署在一个广泛的区域, 每个节点都会生成一个与它所处环境相关的实时数据流。但是每个节点有着很有限的处理、通信能力、存储空间及电力供应。由于较短的电池寿命, 因此传感器网络的有效时间受到了严格限制^[2]。

本文提出一个可以同时管理固定和移动节点的无线传感器网络监控系统。目前有很多种的个人监控网络监控系统, 在这种网络监控系统中, 每个人都配备了一个无线传感器, 他们可以自由移动, 也可以保持静止, 如矿井工人的监控系统。在该网络中, 固定节点会被安装在一个固定位置很长时间, 而移动节点却可以很方便地更换电池。尽管已经有很多种数据管理技术能够适应传统传感器网络的需要, 但是它们并不适合于上面这种情况。因此, 本文提出了包含固定和移动传感器节点的移动簇头 (MCH) 无线网络传输协议。

MCH 的关键特性有:

- (1) 移动节点的定位自测。
- (2) 簇的自组织。
- (3) 数据发送和散发的高能效。

在 MCH 协议中, 固定节点用来确定无线电范围内其他移动节点的位置, 并且从这些移动节点中间选出一个簇头, 然后由簇头组织起该簇的数据管理和簇间数据传输。

2 相关研究工作

近期对于无线传感器网络的研究, 注重于通过传感器节

点或者汇点的移动来更有效地进行数据管理。文献[3]中的研究结果说明, 移动路由算法可以减少能量的浪费, 相应地提高数据的平均发送成功率和网络的生命周期。文献[4]也讨论了传感器节点和汇点的移动性。移动传感器节点可以扩大网络覆盖范围和提高目标探测性能。此外, 通过汇点位置的改变, 可以最大化网络的生命周期, 平衡各个传感器节点的电力消耗^[5]。文献[4]提出了移动汇点来进行更有效数据传输的通信协议。

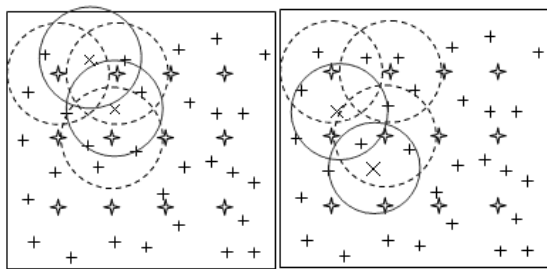
与本文相关的研究工作是文献[6]中提出的无线传感器网络的簇头协议, 主要关注于对自组织簇的性能和网络生命周期最大化的研究。

本文提出了一个适用于同时包含固定和移动传感器节点的无线传感器网络的移动簇头通信协议。这类网络常常被用来采集和监控个人信息, 例如在矿井、体育场、大型展览会等, 固定节点被用来获取携带着移动节点的个人的信息。与通常的无线传感器网络不同的是, 由于特殊的环境, 固定节点的安装和维护比较困难, 而移动节点的电池很容易更换。因此, 本文研究的目的在于最大化固定节点的生命周期, 同时有效地在移动节点之间处理数据传输。

本文使用如图 1 所示的仿真模型。固定节点按照网格部署, 而移动节点随机部署。假设所有的移动节点都以一个固定的速度生成数据, 在随机的方向上匀速运动。

作者简介: 柴亦飞(1980 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式系统, 无线传感器网络; 高丽强, 硕士研究生; 涂时亮, 教授、博士生导师; 陈章龙, 教授

收稿日期: 2007-06-30 **E-mail:** chaifyf@fudan.edu.cn



✦：固定节点 +：移动节点 ✕：簇头

图 1 仿真模型

3 MCH 协议

3.1 MCH 协议介绍

本文提出了一种可以高效地管理数据的 MCH 协议。MCH 基于 LEACH 协议，在 MCH 中，静态节点将一些移动节点组织到本地的簇中，其中一个作为簇头。因为簇头可以移动，簇成员可能很容易就移出了该簇的范围，所以 MCH 每一轮都会在簇中重新选择一个移动节点作为簇头。此外，固定节点可以作为聚合点，在簇间传输前先进行数据融合。为了更进一步降低能量消耗和延长系统生命周期，固定节点在每一轮开始选择簇头和进行数据聚合后，会在剩下的大部分时间保持关闭。

在每一个轮次中，固定节点都把自己的位置信息广播到其他无线传输范围内的其他移动节点上。根据移动节点返回的确认信息，固定节点按照一个固定的概率选择其中一个移动节点作为本地簇的簇头，并将簇头的信息再次广播到其他移动节点。每个移动节点都将注册信息发送到它所属的簇头，全部加入到簇中之后，簇头会生成数据发送时刻表，给每一个簇成员分配一个发送时间段，这样就使得每一个簇成员在自己的数据发送时间段之外的时间都保持关闭状态，可以达到能量消耗的最小化。

如前所述，每一个移动节点都按照自身的速率移动，很容易就会移出簇头的无线范围。为了更有效地进行传输，簇头节点并不是固定不变的，每隔一定的时间周期，会重新选择簇头节点。如图 1 所示，在某个时刻一组节点被选为簇头，而在另一个时刻，会有其他节点被选为簇头。移动节点是否被选为簇头取决于它所剩余的能量和它覆盖多少个固定节点的传输范围。如果一个节点同时处于多个固定节点的范围内，那么就能很容易地进行簇间数据传输。

3.2 MCH 协议细节

MCH 的操作按照轮次来划分，每一轮分为 3 个阶段：簇建立阶段，注册阶段和数据发送阶段。为了便于说明，把使用到的主要符号列于表 1。

表 1 主要符号

符号	意义
S	固定节点
C_o	旧的簇头
C_n	新的簇头
M_c	移动簇成员
M_n	移动非簇成员
M	所有移动节点
D	消息数据

协议细节伪代码如下：

```

For each round
for each S
1. S sends D(Location) to M

```

```

2. M sends D(Acknowledge) to S
3.  $C_o$  sends D to S
4. S selects  $C_n$  and broadcasts
5. S fuses D and sends to  $C_n$ 
end for
for each  $C_n$ 
6. M sends D(Register) to  $C_n$ 
7.  $C_n$  sends D(Accept) and work schedule
if(M receive D(Accept))
M marked to  $M_c$ 
else
M marked to  $M_n$ 
8. send D to other  $C_n$  according to routing table
end for
for each  $M_c$ 
9. Send D to  $C_n$ 
end for
for each  $M_n$ 
10. send D to S
end for
end for

```

传感器网络的节点工作时序如图 2 所示，图中每个数字的意义见协议细节伪代码。

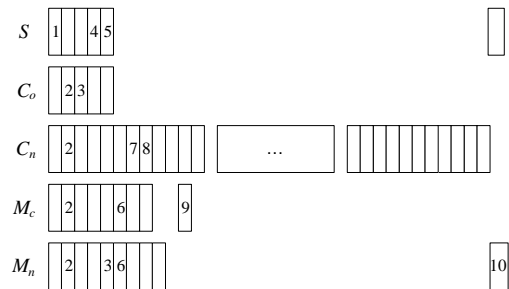


图 2 节点工作时序图

3.2.1 簇建立阶段

每个固定节点将位置信息广播到其他移动节点上(伪代码中的 1)。每个移动节点记录所收到的不同固定节点位置信息的编号，再返回一个确认信息到固定节点上。(伪代码中的 2)。此外，它们在返回信息中还发送剩余的电量值和覆盖范围中的固定节点个数。所有的固定节点都维护一个记录这些信息的表，然后在下一轮次中根据这个表选择新的簇头(伪代码中的 4)。如果一个移动节点是旧的簇头，它会和数据全部传给固定点做聚合(伪代码中的 3)，然后固定点会广播本轮的新簇头信息，并将聚合后的数据发给新的簇头

3.2.2 注册阶段

当移动节点收到固定节点发出的广播信息后，它们会向簇头发出注册申请(伪代码中的 6)。当簇头收到了所有属于它的簇成员的注册申请之后，会发出接受信息，同时创建时分多址的时间槽并发送到簇成员(伪代码中的 7)。但是由于移动节点的移动方向是不确定的，一部分移动节点可能会因为移出了簇头的无线通信范围而无法收到接受信息，无法加入到簇中间。

3.2.3 数据发送阶段

一旦建立了簇并制定了时分多址的时间槽安排，就可以发送数据。假设传感器总是有数据需要传输，它们会在簇头

分配给它们的时间槽内将数据发送到簇头(伪代码中的 9)。每个非簇头的簇成员可以在属于它们的时间槽到来前关闭无线模块,做到能量消耗的最小化。簇头需要将无线保持开启,来接收所有簇成员的信息,并将信息发送到其他簇的簇头(伪代码中的 8)。而那些没有加入到簇的移动节点在所有的时分多址时间槽结束后将信息发送到固定节点上(伪代码中的 10)。

4 仿真与分析

4.1 仿真环境

用 OMNET 仿真器来仿真 MCH 协议,下面是用到的仿真参数:网络规模是 100 个移动传感器节点部署在 100 m×100 m 的平面中,固定节点数为 20 个。使用一个简单的无线模型,传输速率为 64 Kb/s,每个数据包为 32 B。

4.2 性能评估与分析

图 3 说明了 MCH 协议对比 LEACH 协议所存在的优点。由于移动节点可能在随机的方向上运动,LEACH 中的簇头需要花费更多的能量来组建簇和记录每个簇成员。在 MCH 中,使用静态节点来选择簇头和进行数据聚合,有效地平均各个移动节点的能量消耗,减少移动簇头的能量浪费。

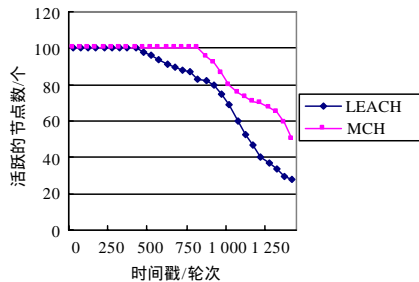


图 3 网络生命周期的比较

从图 4 中可以发现整个网络的能量消耗并没有显著减少。与 LEACH 相比,MCH 的簇组建需要固定节点的协助,增加了固定节点与移动节点之间的消息传递。但是从另一方面来看,MCH 在延长整个网络的生命周期方面作用显著,特别是移动节点的生命周期。从图 3 可以看到,在包含移动节点的无线传感器网络中,消耗相同的能量并在一些支持信息的协助下,MCH 的表现更好。

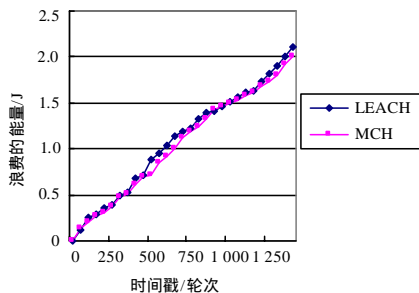


图 4 能量浪费的比较

如前所述,MCH 是为个人监控系统所设计的,在这一类网络中,希望固定节点能比移动节点工作更长的时间。为了使固定节点消耗更少的能量,在协议中固定节点只用于选择簇头和进行数据聚合,然后在轮次中的其他大部分时间关闭。

但是从图 3 中可以看到,当越来越多的节点电力耗尽,就会有更多的移动节点无法加入到簇中。这些节点只能在时分多址的时间槽结束后将数据传给固定节点。从图 5 中可以看到,因为越来越多的节点电力耗尽或者成为簇外节点,每个簇头的消息数量都在持续减少。但是每个固定节点的消息数并没有显著增加,也就不会影响到它的生命周期。

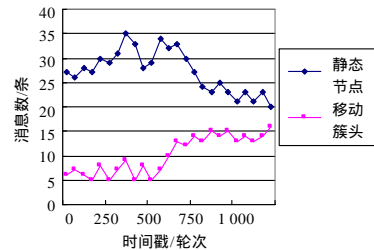


图 5 消息数量的比较

5 结束语

本文提出了适用于同时包含移动和固定节点的无线传感器网络的移动簇头通信协议(MCH)。该协议有很高的能效,能减少网络传输量并延长了网络的生命周期。在 MCH 中使用固定节点来选择簇头并聚合数据,通过固定节点在数据传输阶段保持关闭,使得网络的生命周期得到最大化。同时,MCH 中的移动节点会自组织到簇中来进行数据管理,通过移动节点能量的平均分布,减少能量的消耗。

使用 OMNET 来仿真 MCH 和 LEACH 协议,仿真结果说明,在同时包含固定和移动节点的无线传感器网络中,MCH 比 LEACH 协议具有更好的生命周期表现。

参考文献

- [1] Zhang Zhanyang, Zheng Guping. A Cluster Based Query Protocol for Wireless Sensor Networks[C]//Proc. of the 8th International Conference on Advanced Communication Technology. [S. l.]: IEEE Press, 2006.
- [2] Jone C, Sivalingam K, Agrawal P, et al. A Survey of Energy Efficient Network Protocols for Wireless Networks[J]. Journal of Wireless Networks, 2001, 7(4): 343-358.
- [3] Wang Wei, Srinivasan V, Chiang C. Using Mobile Relays to Prolong the Lifetime of Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of ACM MobiCom. Cologne, Germany: [s. n.], 2005-08.
- [4] Kim H, Abdelzaher T, Kwon W. Minimum-energy Asynchronous Dissemination to Mobile Sinks in Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of ACM SenSys. Los Angeles, USA: [s. n.], 2003.
- [5] Wang Z, Basagni S, Melachrinoudis E, et al. Exploiting Sink Mobility for Maximizing Sensor Networks Lifetime[C]//Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. [S. l.]: IEEE Press, 2005-01.
- [6] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient Communication Protocols for Wireless Microsensor Networks [C]//Proc. of the 33rd Hawaii International Conference on Systems Science. Cambridge, MA, USA: [s. n.], 2000-01.