

无线传感器路由协议改进与仿真研究

程 喆

(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要:无线传感器网络的节点受到能量限制,如何提高能量利用率,节约能量始终是无线路由协议研究的重要方向。本文提出一种 LEACH 协议的改进机制,在分簇簇头节点确定过程中,充分考虑能耗因素,同时结合能耗计算实现与汇聚节点多跳通信,仿真结果表明该算法能够有效延长网络生命周期。

关键词:无线传感器网络;分簇路由;簇头;多跳

中图分类号: O23

文献标识码: A

文章编号: 1674-5884(2013)12-0182-03

一 无线传感器网络及协议

无线传感器网络(wireless sensor network,简称 WSN)由大量的静态或动态的传感器在一定地理区域内自组织成无线网络,通常以多跳的方式构成。各节点协作地感知处理信息,经过数据融合后最终把这些信息发送给网络基站。无线传感网络主要特点有自组织、无中心、微型、低成本低功耗等,而这些特点也给无线传感器网络带来一系列新问题,例如确保抗毁性和环境自适应、网络规模与可靠性之间关系等,其中能耗利用问题对于整体网络生命周期有决定性影响。

无线传感器网络中的网络路由技术的选择往往决定网络性能,因此对于路由技术的研究一直是研究中热点所在。目前针对多种环境已经开发出大量路由协议,主要集中在网络中的 MAC 层或者网络层。在网络层协议中,SPIN、定向扩散路由协议、分簇路由协议、两层数据分发协议是其中比较成熟的路由算法协议。LEACH 分簇路由协议是一种典型的自适应、高效路由协议,同时具有简单的数据融合算法,在路由协议的研究中受到广泛关注。

分簇路由协议基本思想是按照某种拓扑结构,通常是层次型结构,将网络中节点划分为不同群,每个群经过算法选举出群首或簇头,然后簇头节点组织本群并负责数据融合,普通非簇头节点负责数据收集。群可以进一部分层次,同一节点可以在不同群中担任群首或普通成员,最高层的簇头负责基站通信,如图 1 所示。

簇头节点在本簇内只负责数据的融合和转发,数据收集工作由簇中普通成员节点负责。簇内成员节点收集到

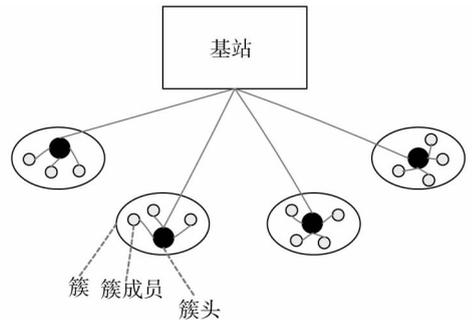


图 1 LEACH 协议网络拓扑图

信息后将数据发送到簇头,簇头收集簇内信息后一般先进行数据融合,然后与相邻的簇头进行通信,最后逐步将信息发送至基站。而通常对于簇的划分以循环的方式进行,将能量负责平均负载到整个网络。

本文研究了 LEACH 协议优缺点,对于其能量消耗和网络生存等方面机制进行进一步研究,得到一种路由算法的改进策略。传感器网络在保持其低功耗以及自动分簇等基本特性下,提出一种改进的簇头选举策略,在数据传输上用多跳算法 EMC 均衡网络负载,从而有效延长网络生命周期。

二 LEACH 协议基本机制

1. 协议体系结构

LEACH^[4]的设计与开发充分考虑了无线微型传感器网络的独特特性,是一个应用特定协议体系,最早是由 MIT

的 Chandrakasan 等人提出。此算法对于传感器节点和基本网络模型做了一些假设,比如节点的功率控制能力等,而这些假设实际是合理的。对于网络的模型来说,假定节点总是有数据发给基站,相互接近的节点具有相关数据,LEACH 协议是在这些条件的优化协议。

在每一个循环中,LEACH 协议根据能量随机选取出簇头,其他节点采用非持续监听方式访问 ADV,根据其信号强度自动选择作为某个分簇的成员。LEACH 定义了“轮次”(round)的概念,每个循环从建立分簇阶段开始,然后进入稳定工作阶段。

2. 协议算法策略

LEACH 协议通常按照分布式算法自动成簇,各节点根据自身能量自行做出决策,不需要任何中间机制。每个传感器节点 n 随机计算得到一个随机数,该数范围在 $0 - 1$ 之间,如果该随机数小于指示函数值 $T(n)$,则该节点满足本轮成为群首节点条件。其中指示函数值 $T(n)$ 的定义如下。

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p * [r * \text{mod}(1/p)]} & n \in G \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

在第 r 轮开始时刻,每个节点 n 以概率 p 选择自己作为簇头节点,所有节点构成节点集合 G 。

经过簇头选举阶段之后,簇头节点必须立即通知网络中其他节点自己在本轮已经成为簇头节点,为此,每个簇头向周围节点广播一条公告信息(ADV),ADV 是短消息,只包含簇头 ID 以及一个分组头。其它非簇头节点根据其收到 ADV 信息的强度,选择通信能量最低的那个簇做为所要加入的簇,并向该簇头节点发送一条“请求”消息。簇头节点是本地控制中心,协调其分簇内的数据传输。簇头节点建立起群内的 TDMA 时间安排表,为每个成员分配时隙,并将此消息发回给自己的成员。

在稳定工作阶段,各成员节点根据 TDMA 表格安排与簇头节点通信,在其他节点通信时间则进入休眠状态,休眠状态通常可以关闭无线电模块,从而达到有效的节约节点能量的目的。

簇头节点必须时刻处于工作状态,以便接收到起成员节点发送来的全部数据,一旦接收到所有数据,簇头节点还要负责对数据进行累积、组合处理,加强公共信号、削弱信号间不相关噪声。最后簇头将数据传至 BS。在稳定工作阶段运行一段时间以后,节点能量发生变化,则进入下一轮的分簇。

3. LEACH 协议的主要特点

从优点方面来看,LEACH 算法采用高能量簇头随机轮换机制,让各个节点随机轮流竞争簇头节点,可以有效避免 WSN 中任意节点因为能量消耗过大而快速耗尽。同时簇头节点通过数据融合,减少了数据通信量,在通信过程中进一步节约了能量。LEACH 协议与其他路由协议的静态分簇算法相比,可以将网络生命周期延长 15% 左右。

另一方面,在选举簇头节点过程中,LEACH 并不考虑

剩余节点能量,这个机制在网络初期效果不会受到影响,但是随着网络生存时间的延长,簇头节点由于能量消耗大,容易很快失效。另外,LEACH 协议也忽略了对节点地理位置的考虑,在簇头节点选举过程中,各节点均参与竞争。同样是簇头节点,离基站较远的节点能量消耗过快,节点更容易失效,所以 LEACH 协议需要根据节点地理位置来进行算法的扩展。

三 改进的 EMC 路由协议

1. 簇头选举以及成簇过程

确定簇头节点个数通常是实施分簇的第一个步骤,LEACH 协议中对于簇头节点个数并没有明确的数值计算方法。整个传感区域被划分成多个网格,在网格内,节点自动形成簇,因此划分网格的个数也就是簇头节点的个数。选择簇头节点时需要充分考虑节点的剩余能量,根据每轮最小能耗的簇个数的数值计算方法来组成簇。EMC (Energy - based Multi - hop Clustering) 算法公式如下。

$$k = \frac{2 * M}{\sqrt{27 * r^2}} \quad (2)$$

从公式中来看,在传感器节点面积为 M 的区域中,利用每个传感器节点感应半径 r ,可得出传感器节点个数 k ,进而为下一步确定簇头节点做好准备。

确定好网络中簇头个数以后,进一步需要确定簇头节点。网络开始阶段的簇头节点选择可采用与 LEACH 一直的策略,这是由于网络开始阶段的节点能量本身就处于均衡状态。在整个网络运行过一段时间以后,需要将节点的剩余能量值考虑进来,可对指定函数值定义进行修改,新指定函数值定义如下。

$$T(n) = \frac{E_i * k}{E_{total}}$$

每个竞争簇头的节点的剩余能量 E_i 与上面确定的簇头节点个数 k 之乘积占整个网络中节点的能量百分比可用来做为新的指定函数值。

在确定簇头节点之后,EMC 算法按照 LEACH 算法的策略来形成分簇,采用簇头节点广播消息,其他节点监听消息的方式来确定分簇,节点收到消息后依旧根据其收到的信号强度以及剩余能量来确定要加入的群组并且即时与簇头节点通信。当整个分簇确定完成,簇头节点负责建立本簇的 TDMA 时间安排表,并将此表发回给成员节点,各成员节点根据时间安排与簇头通信,从而减少互相干扰。

2. 通信机制中的多跳通信策略

在 LEACH 的稳定工作阶段中,节点间通信通常采用单跳通信,而节约节点能量特别是成员节点能量的主要机制通常是控制节点功率以及采用非持续监听策略。对于簇头节点,多不考虑节点地理位置信息。此机制在网络生命初期,由于各传感器节点的能量均衡且剩余能量较大,为提高传输速度和增加可靠性,各节点多采用单跳通信。但是当网络运行一段时间以后,各节点能量逐渐降低,节

点能量均衡状态也会被打破。这个阶段 EMC 算法根据簇头节点的剩余能量以及地理位置信息来选择合适的簇头进行转发,在簇头节点间采用多跳通信机制,最终将数据传送回基站。要实现次多跳通信,首先假想将传感区域分隔成 k 个网格,每个网格确定一个簇头节点,分析各簇头节点到基站的距离以及簇头之间的距离大小,当簇头节点的剩余能量较小而又跟基站距离较远时,可就近寻找簇头节点作为转发节点,此计算机制应该进一步考虑计算所带来的能量损耗。

四 仿真结果与分析

对于 EMC 改进机制,直接分析模拟节点交互,哪怕是几十个节点之间的交互也非常困难。因此采用常用网络仿真器 NS-2 来评估 EMC 改进机制,主要从能耗以及网络生存周期上 LEACH 和 EMC 两者进行比较。NS-2 网络仿真器是一个针对网络技术的,免费开源的软件,被广泛应用在各种网络的仿真测试上,本质上是一个面向对象的离散时间模拟器。

在仿真环境中设置 100 个无线传感器节点和 1 个基站节点,传感器节点采用随机方式分布,整个传感区域设定为正方形的确定平面区域,基站节点远离传感区域。

根据模拟 LEACH 协议的整个网络生命周期时间为大约为 600 s,开始出现节点的死亡时间是 510 s,而 EMC 算法首节点的死亡时间是 600 s,运行至 750 s 时网络生命周期结束。通过网络生命周期的比较可以发现 EMC 比 LEACH 网络寿命要长 22% 以上。下图 2 是两者存活节点时间以及网络生存周期上的比较。

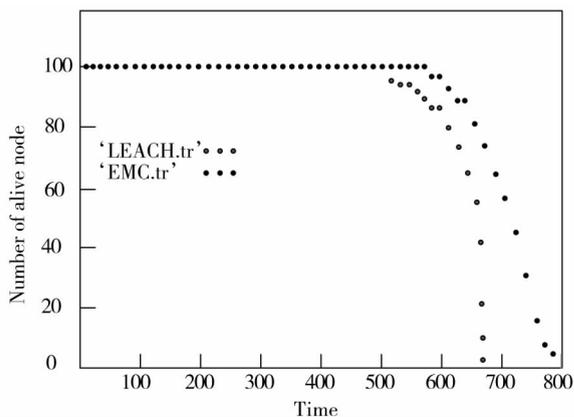


图 2 节点存活与生存周期比较图

EMC 协议在后期簇头选举过程中考虑了剩余能量及地理位置信息,并且采用多跳方式进行数据传输,因此在网络生命周期后期在能耗方面有了显著提高,能量消耗更均匀,进而延长了网络生命周期。图 3 描述的是两个协议随着时间而消耗能量的过程。由于两者在网络初期采用相同策略,而整个网络的能量消耗较少,因此图上两个协议在网络初期能量消耗基本相同。EMC 协议能耗优势特

别是在网络后期表现的非常明显。由于采用了多跳的传输方式,在能量消耗分布上趋于均匀,在 400s 时,LEACH 的总能耗为 180.2J,EMC 为 150.5J,比 LEACH 有效节约能量 20.7%。

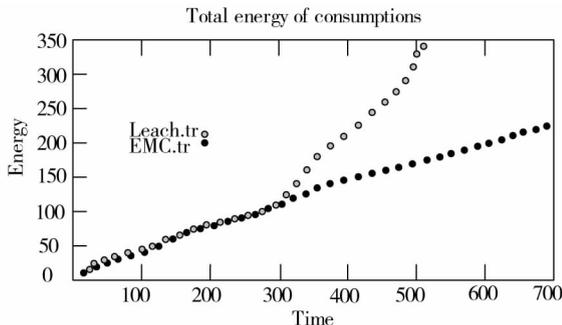


图 3 能量消耗比较关系图

五 结论

本文以典型无线传感器网络协议中的 LEACH 协议为基础,提出了一种新的路由算法:EMC 算法,改进了 LEACH 协议在确定簇头个数、簇头节点选举方面的不足,在网络周期后期采用多跳路由通信,使能量消耗趋于均匀分布。使用 NS-2 工具模拟仿真证明该算法有效地降低了节点能耗,延长了整个网络的生存周期。

参考文献:

- [1] 余静涛,胡同森,钟明霞.无线传感器网络路由协议 LEACH 的研究与改进[J].计算机系统应用,2009(2).
- [2] 张 擎,柴乔林.基于簇头冗余的 WSN 不等规模分簇路由[J].计算机工程,2011,37(14).
- [3] 王国军,王 田,贾维嘉.基于局部位置更新的无线传感器网络路由协议[J].高技术通讯,2007(6).
- [4] 党小超,郝占军.无线传感网中基于能量矩阵的多簇头分簇算法[J].计算机工程与应用,2011,47(19).
- [5] 刘俊峰,高随祥.基于网格的无线传感器网络分簇方法[J].计算机工程与设计,2007,5(9):2023-2025.
- [6] 王小明,卢俊岭,李英姝.模糊随机环境下的无线传感器网络多约束多路径路由[J].计算机学报,2011,34(5).
- [7] 张小波,程良伦.SAHR:一种基于分簇的无线传感器网络路由控制算法[J].电子与信息学报,2011,33(8).
- [8] 仲元昌,宋 杨.大规模无线传感器网络自适应节能路由算法[J].计算机工程与应用,2013,49(1).
- [9] 王 杉,庄钊文,王建新.移动自组网的 GloMoSim 仿真研究[J].中国测试技术,2006,32(2).
- [10] 张 铭,窦赫蕾,常春藤.OPNET Modeler 与网络仿真[M].北京:人民邮电出版社,2007.

(责任编辑 龙四清)