

基于 DBL 模型的网络节能研究

吕 振, 张 宇

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

摘 要: 在无线传感网络中, 多跳的分簇路由协议大多采用固定层边界的模型. 层边界固定的模型使得节点的备选簇头数量受限, 这样就会制约网络的生存时间. 针对 PMRC (Progress Multi-hop Rotational Clustered) 固定层边界模型对网络寿命的限制, 提出一种 DBL (Dynamic boundary layer) 模型, 即层边界动态变化的模型, 该模型可动态的改变相邻层的边界结构, 来平衡同一层簇头的能量消耗. 通过仿真实验表明此方法能够很好的实现能量的有效利用, 使网络生存时间得以延长.

关键词: 无线传感网络; 分簇路由协议; DBL; PMRC

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)11-0112-03

Research of the Network Energy Saving Based on DBL Model

LV Zhen, ZHANG Yu

(School of Electrical and Control Engineering, Liaoning University of Engineering Technical, Huludao 125105, China)

Abstract: In wireless sensor networks, many jump clustering routing protocol is used mostly fixed boundary layer model. Layer boundary fixed model makes the node of the cluster head optional quantity is limited, so will restrict the network life time. This paper PMRC (Progress Multi-hop Rotational Clustered) fixed layer boundary model for network life limit, this paper puts forward a DBL (Dynamic boundary layer) model, that is, the Dynamic changes of boundary layer model, this model can be used to Dynamic change of adjacent layer boundary structure, to balance the same layer cluster head of energy consumption. Through the simulation results show that this method can well realize the effective use of energy, and make the network survival time prolonged.

Key words: wireless sensor network; clustering routing protocol; DBL; PMRC

1 引言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN)^[1], 是近年来国际上信息领域的研究热点. 它结合了嵌入式计算、分布信息处理、网络及通讯等诸多技术, 是一门多学科高度交叉的前沿科学. 随着无线通信技术、微机电技术和电池制造技术的进步, 传感器节点的体积在逐渐减小的同时, 功能反而越强. 但是, 能量受限是无线传感器网络的一大特点^[2]. 因为无线传感器的工作环境恶劣, 或者特别复杂, 特别危险的地带, 一旦节点能量耗尽, 不利于及时的补充能量. 无线传感器网络通常采用多跳路由的方式进行数据的传递, 即节点具有收发数据的双层功能. 若因关键路径上的节点能量耗尽不能继续工作引起网

络拓扑改变, 导致分组重发, 造成能量浪费, 影响整个网络的寿命. 能量对于传感器网络来说都是非常重要的资源, 均衡并节约能量的消耗, 延长关键节点和无线传感器网络的生存时间, 是 WSN 能够进入实际应用的关键环节. 因此, 本文提出一种 DBL 模型, 即层边界动态变化的模型, 该模型可动态的改变相邻层的边界结构, 来平衡同一层簇头的能量消耗, 实现能量的有效利用, 使网络生存时间得以延长.

2 DBL 模型的实现

DBL 模型的目的是要避免固定层边界对网络寿命的限制, 使其能够根据需要动态变化, 以增加节点的候选簇头数量^[3], 最终完成整个网络的能量均衡分配, 达到延长网络生存时间的目的.

2.1 能量模型的建立

本文只考虑通讯给路由协议带来的能耗. 其能量模型如图 1 所示^[4].

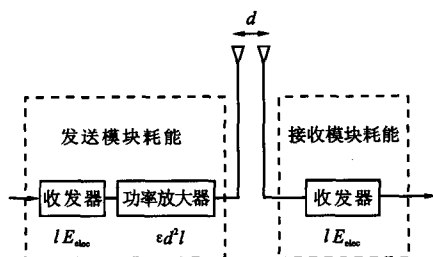


图1 无线通讯能量消耗模型

图1反映了发送模块发送 l bit 数据给距离 d 的接收模块, 在这个过程中, 双方的能耗情况. 从图中可以得出发送模块的能耗公式如下:

$$E_{tx} = \begin{cases} lE_{elec} + k_{amp}d^2, & d < d_0 \\ lE_{elec} + k_{amp}d^4, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (1)$$

则接收模块的能耗公式为:

$$E_{rx} = lE_{elec} \quad (2)$$

式中, E_{elec} 表示发射电路损耗的能量. d_0 表示源节点与目的节点间的距离. 当 $d < d_0$ 时发射功率呈 d^2 衰减, 当 $d \geq d_0$ 发射功率呈 d^4 衰减. d 为传送距离. ϵ_{amp} 表示放大器的能量损失率. 本文只考虑自由空间模型, 即 $d < d_0$ 时, E_{elec} 取典型值 $E_{elec} = 50\text{nJ/bit}$, ϵ_{amp} 取典型值 $\epsilon_{amp} = 10\text{pJ/bit/m}^2$ ^[5].

2.2 网络构建过程

网络构建过程的主要任务是完成层的划分, 以及簇头和簇成员的选择与归属问题. 节点的能量消耗主要来自于分组发送和接收, 因此簇头选择的主要目标是减少簇成员到簇头之间的通信开销.

假设每个节点有一个网络内唯一的 ID, 从内到外逐层构建网络, 最内层(第一层)的构建很简单, 所有节点选择 Sink 为簇头. 除最内层之外, 其余层的构建过程相同, 每一层的构建从 Sink 广播同步消息 CP 开始, 构建第 $k(k > 1)$ 层的过程描述如下:

步骤 1: Sink 广播 CP, 如果第 $k-1$ 层节点收到此消息, 判断自身剩余能量的多少, 看是否高于预定值, 高于预定值则向下广播邀请消息 BP, 此信息包含节点自身的 ID 号, 节点所属的层号, 以及节点剩余能量的情况等信息.

步骤 2: 若节点 s_i 收到来自 h_j 的邀请信息, 并且 s_i 的层号未知(初始时所有节点层号为 0), 则将 h_j 作为候选簇头, 并计算连接到 h_j 的代价 c_{ij} . 然后, s_i 从接收到的所有邀请信息的发送者中选择代价 c_{im} 最小的节点 h_m 作为自己的簇头节点, 即 $c_m =$

$\min\{c_{ij}\}$, 并回馈给簇头一个 HP 消息, 告诉他自己它是它的成员.

步骤 3: $k-1$ 层中收到簇头选择消息的节点广播簇头声明消息 CCP, 公告以自己为簇头的成员节点列表.

步骤 4: 如果一个节点未收到邀请信息 BP, 可以把自己的 ID 号和 CCP 消息进行比较, 看自己的 ID 是否在簇头声明消息 CCP 中, 如果在, 则把 CCP 的发送者作为自己的簇头, 并把簇头节点的层号减 1 作为自己的层号.

而一个网络的生命周期除了包括网络的构建, 还需要网络的重建, 重建过程是这样完成的. 当簇头节点感知自身能量低于门限值时, 由它广播 beacon 给自己的簇成员, 通知他们自己能量不够, 无法再作簇头, 此时簇成员接收该信息, 并发出网络重建请求给 Sink 节点, 网络重新建立. 整个网络的操作就这样依次循环下去, 直到有节点脱离网络无法维持网络的正常运行为止, 网络寿命结束. 其流程图如图 2 所示.

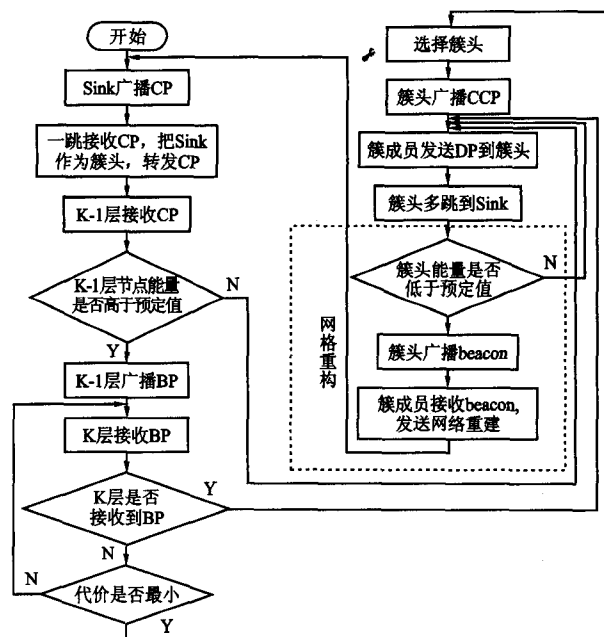


图2 网络流程图

3 系统仿真实验

为了验证 DBL 模型的性能, 采用 MATLAB 分别对 PMRC、DBL 模型进行仿真, 并分析比较它们的各项性能.

3.1 仿真实验环境

在 $250\text{m} \times 250\text{m}$ 的网络规模下, 节点数量为 400, 无线电传输范围分别是 $\{20, 40, 60, 80\}\text{m}$, 每个

节点的初始能量为 1J , $E_{\text{elec}} = 50\text{nJ/bit}$, $\epsilon_{\text{amp}} = 10\text{pJ/bit/m}^2$, 通道带宽为 1Mbps , 包产生率为 2pkt/s , 针对网络寿命进行仿真, 直到网络分离后结束。

3.2 传输范围对性能的影响

本实验的节点总数固定, 传输范围变化, 研究传输范围对网络性能指标的影响。

从图 3 可以看出, 随着传输范围的增加, 网络寿命明显延长。因为网络层数减少, 数据中转减少, 跳数减少, 候选簇头增加, 综合这几方面因素, 最终导致网络寿命延长。在相同传输范围内 DBL 的网络寿命要比 PMRC 长很多, 主要是因为 DBL 具有动态变化的网络层边界。

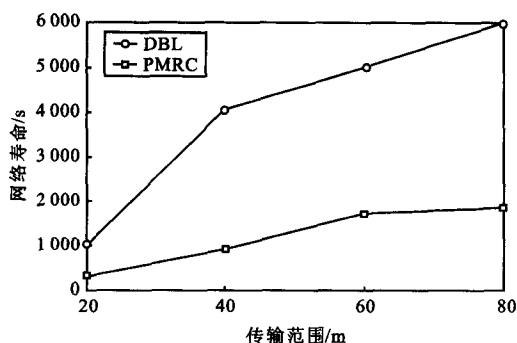


图 3 网络寿命

3.3 节点数量对性能的影响

从上一节可以看出传输范围 40 米是 WSN 中很关键的一个因素, 所以本节实验设定传输范围为 40 米, 通过改变网络中节点的总数来对 DBL 的各项指标进行分析, 源节点的数量依旧, 同时保持均匀分布在网络。如图 4 所示。

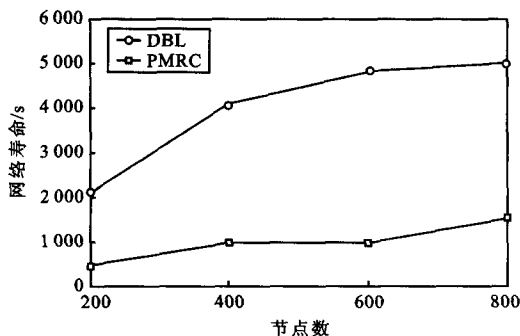


图 4 网络寿命

从图 4 可以看出, 网络寿命的增加与节点数量的增加是分不开的, 但是当网络节点数量增加到一

定时(图中为 400), 其寿命曲线增长的比较缓慢, 这与预想结果有一定出入。

3.4 仿真实验结果

通过仿真实验对 PMRC 和 DBL 模型的性能进行比较, 针对网络寿命长短这一点, 仿真结果证明了 DBL 模型有助于平衡不同簇头节点之间的能量消耗, 对网络寿命有较大改善。

4 结束语

本文针对固定层边界模型提出了动态层边界 DBL 模型和负载相似节点分布策略, 使其能够延长网络生存时间。从仿真结果可以看出本文满足设计要求。但是他们只能在一定程度上均衡节点间的能耗, 延长网络生存时间, 降低能量洞问题给系统带来的影响。但是如何从根本上采取有效的措施去解决此问题, 如何在节点能量有限的条件下, 使网络的生存时间得到最大化的提升是今后的研究方向。

参考文献:

- [1] 李焱, 张旗, 黄晓霞. 无线传感器网络综述[J]. 先进技术通报, 2009, 3(11): 2-6.
- [2] 李虹, 黄刘生. 无线传感器网络中节能相关若干关键问题研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2007: 15-17.
- [3] 杜玉红, 张晓敏. 无线传感器网络分簇算法研究[D]. 济南: 山东大学, 2007: 19-23.
- [4] Kohvakka M, Suhonen J, Kuorilehto M, et al. Energy-efficient neighbor discovery protocol for mobile wireless sensor networks[J]. Ad Hoc Networks, 2009, 7(1): 24-41.
- [5] Cerpa A, Estrin D. ASCENT: Adaptive self-configuring sensor networks topologies[J]. IEEE Transaction on Mobile Computing, 2004, 3(3): 272-285.

作者简介:



吕 振 男, (1963-), 教授, 硕士生导师。研究方向为无线传感器网络、计算机测控技术及仿真、智能控制。