

无线传感器网络阈值敏感的按需路由算法

归奕红

(柳州职业技术学院 电子信息工程系, 广西 柳州 545006)

摘 要: 针对路由算法对无线传感器网络 wsn 的能效影响很大, 将 AODV 协议和 TEEN 协议进行优势组合并加以改进, 提出一个阈值敏感的移动式基站按需路由算法, 算法通过设置门限值和数据聚合减少了数据的传输, 提高了网络的能效; 采用移动式基站并配合按需路由, 平衡了整个网络的能量消耗并节省了内存开销; 采取 CSMA 传输方式和故障自动修复等方法, 确保了网络的吞吐量. 通过对网络能耗和活跃节点数进行仿真实验, 结果表明, 该算法具有优秀的综合性能.

关键词: 阈值敏感; 按需路由; 移动式基站; 能量有效; 无线传感器网络

中图分类号: TP31 TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)06-0197-04

Threshold-sensitivity of On-demand Routing Algorithm for Wireless Sensor Network

GUI Yi-hong

(Department of Electronics & Information Engineering, Liuzhou Vocational & Technical College,
Liuzhou 545006 China)

Abstract: Routing algorithm has an important effect on wireless sensor networks. In the paper, TEEN protocol and AODV protocol are advantages combined and improved, a Threshold-sensitive Mobile Base Station On-demand Routing (TMBSOR) algorithm is presented. The algorithm sets the threshold and data aggregation to reduce the data transfer and improve network efficiency; uses mobile base station and with on-demand routing to balance the energy consumption of the entire network and save the memory overhead; takes CSMA transmission and automatic fault repair methods to ensure the network throughput. Energy consumption and active network nodes of the simulation results show that the algorithm has excellent overall performance.

Key words: threshold-sensitivity; on-demand routing; mobile base station; energy efficient; wsn

1 引言

在 WSN 中出于对带宽、功耗以及内存方面的限制考虑, 按需驱动路由 (如 AODV) 和响应式路由 (如 TEEN) 都是不错的选择.

AODV^[3] 是一个成熟的按需驱动平面路由协议, 根据需要进行点到点路由创建, 以减少广播数量, 当网络拓扑发生变化时, 能够快速收敛, 并具有断路自我修复的能力. AODV 协议存在一些不足: 当活动链路上的某条链路发生故障, 通常会造成多

个目标节点不可到达, 中断处的各链路上级节点对各链路进行本地修复 (广播 RREQ 消息), 容易造成中断处周围节点因大量转发 RREQ 消息而引起能量迅速消耗 (甚至死亡), 导致传输盲区; ADOV 协议根据距离矢量选择路由, 某些节点因频繁参与路由而过早死亡, 造成网络区域能耗失衡.

TEEN^[4] 是一个典型的响应型层次路由协议, 通过设定软、硬两个门限值, 可以调节系统的测量精度, 减少不必要的数据传输, 从而可以获得较低的能量消耗, 适合对数据变化敏感的应用. 但存在如下不

足;采用 TDMA(Time Division Multiple Access 时分多址)机制避免了数据传输冲突,但是如果一些节点长期没有数据发送,则造成时隙的浪费,增加了数据传输延时;无法区分没有数据需要发送的节点与失效节点(比如能量耗尽而死亡的节点)。

笔者汲取、综合上述两个协议的性能优势,并对其中的不足加以改进,提出一个阈值敏感的移动式基站按需路由(Threshold-sensitivity of Mobile Base Station On-demand Routing, TMBSOR)算法,目标是在一个低流量的 WSN 应用环境下,确保数据正常地传输,尽可能地延长网络的生存时间。

2 TMBSOR 算法设计

2.1 系统假设

在 TMBSOR 算法模型中,假设所有传感器节点拥有相同的资源,为同质网络;传感器节点部署后其位置不会发生移动,具有一个静态的拓扑结构,这是适合许多实际应用场景的,尤其在数据收集应用中(如环境监测、农业生产等);基站能量不受限且是移动的(移动路线大致如图 1 所示),采用移动式基站可以避免接近基站的簇由于频繁为其他簇转发数据而过早消亡,有利于实现整个网络的负载均衡^[5];在网络生命周期中,一些节点可能会出现故障(如能量耗尽而失效);网络节点自组织形成簇,簇成员通过簇头节点将感测数据传输给基站。

2.2 簇管理

根据部署的传感器节点的数据传输能力,网络区域划分为若干面积相等的正方形网格(图 1),该结构在网络生命周期内是稳定不变的。每个网格内的传感器节点自组织形成簇,在网络部署初期,各节点广播一条携带节点 ID、簇 ID 和剩余能量的 Hello 消息,剩余能量最多的节点当选为簇头节点。簇头节点负责将本簇成员节点的感测数据进行汇聚处理后向基站转发,当其剩余能量降低到预先设定的阈值 $E_{\min}$,将在簇内发起簇头选举消息,基于剩余能量选出新的簇头节点。

2.3 TMBSOR 算法描述

由于 TMBSOR 算法针对低流量环境,因此,簇内成员节点以 CSMA(Carrier Sense Multiple Access, 载波监听多路访问)的方式发送数据,避免了 TEEN 协议采用 TDMA 机制造成的时隙浪费;并采用活跃/休眠机制,在没有数据发送时,传感器节点的收发装置关闭以节省空闲开销。

借鉴 TEEN 协议的门限设置,当各簇的簇头节

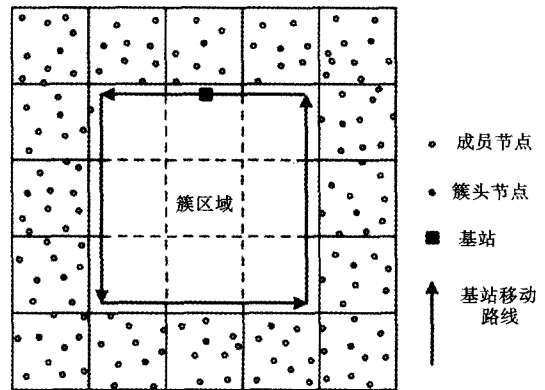


图 1 系统结构

点选举出来后,基站即向各簇头节点发送硬门限值(Hard Threshold, HT)和软门限值(Soft Threshold, ST),簇头节点将这两个门限值向本簇成员节点广播。HT 和 ST 取值大小可以根据具体应用要求进行设置,设置较小的 ST 可以得到更精确的数据,但增加了传输能耗;反之,设置较大的 ST 则可以减少不必要的数据传输,节省系统开销,但测量精度也随之降低。成员节点感测环境数据,如果其值大于 HT,则向簇头节点发送,并将该值作为新的 HT 保存到簇头节点的状态变量 SV 中。

由于基站是定期移动的,所以路由建立方法参考 AODV 协议的按需驱动式,并进行一些改良。首先,簇头节点对各成员节点发来的数据进行聚合处理,然后沿着基站所在方向,向邻居簇头节点组播路由请求(RREQ)消息,查询到达基站的路由。其邻居簇头节点收到组播后再向基站方向的邻居簇头节点转发(如果收到重复的 RREQ 消息,则作丢弃处理),直到到达基站。以组播方式代替 AODV 协议的广播,有效地节省了网络能耗。基站收到 RREQ 消息后,发回一条路由应答(RREP)消息,RREP 消息流经网络并决定从源簇头节点到基站的路由。得到路由后,簇头节点将聚合数据以多跳的方式向基站转发,并将该路由信息保存到缓存中,以供后续发送使用(路由信息在基站的一个移动周期内有效,过期则丢弃以节省存储空间),节省再次查找路由的开销。RREQ 消息采用序列号编码的方式,每次发送序列号依次加 1,以避免产生环路,并确保中继簇头节点只应答最新的消息。

此后,传感器节点继续感测环境数据,如果感测值与 HT 之差大于 ST,节点才发送新的感测数据,并将该差值作为新的 ST 值。为了解决 TEEN 协议中无法区分无数据发送节点与失效节点的问题,

TMBSOR 算法规定,网络中的活跃节点如果没有数据需要发送,其时间达到 n 个活跃/休眠周期(n 根据实用应用决定)时,则必须向所在簇的簇头节点发送一次感测数据。

算法伪代码描述如下:

```

Begin
  Sink: (HT, ST) → Ch // 基站向簇头节点发送硬、软门限值: HT、ST
  Chj: (HT, ST) → Cm // 簇头节点向簇成员广播 HT、ST
  k=0 // RREQ 消息序列号初值为 0
  if (Xcmi > HT) and (Xcmi = first) then
// 如果感测数据是第一次达到硬门限
    {goto: next1} // 转到 next 语句执行
    while ((Xcmi > HT) and (|Xcmi - HT| > ST) and (Xcmi ≠ first)) // 当感测数据 Xcmi 大于 HT, Xcmi 与 HT 之差大于 ST, 且不是第一次达到硬门限
    {
      Chj: ST = |Xcmi - HT| // 更新 ST
      next1: Cmj: Xcmi → Chj // 成员节点向簇头节点发送感测数据
      Chj: HT = Xcmi // 更新 HT
      X = (Xcm1, Xcm2, ..., Xcmn) // 簇头节点对收集到的数据进行聚合处理
      if (Route(Chj, Sink)) then {goto next2}
      // 如果缓存中找到该路由, 则转到 next2 语句执行
      inc(k) // RREQ 消息序列号加 1
      repeat
        Chj: RREQ(k) → Ch // 向基站发出路由请求消息 RREQ
        wait RREP // 等待基站的回复消息 RREP
      until RREP(k) or timeover // 直到收到 RREP 或已经超时
      if (RREP(k)) then // 如果收到 RREP
        {Chj: save Route(Chj, Sink) // 形成路由并保存到缓存中
          next2: X → Sink // 簇头节点沿路由向基站转发聚合数据
        }
      }
  }

```

end

对于发生链路中断后的处理方法,我们对 AODV 协议进行改进,收到路由错误(RERR)消息的节点将使用该路由的链路变得无效,但并不采用本地修复方式,而是采取由源簇头节点重新寻找路由的方法,以保证到达基站的最短路由,同时避免了故障周围节点能量聚降甚至死亡的缺点。

基站是定期移动的,其移动周期根据具体的应用要求决定。基站每次移动到一个新的位置,就向网络各簇头节点广播其位置信息,以便各簇头节点可以得知其所在方向,能够以组播的方式查询新路由。

3 仿真与分析

为了验证 TMBSOR 算法的性能,我们通过 NS2 进行仿真实验。仿真场景设置如下:400 个传感器节点随机分布在边长 400 m 的区域,节点初始能量为 1 J, TMBSOR 算法中活跃/休眠周期为 20 s (其中 16 s 为休眠状态),活跃节点每秒发送 1 个 64 比特的数据包,为了模拟门限值过滤, TMBSOR 算法和 TEEN 协议每 2 s 发送 1 个数据包;基站初始位于(200,300)处,其移动周期为 120 s,移动距离为 20 s,移动路线大致如图 1 所示。实验中将 TMBSOR 算法与 AODV、TEEN 协议进行比较,仿真各种方案下网络的能量消耗和活跃节点数。活跃节点数越多说明网络的能量均衡性越好,能有效地避免监测盲区,有利于延长整个网络的生存时间。

图 2 中显示了各种方案的网络能耗, TMBSOR 算法受到门限值的限制,减少了数据的传输,同时采用数据聚合、活跃/休眠机制等方法进一步降低了能量消耗;虽然基站的移动性使簇头节点需要组播查询消息,但是该消息包很小,而且可以通过设置较长的移动周期来进一步减少能耗,因此其对能耗的影响不大;从图中可以看到,其能耗是最低的。再结合图 3 进行分析,由于 TMBSOR 算法采用移动式基站,均衡了各簇的能量消耗,在网络运行中一直拥有最多的活跃节点数,这对于延长整个网络的生命周期作用显著;此外, TMBSOR 算法只需要保存最近的一条路由信息,大大节省了内存空间,因此, TMBSOR 算法的综合性能最佳。

TEEN 协议基于门限约束、数据聚合,其能耗次之;在网络运行后期,由于各区域能耗不均,其活跃节点数降低较快。

AODV 协议对监测数据不加过滤全部转发,而且没有采用数据聚合,造成较大的能量浪费;在数据

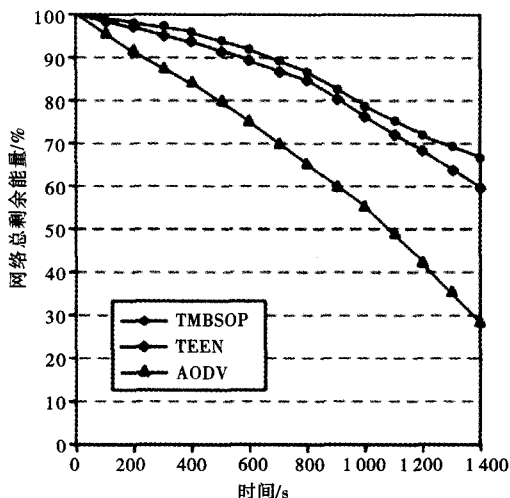


图2 网络能耗比较

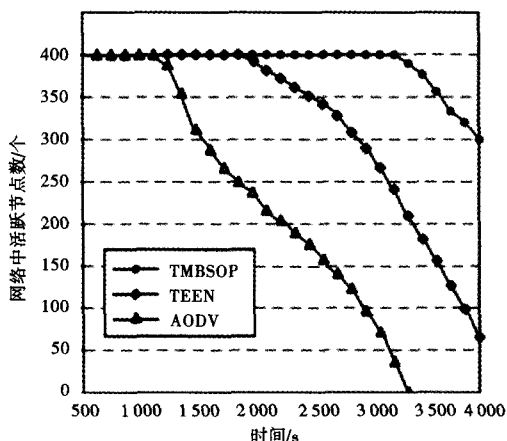


图3 活跃节点数比较

传输量较大的情况下,其泛洪请求路由的方式也使能量开销过大,是相对最耗能的方案.其距离矢量路由选择和故障本地修复方式易导致局部节点过早死亡,因此,其活跃节点数量也是相对最少的.

通过上述仿真及分析可知,本文提出的 TMBSOR 算法在内存要求、节能性、延长网络生命周期等方面,表现出最优秀的性能.

4 结束语

本文提出一个高效节能的 TMBSOR 算法.算法的创新之处在于:(1)将 AODV 协议和 TEEN 协议组合为基础算法并进行改进,有效地提高了网络的能量效率;(2)采用定期移动的基站收集聚合数据,均衡整个网络的能量消耗,显著地延长了网络的生命周期;(3)通过 CSMA 传输方式、重新路由以修复故障的方法,确保网络具有较高的吞吐量.

我们未来的研究工作,将在算法中加入安全方案设计,使算法能够应用到许多对安全性要求较高的场合,进一步扩展算法的实用范围.

参考文献:

- [1] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [2] Chang J Tassiulas L. Maximum lifetime routing in wireless sensor networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), 2004, 12 4:609-619.
- [3] Chakeres I, Belding-Royer E. AODV routing protocol implementation design[C]// proceedings of the 24th International Conference on in Distributed Computing Systems Workshops, 2004:698-703.
- [4] Manjeshwar A, Agarwal D P. TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks[C]// Proceedings of the 1st Int'l Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, San Francisco, USA:IEEE, 2001:2009-2015.
- [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.

作者简介:

归奕红 女,(1969-),硕士,副教授,研究方向为无线传感器网络路由协议研究、安全与节能.