

# 基于 Hello 机制的无线传感器网络路由优化

刘 健, 李方敏

(武汉理工大学信息工程学院宽带无线通信与传感器网络湖北省重点实验室, 武汉 430070)

**摘 要:** 在不同网络拓扑稳定性的情况下, AODV 协议都会产生一个固定的协议开销, 占用网络带宽。针对该问题, 提出一种自适应时间间隔发送 Hello 消息以达到功率控制、提高网络带宽、减小收敛时间的方案。该方案根据网络拓扑的变化缓急自动调整时间间隔发送 Hello 消息。仿真测试表明, 在其他条件相同的情况下, 使用自适应时间间隔发送 Hello 消息的机制能更合理地利用网络带宽, 优化网络性能。

**关键词:** 无线传感器网络; AODV 协议; 自适应时间; Hello 机制

## Routing Optimization of Wireless Sensor Network Based on Hello Mechanism

LIU Jian, LI Fang-min

(Hubei Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network, School of Information Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070)

**【Abstract】** This paper analyzes the shortcomings of fixed protocol expenses that occur under network topologies with different degrees of stability for Adhoc On-demand Distance Vector(AODV) protocol which occupy network bandwidth. It puts forward a method to transmit the Hello message through the auto-adapted time-lag to control the power, to enhance the network bandwidth, and to reduce the convergent time. This algorithm transmits the Hello message by adjusting time-lag automatically according to the change emergency of the network topology. Simulation tests indicate that on the same premise of other conditions, network bandwidth is more reasonably used and network performance is optimized by applying auto-adapted time-lag to transmit the Hello message.

**【Key words】** Wireless Sensor Network(WSN); Adhoc On-demand Distance Vector(AODV) protocol; auto-adapted time; Hello mechanism

### 1 概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)可以为许多现实问题提供低成本的解决方案, 近年来, 无线传感技术已成为网络研究中的一个热点课题。无线传感器网络是一种特殊的 Ad Hoc 网络, 受节点移动性、断接性、电源能力局限性等特性的限制, 导致网络的路由算法变得更加复杂。目前, 传统的无线传感器路由协议以极短的时间间隔发送 Hello 消息以及及时发现网络拓扑变化并进行维护, 但对于无线传感器的有些特性极其不适用。本文针对 AODV(Adhoc On-demand Distance Vector)协议进行基于 Hello 机制的优化设计。

### 2 AODV 协议原理及存在的问题

AODV 协议是在无线传感器网络中按需生成路由的典型协议。它要求每个节点维护一张路由表, 其中记载着正在与该节点进行通信的其他节点的路由信息, 包含目的节点的 IP 地址、目的节点序号、下一跳、跳数、生存时间、路由标志。

#### 2.1 AODV 协议的路由过程

为发现信宿, 源节点首先会建立路由请求消息(RREQ)报文, 其中包括目的节点的 IP 地址及序列号、源节点的 IP 地址及序列号、RREQ 经过节点的跳计数、广播 ID 等。信源会将 RREQ 报文广播发送给邻居, 收到 RREQ 的节点会进行转发, 直到信宿接收到 RREQ 或拥有信宿路由的节点接收到会应答报文路由应答消息(RREP)到信源, 并在途经的中间节点建立反向路由。如图 1 所示, 节点 N1 为信源, N8 为信宿。

N1 经过发送路由请求包 RREQ 获得了 N1-N2-N6-N8 的转发路径。

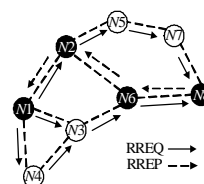


图 1 AODV 路由发现示例

如图 2 所示, N6 与 N8 间的链路中断连接, 此时 N6 会向邻居节点广播路由错误消息(RRER)报文, 最终传到信源, 信源收到 RRER 报文后会重新发送 RREQ 以获得新网络拓扑的路由, 最终获得 N1-N2-N5-N7-N8 的转发路径。

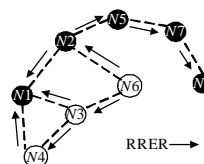


图 2 链路断后转发示例

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60773212); 湖北省国际合作基金资助重点项目(2007CA009)

**作者简介:** 刘 健(1989—), 男, 本科生, 主研方向: 网络服务质量, 新型网络体系结构; 李方敏, 教授、博士生导师

**收稿日期:** 2009-10-24 **E-mail:** [super.liujian@gmail.com](mailto:super.liujian@gmail.com)

## 2.2 AODV 协议的路由过程中存在的问题

传统的 AODV 协议存在种种问题有待发现与解决, 现也存在一些局部改进方案, 如 AODV-UCSB<sup>[1]</sup>, AODV-UIUC<sup>[2]</sup> 和 Kernel-AODV<sup>[3]</sup>。文献[4]增加了 Hello 消息的性能, 但对于能量要求比较苛刻的无线传感器网络来说, 增加了整体的发送功率, 反不利于提高节点的存活寿命。无线传感器受节点移动性、断接性等特性的制约, 使得邻居间会以极短的周期互相发送 Hello 报文, 以保持联系, 若在一段时间内没有收到 Hello 报文, 则认定为链路中断。文献[5]提出取消 Hello 消息的方案。

这种方案虽然减小了协议的维护开销, 节省了网络带宽, 但对变化较快的网络拓扑来说会减慢收敛速度, 使数据发送产生比较大的延迟。为了适应不同拓扑稳定性的网络, 通过优化 Hello 机制, 自适应时间间隔发送 Hello 消息以适应网络拓扑稳定性的变化, 降低协议开销并相对提升拓扑收敛速度, 优化网络性能。

## 3 AODV 路由协议的优化设计

针对无线传感器网络路由协议中 Hello 机制的策略缺点, 通过大量的实验拓扑研究分析, 提出一种自适应时间间隔发送 Hello 消息的算法。该算法的主要思想是: 根据所发送的 RRER 报文的频率变化动态调整发送 Hello 消息的时间间隔。当拓扑变化平滑时, 增大发送时间间隔, 增加网络带宽, 节省节点能量; 反之, 减小时间间隔, 提高收敛速度。从上述论述归纳出该算法的要点: (1)RRER 报文的优化设计; (2)网络拓扑变化缓急的判断; (3)增减 Hello 消息发送时间间隔的算法设计。

### 3.1 RRER 报文的改进

在 AODV 路由协议中, 只有当中间节点与下一跳的链路中断, 无法将数据传送给目的节点时才会广播 RRER 报文, 如图 2 所示, 无线传感器网络中 2 个邻居节点的连通性是通过节点以极短的周期发送 Hello 消息这种机制来反馈链路状况。在该自适应时间间隔发送 Hello 消息的算法中, 时间间隔的动态变化是依据 RRER 报文发送的频率来设定的。RRER 报文发送的频率越小, 证明该节点与邻居节点的网络拓扑变化相对较平滑; 反之, 该节点附近的网络拓扑变化相对剧烈。

该算法对 RRER 报文作了 3 点改进:

- (1)去掉报文中包含不可达目的地址的数目的字段;
- (2)在原 DestCount 位添加一个 RRER 报文发送次数的计数器;
- (3)在预留位中增加一个计数器字段。

图 3 为改进后的 RRER 报文格式。

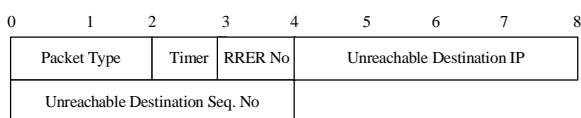


图 3 自适应时间间隔算法的 RRER 报文

### 3.2 辨别网络拓扑变化缓急的算法设计

通过大量的实验证明, 无线传感器网络的拓扑稳定性是随时间、位置等多种因素不断产生变化的。而拓扑变化缓急的策略是: 在建立路由后, 如果某 2 个中间节点间的链路中断, 则上一跳的节点会广播 RRER 报文; 如果该节点所处的拓扑变化剧烈, 则节点发送 RRER 报文的频率会急速上升。可以认为: 在一段固定时间内, 该中间节点发送 RRER 报文

的次数如果超过某一临界值  $N_{critical}$ , 则该节点周围的网络拓扑变化剧烈; 当这段时间内节点发送 RRER 报文的次数小于等于  $N_{critical}$  时, 则认定该节点所处的拓扑情况较稳定。相关的算法代码如下:

```
Route_arithmometer_create();//新建一个计数器
{ N0=1//设定 RRER 发送次数的初值
  if(sendError) N0= N0++;//如果发送 RRER 报文, 计数器加 1
  return N0;//将 N0 作为计数器返回值
}
Route_newtimer_create();//新建一个计时器
Newtimer::handle(Event*){//计时器服务例程
  N0=1; //计时器到达 T0 时为超时, 计数器变为初始值, 并再度
//调用计时器
  Scheduler::instance().schedule(this,&intr,T0);
}
```

### 3.3 自适应时间间隔调整的算法设计

自适应时间间隔调整算法指的是根据所发送的 RRER 报文来判断拓扑变化的缓急以动态调整发送 Hello 消息的时间间隔。当在  $T_0$  时间内满足  $N_0 > N_{critical}$ , 则认定为拓扑变化剧烈, 动态减小发送 Hello 消息的时间间隔  $T_{lag0}$  以加快收敛速度。当  $T_0$  时间内  $N_0 \leq N_{critical}$  时, 则认定拓扑变化平缓, 增大发送 Hello 消息的时间间隔  $T_{lag0}$ , 以达到功率控制, 节约网络带宽优化网络性能。该算法流程如图 4 所示, 其中涉及到的参数如下:

- (1)  $T_{lag0}$ : 发送 Hello 消息时间间隔初始值。
- (2)  $T_{reduce}$ : 拓扑剧烈变化时发送 Hello 消息时间间隔减少的时间参数。
- (3)  $T_{add}$ : 拓扑变化缓和时发送 Hello 消息时间间隔增加的时间参数。
- (4)  $nT_0$ :  $n$  倍计时器周期。

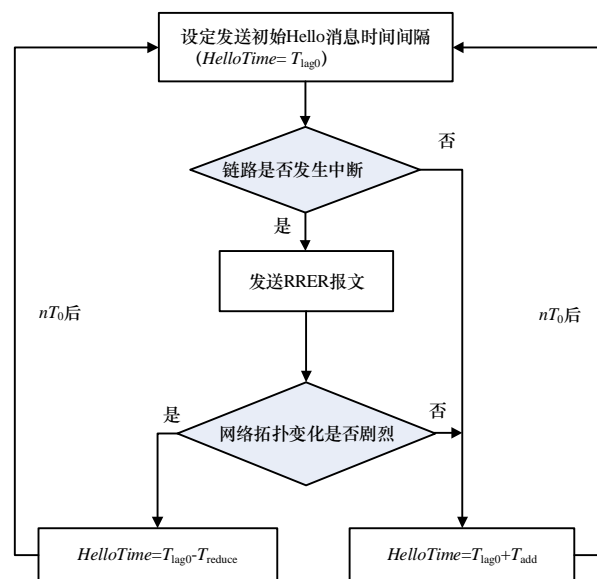


图 4 自适应时间间隔算法流程

## 4 仿真与测试

为了对该自适应时间间隔算法的 AODV 协议与传统的 AODV 协议的性能进行比较, 笔者基于 NS-2 对 2 个协议进

行了仿真比较分析。算法的有效性以协议开销以及收敛速度为度量指标。其中，协议开销=协议控制包总比特数/(协议控制包总比特数+传输数据包总比特数)。仿真环境参数设置如表 1 所示，网络拓扑如图 5 所示。

仿真参数	设定值
节点总数	50
仿真区域/(m×m)	1 000×1 000
MAC 协议	IEEE 802.11
仿真传输模型	TwoRayGround
队列缓存大小/packet	64
发送速率/(packet·s <sup>-1</sup> )	4
最大移动速率/(m·s <sup>-1</sup> )	10
接收阈值	3.076 45×10 <sup>-9</sup>
数据分组的长度/Byte	512
数据源类型	CBR
暂停时间/s	0~600
仿真时间/s	600

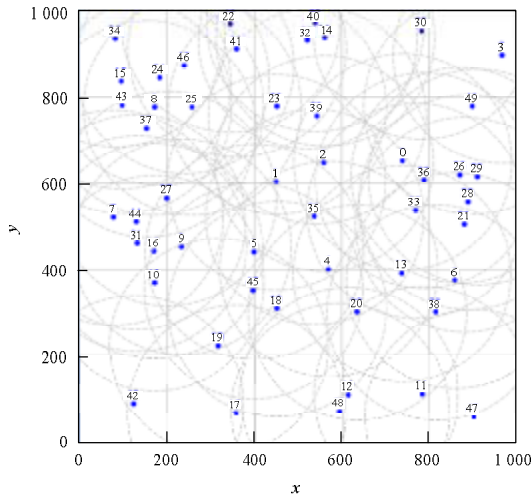


图 5 仿真环境网络拓扑

如图 6 的仿真结果所示，与传统 AODV 协议相比，采用自适应时间间隔发送 Hello 消息的 Adapted-AODV 协议的协议开销明显有所下降，使之更合理地利用了网络带宽，在不降低网络拓扑健壮性的前提下最大程度地节约了网络节点的能量以达到对功率的控制，对无线传感器网络的网络性能有了很大的改善，其中，协议开销表示收到的路由层协议报文数目/收到的 cbr 报文数目。

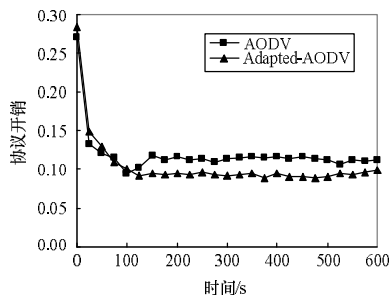


图 6 协议开销的比较

图 7 显示了 AODV 协议与 Adapted-AODV 协议在相同源节点情况下数据包得端到端延时。显然，Adapted-AODV 协议相对于传统的 AODV 协议，端到端延时相对较小，进一步提升了网络的整体性能。

为测试在网络拓扑变化剧烈的情况下采用自适应时间间隔发送 Hello 消息的 Adapted-AODV 与传统的 AODV 协议拓扑重新收敛的速度，在仿真过程中设置传输的中间节点 28 与邻居节点的链路突然中断，采用传统 AODV 协议的网络环境路由重新收敛时间为 3.073 886 216 s，采用 Adapted-AODV 协议的网络环境重新收敛并开始传送数据的时间间隔为 1.343 852 432 s。

仿真结果表明，在拓扑相对不稳定的情况下，采用自适应时间间隔算法的 Adapted-AODV 协议的重收敛速度明显变快，更适合无线传感器网络。

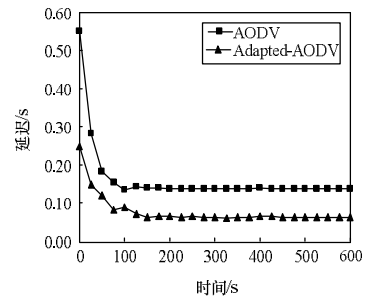


图 7 端到端延时的比较

## 5 结束语

本文对传统 AODV 协议进行简单分析，指出在不同网络拓扑稳定性的网络中使用相同协议开销的弊端。提出一种反馈自适应时间间隔发送 Hello 消息的算法。仿真结果表明，改进后的协议更合理地利用了网络的带宽，优化了网络的性能。目前，无线传感器路由协议算法由于节点的特殊性质而略显复杂，其中很多地方有待进一步改进和完善。

## 参考文献

- [1] Chakeres I D. AODV-UCSB Implementation from University of California Santa Barbara[EB/OL]. (2008-07-04). <http://moment.cs.ucsb.edu/AODV/aodv.html>.
- [2] Kawadia V, Zhang Yongguang, Gupta B. System Services for Implementing Ad-Hoc Routing: Architecture, Implementation and Experiences[C]//Proc. of the 1st International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services. San Francisco, CA, USA: [s. n.], 2003: 99-112.
- [3] Berndt L K. Kernel AODV from National Institute of Standards and Technology[EB/OL]. (2007-11-03). <http://w3.antd.nist.gov/wctg/aodvkernel/>.
- [4] Lundgren H, Nordström E, Tschudin C. Coping with Communication Gray Zones in IEEE 802.11b-based Ad Hoc Networks[C]//Proc. of the 5th ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia. Georgia, USA: [s. n.], 2002: 49-55.
- [5] 胡 钢, 钱文玲, 陈世志, 等. 基于无 Hello 消息的无线传感器网络路由技术的改进[J]. 传感技术学报, 2008, 21(1): 109-112.

编辑 顾逸斐