



一种能量平衡的无线体域网络 AODV 多播路由发现协议

谭劲, 张玉娟

(中国计量大学信息分院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 在动态网络拓扑中, AODV 协议通过数据源节点 S 泛洪广播 RREQ 消息请求到任意目标节点 D 的路由, 而在无线体域网络中, 只有一个 sink 目标节点, 除最短跳数路由上的节点外, 其他参与 RREQ 接收和转发的节点浪费了能量。提出了一种能量平衡的无线体域网络 AODV 多播路由发现协议, 通过在节点广播的 hello 消息中增加到 sink 的最小跳数 *hops*、到 sink 的下一跳节点 *next* 和节点本身是否具备转发能力 *isforward* 3 个参数, 只选择能到达 sink 节点的邻居节点参与转发 RREQ 消息, 变广播为多播, 有效地降低了路由发现的能量开销, 并通过能量平衡延长了 WBAN 的使用寿命。性能分析与模拟实验表明, 该协议在 RREQ 数量、数据传输率和能量消耗等方面优于相似协议 EAAODV。

关键词: 无线体域网; AODV 协议; 路由发现; hello 消息

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016204

An energy balance AODV protocol with multicast route discovery for wireless body area networks

TAN Jin, ZHANG Yujuan

College of Information Engineering, China Ji Liang University, Hangzhou 310018, China

Abstract: In AODV protocol with the dynamic topology networks, the source node S requests a route to an arbitrary destination node D with flooding broadcast the RREQ message, but there is only one destination node sink in a WBAN, other nodes involved in receiving and forwarding RREQ have wasted energy except the nodes on minimum hop count routing. An energy balance AODV protocol with multicast route discovery for wireless body area networks was proposed, it increased the minimum hop count to sink *hops*, the next hop node to sink *next* and the node itself has the forwarding capability *isforward* three parameters in a hello message, and selects neighbors which could reach the sink only to participate in forwarding the RREQ message. This protocol effectively reduces the energy cost of the routing discovery through changing the broadcast to multicast, and prolongs the service life of WBAN with energy balance. The performance analysis and simulation experiment indicate that the proposed protocol is more advantaged than similar EAAODV in the number of RREQ, packet delivery ratio and energy consumption.

Key words: wireless body area network, AODV protocol, route discovery, hello message

收稿日期: 2016-03-17; 修回日期: 2016-07-14

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目 (No.LY16F020013)

Foundation Item: The Nature Science Foundation of Zhejiang Province of China (No.LY16F020013)



1 引言

无线体域网(wireless body area network, WBAN)是位于人体内或外的传感节点的集合,用于监视人体周围环境和身体本身的功能^[1]。考虑到人体感受的舒适性和移动的方便性, WBAN 中的传感节点在重量和体积上比通用无线传感网络(wireless sensor network, WSN)要求更加严格且数据传输能量更加有效。由于人体移动、不同姿势、皮肤等对无线信号传播的影响, WBAN 中的路径丢失率高于通用 WSN。基于距离数组的按需路由^[2](Ad Hoc on-demand distance vector routing, AODV)协议比较适用于这种结构多变且需要最短路径(及时和能量有效)传输的 WBAN, 综合性能优于 OLSR(optimized link state routing)、DSR(dynamic source routing)协议^[3,4], 而 WBAN 较小的节点规模又弥补了 AODV 路由形成带来的时延不足^[5]。但由于其基于“最小跳数”作为路由的特点, 会使网络的中间节点过度转发数据而导致能量消耗过快和形成拥塞, 从而影响网络的端对端时延以及网络吞吐量。因此, 在 WBAN 中, 许多研究^[6-11]使用改进的 AODV 协议进行数据传输, 以满足时延、能量有效或优先级等性能指标。

AODV 协议为了在动态变化的网络拓扑中找到任意两个移动节点间的一条数据传输路径, 数据源节点 S 采用泛洪广播路由请求消息 RREQ 请求到目标节点 D 的路由。D 确定一条最短跳数的路由, 然后沿这条路由反向将响应消息 RREP 单播传送给 S。为了维护路由的有效性, 网络中每个节点通过周期性地广播 hello 消息(含有该节点的 ID), 告诉邻居节点有关它处于 active 状态的信息。邻居节点收到 hello 消息后, 就更新本地路由表中邻居节点的生命周期, 从而保证已有路径继续可用^[2], 这种周期性 hello 消息交换, 又叫邻居发现或 beacon^[12]。尽管它带来了一些开销, 但减少了路由发现时延, 增加了确定两节点间路径的有效性, 是多跳无线网络通信中必不可少且最重要的一步^[13]。参考文献[14]也证实了大多数 AODV 协议的实现采用了缺省的基于连接失败侦测机制的 hello 消息来维持局部连接。当 AODV 协议用于 WBAN 时, 结合 WBAN 本身的属性, 可以进一步提高 AODV 协议性能:

- WBAN 中只有一个固定的 sink 目标节点, 接收其他所有节点传来的数据, 采用泛洪的方式请求任意两节点间的路由是没有必要的;
- WBAN 中有些节点不能作为转发节点, 如吞服节

点、植入皮下节点及人体表面节点等, 受其体积限制, 其电池、存储器及运行的程序等在设计上就没考虑转发功能, 称这类节点为边界节点;

- 尽管 sink 节点在一定时间范围内可以收到多条 RREQ, 但只使用最短跳数的路由来传输数据, 除最短跳数路由上的节点外, 其他参与 RREQ 接收和转发的节点只起了“参考比较”的作用, 浪费了能量, 如果把这种“参考比较”放在维持连接过程中来完成, 可降低能耗;
- 邻居发现是多跳无线网络通信中必不可少的一步, 由于 WBAN 是以 sink 节点为中心的, 如果节点在广播的 hello 消息中含有自己到 sink 节点的最小跳数(sink 发出时其值为 0), 就为从数据源节点到 sink 节点的多播或单播路由发现带来可能;
- 如果长时间使用同一最短路径进行数据传输, 势必造成最短路径上的转发节点能量消耗过快, 当转发节点能量消耗到一定程度时, 应停止代替其他节点转发(自己正常工作), 以延长整个 WBAN 寿命。

本文提出了一种能量平衡的无线体域网 AODV 多播路由发现(multicast route discovery AODV, MRDAODV)协议, 通过修改 hello 消息(含有节点 ID、到 sink 节点的跳数 *hops*、到 sink 的下一跳节点 *next* 及是否具备转发功能 *isforward*), 以 sink 为中心, 周期性地逐级广播 hello 消息, 数据源节点只向能达到 sink 节点的邻居多播发送路由请求 RREQ, 变广播为多播, 同时考虑节点能量平衡, 中间转发节点根据自身能量消耗确定是否担任转发节点, 延长了 WBAN 的使用寿命。性能分析与模拟实验表明: 该协议在 RREQ 数量、数据传输速率和能量消耗等方面优于相似协议 EAAODV(energy aware AODV)。

2 相关工作

参考文献[6]提出了一种基于能量感知(energy aware)的 EAAODV 协议, 该协议通过选择有效的邻居节点(实际减少邻居数量)降低泛洪 RREQ 的开销。如果数据源节点和中间节点的某邻居节点的移动速度大于某阈值(文中设定为 5 m/h)或剩余能量小于某阈值, 就将其从邻居节点表中移除(不参与转发 RREQ)。每个中间节点在转发 RREQ 时, 将自己的剩余能量附加在 RREQ 上, 目标节点在收到 RREQ 后, 将所有中间节点的剩余能量复制到 RREP 消息中, 单播传回到数据源节点, 数据源节点和沿途中间节点

通过 RREP 消息就获取到其邻居节点的剩余能量。不足之处是节点剩余能量附加到 RREQ 上,逐级增加了 RREQ 和 RREP 消息的长度。Manfredi^[7]针对医疗保健监视系统,提出了一种基于协作的 C-AODV (cooperative AODV) 路由协议,该协议保留源节点与目标节点间的多条路由信息,选择参数为下级节点的队列 (queue) 长度,即选择队列长度较小的路由来防止拥塞,但获取下级节点的队列长度参数需要额外的开销。参考文献[8]针对医疗无线传感网络,提出了一种具有医疗能量有效 (medical energy efficient, M-EE) 的 AODV 路由协议,该协议根据传感节点感知的数据类型,给图像、视频类节点赋予更多的电池能量,然后根据节点间的距离、感知数据的优先级和数据类型计算能量消耗。如果这种消耗低于规定阈值,就让该节点参与 AODV 路由发现和数据传输,但获取节点间的距离带来了比较大的开销。由于传统 AODV 协议采用 FIFO (first in first out) 队列机制,不支持优先级数据传输,Ambigavathi 等^[9]通过在 WBAN 中每个节点维持两个优先级队列表,一个负责 on-demand 数据,另一个负责临界和紧急数据,提出了一种基于 AODV 的优先级数据传输协议,改善了 WBAN 的端到端时延和节点吞吐率等指标。参考文献[10]针对 WBAN 中数据安全和可靠性数据传输,提出了一种 relAODV (reliable AODV) 协议,该协议将 WBAN 中的节点分为两类:直接节点 (能与 sink 节点单跳通信) 和转发节点,只有转发节点才转发 RREQ 消息,直接节点扮演 sink 节点发送 RREP 消息,减少了路由发现的开销,并在数据分组中加入源节点签名增强数据的安全性。DRCA (dynamic route change algorithm)^[11]修改了 AODV 协议的 hello 消息格式,使得在动态变化的网络结构中 S 到 D 的路由跳数最短,提高了分组传输率,减少了端到端的时延。

本文研究与 EAAODV 协议^[6]有类似之处,都是通过减少转发 RREQ 和节点能量平衡,变广播为多播来提高 WBAN 的性能,但研究的切入点不同,主要区别有以下几点。

- EAAODV 通过修改原 AODV 消息本身和多播 RREQ 的条件,MRDAODV 只修改了多播 RREQ 的条件和 hello 消息格式,没有修改修改原 AODV 消息本身;
- EAAODV 通过 RREQ、RREP 消息来传递节点的剩余能量,由其相邻节点确定其是否具备转发能力,MRDAODV 节点自己确定是否具备转发能力,与其

他节点无关;

- EAAODV 通过检测节点的剩余能量和移动速度来发现网络结构的变化,MRDAODV 通过 hello 消息维持连接,更能准确及时地反映出网络结构的变化;
- 路由的维护两个协议都依靠 hello 消息,EAAODV 在路由形成后发现拓扑结构变化而返回 RERR 消息,而 MRDAODV 是在路由形成过程中返回 RERR 消息。

3 系统模型

本研究的系统模型与参考文献[5]类似,如图 1 所示,描述如下。

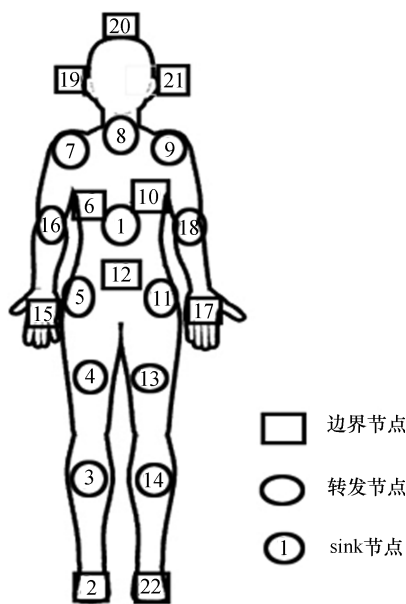


图 1 WBAN 结构

(1) 有 $N-1$ 个传感节点 $\{S_2, S_3, \dots, S_N\}$ 部署在被监护者身上或体内,每个节点有唯一 ID (大于 1, 为描述简单,该值与序号相同),节点互不相关。

(2) 有 1 个网关或 sink 节点,其 $ID=1$ (在 $ID=1$ 第 4.2 节邻居节点表中使用,表示无法到达 sink 节点),收集所有传感节点感知的数据,并负责与外界 (PDA 或 PC) 通信。

(3) 传感节点采用甚低功率的短距离传输,以一跳或多跳的方式向 sink 节点传送感知的数据。

(4) 传感节点 $\{S_2, S_3, \dots, S_N\}$ 分为两类:一类是具有感知和转发功能的转发节点,另一类是只感知自己数据的边界节点。转发节点能根据自己剩余能量确定自己是否转发其



他节点数据。

(5)不要求节点之间时间同步,但假定各节点时间相对同步。

4 协议描述

4.1 hello 消息

本研究的 hello 消息由节点 ID、到 sink 节点的跳数 $hops$ (取值 $0 \sim N$)、到 sink 的下一跳节点 $next$ (节点 ID, 从该节点到 sink 节点方向) 及是否转发消息 $isforward$ (逻辑值: 0 不转发, 1 转发) 组成, 不管节点怎么分布, 网络中两节点间的最大跳数小于 N 。因此, 任意节点到 sink 节点的跳数 $hops=N$ 时表示无法通过该节点到达 sink 节点。在图 1 中, sink 节点发出的 hello 消息内容为 (1, 0, 1, 1), 对任意中间转发节点, 收到其邻居节点广播的 hello 消息后, 先将其加入邻居节点表中 (见第 4.2 节), 然后查找邻居节点表中未过期的最小 $hops$ 值, 如果查找到有数据项的 $hops < N$ (说明该邻居节点能够到达 sink 节点), 就将该值加 1; 否则 $hops=N$ 。最后将加 1 或等于 N 的 $hops$ 值作为自己到 sink 节点的跳数, $next$ 用最小 $hops$ 值的邻居节点 ID 代替, 并计算自己的能量消耗, 确定自己是否具有转发能力, 形成自己的 hello 消息。对于图 1 中的节点 7, 会收到来自邻居节点 1、6、8、16、19 发出的 hello 消息, 但只有 sink 节点发出的 hello 消息 $hops$ 值最小 (0), 因此转发节点 7 发出的 hello 消息中: $ID=7, hops=1, next=1, isforward=1$, 即 (7, 1, 1, 1)。当转发节点 7 的邻居表中未有到 sink 节点的有效 ($hops < N$) 路由时, 其发出的 hello 消息为: $ID=7, hops=N, next=0$ (表示目前无法达到 sink 节点), $isforward=1$ (尽管是转发节点, 但不能转发), 即 (7, N , 0, 0)。对于所有边界节点, 收到其邻居节点广播的 hello 消息后, 只将其加入邻居节点表中, 自己发出的 hello 消息中的 $hops(N)$ 、 $isforward(0)$ 是固定的, 如边界节点 6 发出的 hello 消息内容为 (6, N , 1, 0) 或 (6, N , 0, 0)。

4.2 邻居节点表与本地路由表

在本文的研究中, 每个节点内保存一张邻居节点表和

一张本地路由表。邻居节点表就是该节点收到所有邻居节点发出的 hello 消息加上收到消息的时间 (接收节点自己的时钟, 作为有效判断依据), 表 1 列出了节点 7 的邻居节点的内容。

表 1 节点 7 邻居节点

ID	hops	next	isforward	time
1	0	1	1	接收时间
6	1	1	0	接收时间
8	1	1	1	接收时间
19	2	8	0	接收时间
16	2	5	1	接收时间

原 AODV 的本地路由表的表项主要有目标节点 ID 和下一跳节点的 ID 组成, 在节点收到 RREP 时形成该数据项^[9]。考虑到任意两节点通信, 该表可能有多项。在 WBAN 中, 由于 sink 节点是所有数据源节点发送数据的目标节点, 目标节点 ID 省略, 但增加一项到 sink 节点的跳数 $hops$ 。因此, 修改后的路由表由到 sink 节点的邻居节点 ID (来自 RREP) 和到 sink 的跳数 $hops$ (来自邻居节点表) 组成, 只有一条记录。

当数据源节点 S 需要发送数据时, 如果 S 没有到 sink 节点的路由 (本地路由表中无记录) 或当前邻居节点表到 sink 节点的跳数 $hops$ 小于本地路由表已有路由的 $hops$ 时, 数据源节点根据满足条件 $sendorforward$ (如图 2 所示) 的邻居节点多播发出 RREQ 请求, 否则继续使用原路由, 这样当 WBAN 拓扑结构变化时, 数据源节点能以最短路径将数据传送给 sink 节点 (尽管原路由可能继续有效)。某节点的邻居节点表中可能会出现多个 $next$ 值相同且 $hops$ 值不同的情况, 这说明 $next$ 节点充当了多条路径的关键节点。该节点发出 RREQ 请求时, 只选具有最小 $hops$ 值的 $next$ 节点发送, 排除其他 $hops$ 值的相同 $next$ 节点, 有效地减少了参与转发 RREQ 请求的节点数, 变广播为多播。如果出现多个 $next$ 节点且 $hops$ 值也相同的情况, 从表 1 中选择接收时间最新的节点转发。

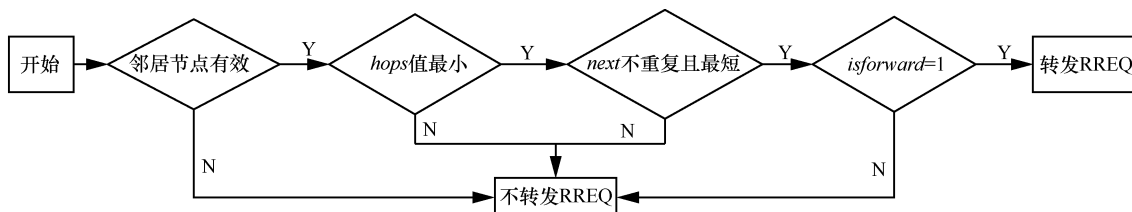


图 2 sendorforward 条件

isforward 的值根据式(1)中节点剩余能量 $E_{res,i}$ 大于某阈值而确定为 1 或 0,式(1)、式(2)中的 $E_{init,i}$ 和 $E_{con,i}$ 、 N_{t_i} 和 N_{r_i} 及 E_{t_i} 和 E_{r_i} 分别为节点 i 的初始化能量和消耗能量、发送与接收的字节数及发送和接收一个字节消耗的能量。

$$E_{res,i}=E_{init,i}-E_{con,i} \tag{1}$$

$$E_{con,i}=N_{t_i} \times E_{t_i} + N_{r_i} \times E_{r_i} \tag{2}$$

4.3 协议算法

本协议算法分为两部分：维持连接的 hello 协议和网络层的 MRDAODV 协议。

(1)hello 协议

步骤 1 sink 节点、转发节点、边界节点以周期 τ (广播 hello 消息周期)对邻居表中的节点进行有效性检查,如果 τ +接收时间小于节点自己的当前时间,说明邻居节点有效,否则说明邻居节点过期而移除该节点。如果该节点在本地路由表中,同时移除路由表中的项。

步骤 2 形成自己的 hello 消息(*ID,hops,next,isforward*)并广播,其值见第 4.1 节。

步骤 3 接收邻居节点的 hello 消息,插入或更新邻居节点表。

(2)MRDAODV 协议

协议中用到的发出或转发 RREQ 的条件 *sendorforward* 如图 2 所示,具体步骤如下。

步骤 1 当数据源节点 S 有数据发送时,先根据条件 *sendorforward* 检查是否有满足要求的邻居节点,如果没有就等待,否则进入步骤 2。

步骤 2 如果节点 S 的邻居表中有到 sink 节点的 *hops*=1 或邻居节点的 *next*=1 时,直接向 sink 节点(*ID*=1)或邻居节点单播 RREQ。

步骤 3 节点 S 检查本地路由表是否有到 sink 节点的表项(上次使用过的路由),如果没有就直接向满足条件 *sendorforward* 的邻居节点多播 RREQ 消息,否则,比较邻居节点的最小 *hops* 是否大于或等于路由表中的 *hops*。如果是,继续使用原路由,否则说明由于拓扑结构变化,节点 S 离 sink 节点更近,重新发出 RREQ 消息。

步骤 4 中间节点 M 收到 RREQ 后,检查自己的邻居节点表是否有满足 *sendorforward* 的数据项,如果没有,返回 RRER 消息,表示没有到 sink 节点的路由;否则,按步骤 2、步骤 3 的方式转发 RREQ。

步骤 5 sink 节点在一定时间内收到一条或多条来自 S 的 RREQ,选择最短跳数路由后,反向将响应消息 RREP

单播传送给源节点 S。

步骤 6 中间节点 M 收到 RREP,将邻居节点 ID 和该 ID 对应的 *hops* 加入本地路由表。

步骤 7 源节点 S 收到 RREP,按步骤 6 建立本地路由表,开始向 sink 节点传送数据。

步骤 8 如果源节点 S 在一定时间内收不到 RREP (可能收到 RREQ 消息),说明由于结构变化,没有到 sink 节点的路由,转步骤 1。

5 性能分析与实验对比

5.1 性能分析

广播 hello 消息频率越高,节点消耗的能量越大,参考文献[14,15]分析实验表明:当节点广播 hello 消息的周期超过 1 s 时,本身消耗的能量是很小的。本文综合考虑到 WBAN 中各类节点感知数据的频率,设置广播 hello 消息的周期为 2 500 ms,不考虑 hello 消息本身消耗的能量。

WBAN 中的节点移动是随人体姿势而移动的,尽管节点位置发生变化带来了网络拓扑结构的变化,但原有 AODV 路径可能继续有效(在有效传输距离内)。例如,在图 3 的 3 种姿势伸直手臂、立正和抱胸中,节点 15 到 sink 节点的路由 15→16→7→1 可能一直有效,MRDAODV 协议能根据这种变化,减少参与转发 RREQ 的节点数,找到最短路径传输数据从而节省能量。下面以节点 15 作为数据源节点,对 3 种情况的路由发现加以分析说明。

(1)伸直手臂

如图 3(a)所示,源节点 15 单播 RREQ 给节点 16,节点 16(其邻居节点 6、节点 19 为边界节点)单播 RREQ 给节点 7;节点 7 有两个具有转发能力的邻居节点 8 和节点 1,但 sink 节点就在节点 7 的邻居节点表中,选最短路径,节点 7 直接单播 RREQ 给节点 1,形成的路由为 15→16→7→1。

(2)立正

如图 3(b)所示,源节点 15 有 16、5、4、3 共 4 个邻居节点,其邻居节点表见表 2。4 个邻居节点可以通过节点 2 或节点 3 到达 sink 节点,但节点 5 的 *next*=1,排除其他节

表 2 节点 15 立正姿势下邻居节点

ID	hops	next	isforward	time
16	2	7	1	接收时间
5	2	1	1	接收时间
4	2	5	1	接收时间
3	3	4	1	接收时间

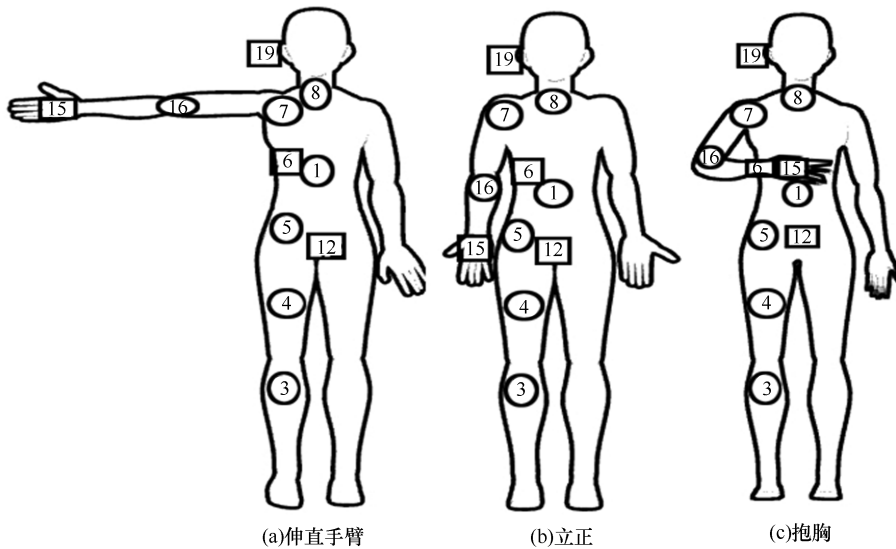


图3 3种姿势

点,向节点5单播 RREQ,形成的路由为 15→5→1。

(3)抱胸

如图 3(c)所示,源节点 15 有节点 16、6、5、7、12、8、1 共 7 个邻居节点,但到 sink 节点的 hops=1,形成的路由为 15→1。

从上面分析可以看出:“立正”和“抱胸”将“直手臂”的路由 15→16→7→1 分别改为 15→5→1 和 15→1,减少了传输跳数,节省了能量。

5.2 实验对比

在 NS-2.35 网络仿真环境下比较 EAAODV、MRDAODV 两种协议的性能,模拟参数除节点移动速度受 NS-2.35 最小值限制外,其他与 EAAODV 相同。由于 MRDAODV 邻居节点表中 hello 消息的接收时间为节点本地时钟,因此发出的 hello 消息只需要 ID、hops、next、isforward 4 个数据字段,ID、next 各占 1 byte(容纳 255 个节点),isforward(1 个二进制位)与 hops 共占 1 byte,因此 hello 消息的长度为 3 byte,模拟参数见表 3。

比较 EAAODV、MRDAODV 两协议发出的 RREQ 数量、能量消耗和数据传输率(PDR),能量消耗和 PDR 的计算参考式(1)、式(3)。假定节点每隔 5 s 产生一个数据,发送/接收一个字节都消耗 0.01 mJ 能量,即式(2)中 $E_t=E_r$,节点能量低于 40 mJ 不再转发其他节点数据,模拟结果如图4、图5、图6所示。

$$PDR=N_{dr}/N_{sd} \quad (3)$$

其中, N_{dr} 为在 sink 节点接收到的数据分组总数,

表3 模拟参数

参数	说明
模拟区域	5 m × 5 m
节点数 N	33(其中一个 sink 节点,4 个边界节点)
无线传输范围	1 m
模拟时间	3 600 s
无线模式	IEEE 802.11
数据分组大小	50 byte
hello 消息周期	2.5 s
电池模式	简单线性模式
路径损耗模型	两径模型
通道频率	2.4 GHz
节点初始能量	100 mJ
移动模式	RDMM(随机移动模型)
节点移动最大速度	0.01 m/s

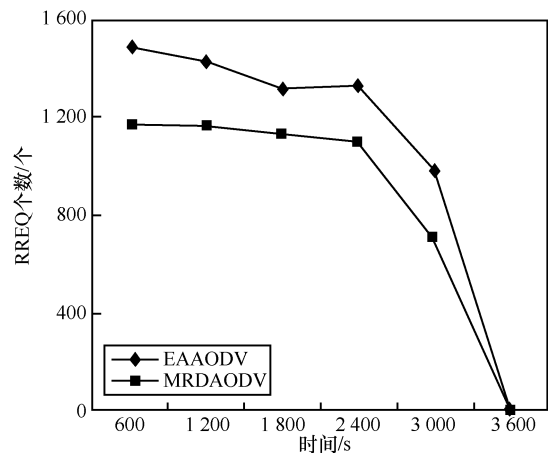


图4 RREQ 数量对比

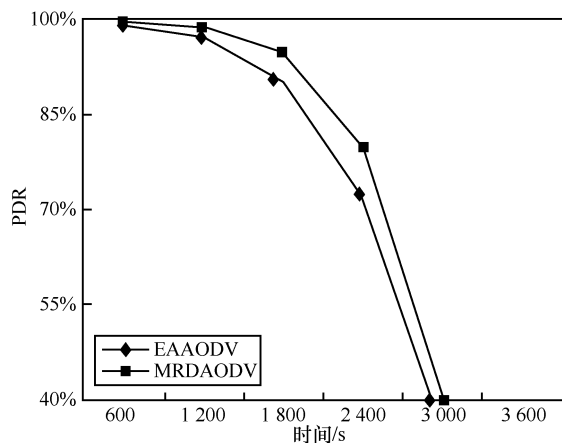


图5 PDR 对比

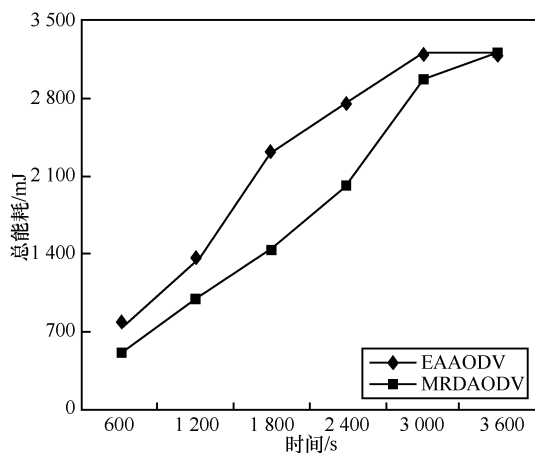


图6 能量消耗对比

N_{sd} 为数据源节点发送的数据分组总数。

从图4可以看出,MRDAODV协议RREQ数量少于EAAODV,在测试的前半段尤为明显,这是因为最初所有转发节点有足够的能量,EAAODV在这段时间相当于广播RREQ,而MRDAODV多播RREQ的条件是邻居节点能否到达sink节点,减少了RREQ数量。在2400s时,许多节点能量已低于40mJ,不再担任转发节点,两协议的RREQ数量下降都比较快。到3600s时能量全部耗尽,两协议的RREQ数量趋于0,MRDAODV比EAAODV发出的RREQ请求数量平均低20%左右。

在图5中,两协议的PDR区别不明显,MRDAODV优于EAAODV约3.5%。这是因为计算PDR未考虑时延、能耗等其他参数。随着时间的增加,部分节点已不参与转发数据,两协议PDR下降明显。MRDAODV性能优的原因是数据分组传输的平均跳数小于EAAODV,减少了碰撞和重发的概率。

图6为扣除sink节点的能量消耗。从图6中可以看出,MRDAODV协议的能量消耗比EAAODV要低,EAAODV协议在2900s时几乎所有节点能量耗尽,而MRDAODV协议在3500s时所有节点能量才趋于0,主要原因有两个:在路由形成过程中,EAAODV选择当前有效的路径作为传输路径(并不一定是最小跳数),参与转发数据的节点较多。而MRDAODV始终选择最小跳数路由,降低了能耗和传输时延;在所有节点能量都充足时,EAAODV相当于广播RREQ,而这时MRDAODV选择能到sink节点的邻居节点转发RREQ,进一步降低了能量消耗。

6 结束语

WBAN在部署方式、节点类型与规模、流量类型、时延、移动性等方面不同于通用WSN^[5],结合WBAN本身的属性设计新的传输协议,可以进一步提高WBAN各层协议性能。本文提出了一种能量平衡的无线体域网AODV多播路由发现协议MRDAODV,通过修改hello消息格式,以sink节点为中心,周期性地逐级广播hello消息,数据源节点只向能达到sink节点的邻居节点多播发送路由请求RREQ,降低了能量开销。同时考虑节点能量平衡,中间转发节点根据自身能量消耗确定是否担任转发节点,延长了WBAN的使用寿命。下一步工作准备研究WBAN在广播不同频率hello消息下的能量消耗规律,并研究在保证WBAN各节点连通性的情况下,如何降低广播的hello消息总数,进一步提高能量效率。

参考文献:

- [1] HA I. Technologies and research trends in wireless body area networks for healthcare: a systematic literature review [J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2015: 4.
- [2] MAURYA P K, SHARMA G, SAHU V, et al. An overview of AODV routing protocol [J]. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 2012, 2(3): 728-732.
- [3] AGARIYA S, MEHROTRA R. Performance evaluation of routing protocols in different wireless healthcare scenarios [J]. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies, 2013, 6(3): 373-388.
- [4] AYATOLLAHITAFTI V, SHARIATMADARI S, NGADI M A. Evaluation of Ad-Hoc routing protocols on body area networks [J]. International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering, 2013, 4(2): 523-527.



- [5] 谭劲, 王艺静, 张曼曼. 一种及时可靠的无线体域网传输协议[J]. 传感技术学报, 2014, 27(2): 233-240.
TAN J, WANG Y J, ZHANG M M. A timely and reliable transport protocol for body area networks [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2014, 27(2): 233-240.
- [6] MURTHY J K, RAO V S. Improved routing protocol for health care communications [J]. Open Journal of Applied Biosensor, 2013(2): 51-56.
- [7] MANFREDI S. Reliable and energy-efficient cooperative routing algorithm for wireless monitoring systems [J]. IET Wireless Sensor Systems, 2012, 2(2): 128-135.
- [8] HAMRIOUI S, LORENZ P, LLORET J, et al. Energy efficient in medical Ad Hoc sensors network by exploiting routing protocols [C]//IEEE Global Communications Conference, December 8-12, 2014, Austin, TX, USA. New Jersey: IEEE Press, 2014: 2417-2422.
- [9] AMBIGAVATHI M, SRIDHARAN D. Priority based AODV routing protocol for critical data in wireless body area network[C]//3rd International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN), March 26-28, 2015, Chennai, India. New Jersey: IEEE Press, 2015: 1-5.
- [10] RAJA K S, KIRUTHIKA U. An energy efficient method for secure and reliable data transmission in wireless body area networks using RelAODV [J]. Wireless Personal Communications, 2015, 83(4): 2975-2997.
- [11] CHOI Y, KANNG D, BAHK S. Improvement of AODV routing protocol through dynamic route change using hello message[C]//International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), October 22-24, 2014, Busan, Korea. New Jersey: IEEE Press, 2014: 117-121.
- [12] COHEN R, KAPCHITS B. Continuous neighbor discovery in asynchronous sensor networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN), 2011, 19(1): 69-79.
- [13] KHAN A A, REHMANI M H, SALEEM Y. Neighbor discovery in traditional wireless networks and cognitive radio networks: Basics, taxonomy, challenges and future research directions[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2015(52): 173-190.
- [14] GOMEZ C, CATALAN M, MANTECON X, et al. Evaluating performance of real ad-hoc networks using AODV with hello message mechanism for maintaining local connectivity[C]//IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, September 11-14, 2005, Berlin, Germany. New Jersey: IEEE Press, 2005: 1327-1331.
- [15] PATEL K, VASVADA T, VEGAD M. Effect of hello message on performance of Ad-Hoc on-demand routing protocol [C]//National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology, May 13-14, 2011, Gujarat, India. [S.l.:s.n.], 2011.

[作者简介]



谭劲(1962-),男,博士后,中国计量大学副教授,主要研究方向为无线网络与通信、多媒体技术。



张玉娟(1992-),女,中国计量大学硕士生,主要研究方向为无线传感网络。