

# Zigbee 路由协议在车载自组网监控系统中的性能研究

范青刚 叶雪梅 蔡艳宁

(第二炮兵工程大学理学院计算机教研室 西安 710025)

**摘要** 从无线车联网的实际需求出发,提出了一种双层拓扑结构的网络模型,并通过 NS2 软件进行模拟仿真,对簇树、AODVjr 和 ZBR 3 种路由协议在车联网应用环境下的性能做出了详细分析。结果表明 ZBR 协议能够在保持较高分组递交率和较短时延的前提下,大幅降低网络的控制开销。

**关键词** 双层拓扑结构,NS2 仿真,路由协议

中图分类号 TP393.04 文献标识码 A

## Performance Evaluation of Zigbee Routing Protocol in VANET Monitoring System

FAN Qing-gang YE Xue-mei CAI Yan-ning

(Computer Staffroom, Science College, The Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China)

**Abstract** Considering the fact requirement of wireless network among vehicles, a network model named double-deck topology structure is proposed, and is simulated by NS2. At the same time, the performance of three kinds of routing protocol, which are Cluster-Tree, AODVjr and ZBR, in the application of wireless network among vehicles is studied. The simulation experiment demonstrates that ZBR routing protocol can decrease control overhead while keeping higher packet delivery rate and shorter time delay.

**Keywords** Double-deck topology structure, NS2 simulation, Routing protocol

### 1 引言

车载自组网中车辆间的互通互连、自身车况及车队周边态势的感知都是车队整体行进需要关心的问题,而车载自组网不同于传统的移动 Ad hoc 网络(MANET),其车辆运行轨迹被限制在道路上、带状密度高、移动速度快、随机性低、受周边环境影响显著<sup>[1]</sup>。对于车辆自身诸多数据的感知,都需要借助传感器网络。本文深入研究了 ZigBee 网络中的路由协议,并在高速移动车队的特定环境下,通过 NS-2 仿真器给出了不同协议的性能分析。

### 2 车载自组网的双层网络模型

根据设备功能的不同,802.15.4 标准将 ZigBee 网络中的设备分为全功能设备(Full Function Device, FFD)和简化功能设备(Reduced Function Device, RFD),其中 FFD 具备 IEEE802.15.4 协议的全部功能,RFD 根据具体的应用需求实现了 IEEE802.15.4 全集协议中的一部分功能。根据设备在 ZigBee 网络中承担任务的不同,设备可分为 ZigBee 协调器、ZigBee 路由器和 ZigBee 终端设备,协调器和路由器必须是 FFD,终端设备可以是 FFD 或 RFD。在 ZigBee 网络中,至少有 1 个 FFD 担任协调器的角色<sup>[2]</sup>。

ZigBee 网络支持 3 种拓扑结构网络,即星型、网状和簇树

状。其中,星型拓扑网络的构建中,最先启动的 FFD 自任协调器适用于距离较近,节点数较少的网络。网状拓扑网络本质上就是点对点对等拓扑网络,网络中的大部分节点为全功能设备 FFD,通过多跳通信的方式,能够拓宽网络覆盖范围,具有自组织、自修复的组网能力。当然,网络不可以无限扩大,因为随着网络的扩大,无线网络中存在的延迟和丢包问题就会越来越严重。簇树状拓扑网络是网状拓扑网络的特例,其中的简化功能设备 RFD 总是作为叶子节点加入簇树状拓扑网络中。

针对车队监控系统既需要对自身车况的监测预又需要对周边行使环境态势的感知和保障整体车队的通信,所以本文提出一种能够将车载网和车域网双网融合的链式拓扑网络结构。

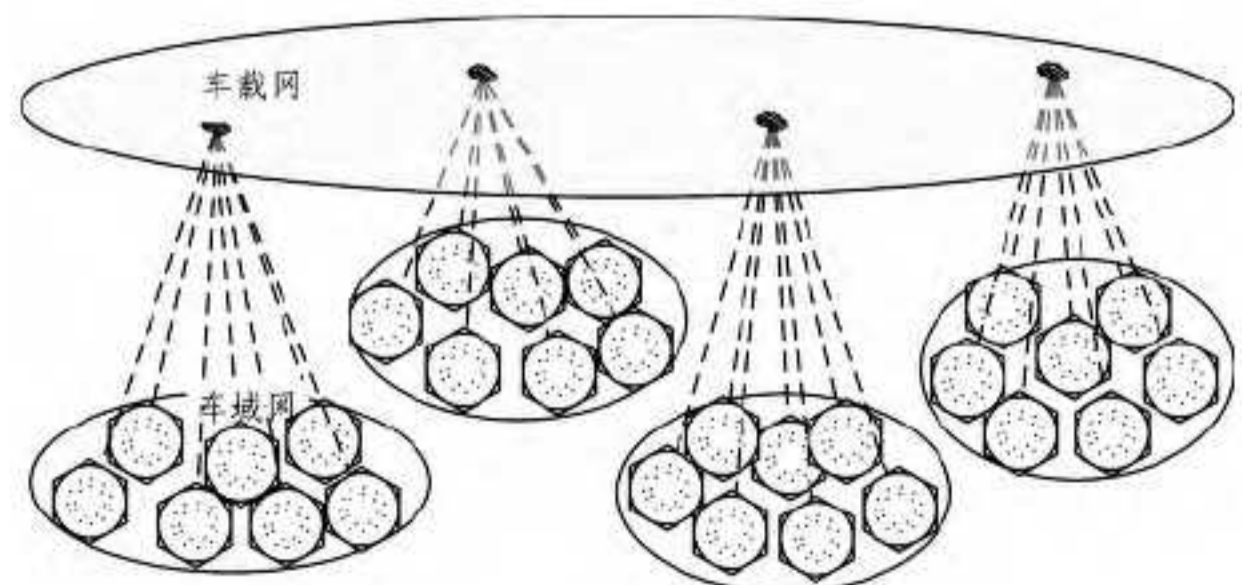


图 1 车载网和车域网示意图

范青刚(1983-),男,讲师,主要研究方向为计算机网络,E-mail:95843509@qq.com;叶雪梅(1966-),女,教授,主要研究方向为车载自组网;蔡艳宁(1980-),女,讲师,主要研究方向为计算机仿真、支持向量机。

车域传感网<sup>[3]</sup>简称车域网,是由许多在车辆上分布配置的传感器装置组成的一种无线网络(如图1所示),这些传感器装置协作地监测不同位置的物理或环境状态,如温度、湿度、速度、加速度、车距、位置、能见度等。车域传感网可实现对单台车辆各参数的自动感知、信息融合及传递。

车载自组网简称车联网,即将配有无线通信模块的车辆作为网络节点(如图1所示),移动中的车辆以一种分布和多跳方式进行通信,不需要依赖固定网络基础设施,就能够为道路上的车辆提供大容量的实时通信。

### 3 Zigbee 路由协议

Cluster-Tree 路由算法<sup>[4]</sup>:节点收到分组后立即将分组传输给下一跳节点,没有路由发现过程,且节点也不需要维护路由表。优点是减少了路由协议的控制开销和节点能量消耗,并且降低了对节点存储能力的要求。缺点是簇树建立的路由往往不是最优路径,会造成分组时延较高,而且较小深度的节点往往业务量大,较大深度节点的业务量小,即造成了通讯的不均衡,很容易造成供电能力有限的节点提前死亡,而导致网络分割。

AODV<sub>jr</sub> 算法<sup>[5]</sup>:ZigBee 采用的 AODV<sub>jr</sub> 算法不同于传统的 AODV 算法,采用的是其简化版。AODV<sub>jr</sub> 中规定只有分组的目的节点可以回复 RREP,即使中间节点存有通往目的节点的路由也不能回复 RREP。AODV<sub>jr</sub> 不存在 AODV 中的先驱节点列表,从而简化了路由表结构。AODV 中节点如果探测到下一跳链路中断则通过上游节点转发 RERR 分组,通知所有受到影响的源节点。而在 AODV<sub>jr</sub> 中,RERR 仅转发给传送分组失败的源节点,因而不需要先驱节点列表。在数据传输中如果发生链路中断,则 AODV<sub>jr</sub> 采用本地修复,同样由于没有使用目的节点序列号而仅允许目的节点回复 RREP。如果本地修复失败,则发送 RERR 至数据分组的源节点通知它由于链路中断而引起目的节点不可达。其 RERR 的格式也被简化为只含一个不可达的目的地址,而不是多个不可达的目的地址。AODV 中节点周期性地发送 HELLO 分组,为其他节点提供连通性信息;而 AODV<sub>jr</sub> 中节点不发送 HELLO 分组,仅根据收到的分组或者 MAC 层提供的信息更新邻居节点列表。

ZigBee 路由<sup>[6]</sup>:在 ZigBee 路由中,可以将节点分为两类:RN+ 和 RN-。其中 RN+ 是指具有足够的计算能力和存储空间执行 AODV<sub>jr</sub> 算法的节点;RN- 指不具有存储空间和计算能力执行 AODV<sub>jr</sub> 算法的节点。RN- 收到一个分组后只能执行簇树算法。

## 4 NS2 仿真实现

### 4.1 NS2 的仿真原理

NS2 的全称为 Network Simulator Version 2。它是面向对象的、离散时间驱动的网络环境模拟器。NS2 平台不收取

使用费用,并且提供公开的源代码,使得研究人员很容易进行网络开发。时至今日,它所包含的组成模块已经相当丰富,几乎涵盖了网络技术的所有方面。所以,NS2 成了目前学术界广泛使用的一种网络模拟软件<sup>[7]</sup>。

NS2 由事件调度器、网络元素对象库和网络设置模型库 3 个主要部分组成。其中调度器是仿真器的重要组成部分,它记录当前时间,调度网络事件链表中的事件。网络元素对象包括节点(Node)、链路(Link)、代理(Agent)、业务追踪(Trace)和数据源(Data Source)等;节点、链路、代理同时继承了 NS Object 和事件处理器类,处理多项事务<sup>[8]</sup>。

NS2 采用分裂对象模型——将对象分裂为两部分进行描述,即 Otel 类对象和 C++ 类对象。基于分裂对象模型,NS 采用两级体系结构——编译和解释。编译层由 C++ 类组成,C++ 语言执行速度快但修改和编译速度慢,故只用于编译层协议细节的实现;前端是一个 Otel(Object Tool Command Language)解释器,Otel 修改快且支持交互操作,用于建立和设置模拟环境。仿真器内核定义了有层次的编译类结构;在 Otel 解释器中有相似的解释类结构。用户通过解释器创立新的仿真对象之后,解释器对它进行初始化,与编译类结构中相应的对象建立映射。

### 4.2 仿真场景设置

为了对在高速移动车队的特定环境下 ZigBee 网络中的不同路由协议的性能作出分析,实验采用如表 1 所列的仿真参数。

表 1 仿真参数

场景	600 * 200
节点移动模型	Manhattan 模型,节点在路口转弯概率为 20%,道路数量为 3*3,2 车道
无线传播模型	shadowing 模型,路径衰落指数 $\beta=2.5$ ,标准偏差 $\sigma_{dB}=3.0$
工作频段	2.4 GHz
发射功率	17 dBm
天线类型	全向天线,高度 1.5m
MAC 协议	IEEE 802.15.4 RTS/CTS 握手方式
路由协议	C-Tree/AODV <sub>jr</sub> /ZBR
应用层	CBR 数据包,大小 85 字节,发包间隔为 1s。采用 UDP 链接,随机选取网络中 50% 的节点为发包节点

MAC 层采用 IEEE802.15.4 协议,分别对 3 种路由协议进行对比分析。模拟场景为 600 \* 200 矩形,11 个主节点,每个主节点绑定 7 个终端节点,场景持续 100s。流量场景为 cbr 数据流,其中车辆间主节点间可以互相通信,车内终端节点只能与本车主节点通信,不能与其他车内的节点通信。无线传播模型采用 shadowing 模型,节点移动模型采用 Manhattan 模型。应用层采用 CBR 数据包,大小为 85bytes,发包速率为 1P/s。采用 ZBR 路由时网络中共有 5 个 RN+ 节点。

用 NS2 进行模拟。执行命令:ns wpan-zlm.tcl,模拟结束后,打开“.nam”的动画模拟图像,可以清楚地看到车联网中节点间的通信过程,模拟结果如图 2 所示。

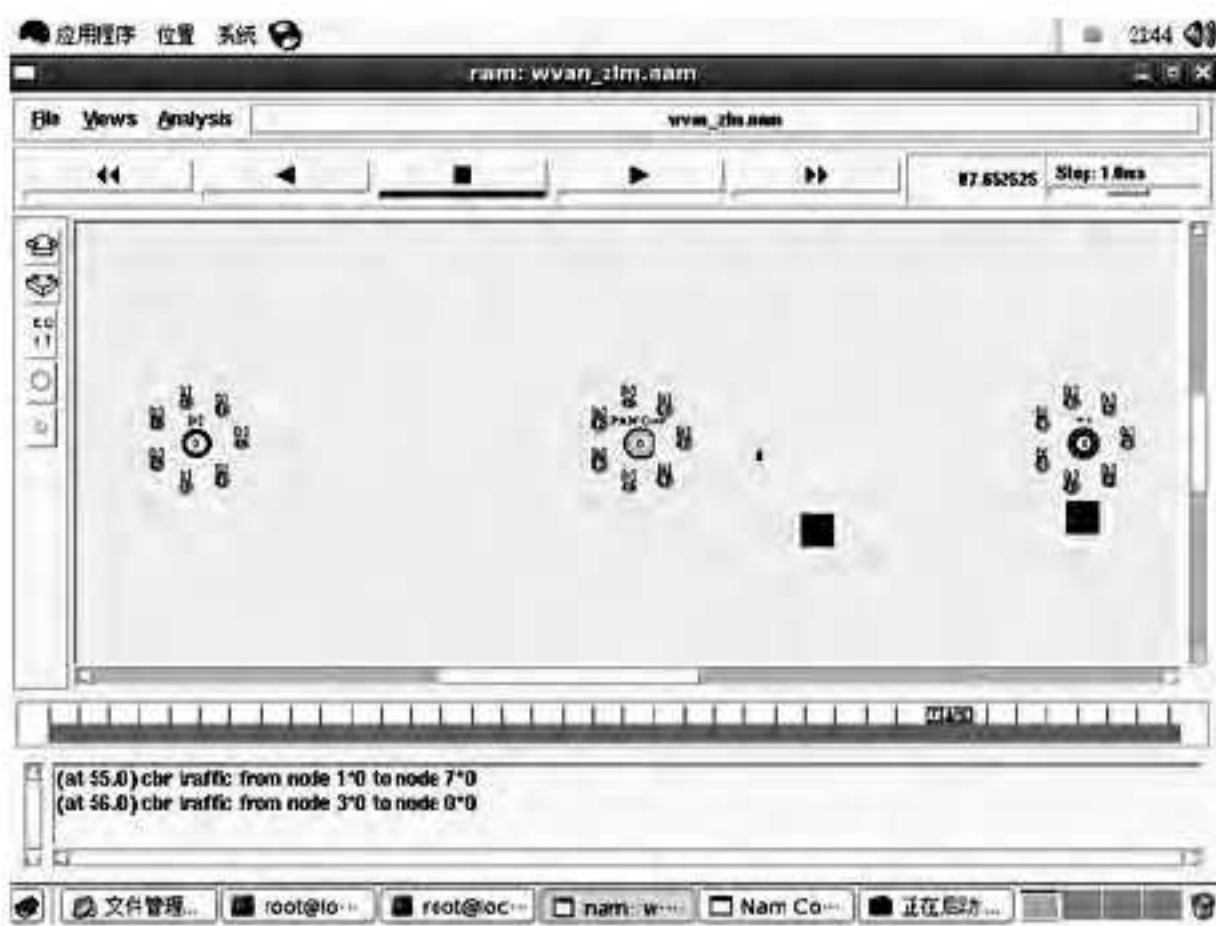
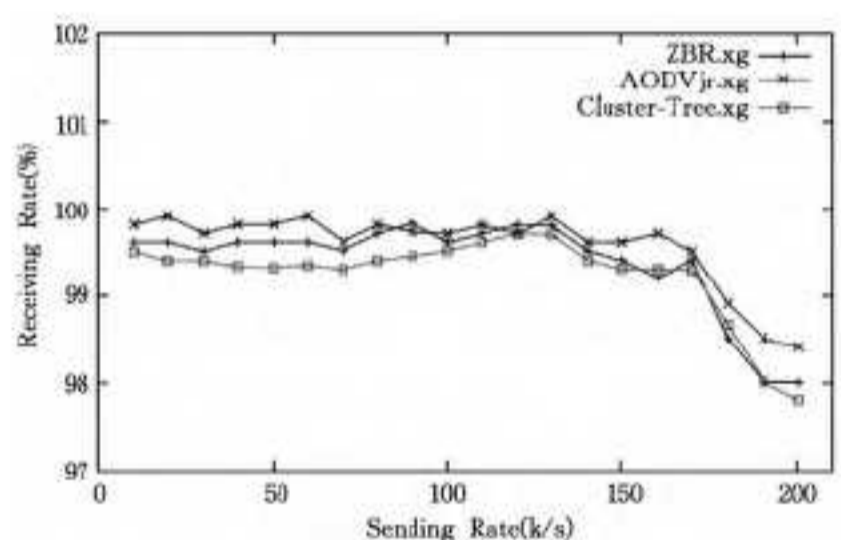
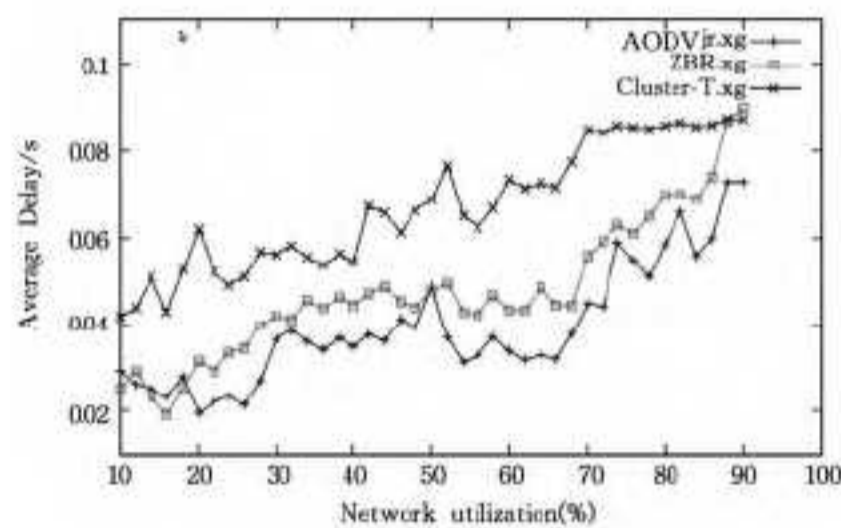


图2 NS2 模拟结果

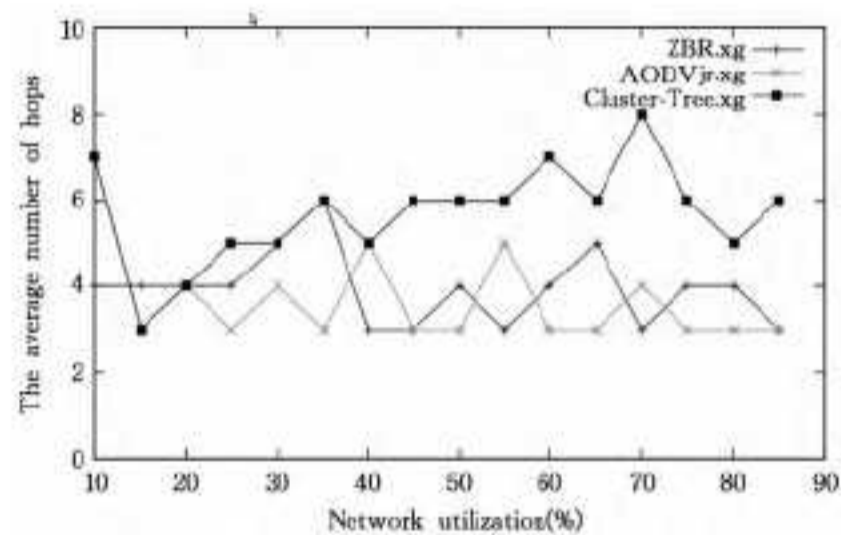
## 5 仿真效果分析



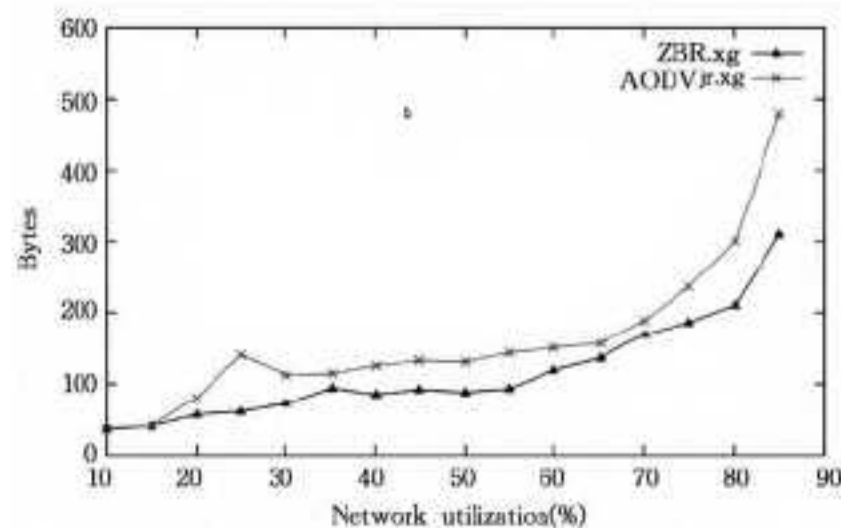
(a) 分组递交率对比



(b) 分组递交时延对比



(c) 平均跳数对比



(d) ZBR 和 AODVjr 的控制开销对比

图3

表征网络性能的参数一般有丢包率、平均时延和吞吐量。而端到端的平均时延、丢包率和吞吐量等参数一般是观察在不同数据发送速率下的差异<sup>[9]</sup>。本实验通过调整数据源的发起数量和通信速率,模拟研究整个网络信道在不同占空比情况下的分组递交率、平均时延、控制开销和平均跳数的对比情况,对3种协议进行了比较分析。结果如图3所示。

从图3(a)中可以看出3种协议下网络的分组递交率差别不大,即使在达到200k/S左右的发送速率的情况下,分组的递交率基本上也仍然能够保持在98%左右,都具有很好的性能。

从图3(b)、(c)的结论来看簇树协议都表现出了略高的递交时延和平均跳数。ZBR路由的平均跳数为3.5,AODVjr路由的平均跳数为4,从递交时延来看ZBR也稍稍优于AODVjr协议。

对于控制开销的对比,从图3(d)来看,ZBR具有明显的优势。Cluster-Tree协议不需要路由,它的控制开销为零,而AODVjr协议要求每个节点都必须具备足够的存储空间和计算能力,因此它每次都能够找到最短路径传输数据,但是代价是需要维持路由表,所以其控制开销最大。而ZBR协议综合了两者的优点,能够在保持高的分组递交率和较短时延的前提下,大幅降低网络的控制开销。

结束语 Cluster-Tree协议算法简单、计算量小,非常适用于规模小、移动性弱的网络,而ZBR协议由于其RN+节点的优选原则,在综合性能上明显优于其它协议,更适合在大规模、高服务质量的网络中应用。但是其要求部分节点具备一定的计算能力和存储能力,这无疑增加了对硬件的需求。而且在RN+节点的选取方案上还存在很多值得研究的策略,这将进一步优化ZBR路由协议的性能。

## 参考文献

- [1] 常促宇,向勇,史美林.车载自组网的现状与发展[J].通信学报,2007,28(11):116-126
- [2] Jiang Ting,Zhao Cheng-lin. Zigbee Technology and Application [M]. Bei Jing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press,2006:46-115
- [3] 李瑞锋.基于车域网技术的车载无线终端的研制[D].南京:东南大学,2007
- [4] 钱志鸿,朱爽,王雪.基于分簇机制的 ZigBee 混合路由能量优化算法[J].计算机学报,2013,36(3):485-493
- [5] 刘海燕,李道全,王怀彩,等.两类无线自组网路由协议的比较研究[J].网络安全技术与应用,2009(3):15-17
- [6] 刘瑞霖,向勇.车载自组网链路接入协议对比分析[J].计算机应用,2011,31(S2):5-8
- [7] 李峰,戚宇林.基于 NS2 的无线自组织网络路由协议仿真[J].电子质量,2012(9):46-49
- [8] 刘洋,詹宜巨,蔡庆玲.空分复用无线自组网跨层设计的 NS2 仿真研究[J].系统仿真学报,2012,24(7):1412-1417
- [9] 肖玲,李仁发,罗娟.车载自组网的仿真研究综述[J].系统仿真学报,2009,21(17):5330-5356