

一种基于 QoS 的 VANETs 多路径路由协议的设计*

王 磊, 杨 扬, 王 宁

(北京科技大学 计算机与通信工程学院 通信系, 北京 100083)

摘 要: 为显著提高路由决策性能,在信息熵的基础上提出了用熵值定量描述链路稳定性的算法;同时综合考虑用户带宽的个性化需求,在多路径路由协议(AOMDV)的基础上设计出一种适用于城市车载 Ad hoc 网络的 QoS 路由协议 BLS-AOMDV。理论分析论证了 BLS-AOMDV 协议的有效性及其可行性。基于 NS2 的仿真结果表明,新协议在丢包率、时延、路由开销上都要优于传统的 AOMDV 多路径路由协议,因此更加适合于城市 VANETs 应用范畴。

关键词: 车载 Ad hoc 网络; 多路径路由协议; QoS; 带宽—链路稳定性

中图分类号: TP393

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2012)04-1473-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.04.075

QoS based multi-path routing protocol used in VANETs

WANG Lei, YANG Yang, WANG Ning

(Dept. of Communication, School of Computer & Communication Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Considering the specific characteristics of high mobility and uncertain stability in vehicular Ad hoc networks (VANETs), this paper proposed a novel QoS multi-path routing protocol called BLS-AOMDV (bandwidth and link stability-AOMDV) basing on Ad hoc on-demand multipath distance vector (AOMDV) to improve the performance of routing decisions. Specifically, it adopted information entropy method to quantificationally evaluate the link stability from an algorithmic perspective. Moreover, analyzed the efficiency and feasibility of BLS-AOMDV protocol theoretically. The simulation results in NS2 prove that the performances of BLS-AOMDV are better than AOMDV in packet drop ratio, delay and routing overhead, consequently demonstrating the enhancement of path-routing ability with distinct superiority.

Key words: vehicular Ad hoc networks; multi-path routing protocol; QoS; bandwidth-link stability

当今无线通信设备异乎寻常的普及和更新,需要更加快速、稳定及无处不在的通信环境进行支撑。因此,无线 Ad hoc 网络作为一种无须基础设施支撑的多跳自组织网络吸引了越来越多研究者的目光。然而,在 Ad hoc 网络诸多引人关注的研究领域中,路由问题始终是最基础和最有挑战性的问题,如何有效解决动态网络下的底层通信路由的建立,尤其是针对极其特殊的车载 Ad hoc 网络(vehicular Ad hoc networks, VANETs)环境,探究适应其高度动态性、不确定性的路由协议机制是亟待解决的一个重要问题^[1]。

目前,移动无线自组网(mobile Ad hoc networks, MANETs)路由协议分为先验式路由协议(proactive routing protocols, PRP)和反应式路由协议(reactive routing protocols, RRP)。与先验式路由协议相比,反应式路由协议虽然数据传送时延稍大,但路由开销较小、分组投递率较高,更适合移动自组网。其中,较为经典且被频繁改进应用于 VANETs 中的反应式路由协议的代表是按需平面距离矢量路由协议(Ad hoc on demand distance vector routing, AODV)^[2-5]。如文献[6]以车辆的移动方向作为辅助因素来增强 AODV 的性能,提出了一种基于节点运动方向的路由协议 DBAP(direction based on AODV protocol),理论分析和建模仿真证明 DBAP 在节点密集以及速度较高的车载环境下有着更好的性能。为进一步提高寻路性能,文

献[7]又提出了一种基于速度与方向的路由协议 VD-VANET(velocity and direction),仿真结果表明在城市道路环境下,该协议的主要评估指标(网络吞吐量及连接时延)性能在节点密度较大的情况下有了很大的改善。然而,与多路径路由协议相比,单路径路由协议在链路容错、负载均衡等方面均相对薄弱,且路由发现过程的发起频率也较高,因此对于反应式路由协议进行多径扩展已成为 VANETs 研究的热点和难点。同时,随着应用需求的发展,具有 QoS 约束的路由技术已成为网络及分布式系统领域的另一主流研究课题。文献[8]实现了一种按需的、基于位置的 QoS 路由协议,协议中的节点既可以是移动的车辆,也可以是固定的基站,该路由旨在建立一条生存时间更长、更健壮的高质量路由。当大多数 QoS 路由算法只考虑一个参数的情况下,文献[9]重点关注了链路延迟和链路可靠性两个因素,在链路延迟小于某一阈值的同时创建一条链路可靠性最大的路由,这在数学领域内是一个 NP 完全问题。

1 城市车载 Ad hoc 网络研究背景

城市车载 Ad hoc 网络作为自组织网络的一个全新应用领域,与传统的 MANETs 相比,具有如下的特点:

a) 车辆节点移动速度较快,导致网络拓扑变化频繁,链路寿命短。研究表明,在平均速度为 100 km/h 的车载网络内,若

收稿日期: 2011-09-15; 修回日期: 2011-10-31 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61070182)

作者简介: 王磊(1982-),女,河北张家口人,博士研究生,主要研究方向为移动自组织网络、服务组合(wanglei820420@gmail.com);杨扬(1955-),男,教授,博导,主要研究方向为多媒体通信、服务科学、云计算;王宁(1978-),女,讲师,博士研究生,主要研究方向为数据挖掘、云计算。

车辆天线的覆盖半径为 250 m,则链路维持 15 s 的连通性的概率仅为 57%^[10]。

b)受建筑、车辆速度、行车方向等因素的影响,无线信道质量不稳定。

c)车辆移动具有一定的规律性且受限制,只能沿着既定的道路行驶,不得随意改动。

因此,考虑到城市 VANETs 独有的特质,本文以更符合实际情况的 Shadowing^[11]电波传播模型和 Manhattan (MH)^[12]节点移动模型作为研究基础。

1.1 Shadowing 电波传播模型

Shadowing 模型又称做对数正态阴影模型,描述了在传播路径上具有相同的 T-R 距离时,不同的随机阴影效果,即通信范围不是一个理想的圆环。经过一定距离的传播后,由于多径传播效应(即阴影效应),接收功率是随机可变的。这样一个模型更符合实际的城市道路环境,其接收功率为

$$\left[\frac{P_r(d)}{P_r(d_0)} \right] = -10\beta \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_{dB} \quad (1)$$

式(1)包括两个部分:a)路径损耗(path loss)模型,即通过距离 d 来确定接收功率。其中, d_0 为接近中心的参考距离, β 为路径损耗指数,阻挡越大, β 值越大。b)反映了距离一定时接收功率的变化, X_{dB} 是一个高斯随机变量,均值为零、标准差为 σ_{dB} 。 β 和 σ_{dB} 的一些特例值由表 1 给出。Shadowing 模型对理想环境模型进行了扩展,能更好地预测和模拟实际环境下的电波传播情况。

1.2 Manhattan 节点移动模型

为了更好地仿真 VANETs 中车辆的移动特点,许多针对该网络的移动模型被提出来,如高速公路(freeway)模型、随机组移动(random point group mobility)模型和曼哈顿(Manhattan)模型^[13]。本文研究的对象主要是城市环境下的车载网络,而 Manhattan 模型主要就是用来仿真城市道路下的网络状况,对城市车载 Ad hoc 网络具有很好的代表性。因此本文使用 Manhattan 模型作为移动模型,进行模型的仿真与验证。

Manhattan 由一组横竖垂直相交的街道组成,车辆只能在这些街道上运动,用户可以根据需要,自行设定道路数量以及每条道路的车道数。在街道交界处,车辆以一定概率左转、右转或直行。

基于 Shadowing 无线传播模型和 Manhattan 节点移动模型(图 1)的 BLS-AOMDV 路由协议,能较好地模拟城市车载 Ad hoc 网络下路由决策情况,得到高可信度和参考意义明显的实验结果。

表 1 β 和 σ_{dB} 的一些典型值

environment	β
outdoor	
free space	2
shadowed urban area	2.7 to 5
indoor	
line-of-sight	1.6 to 1.8
obstructed	4 to 6
environment	σ_{dB}/dB
outdoor	4 to 12
office, hard partition	7
office, soft partition	9.6
factory, line-of-sight	3 to 6
factory, obstructed	6.8

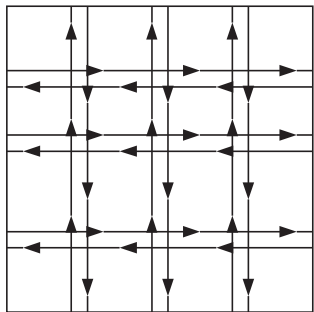


图 1 Manhattan 节点移动模型

2 BLS-AOMDV 路由算法基本思想

针对 VANETs 网络节点移动速度快、路由稳定性差的特点,为有效降低延时,增强网络可靠性,保证车载终端间通信,尤其是音频或视频等多媒体传输质量,本文在多径路由协议 AOMDV 基础上进行扩展,选取带宽和链路稳定性两个最重要的通信指标作为服务质量度量参数,设计了基于带宽、链路稳定性双重约束的最佳路径选择策略。

2.1 BLS-AOMDV 协议的网络模型及路由问题描述

将城市车载 Ad hoc 网络表示成一个加权图 $G(V, E)$ 。其中: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 为网络中的节点集, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ 为节点间相连的链路集。 V 与 E 随着车辆节点的移动、加入和离开而不断变化。本文假定每个车辆节点的传输距离相等,当节点 i 位于节点 j 的传输范围内时, i 与 j 成为一对邻居节点并且它们之间存在一条传输链路 $e_{ij}(e_{ij} \in E)$ 。

假设存在通信路径 $P = i \rightarrow j \rightarrow \dots \rightarrow k \rightarrow l$,那么这条路径的带宽函数以及稳定性函数表达式为

$$\begin{aligned} \text{Band}(P) &= \min \{ \text{Band}(i, j), \dots, \text{Band}(k, l) \} \\ \gamma(P) &= RS_{i,l}(t, \Delta_t) = \min_{a=[1,2,\dots,N_f]} [H_a(t, \Delta_t)] \end{aligned} \quad (2)$$

基于上述分析,VANETs 网络的多路径 QoS 路由问题可描述为:给定源节点 S 、目的节点 D 以及一个带有带宽要求的 QoS 路由请求,寻找满足 $\text{Band}(P) \geq B$ 的可行路径,计算各条可行路径的稳定性熵值,由大到小排序,选择熵值最大的路径为主要路由,并得到备用路由,可在当前路径中断情况下,立即使用次优路径进行替换,力求以最快速度进行路由恢复。

2.2 带宽的计算

带宽计算主要依赖于节点所在信道的空闲时间^[14],理想情况下,信道带宽大于任务需求带宽,则不会产生丢包、时延和阻塞。本文在 MAC 层设计一个大小为 n 的 FIFO 滑动窗口,并以一定的时间间隔监听无线信道。若信道空闲,则表示可以占用,以 1 表示;若无线信道被占用,以 0 表示。每次监听信道之后,将信道值存到已设计好的 FIFO 缓存。若缓存已满,则按 FIFO 原则丢弃第一个存入的项。

当节点需要确定自己的可用带宽时,可访问其 MAC 层,通过数学期望的方法获取其可用带宽值,具体公式为

$$\text{Bandwidth} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Isidle}(i) \quad (3)$$

其中: $1 \geq \text{Bandwidth} \geq 0$ 。若 n 个监听结果均为 1,则表示信道一次都没有被占用,可以全用;若 n 个监听结果均为 0,则表示信道完全被占用了,没有任何可用带宽。本文的 n 值取 100,每 $1/n$ 秒进行一次信道监听。

2.3 链路稳定度的计算

在文献[15]中,作者提出了用熵来衡量路由稳定性的方法。假设在 t 时刻,节点 m 的速度为 $v(m, t)$,方向为 $d(m, t)$,节点 n 的速度为 $v(n, t)$,方向为 $d(n, t)$,则 t 时刻节点 m 与 n 的相对速度和相对位置分别为

$$v(m, n, t) = v(m, t) - v(n, t) \quad (4)$$

$$d(m, n, t) = d(m, t) - d(n, t) \quad (5)$$

则由上述式子可以得到节点对 (m, n) 的相对移动性为

$$a_{m,n} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|d(m, n, t_i) + v(m, n, t) \times \Delta t_i| - |d(m, n, t_{i+1})|}{R} \quad (6)$$

其中: Δ_i 为时间间隔; N 为 Δ_i 时间内速度信息能被计算以及广播给邻居节点的离散时间 t_i 的数量。

此时,节点 m 的熵可以定义为

$$H_m(t, \Delta_i) = \frac{-\sum_{k \in F_m} d_k(t, \Delta_i) \log d_k(t, \Delta_i)}{\log C(F_m)} \quad (7)$$

其中: $d_k(t, \Delta_i) = (a_{m,k} / \sum_{i \in F_m} a_{m,i})$, F_m 为节点 m 的邻居节点集合, $C(F_m)$ 为该集合的势。熵值越大,节点所在的环境越稳定,反之,环境变化越恶劣^[11]。因此,节点 l 与节点 k 之间的路由稳定性(route stability, RS)为

$$\gamma = RS_{k,l}(t, \Delta_i) = \min_{i=[1,2,\dots,N_r]} [H_i(t, \Delta_i)] \quad (8)$$

其中: N_r 为节点 l 与节点 k 之间的中间节点。 γ 越大,表明节点之间的路由稳定性越强;反之,节点间的路由稳定性越弱。

3 BLS-AOMDV 协议运行机制及可行性分析

3.1 BLS-AOMDV 协议的路由建立过程

1) 反向路由建立 源节点向目的节点发送通信数据时,首先检查自己的路由表中是否有到达目的节点的可用路由。若有,则直接发送;否则,源节点就向邻居节点广播一个具有QoS带宽要求的路由请求分组 RREQ,启动一次到达此目的节点的路由发现过程。中间节点接收到此 RREQ 报文时,首先查看是否收到过该 RREQ 报文,若没有,则缓存该 RREQ 报文并进行带宽的比较,只有当当前节点满足通信要求的链路带宽的约束条件时,RREQ 报文才得以继续广播,即满足

$$\text{Bandwidth_node} > BW \quad (9)$$

其中:Bandwidth_node 为当前节点的带宽值, BW 为此数据要求的最小带宽值。直到这个 RREQ 报文到达目的节点,反向链路建立完成。

2) 正向路由建立 当路由请求报文 RREQ 到达目的节点后,目的节点会发送路由响应分组 RREP。在 RREP 沿着建立的反向路径向源节点传输的过程中,节点将根据自身的熵值来更新 RREP 报文中 Link_Stability 字段的值,更新规则为

$$\text{Link_Stability} = \min(H_i, H_{i-1}) \quad (10)$$

其中: H_i 为本节点的熵值, H_{i-1} 为上一节点的熵值。最后,到达源节点的目的节点的 RREP 的 Link_Stability 的大小就为这条路径的稳定性大小。源节点根据 Link_Stability 值的大小来确定主路径与备用路径,Link_Stability 值越大,表明这条路由越稳定。具体来说,在 BLS-AOMDV 中,当前节点接收到 RREQ 后的基本处理流程及路由更新操作如图 2 所示。

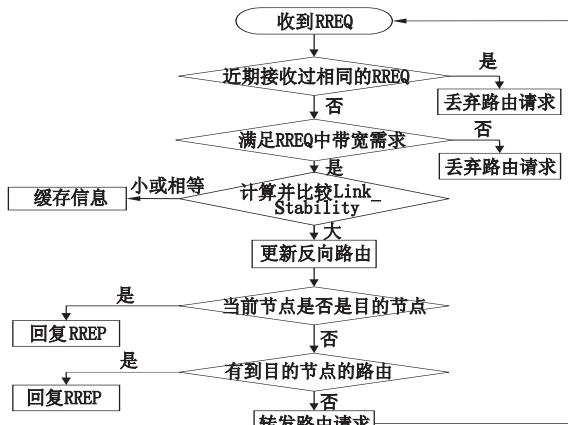


图2 RREQ处理与路由更新关系

3.2 协议可行性分析

下面以定理形式给出并分析 BLS-AOMDV 协议性质:

定理 1 BLS-AOMDV 协议建立的路由是无环的。

证明 BLS-AOMDV 协议沿用了 AOMDV 协议的路由无环机制,遵循建立无环路径的充分条件,因此,BLS-AOMDV 协议的路由发现过程不会出现环路。

定理 2 BLS-AOMDV 协议建立的多条路径之间链路不相交。

证明 BLS-AOMDV 协议的 RREQ 报文中,维护了路径的上一跳节点信息,在 RREP 报文中,维护了路径的下一跳节点信息,那么,只要保证两条路径的上一跳节点不同,并且下一跳节点也不同时,这两条路径就是链路不相交的。

4 BLS-AOMDV 路由协议的性能仿真与评价

4.1 评价指标与仿真场景设置

1) 评价指标 该协议性能评价指标分别选取丢包率、端到端时延以及归一化路由开销三个。

(1) 丢包率(packet drop ratio)。它为应用层目的节点未成功接收的数据包与源节点发送的所有数据包之比。丢包率作为评价路由协议性能最主要的指标,反映了网络传输的可靠性。如何减小丢包率是每个路由协议考虑最多的问题^[16]。

(2) 端到端时延(end to end delay)。它是指数据分组从源节点到达目的节点所需要的平均时间,包括路由发现时延、数据包在接口队列中的等待时延、传输时延以及 MAC 层的重传时延。此指标可以反映路由的有效性^[17]。

(3) 归一化路由开销(normalized routing overhead)。它是在仿真时间内,发送的路由控制报文总数与发送的数据报文总数之比。此指标反映了网络的拥塞程度,开销越大,拥塞越高^[18]。

2) 仿真场景设置 本文仿真场景设置在城市车载环境中节点密度较大的情况下,通过仿真对 BLS-AOMDV 协议与 AOMDV 协议性能进行比较。选取节点数为 50,60,70,⋯,200,节点运动速度为 0~20 m/s,仿真场景参数设置如表 2 所示。

表2 仿真场景参数设置

场景大小	1000 m × 1000 m
节点移动模型	Manhattan 模型,节点在路口转弯概率为 0.2,道路数量为 3 × 3,道路为 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
天线发射功率	17 dBm
MAC 层协议	IEEE 802.11 DCF
路由层协议	AOMDV, BLS-AOMDV
应用层	CBR 数据包,每个包大小为 512 KB,发报间隔为 1 s。 采用 UDP 连接,随机选取网络中 50% 的节点为发报节点

4.2 仿真结果与性能分析

图 3 为丢包率比较。从图 3 中可以看出,BLS-AOMDV 和 AOMDV 的丢包率均随节点密度的增大而增大。当节点密度较小时,两个协议的丢包率性能表现相似。但是,由于 BLS-AOMDV 协议的 QoS 保障机制,使得建立的多路径路由更加稳定,即使节点密度增大,丢包率也不会剧烈上升,增加比较缓慢。由此可以证明,BLS-AOMDV 路由协议可以在车辆较密集

的区域,选择更为稳定的路由,有效地抑制了丢包率的上升,直观地验证了 BLS-AOMDV 协议的有效性与其可行性。

由于 BLS-AOMDV 协议确定最优路径的策略是在满足带宽要求的情况下,选择稳定性最好的路由作为主路由转发数据包。事实上,BLS-AOMDV 选择的最优路径并不一定是路由跳数最小,即传输时间最短的路径。因此,在图 4 中,BLS-AOMDV 协议在端到端时延这一性能指标上,没有表现出比 AOMDV 协议明显的优势。然而基于 BLS-AOMDV 协议建立起来的路由更为稳定,大大减少了路由重新发现的次数,进而减少了路径中断修复时延和 MAC 层分组重发时延,因此相对而言,BLS-AOMDV 协议时延变化波动较小,尤其是在节点密度较大时效果更为明显。

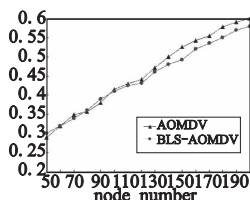


图3 丢包率比较

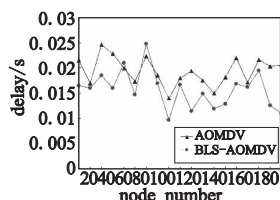


图4 端到端时延比较

路由开销越大,说明网络为传输一个数据包的代价就越大。在图 5 中,节点数量小于 100 时,BLS-AOMDV 协议的路由开销要大于 AOMDV 协议的路由开销,原因在于 BLS-AOMDV 协议有 QoS 保障机制,它为了寻找到满足 QoS 带宽要求的路由,当节点检测到自身带宽不满足 QoS 要求时,就会向邻居节点转发这个 RREQ 路由请求报文,导致了网络内有更多的控制报文。当节点数量超过 100 时,两个协议产生的路由开销的差距就比较明显。由于网络的拥塞,使 AOMDV 协议建立的路由更容易发生断链,在重启路由请求的过程中产生了大量的控制报文,而 BLS-AOMDV 协议所建立的路由较稳定,路由断链发生的概率小,路由请求次数也相应减小。因此,在高节点密度的条件下,BLS-AOMDV 协议在路由开销方面的性能表现优于原始的 AOMDV 协议。

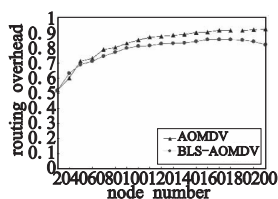


图5 路由开销比较

5 结束语

本文从城市车载 Ad hoc 网络层的路由研究入手,提出了基于带宽和链路稳定性两个服务质量指标的 QoS 多路径路由协议 BLS-AOMDV。考虑到链路稳定性的计算,本文在信息熵的基础上采用熵值定量地描述链路稳定度的方法,有效降低了链路稳定性计算的复杂度及计算开销。同时理论分析了 BLS-AOMDV 的有效性和可行性。通过 NS-2 仿真模拟城市 VAMETs 下传统的 AOMDV 协议和 BLS-AOMDV 协议路由决策情况,验证了 BLS-AOMDV 较 AOMDV 更能够有效地降低链路断链率、丢包率和端到端时延,从而增强网络吞吐量、可靠性及可扩展性。当然,该研究还存在有待改进之处,如没有深入到更加复杂的应用层服务实例间的服务组合协议设计中去,将在以后的研究中开展这方面的研究。

参考文献:

- [1] TARIK T, EHSSAN S, ABBAS J, *et al.* A stable routing protocol to support ITS services in VENET networks[J]. *IEEE Trans on Vehicular Technology*, 2007, 56(6): 3337-3347.
- [2] PERKINS C E, ROYER E M, DAS S R, *et al.* Performance comparison of two on-demand routing protocols for Ad hoc networks[J]. *IEEE Personal Communications*, 2001, 8(1): 16-28.
- [3] TALOOKI V N, ZIARATI K. Performance comparison of routing protocols for mobile Ad hoc networks[C]//Proc of Asia-Pacific Conference on Communications. 2006: 1-5.
- [4] BERTOCCHI F, BERGAMO P, MAZZINI G, *et al.* Performance comparison of routing protocols for Ad hoc networks[C]//Proc of Global Telecommunications Conference. 2003: 1033-1037.
- [5] PERKINS C E, ROYER E M. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing[C]//Proc of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. 1999: 90-100.
- [6] YANG Yang, WANG Lei, AN Jian-wei, *et al.* Modeling and analysis of a stable direction-based routing protocol in vehicular mobile Ad hoc networks[C]//Proc of the 5th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. 2009: 1-7.
- [7] LEE S J, SU W, GERLA M. On-demand multicast routing protocol in multihop wireless mobile networks[J]. *Mobile Networks and Applications*, 2002, 7(6): 441-453.
- [8] SUN Wei-hua, YAMAGUCHI H, YUKIMASA K, *et al.* GVGrid: a QoS routing protocol for vehicular Ad hoc networks[C]//Proc of the 4th IEEE International Workshop in Quality of Service. New Haven: Yale University, 2006: 130-139.
- [9] NIU Ze-yun, YAO Wen-bing, NI Qiang. DeReQ: a QoS routing algorithm for multimedia communications in vehicular Ad hoc networks[C]//Proc of International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing. New York: ACM Press, 2007: 393-398.
- [10] RUDACK M, MEIN M, LOTT M. On the dynamic of Ad hoc networks for inter vehicular communication(IVC)[C]//Proc of ICWN. 2002.
- [11] RAPPAPORT T S. Wireless communications: principles and practice[M]. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.
- [12] UMTS 30.03—1998, Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS[S]. 1998.
- [13] BAI Fan, SADAGOPAN N, HELMY A. The important framework for analyzing the impact of mobility on performance of routing for Ad hoc networks[J]. *Ad hoc Networks Journal*, 2003, 1(4): 383-403.
- [14] DALLY W J. Virtual-channel flow control[J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 1992, 3(2): 194-205.
- [15] BEONGKU A, PAPAVALASSILOU S. An entropy-based model for supporting and evaluating route stability in mobile Ad hoc wireless networks[J]. *IEEE Communications letters*, 2002, 6(8): 328-330.
- [16] WU Da-peng, ZHEN Yan, SUN Bing, *et al.* Adaptive multi-path parallel forwarding mechanism in mobile Ad hoc networks[C]//Proc of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. 2008: 1-4.
- [17] CHILUKURI S, SAHOO A. DGRAM: a delay guaranteed routing and MAC protocol for wireless sensor networks[J]. *IEEE Trans on Mobile Computing*, 2010, 9(10): 1407-1423.
- [18] ENZAI N, ANWAR F, MAHMOUD O. Evaluation study of QoS-enabled AODV[C]//Proc of International Conference on Computer and Communication Engineering. 2008: 1254-1259.