

一种基于竞争转发的城市场景车载 Ad Hoc 网络路由算法

李元振^{1,2}, 廖建新^{1,2}, 李彤红³, 朱晓民^{1,2}

(1. 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876; 2. 东信北邮信息技术有限公司, 北京 100083;
3. 马德里科技大学, 西班牙马德里 28660)

摘 要: 论文提出了一种适用于城市场景下的基于竞争转发的车载 Ad hoc 网络路由算法, 算法摒弃了 HELLO 消息的使用, 利用分布式的竞争策略根据邻居节点所处的地理位置信息进行下一跳节点的选择. 数据转发使用选定点路由同时利用了实时的道路交通信息和网络拓扑结构信息进行选定点选择. 采取暂存转发策略处理网络分割现象. 仿真结果表明该算法比其他类似算法具有更高的数据包递交率和较低的数据延迟.

关键词: 车载 Ad hoc; 路由算法; 竞争转发

中图分类号: TN915.04 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2009) 12-2639-07

A Contention-Based Forwarding Routing Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks in City Scenarios

LI Yuan-zhen^{1,2}, LIAO Jian-xin^{1,2}, LI Tong-hong³, ZHU Xiao-min^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. EBUP Information Technology Co., Ltd, Beijing 100083, China; 3. Technical University of Madrid, Madrid 28660, Spain)

Abstract: A contention-based forwarding routing protocol for VANETs in city environments was proposed, which using distributed contention-based strategy to select the next hop based on the positions of the neighbor nodes without HELLO messages. The novel scheme forwards packets along an anchor-based path which is determined according real time traffic information and the topology of the network, with the idea of "carry and forward" to deal with partitioned networks. Simulation result shows that it achieves significant delivery rate improvement and lower delay compared other similar routing approaches.

Key words: vehicular ad hoc; routing algorithm; contention-based forwarding

1 引言

车载 Ad Hoc 网络(VANET, vehicle ad hoc networks)是一种特殊的自组织移动 Ad Hoc 网络,它是由装备无线收发装置的车辆组成的.近年来,使用车载网络进行车辆间通信的研究和应用逐渐成为一个研究热点,如 Fleet Net^[1]和 CarNet^[2].车载 Ad Hoc 网络具有不同于普通 Ad Hoc 网络的特点^[3].车载 Ad Hoc 网络由于车辆高速移动以及街道障碍物阻挡等原因,网络分割现象更加严重,路由问题更加复杂.在这样一个高速移动环境中维持拓扑结构信息将会导致网络负载显著增加.通信设备通过发动机提供电力支持,车辆的承载空间可以确保天线的尺寸和其他额外的通信设备,这样可以确保节点具有强大的计算能力和存储能力等.车辆沿着既定的道路运动具有一定的规律性和可预测性,可以预测节点下

一时刻位置.全球定位服务(GPS, Global Positioning System)能够为节点提供精确定位和精准时钟信息,利于获取自身位置信息和进行时钟同步.

本文针对上述车载 Ad Hoc 网络特点提出了一种基于竞争转发的路由算法.算法总体思路是通过竞争转发策略选择合适的一跳节点.数据包沿着选定的岔路口序列进行路由.利用节点计算能力强的特点,在岔路口区域进行下一个岔路口的计算,减少了数据包中携带完整岔路口序列信息的数据量.针对车载网络环境网络分割现象严重问题,利用节点的存储能力强的特点,新算法中对暂时找不到一跳的数据包使用“暂存转发机制”.

本文后续内容安排如下:第 2 节介绍了相关的工作,第 3 节描述了新提出的路由算法.第 4 节对新算法进行性能仿真,并就结果进行分析.最后得出结论并讨论后续的工作.

收稿日期:2008-08-20;修回日期:2008-11-04

基金项目:国家杰出青年科学基金(No. 60525110);国家 973 重点基础研究发展规划(No. 2007CB307100, 2007CB307103);国家自然科学基金(No. 609002051);电子信息产业发展基金项目(基于 3G 的移支业务应用系统)

2 车载 Ad hoc 路由算法研究进展

贪婪的周边无状态路由协议 (GPSR, Greedy Perimeter Stateless Routing)^[4] 是使用贪婪转发策略和面遍历算法的路由协议. 它是一种无状态协议, 并在高密度和节点分布比较均匀的网络中非常有效. 然而, 它的性能在节点分布不均衡时恶化.

基于选定点的路由选择 (Anchor-based routing)^[5-8] 是找出一系列数据包转发过程中必须走过的地理位置. 具体在基于选定点的路由中, 源节点在数据包中写入数据包转发过程中需要经过的一系列地理点. 每个转发节点选择它的邻居节点中距离选定点路径最近的节点做为下一跳而转发数据包, 以使数据包能够沿着选定点到达目的节点, 而不是把数据转发给地理位置上离目的节点最近的节点. 在选定点之间, 使用相应的转发策略进行数据包转发. 空间感知路由算法 (Spatial aware routing)^[6] 利用空间地理信息 (如地图) 计算得到一个数据包转发的选定路径. 当达到局部最优时, 即找不到比当前节点更优的邻居节点时执行如下策略: (1) 启动贪婪转发: 摒弃选定点序列而使用贪婪转发策略转发; (2) 重新计算选定点序列: 转发节点基于它当前所在的地理位置计算出另外一条从当前位置到目的节点的选定点序列, 并把数据包中原选定点序列替换为新计算的序列. 然后数据包沿着新的选定点序列进行转发. 基于街道和通信量信息感知路由算法 (A-STAR: Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)^[7] 利用地理位置信息和道路交通信息确定选定点路径. A-STAR 在数据转发失败后重新计算选定点序列. 基于位置的路由协议 (PBRP: Position-Based Routing Protocol)^[8] 是以道路交叉口岔路口为选定点, 基于网络拓扑与车辆交通信息的路由协议. 通过 HELLO 消息维护邻居列表, 利用移动节点位置预测降低 HELLO 消息发送频率提高邻居列表的有效性. 该算法利用移动位置预测一定程度上减少了 HELLO 消息的发送频率. 但由于同时处理 HELLO 消息以及节点位置预测, 该算法比较复杂.

研究人员提出了“暂存和转发”机制^[9,10] 来处理网络分割情况. 当前节点找不到合适下一跳时, 把数据包暂存到缓存中; 后续某个时刻再把数据转发给其他移动到它的通信范围内的合适节点. 在车辆辅助数据转发 (VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery)^[9] 中当一个其他节点走进数据包持有节点的通信范围的时候, 数据包持有节点转发数据包给新出现的节点. 但 VADD 并没有考虑目的节点移动的情况. 数据包摆渡 (Message ferry)^[10] 是一种控制移动节点的移动以辅助节点转发. 它利用一系列被称为“message ferries”的移动节点为某一区域提供通信服务.

基于竞争的数据转发 (CBF: Contention-Based Forwarding)^[11] 提出一种应用到高速公路场景的竞争策略. CBF 算法不需要 HELLO 消息的发送, 数据包直接转发给邻居节点, 由邻居节点通过竞争策略决定哪个节点作为下一跳节点. 该竞争方案是一种基于时间的竞争, 它可以选择最合适的节点作为转发节点, 同时抑制其他节点转发数据包. 但该文提出的方案应用场景是一维场景.

3 新的路由算法

3.1 车载 Ad Hoc 网络空间模型

在车载 Ad Hoc 网络模型中, 我们假定每辆车安装有导航系统和 GPS 定位系统, 车辆在每时每刻能够确定自己的位置信息. 在每个导航系统中都存在一个电子地图以提供实际道路信息. 同时每辆车都作为一个网络中的节点, 本文中节点与车辆等同.

车载 Ad Hoc 网络空间模型可以利用一个无向图 $G = G(V, E)$ 表示. 在该无向图中, 端点集 V 是道路的交叉点即岔路口的集合, 边集 E 是两个岔路口之间街道的集合. 在该无向图中, 车辆的移动就是沿着边从一个端点移动到另外一个端点. 对于 $\forall e(i, j) \in E$, 链路 $e(i, j)$ 定义属性 $length(i, j)$ 和 $traffic(i, j)$, 其中 $length(i, j)$ 表示 $e(i, j)$ 的物理长度, $traffic(i, j)$ 表示 $e(i, j)$ 交通状况信息, 具体可以用该条道路在一段时间内通过的车辆数表示. 对 $\forall e(i, j) \in E$ 定义权值:

$$weight(i, j) = length(i, j) / traffic(i, j) \quad (1)$$

其中, α 是一组调整系数. 下文将利用该权值进行选定点选择. α 的值决定了街道的物理长度与交通信息在进行选定点选择时的贡献量大小, $\alpha = 0$ 时仅根据交通状况信息进行路由选择, $\alpha = 1$ 时仅根据街道物理长度进行路由选择.

3.2 岔路口选择及更新

新算法采用了选定点的思想. 在新算法中, 数据包转发过程中必须依次经过的岔路口序列作为选定点. 为了适应实时动态的道路交通情况, 岔路口序列是动态的、逐个选择的. 在数据包包头中包含两个岔路口标识, 一个是数据包走向的下一个岔路口标识, 另外一个则是数据包刚刚离开的岔路口; 本文分别称为当前岔路口 C 、前一岔路口 B . 岔路口选择是在源节点产生数据包或持有数据包的中间转发节点走进一个岔路口区域 (节点距离该岔路口小于设定值 X) 时进行的. 对我们在 3.1 节抽象的网络空间模型, 利用 Dijkstra 最小花费算法进行岔路口选择. 这样, 物理长度小车辆密度大的街道将被优先选择. 当前时刻计算的选定路径的第一个岔路口当作当前岔路口, 而数据包走过的前一个岔路口更新为前一岔路口. 岔路口选择后, 数据包持有节

点将新计算的当前岔路口替换数据包中的当前岔路口,同时对前一岔路口进行更新。

3.3 目的节点位置更新

当目的节点移动到新的街道上,马上广播一个位置更新消息。该消息中包括消息 ID、IP 地址、当前速度、位置信息以及它的运动方向即它刚刚离开的岔路口和走向的岔路口 ID。当中间节点收到位置更新消息将提取这些信息并将它们记录在缓存中或者更新缓存中的原有记录,然后转发该消息。以后该节点将利用目的节点的最新位置信息进行岔路口的选择和数据包的转发。消息 ID 对每个节点来说是唯一的,用以区分位置更新消息新旧。

3.4 竞争转发策略

数据包的持有节点广播数据包给它的直接邻居节点,该数据包头部包含持有节点的位置信息、当前岔路口位置信息和数据包 ID。地理位置优于前一节点即位置更靠近当前岔路口的节点作为竞争节点。竞争节点接收数据包并缓存数据包到本地缓存,同时每个竞争节点根据本节点、上一跳节点以及当前岔路口、前一岔路口的位置为每个数据包设置一个计时器。计时器超时本节点数据包广播方式转发出去,即该节点竞争成功成为新的下一跳节点。计时器的超时时长和本节点地理位置上的优秀程度成反比,地理位置越优秀即越靠近当前岔路口,其计时器超时值越小。对一个竞争节点而言,本地缓存中暂存的数据包相应的定时器超时事件未到而重复收到同一数据包,说明有其他比本节点位置更优的节点竞争当前数据包的发送权。这时该节点把本地缓存中的相应数据包删除。对于前一跳节点收到其他节点转发的本节点前一时刻转发的数据包,把本地缓存中的数据包删除。

在讨论车载 Ad Hoc 路由算法中广泛使用曼哈顿模型^[12]。曼哈顿模型如图 1 所示,是格状网络模型,图中白色部分表示街道阴影部分表示楼宇等建筑物。本文将

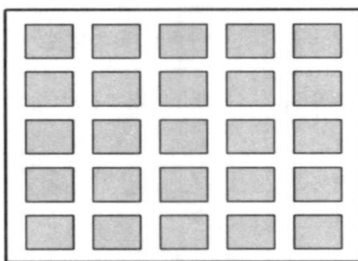


图1 曼哈顿模型

就曼哈顿模型讨论数据转发过程中的竞争转发策略。

为了便于表述,做如下定义:

定义 当两节点之间没有被建筑物阻挡而相互在对方的通信范围之内时,称它们具有邻居关系。或者说其中一个节点是另外一个节点的邻居。

在曼哈顿模型具有邻居关系的两个节点一定位于

同一条街道上或者在岔路口区域。同时只有邻居节点之间才能进行数据的转发,或者说一个节点只能从它的邻居节点接收数据。

(1) 两岔路口之间数据转发

当前一跳节点 $phop$ 位于两个岔路口之间进行数据转发时情况如图 2 所示。在图 2 中,虚线圆是以前一跳节点 $phop$ 为圆心以无线信号最大通信距离 p_{max} 为半径的圆,位于该区域的节点都将收到 $phop$ 发送来的数据包。实线圆是以当前岔路口为圆心以 $dist(phop, CJ)$ 为半径的圆,位于该圆内的节点距离当前岔路口 C 的距离小于 $dist(phop, CJ)$ ($dist$ 表示欧氏距离,下同)。这样图 2 中位于两圆公共区域即阴影区域中的节点相对于前一跳节点 $phop$ 位置离当前岔路口 C 更近,作为竞争节点。

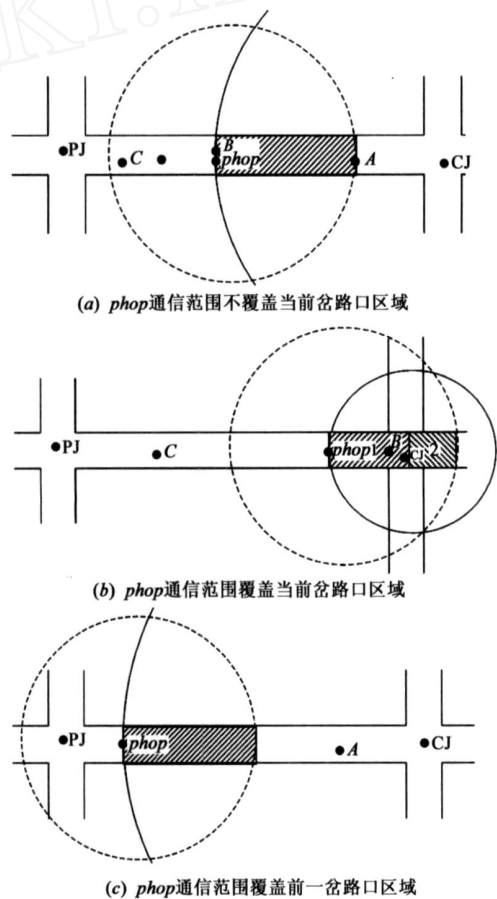


图2 街道上竞争转发

在图 2(a) 中,位置在阴影部分的节点作为竞争节点。离开前一跳节点距离最远的节点 A 离当前岔路口位置最近,即最优,竞争优势最强;而离 $phop$ 越近的节点其位置越差,其竞争优势越差。位于对给定节点 i 定义计时器超时值:

$$t = (1 - dist(i, phop) / p_{max}) \quad (2)$$

此时节点 A 的超时值 $t_A = 0$,而很靠近 $phop$ 的节点 B 超

时值 $t_B = \dots$ 是一个定时器参数,具体内容请见文献 [11].

在图 2(b) 中前一跳节点 $phop$ 的邻居节点必定位于 $phop$ 所处的街道上或其延长线上,即一定位于区域 1 或区域 2 中. 定义对区域 1 中的节点计时器超时值同公式(2). 对区域 2 中的节点计时器超时值:

$$t = (1 + dist(i, CJ) / p_{max}) \quad (3)$$

此时区域 1 中节点具有较高的优先级,位于此区域中的节点超时值最大值 $t_{max1} = \dots$, 最小值为 $t_{min1} = (1 - dist(CJ, phop) / p_{max})$. 区域 2 中节点具有较低的优先级,其超时值最小值 $t_{min2} = \dots$, 最大值为 $t_{max2} = (2 - dist(phop, CJ) / p_{max})$. 即只有区域 1 中没有节点时,区域 2 中的节点才能竞争成功.

如果节点在计时器超时前收到其他节点转发同一个数据包,就把这个数据包从缓存中清除,同时定时器取消. 否则计时器超时时把该数据包转发出去. 图 2(a) 的情况也适用于前一跳节点 $phop$ 刚刚经过前一岔路口走向当前岔路口的情况(图 2(c)). 此时, $phop$ 虽然在 P 为中心的岔路口区域,但转发策略和图 2(a) 相同.

(2) 岔路口区域数据转发

当前一跳节点 $phop$ 位于岔路口区域进行数据转发时情况如图 3 所示. 在图 3 中,虚线圆是以前一跳节点 $phop$ 为圆心以无线信号最大通信距离 p_{max} 为半径的圆,位于该区域的节点都将收到 $phop$ 发送来的数据包. 实线圆是以前岔路口 CJ 为圆心以 $dist(phop, CJ)$ 为半径的圆,位于该圆内的节点距离当前岔路口 CJ 的距离小于前一跳节点 $phop$ 到当前岔路口 CJ 的距离 $dist(phop, CJ)$. 位于两圆公共区域的节点相对于前一跳节点 $phop$ 位置离当前岔路口 CJ 更近,作为竞争节点.

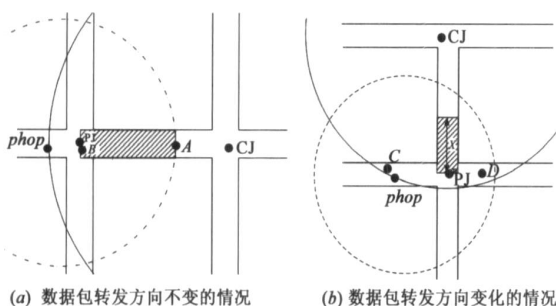


图 3 岔路口区域竞争转发

在图 3 中虽然位于以 CJ 为中心以 x 为半径的圆形区域的节点,都是前一跳节点 $phop$ 的邻居节点,都可以收到 $phop$ 发送来的数据包. 但本文算法定义仅仅位于数据包转发方向上的节点具有竞争权力. 在图 3(b) 中,由于建筑物的阻隔作用,邻居节点只能位于岔路口区域,这时两个节点距离同一个岔路口的距离小于 x .

即在图 3 中只有位于阴影区域的节点具有竞争权力. 对位于阴影区域的给定节点 i 定义:

$$p_i = dist(phop, CJ) - dist(i, CJ) \quad (4)$$

计时器超时值:

$$t = (1 - p_i / p_{max}) \quad (5)$$

同时由于节点高速移动性,可能一个按照上述算法收到数据包的节点在计时器没有超时时,移动了一段距离走出了竞争区域. 这时会有多个竞争节点竞争成功. 为了解决这种情况,每个节点在收到数据包后首先检查缓存,如果找到该数据包,这时判决本节点位置是否比前一跳节点位置更优,如果本节点位置比前一跳节点位置差,则丢弃数据包并清除缓存中相应的数据包;否则直接丢弃收到的数据包. 如果没有在本地缓存中找到相同的数据包,判决本节点位置是否比前一跳节点位置更优,如果优于,则缓存数据包到本地缓存并按照上文提到的情况和公式为数据包设置计时器. 否则丢弃数据包.

算法收到数据包后,竞争算法具体流程如下:

1. 查找本地缓存,是否本地缓存已经缓存了当前的数据包副本. 如果已经缓存转向 2, 否则转向 3;
2. 当前节点位置是否优于前一跳节点. 如果优于转向 10; 否则清除缓存中相应数据包转向 10;
3. 判断本节点距离当前岔路口是否小于前一跳节点到当前岔路口的距离. 如果小于,转向 4, 否则转向 10;
4. 判断前一跳节点是否位于岔路口区域. 如位于岔路口区域转向 5, 否则转向 7;
5. 判断本节点是否位于当前岔路口和前一岔路口之间的街道上. 如果是转向 6, 否则转向 10;
6. 数据包缓存到本地缓存,并利用公式(5)计算计时器超时值. 转向 11;
7. 判断前一跳节点到本节点的距离是否大于前一跳节点到前一岔路口的距离. 如果大于转向 8, 否则转向 9;
8. 数据包缓存到本地缓存,并利用公式(3)计算并设置计时器超时值. 转向 11;
9. 数据包缓存到本地缓存,并利用公式(2)计算并设置计时器超时值. 转向 11;
10. 丢弃收到的数据包,转向 11;
11. 返回.

竞争成功的节点作为新的下一跳节点广播方式发送数据,进行下一轮的竞争. 如果前一跳节点没有优于前一跳节点的邻居,竞争转发失败. 这时前一跳节点设置一个计时器 T 周期性广播数据包,进行上述竞争即下一跳节点的选择. 当有某个或某几个邻居节点移动

到优于前一跳节点位置的新位置时,它们竞争下一跳节点.前一跳节点收到竞争成功节点广播的数据包把数据包从缓存中清除并取消相应的计时器.或者当计时器 T 重复次数到时,将数据包丢弃.

3.5 最后一跳的处理

如果目的节点在是前一跳节点的邻居节点.目的节点在收到前一跳节点广播的数据包后立即发送一个 ACK 消息进行确认.该 ACK 消息中包含数据包源节点的 IP 地址、目的节点的 IP 地址以及该数据包的序号.这样收到该 ACK 消息的节点在本地缓存中查找匹配上述信息的数据包.如果找到就把该数据包从缓存中清除.

4 仿真实验与分析

为了验证新的算法,本文使用 NS2^[13] 仿真工具,在 NS2.31 的基础上实现了新的路由算法.新算法和带有缓存的 GPSR(下文称 GPSR(buffer)) 以及基于位置的路由协议 PBRP 使用 NS2 实现以进行相关性能评估.我们在由 GPSR 作者提供的 GPSR 代码的基础上实现了 GPSR(buffer) 和 PBRP^[8] 协议代码. GPSR(buffer) 是一个简单的持有和转发协议,数据包缓存使用先进先出队列进行处理. GPSR 算法找不到合适的下一跳节点时丢弃数据包,导致网络分割出现时中路由失败.在我们使用的场景中网络分割非常严重, GPSR 性能比较差,所以没有讨论新算法和 GPSR 算法的性能对比.

4.1 仿真参数设置

仿真基本参数设置如下:MAC 协议是 IEEE 802.11 DCF;链路带宽 1Mbps;节点传输范围 250 m;流量类型 CBR;包大小 32bytes;流量发生频率 0.5packet/s;随机选择 10 对 CBR 流对;仿真持续时间 500s;车辆移动速度 $10\text{m/s} \sim 20\text{m/s}$;HELLO 包的间隔 2s(GPSR(buffer) 和 PBRP 中参数);岔路口判断阈值 X 被设置为 50m;数据包在缓存中的检查时间在岔路口区域是 0.5s,在街道上 2s;PROB. TIME 是 16 次,场景是 $2000\text{m} \times 2000\text{m}$ (4×5 格,街道长度为 500m 和 400m).

4.2 仿真结果及分析

在相关性能评估中,我们使用的关键度量指标包括:(1)数据包递交率、(2)端到端时延、(3)平均跳数和(4)物理层发送总数据量.结果数据是 10 次仿真结果的平均值.为了评估不同情况下新算法性能,我们做了四组实验.

(1) 不同参数下算法性能

图 4 描述了不同参数下新竞争算法数据包递交率及时延与节点数的关系. $\alpha=1, \beta=1$ 表示根据街道物理长度和交通信息即每条街道上车辆数进行选定点的选择. $\alpha=0, \beta=1$ 表示仅根据每条街道上车辆数目进行选

定点的选择. $\alpha=1, \beta=0$ 表示仅根据街道物理长度进行选定点的选择.从图 4(a) 中可以看出随着节点数据的增多,三种参数下数据递交率都是呈上升趋势. $\alpha=1, \beta=1$ 时即根据街道长度以及每条街道上车辆数目进行路由选择递交率要优于其他两种情况.从图 4(b) 中可以看出随着节点数据的增多,三种参数下时延呈下降趋势. $\alpha=1, \beta=1$ 时端到端时延小于其他两种情况.可以看出同时利用街道物理长度和每条街道上的车辆数进行路由具有更高的性能.

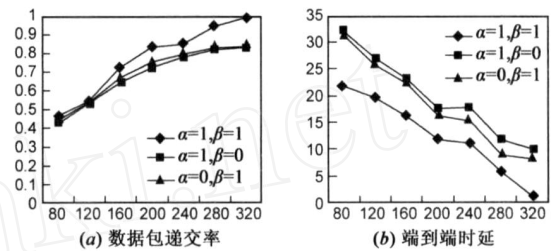


图4 不同参数下算法性能

(2) 不同节点数下性能(目的节点移动情况)

图 5 描述算法在目的节点移动情况下相关性能指标与节点数的关系.从图 5(a) 可以看出三个算法的数据递交率随着节点数目的增多而增加,同时新竞争算法的数据递交率高于 PBRP 和 GPSR(buffer).从图 5(b) 可以看出,三个算法的数据端到端时延随着车辆数目的增加而呈下降趋势.同时由于新竞争算法数据递交率高于 GPSR(buffer) 和 PBRP,在节点数目比较少时更多暂时找不到合适路由的节点将通过暂存转发策略缓存,并利用节点移动性辅助使数据包穿越分割网络的边界,成功递交给目的节点,所以节点数目比较少时新竞争算法的延迟大于 PBRP 和 GPSR(buffer).节点数目增大到一定程度时,新竞争算法端到端时延小于其他两算法.图 5(c) 可以看出新竞争算法在平均跳数上略微大于 PBRP 和 GPSR(buffer).图 5(d) 展示了物理层发送总数据量与节点

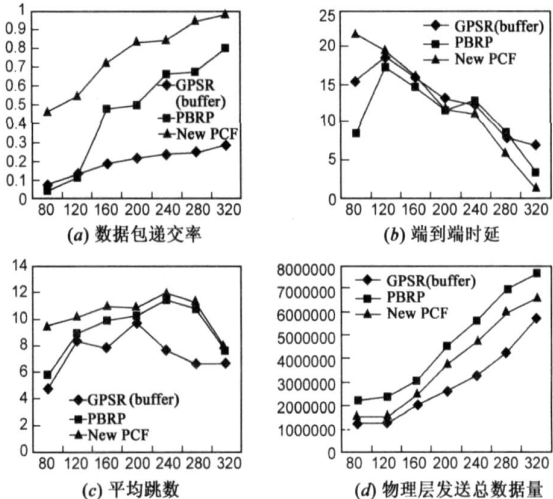


图5 不同节点数下系统指标(目的节点移动)

数的关系.可以看出新竞争算法的物理层数据发送总量介于 PBRP 和 GPSR(buffer) 算法之间,新竞争算法在物理层发送的总数据量小于 PBRP,这是由于新的竞争算法更容易找到合适的下一跳节点;新竞争算法在物理层发送的总数据量大于 GPSR(buffer),这是由于新的竞争算法进行下一跳节点选择时把上层整个数据包发送出去,其长度远大于 HELLO 消息的长度,一旦竞争失败,会使物理层发送总数据量显著增大.

(3) 不同节点数下性能(目的节点静止情况)

图6描述算法目的节点静止情况下相关性指标与节点数的关系.可以看出目的节点固定情况下系统性能和目的节点移动情况下系统性能相似.新竞争算法在目的节点固定的情况系统性能优于 PBRP 和 GPSR(buffer).即新算法不仅适合处理目的节点移动的情况也适合处理目的节点固定的情况.

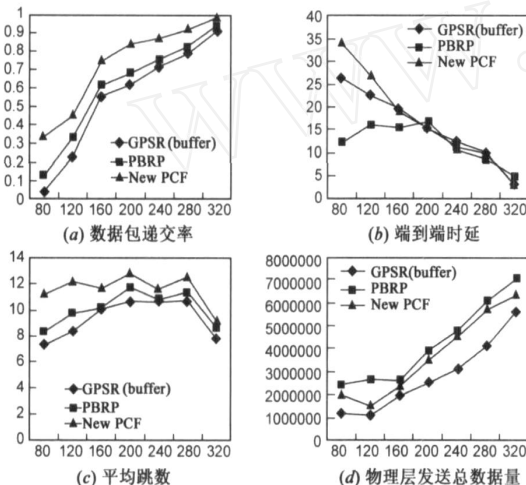


图6 不同节点数下系统性能指标(目的节点静止)

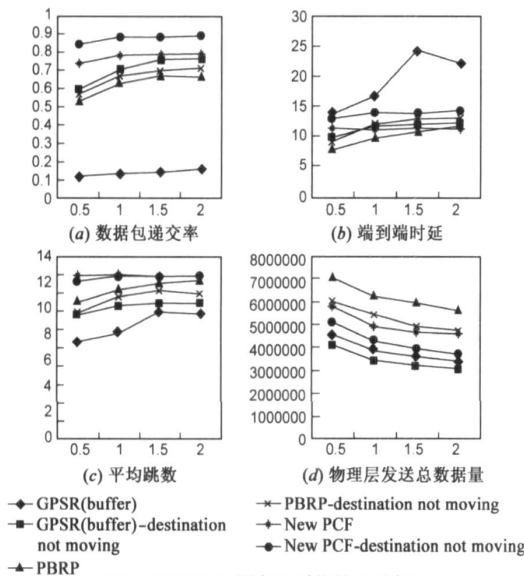


图7 不同发包频率下系统性能指标

(4) 发包间隔对系统的影响

图7描述240节点场景不同发包间隔下系统性能指标.图中横坐标表示 CBR 数据流发包间隔(单位 s).可以看出新竞争算法和 PBRP 以及 GPSR(buffer) 数据包递交率、端到端时延以及平均跳数随着发包间隔增大而增大,物理层发送总数据量随着发包间隔增大而减少.这是由于发包间隔大,则发包频率小,数据包传送过程中发生碰撞的几率小,则数据包成功递交的概率大.数据包成功递交的概率大,即把更多的数据包转发给目的节点,系统中暂存时间比较大的数据包丢弃概率就小,则平均时延和平均跳数大.发包间隔大,即单位时间内发送的数据包少,则物理层发送的总数据量少.

5 结束语

车载 Ad Hoc 网络由于城市场景的中街道障碍物的阻挡等作用,导致网络分割等现象严重,使得车载 Ac Hoc 网络路由算法的研究成为热点.本文提出一种应用到城市场景的基于竞争的车载 Ad Hoc 路由算法.算法根据节点地理位置,竞争下一跳节点.仿真结果表明该算法在递交率、时延、平均跳数、物理层发送的总数据量指标上优于其他类似算法.

但是,该算法在邻居节点未知的情况下,直接把数据包转发出去,导致不存在位置更优的邻居节点的情况下,占用大量网络资源,还需要做进一步的改进和完善.在后续工作中可以考虑竞争策略进行改进.

参考文献:

- [1] Daimler Chrysler A G, et al. University of Hannover and Mannheim, et al. FleetNet-Internet on the Road[OL]. <http://www.et2.tu-harburg.de/fleetnet>, 2008. 04 - 12.
- [2] R Morris, J Jannotti, F Kaashoek, et al. CarNet: A scalable ad hoc wireless network system[A]. Proceedings of the 9th workshop on ACM SIGOPS European workshop: beyond the PC: new challenges for the operating system[C]. ACM: New York, NY, USA, Sept. 2000. 61 - 65.
- [3] 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.
CHANG Cur-yu, XIANG Yong, SHI Mei-lin. Development and status of vehicular ad hoc networks[J]. Journal of Communications, 2007, 28(11): 116 - 126. (in Chinese)
- [4] B Karp, H T Kung. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks [A]. Proceedings of ACM/ IEEE Mobi-Com [C]. Boston, USA, Aug. 2000. 243 - 254.
- [5] L Blazevic, S Giordano, J- Y Le Boudec. Self organized terminate routing[J]. Journal of Cluster Computing, 2002, 5(2): 205 - 218.



- [6] J Tian, L Han, K Rothermel, C Cseh. Spatially aware packet routing for mobile ad hoc inter-vehicle radio networks [A]. Proceedings of 2003 IEEE Intelligent Transportation Systems (ITSC) [C]. Shanghai, China, Oct. 2003, Vol 2. 1546 - 1551.
- [7] B Seet, et al. A-STAR: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications [A]. Proceedings of the 3rd International IFIP - TC6 Networking Conference [C]. Athens, Greece, May 2004, vol. 3042. 989 - 999.
- [8] Tonghong Li, Hazra S K, Seah W. A position-based routing protocol for metropolitan bus networks [A]. Vehicular Technology Conference 2005 (VTC 2005 Spring) [C]. Dallas, USA, 2005. 2315 - 2319.
- [9] Jing Zhao, Guohong Cao. VADD: vehicle-assisted data delivery in vehicular ad hoc networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(3): 1910 - 1922.
- [10] W Zhao, M Ammar, E Zegura. A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks [A]. Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing [C]. Tokyo, Japan, May, 2004. 187 - 198.
- [11] Holger F, Michael K, Michael K. CBF: Contention-based forwarding for mobile ad hoc networks [J]. Elsevier Science, 2003, 1(4): 351 - 369.
- [12] A Kamat, R Prakash. Effects of link stability and directionality of motion on routing algorithms in MANETs [A]. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN) [C]. Las Vegas, USA, Oct. 2000. 380 - 385.
- [13] Network Simulator (ns - 2). <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

作者简介:



李元振 男, 1979 年 12 月出生于山东, 分别获得山东大学学士学位、南京理工大学硕士学位。2007 年进入北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室攻读博士学位, 从事宽带通信网与下一代网络技术方面的有关研究。

E-mail: liyuanzhen@163.com



廖建新 男, 1965 年出生于四川, 分别于 1985、1991、1996 年获电子科技大学学士、硕士、博士学位, 1996 年至 1998 年在北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室从事博士后研究, 现为北京邮电大学教授、博士生导师。在国内外核心期刊及会议上已发表论文数百篇。主要研究方向是通信软件, 增值业务提供技术。

E-mail: liaojx@bupt.edu.cn