

一种城市环境下的地理位置路由策略改进方法^①

郑 敏, 沈永增, 张先平

(浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310023)

摘 要: 在城市环境下的 VANET 应用场景中, 传统的基于地理位置信息的路由算法如 GPSR 等存在一些问题, 本文在此基础上提出一个改进的路由协议, 通过对车辆节点网络传输负荷以及所在路段方向等状态信息进行检测, 并将此作为路由转发选择依据. 新协议选择传输延时小并且路由健壮性较强的路径进行数据转发, 有效地提高了城市环境下的路由传递效率. NS2 仿真结果表明新协议具有较好的性能.

关键词: 车载自组织网络; 路由协议; 地理位置; 路网模型; 网络传输负荷

An Improved Geographic Location Routing Strategy Method in Urban Environment

ZHENG Min, SHEN Yong-Zeng, ZHANG Xian-Ping

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: To tackle the problems of applying GPSR routing protocol in urban scenarios, an improved protocol is proposed. The protocol detects the status information of vehicle node network transmission load and traveling direction, and these factors will be considered in new routing forwarding. The new protocol chooses the path of small transmission delay and strong robustness to forward data, what effectively improves the route transmission efficiency in the urban environment. NS2 simulation results show that the improved routing protocol performs well.

Key words: vehicular ad hoc network; routing protocol; geographic location; road network; transmission load

车载自组织网络(VANET)^[1,2]是近几年智能交通领域的研究热点, 其本质是属于移动 Ad hoc 网络, 但由于应用在具体交通道路环境中, 所以具有其特有的应用特点.

对于 VANET 中的路由协议进行改进, 可以较好地提升数据包传输效率并降低网络负荷. 随着技术的不断发展, 具有较强数据处理能力的嵌入式车载终端得到大量普及, 结合 GPS 装置和电子地图应用车辆能得到实时地理位置定位信息. 对应于这种应用背景, 基于地理位置的路由协议在 VANET 中得到大量应用, 其中比较有代表性的是贪婪周边无状态路由协议 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing). 该协议通过贪婪算法来实现路由转发, 同时使用边界转发机制来解决局部最优的问题, 适合网络拓扑变化快和网络规模较大的场合^[3]. 但在具体应用环境中, 特别是城市交通场景下该路由协议还存在较多问题.

1 问题描述

GPSR 存在的问题主要是因为不加限制的贪婪转发机制. 中间节点在转发数据时, 可能由于节点分布不均匀, 会遭遇局部最大现象, 即需要发包的节点周围, 没有任何比它自身更接近目的节点的直接邻居. 由于无法选择下一跳, 此时需要改用边界转发路由机制. 该机制往往导致传输时延增大, 路由协议的效率降低^[4]. 在城市交通应用场景下, 由于建筑物、树木等一些障碍物的存在, 网络节点会频繁使用边界转发, 极大的影响数据传输效率.

针对 GPSR 存在的问题, 有学者提出一个改进的贪婪周边协定路由协议 GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing)^[5], 该协议和 GPSR 的区别主要是将道路拓扑信息引入路由选择过程^[6]. 如图 1 所示, S 为源节点, D 为目的节点, 虚线圈为 S 的通信范围. GPSR 的路由机制会选择 A 节点作为下一跳路由节点,

① 基金项目:2012年度浙江省大学生科技创新活动计划(2012R403069)

收稿时间:2013-02-25;收到修改稿时间:2013-03-25

由于路口建筑物的遮挡, S-A 的路径发生断裂, 贪婪转发失败转而使用边界转发机制, 造成数据传输效率的下降. 而 GPCR 的转发方式是在转发节点发现有邻居节点位于路口时, 就将该节点作为下一跳节点, 直接把数据包转发给该节点, 即图中的 L1 节点, 最后使用贪婪转发机制将数据转发到目的节点 D.

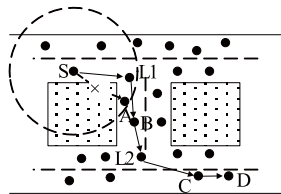


图 1 GPCR 的路由机制

GPCR 在一定程度上解决了 GPSR 在交叉口由于建筑物遮挡引起的路径失效问题. 但是 GPCR 也有其局限性, 如图 2 所示, 假设节点 A 和 B 都是 S 的邻居节点, 当 S 要发数据给 D 时, 按照 GPCR 的转发策略, 节点 S 首先会选择靠近路口的节点 A, A 再以贪婪转发模式把数据包转发给节点 C, 最后转发给 D, 路由总条数为三跳. 由于 B 节点和 S 节点各自所在的路段方向是一致的, 不存在被障碍物遮挡的问题, 因而这里可以直接采用 S—B—D 的转发路径, 从而降低路由跳数(两跳).

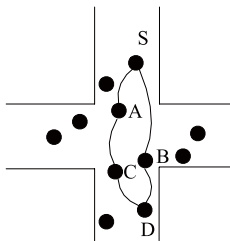


图 2 GPCR 的局限性

2 基于地理位置的路由改进

假设所有的车辆都装配有智能车载终端装置, 集成 GPS 和 RF 无线传输模块, 并预装有电子地图能实时获得位置和路段信息. 本文针对上述问题引入交叉路口固定节点参与路由转发, 并结合从电子地图得到的路段信息, 可有效地获取移动节点更多的当前状态信息, 基于这种思路, 本文提出一种基于车辆状态信息的 GPSR 改进路由协议 GPSR-VS(Greedy perimeter stateless routing with vehicle status information).

2.1 路网模型

原始 GPSR 源码中没有结合场景地图的路网信息,

只是简单地通过调用位置信息获取函数得到节点的位置坐标.

本文的算法是首先构建一个比较符合现实环境的路网模型. 城市交通场景主要由路段、十字路口等交通要素构成, 而 GIS 电子地图一般采用结点—弧段数据模型对路网进行抽象, 结点表示十字路口, 而路段则是由任意两个结点之间的弧段来描述, 同时每路段都有该路段对应的道路属性权值用来指示道路长度、道路方向等信息, 这样整个路网的拓扑结构就可以由结点和其对应的路段构成. 所以可以用结点集合 V 表示路段集合 $E=E(V)$, 而路网 G 则可以由路段表示, 即 $G=G(E(V))$.

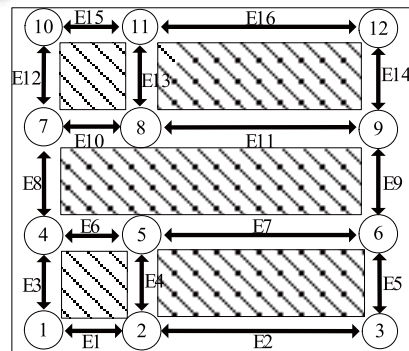


图 3 道路拓扑结构

图 3 所示为一个简单的道路拓扑图, 总共有 12 个结点, 16 条路段, 可以看到每路段至少有两个结点. 首先通过定义一个描述结点的数据结构 Rnode, 该结构体的成员包括结点 ID 和位置坐标.

表 1 路网结点结构

数据类型	字段名称	字段描述
int	RnodeId	路网的头结点 id
int	RnodeX	路网的头结点 x 坐标
int	RnodeY	路网的头结点 y 坐标

有了结点的数据定义, 就可以通过它定义路段数据结构 Road, 如表 2 所示.

表 2 路网路段结构

数据类型	字段名称	字段描述
int	RoadId	路网路段 id
Rnode	startN	起始结点
Rnode	endN	结束结点
u_int8_t	RoadDIR	路段方向
Road	next	链域

上述结构体中定义了路段方向权值成员, 该成员的值只有 0 或者 1, 分别表示该路段在平面化的路网模型中是水平方向还是垂直方向. 该成员变量是为解决问题描述中提到的 GPCR 算法的缺陷, 通过获取该变量值可以得知贪婪转发得到的下一跳路由是否和本节点处于结点相邻且同方向路段, 是则直接转发, 否则将数据转发到路口节点.

2.2 改进的路由转发策略

新协议的路由转发策略主要在 GPSR 的贪婪转发算法基础上进行改进, 引入路口节点判断和节点数据传输负荷的评估.

2.2.1 路口节点判断

通过对 GPSR 的分析, 路口节点在城市环境 VANET 中具有重要作用, 通过加入路口节点判断的受限贪婪转发路由机制能有效的解决 GPSR 的路由冗余问题. 本文将交叉路口固定节点作为路口节点, 这样路口节点优先选择机制能充分发挥交叉路口固定节点较强的通信能力以及受障碍物干扰影响小的优点. 为此需要修改节点发送的 HELLO 信标数据结构.

```
struct gpsrvs_hello {
    u_int8_t node_type; //节点类型
    u_int8_t type; //数据包类型
    float x; //位置信息
    float y;
    int roadID; //所处路段 ID
    u_int8_t road_s; //所处路段状态
    double td; //平均传输延时
    inline int size(){
        int sz=3*sizeof(u_int8_t)+2*sizeof(float)+
sizeof(int)+sizeof(double);
        return sz;}
};
```

上述结构体中的 node_type 表示当前节点为车辆移动节点还是固定路口节点, roadID 用来表明当前节点处于哪条路段, road_s 用来表明所处的路段是否适合数据转发, 主要用在 2.3 节的所述的路由修复策略中, 而 td 是表示该节点的平均传输延时, 在 2.2.2 节会着重介绍. 同时每个节点通过收到的 HELLO 信标维护一个邻居表, 表项定义如下所示:

```
struct gpsrvs_neighbor {
    u_int8_t n_type; //邻居节点类
```

```
nsaddr_t id; //邻居节点 ID
double x; //邻居节点位置信息
double y;
int roadID; //邻居节点所处路段 ID
double ts; //时间戳
struct gpsrvs_neighbor *next;
struct gpsrvs_neighbor *prev;
};
```

2.2.2 节点数据传输负荷

在城市交通场景下, 往往具有较多的移动车辆节点, 有些车辆节点会因为处于比较适合转发的有利位置而被多条路由路径作为转发节点, 所以这些节点往往因为收到较多数据转发请求而处于重负荷状态, 有些资源有限的节点设备甚至会因为 buffer 容量不够而丢弃数据包, 造成比较严重的丢包和延迟. 相反有些移动节点处于较轻的传输负荷, 没有能有效地利用其传输能力, 这对于整个网络的数据传输能力是有较大影响的. 通过引入一个简单的计算节点传输负荷的方法, 能在一定程度上解决这个问题.

网络传输负荷最直观地反应在网络性能上的影响就是数据传输延时. 可以通过公式(1)计算当前节点的平均数据传输延时 td, 其中 tr_i 表示第 i 次数据接收时间, ts_i 表示第 i 次数据转发时间.

$$td = \frac{\sum_{i=1}^n tr_i - ts_i}{n} \quad (1)$$

通过计算 td 可以较简单地知道该节点的网络传输负荷程度, 设定一个门限值 Td, 当节点传输延时 td 大于 Td 时, 该节点将不能作为下一跳路由, 即将该节点从邻居表中删除, 以此来缓解网络负荷, 并减少传输延时.

2.2.3 路由策略

如图 4 所示的场景, 源节点 S 想要发送数据到目的节点 D1 和 D2. 分别通过介绍这两种情况的数据传输来阐述改进的路由策略.

① 发送数据包到节点 D1: 首先判断自己的邻居表中没有路口节点, 所以采用贪婪转发的思想选择距离目的节点最近的邻居节点作为下一跳. 这里本来应该选择节点 B 作为下一跳路由, 但是由于节点 B 的传输负荷太大(td>Td), 因而其并不在 S 的邻居表中, 所以选择节点 A. 节点 A 的邻居列表中存在路口节点 I1, 其首先会判断贪婪算法得出的下一跳节点所处路段是

否和自己所处路段方向一致, 如果则选择跳过路口节点转发给 C, 最后将数据传输到节点 D1.

② 发送数据包到节点 D2: 首先同①S 节点会选择 A 作为下一跳路由, 然后判断贪婪算法得出的下一跳路由节点 E 和 A 处于不同方向的路段, 为防止被障碍物阻断数据传输, 选择转发给 I1. 随后的路由决策过程与前述类似, 最后到达目的节点 D2.

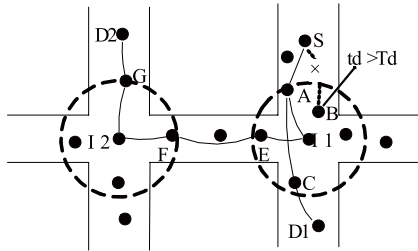


图 4 改进的路由策略

2.3 路由修复策略

实际交通环境中还会出现图 5 所示的情景, 当源节点 S 想要发送数据到 D, 按照 2.2.3 节所述的改进路由策略, 首先会转发给路口节点 I1, 然后按照贪婪转发选择在 road1 路段的 A-B-C 转发路径, 但是由于 road1 路段上车辆比较稀疏, 当转发到节点 C 时, 该节点无法选择下一跳路由, 数据无法及时转发. 对于这种情况, 一般处理方法是在一定设定时间内车辆节点将数据包存放于数据缓冲区直至有可转发的节点, 而当存储缓冲区满或携带时间超过设定时间的时候该数据包会被丢弃^[6]. 由于车辆的移动速度相对无线信号的传播速度要慢很多, 所以这种方式往往造成比较大的数据延时甚至丢包率.

本文采用以下的方法对该问题进行修复: 当 C 节点找不到下一个转发节点, 其将按照之前的转发路径将数据包回传到路口节点 I1, 同时修改 HELLO 信标中 road_s 的值用来表明当前路段不适合数据转发, 收到 HELLO 信标的节点会根据自己所处的路段 ID 决定是否需修改 road_s 的值, 而当 I1 收到 rode1 路段的节点发送的 HELLO 信标, 会把处于 rode1 的邻居节点从邻居表中删除, 并重新计算下一跳路由节点, 按图 5 所示, 其会沿 rode2-rode3-rode4 的转发路径最终将数据转发到节点 D. 具体实现还需要设置一个路段状态恢复延时 time_re, 当延时时间到, 节点重新将 HELLO 信标中的 road_s 修改为可转发状态.

采用这种修复策略会使得路由跳数相对增多, 但

是相对以数据携带的方式处理路由空洞问题, 这种方法能较为及时的将数据包转发到目的节点.

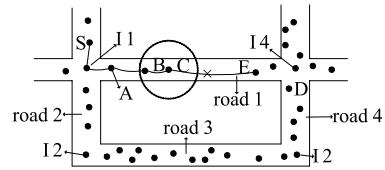


图 5 路由修复策略

3 仿真实验

本文的仿真工具采用 NS2^[7]. NS2 中已有的运动模型不符合现实的运动场景尤其是城市交通场景, 不能反映路由协议的真实性能. 因此本文采用 SUMO(Simulation of Urban Mobility)工具生成比较符合现实交通环境的场景文件和车辆节点运动模型. 同时利用一个图形化的配置工具 MOVE(Mobility model generator for Vehicular networks)来更加便利的配置产生需要的仿真文件, 该工具可以引用 TIGER(Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)这种真实的地图资料库来增加仿真的真实性^[8]. 本文利用该工具将一张裁剪过的地图文件场景导入作为仿真采用的真实环境.

表 3 给出了具体仿真参数, 其中 MAC 层协议采用 IEEE802.11DCF, 传输速率为 2Mb/s, 数据场景中信源采用的是 CBR(Constant Bit Rate)数据流.

表 3 仿真参数设置

参数	值
仿真场景/m ²	2000×2000
车辆节点数	300
车辆速度/(m/s)	10~20
无线覆盖距离/m	250
平均传输延时门限/ms	4
仿真时间/s	200

本文将改进的路由协议 GPSR-VS 跟 GPSR 和 GPCR 进行比较验证, 主要考察在不同传输距离下的包传输延时和路由平均跳数指标. 为减小误差, 数据取 10 次实验仿真结果的平均值, 仿真结果如图 6 和图 7 所示.

仿真结果说明 GPSR 由于不受限的贪婪转发以及路网的平面化处理, 在大距离数据传输时, 网络频繁因为路口的建筑物信号遮挡、以及拓扑结构的快速变化造成贪婪转发失败而转为周边路由转发甚至丢包. 而 GPCR 通过路口节点优先转发机制较好的解决了障碍物引起的信号屏蔽问题, 相对 GPSR 有较低的网络

延时,但是由于缺乏在稀疏车辆路况下的合理路由修复策略,总体延迟还是偏高,同时这种机制会在交叉口会产生路由冗余,从而增加了路由跳数和传输延迟.而本文改进的新协议 GPSR-VS 通过引入交叉口固定节点参与路由转发并且结合路网模型获取车辆节点当前路段的状态信息,采用了较多的措施保证路由传输的健壮性以及较轻的网络传输负荷.虽然 GPSR-VS 通过路段方向判断来解决 GPCR 的路由冗余问题,但图 7 表明 GPSR-VS 在大距离传输上存在和 GPCR 一样较多的路由跳数,这主要是由于稀疏车辆路况下的路由修复策略引起,该机制会在路由空洞时利用较多路由跳数路径来实现数据包的低延迟转发.由于本文主要研究目的是提高城市场景下的网络传输性能,GPSR-VS 在平均路由跳数和 GPCR 接近的情况下实现了数据包的较快传输,所以 GPSR-VS 能较好的满足城市交通场景下的应用要求.

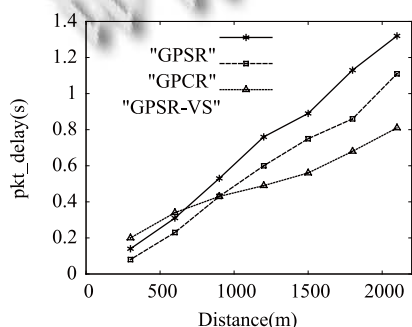


图 6 传输距离对包传输延迟的影响

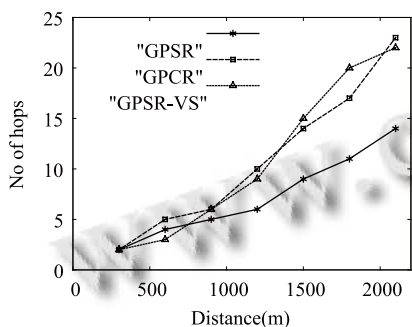


图 7 传输距离对路由平均跳数的影响

4 结语

本文在 GPSR 协议的基础上提出一个改进的地理位置路由协议,结合城市路网模型和网络传输负荷判断对路由转发进行优化.最后在较真实的地图场景中使用 NS2 进行仿真,通过和 GPSR、GPCR 协议在网络性能上进行比较,本协议具有较好的数据传输性能.

本文研究的路由协议还停留在理论研究的仿真阶段,对于算法中路网模型描述的细化、更多的车辆状态信息的融合以及实际车载一体机平台算法的移植都是今后还要继续研究的内容.

参考文献

- 1 Nzouonta J, Rajgure N, Wang G, et al. VANET Routing on City Roads Using Real-Time Vehicular Traffic Information. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2009, 58(7): 3609-3626.
- 2 孙熙,李夏苗.VANET 在城市道路交通管理中的应用研究. *陕西科技大学学报*, 2008, 26(2): 107-109.
- 3 Karp B, Kung HT. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks. *Proc. of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking (MobiCom '00)*. ACM, New York, NY, USA, 2000: 243-254.
- 4 沈永增,姚敏杰,李晓凤.基于城市路网的 VANET 按需路由策略研究. *计算机应用与软件*, 2012, 6: 236-238, 297.
- 5 Lochert C, Mauve M, et al. Geographic routing in city scenarios. *ACM Sigmobile Mob. Comput. Commun.* 2005(9): 69-72.
- 6 黄振旺,郭达.基于地理位置的车载网络路由协议的研究. *移动通信*, 2012, 5: 63-66.
- 7 陈春梅.基于 NS2 的网络仿真与性能分析. *通信技术*, 2010, 8: 48-50.
- 8 张国强,张超.VANET 车载网络场景及移动模型的研究. *科技信息*, 2011, (3): 67-68.