

## 基于动态路径规划的 VANET 车辆移动模型研究<sup>①</sup>

朱东杰<sup>②</sup> 崔刚<sup>③</sup> 傅忠传

(哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院 哈尔滨 150001)

**摘要** 为有助于路由协议的评估研究,设计了基于动态路径规划的车载自组网(VANET)车辆移动模型。为此模型设计了地图模块、车辆运动控制模块,并提出一种基于 Dijkstra 的动态路径规划算法。此模型可使车辆节点根据实时的道路状况,通过道路上的车辆相互共享实时交通信息,实时获取周围节点的运动情况,然后利用设计的动态路径规划算法选择最优路径,计算出高效的路径选择方案。实验表明,在不同的交通环境下和传统随机转弯以及最短路径模型相比,该模型中的节点能够更快速安全地到达目的地。

**关键词** 车载自组网(VANET), 动态路径规划, 车辆移动模型, SUMO

### 0 引言

车载自组网(vehicular ad-hoc networks, VANET)作为一种特殊的移动自组网,对智能车辆和智能交通的发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。车辆节点的运动模型对于路由协议的评估等研究也有重要的意义。VANET 具有节点移动速度快、移动模式受道路制约等特点,使得之前移动自组网(mobile ad hoc network, MANET)<sup>[2]</sup>的各类协议不再适用,需要重新设计大量适用于 VANET 的应用和网络协议,并对这些协议进行性能和可靠性测试。首先,由于实际的测试面临成本过高、不易控制、高危险性、不可再现等缺点和困难,因此对于新应用和新协议的验证主要通过模拟仿真技术完成。由于对 VANET 场景的仿真需要准确的分析数据传输,因此需要确切地知道移动节点的实际地理位置。同时由于车辆节点的移动模式直接关系到拓扑结构的变化,因此节点的运动模型对于路由协议的评估等研究也有重要的意义<sup>[3]</sup>,它直接影响到整个网络的吞吐量、传输延迟、路由有效性等指标的测量。其次,基于动态路径规划的移动模型能帮助车辆实时选择适合自己的道路<sup>[4]</sup>,择优选择拐弯地点,节省时间,降低出现事故的概率,提高车辆出行的交通安全性。尤其是车辆

共享信息中的警告信息广播,能为驾驶者带来更多的安全保障。同时也为智能交通的发展提供了强有力的支持,因此与之相关的研究也成为目前本领域的研究热点。

综上所述,研究符合实际车辆运动特征的移动模型至关重要,而对实际的能够自主进行动态路径规划的移动模型的研究显得更为迫切<sup>[5]</sup>。因此,本文设计了一种基于动态路径规划的车辆移动模型(dynamic path planning based mobility model, DPPMM),此模型可使道路上的车辆通过相互共享位置信息来收集和分析交通信息,可使车辆根据实时的道路状况,动态地选择自身的最优路径,做出省事高效的路径选择方案。通过其他车辆共享的道路信息,此模型可给驾驶员提供周围节点的运动情况,使车辆能够动态选择路径,可以避免潜在的交通隐患,或者躲避出现交通事故的路段,节省车辆运行时间,降低发生事故的概率,提高车辆出行的交通安全性。

### 1 车载自组网(VANET)车辆移动模型分析

早期的传统移动模型主要是简单的随机移动模型,例如随机步行移动模型(random walk mobility model)、随机路点移动模型(random waypoint mobili-

① 国家自然科学基金(61100189)资助项目。

② 男,1983年生,博士生;研究方向:车载自组网,WSN,生物信息,软件工程等;E-mail: zhudongjie@hit.edu.cn

③ 通讯作者,E-mail: cg@hit.edu.cn

(收稿日期:2013-09-24)

ty model)、随机方向移动模型(random direction mobility model)等<sup>[6]</sup>。但车辆的移动并非随机,它受各种道路条件和周围车辆因素的影响,因此随机移动模型无法真实地表现车辆的移动特征。

在现有 VANET 移动模型方面,根据研究对象的描述程度,主要分为宏观移动模型和微观移动模型。微观移动模型以车辆为节点,细节描述程度比较高。宏观移动模型主要是统计大量的车辆的运动情况,对细节要求比较低<sup>[7]</sup>。在 VANET 中主要有高速公路模型、曼哈顿模型、环形公路模型、网状街区模型等<sup>[8]</sup>。

高速公路模型模拟的是车辆在高速公路上的行驶。节点按照规定的轨迹移动,后面的节点根据前方节点的距离和速度来调整自己的速度。高速公路模型如图 1 所示。



图 1 高速公路模型

曼哈顿模型主要模拟有行人和车辆的街道场景,在这个模型中,地图由一系列的水平 and 垂直道路构成,每条道路由相反方向的两条车道构成。该模型中车辆到达十字路口由模型设定的转弯概率决定车辆转弯的方向。曼哈顿模型如图 2 所示。

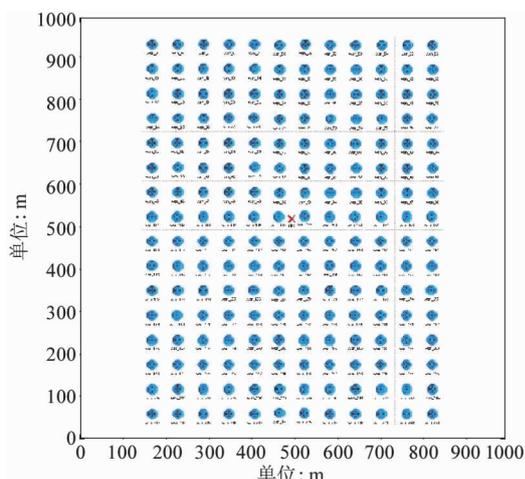


图 2 曼哈顿模型

由于车载自组网的特殊性,必须在仿真模型中对车辆节点的运动进行限制,比如车辆的运动轨迹、车辆的最高和最低时速。Bai<sup>[9]</sup>提出了 IMPORTANT 框架,该框架中包含的移动模型基于高速公路模型和曼哈顿模型,增加了速度的随机变化和车间安全距离,同时增加了按概率转弯的功能,在十字路口进行转弯选择。但是其最终应用还是传统 MANET。

现有的 VANET 中移动模型在节点运动控制方面,主要沿用了 MANET 的运动控制模型,包括实体移动模型和队列移动模型。典型的实体移动模型包括随机步行移动模型、随机路点移动模型、随机方向移动模型和城区移动模型;典型的组移动模型包括队列移动模型、参考点组移动模型、游牧团体移动模型和追逐移动模型。

但由于 VANET 节点运动具有规律性和特殊性,MANET 的运动控制模型并不能很好地模拟 VANET 节点的运动<sup>[10]</sup>,特别是针对 VANET 中车辆节点的动态移动,交通状况会出现一些实时的变化,比如交通事故、交通拥挤等<sup>[11]</sup>。因此,节点如何将周围出现的情况快速有效地反馈给其他可能通过此路段的节点,以及节点本身如何快速有效地应对其他节点反馈的前方道路信息,是一个亟需解决的问题。本文将设计一种基于微观模型的动态路径规划移动模型来使节点能够根据实时路况动态地做出最优路径规划,躲避一些事故路段和拥挤路段,快速安全到达目的地。

## 2 基于动态路径规划的车辆移动模型设计

### 2.1 DPPMM 描述

根据前面对移动模型的分析,本文设计了一种合成的移动模型 DPPMM,该模型又具有上述微型模型的特点,可以根据节点以前的位置等参数,按照制定的规则,实时地计算节点当前时刻的位置。并且 DPPMM 又引入了地理空间的限制,根据实际的地图抽象出自定义地图模型,模型还对节点的运动控制方面进行管理。首先根据对其他的节点及道路的共享信息的获取和分析,重新进行自身的转弯规则和路径规划方面动态设计,使之能够实时应对道路上出现的拥挤及交通事故等突发问题,然后,车辆节点能快速有效地通过信息共享反馈给其他节点,最后车辆节点自身能够动态地重新选择最优路径以节省时间和快速到达目的地。DPPMM 整体设计如图 3 所示。

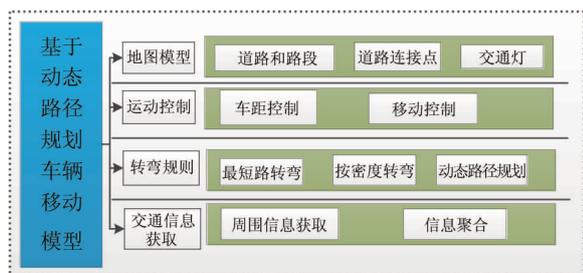


图3 DPPMM 总体设计

DPPMM 模型包括自定义地图生成模块、车辆运动控制模块、车辆到达路口后的转弯控制模块和基于 VANET 的路况信息收集和分析模块。其中地图模型可以细化为路段、道路连接点和交通灯,运动控制模块包括运动控制和安全车距控制,转弯模块涉及按密度转弯、最短路径转弯或者基于交通信息的动态路径转弯。交通信息获取模块包括对 VANET 中节点基本信息的获取和对数据的聚合。

## 2.2 DPPMM 设计

### 2.2.1 自定义地图模块的设计

DPPMM 中设计的地图模块使用的是一种自定义生成的地图,包括道路设计、交叉口设计等。

#### (1) 道路设计

本文中设计的地图是基于曼哈顿模型中的地图,如上文所提到的,曼哈顿模型中的地图是由水平道路和垂直道路组成,并不能很好地模拟真实的城市道路。本文地图模块中的道路除了曼哈顿地图中的水平和垂直道路,还添加了倾斜的道路。道路存储内容包括道路路段和道路上的拐点和交叉点。例如如图 4 中的道路,存储 4 条路段和 3 个拐点。



图4 一种道路模型

路段是地图中最小的单位之一,每条路段都包含有相反方向的有向线段,表示一条路段的两个方向,同向的线段表示同向的不同车道,在本文中为了简化地图,在路段中存储了一个标示车道方向的成员 `Road_Direction`。如果其为 1,表示路段朝向  $X$  轴增加的方向,0 则表示路段朝向  $X$  坐标减小的方向,当道路为垂直方向时以  $Y$  坐标为参考。同时也存储了该路段最高的时速。

#### (2) 交叉口设计

交叉口的主要作用是在车辆到达路口时为车辆提供转弯的引导。本地图模型在道路中存储了交叉

口 id 列表,因此在交叉口类中只需存储在此交叉的两条道路的名字,以便于对不同方向不同车道进行转弯控制。本文主要考虑两条道路交叉的情况,对在十字路口相接的 4 条路段进行如下定义:

与  $X$  轴倾角在  $0^\circ - 90^\circ$ ,且最小的道路,在  $X$  轴上方的为该交叉路口的 1 号入口按照逆时针方向依次为 2,3,4 号入口。图 5 为一种十字路口道路的定义。

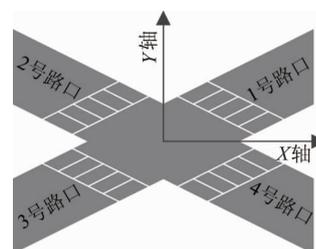


图5 道路入口的定义

交叉路口也存储了在该交叉口的所有转弯的规则,包含从每个入口的不同车道进入,到达十字路口后应如何行驶,下一条道路的标示等信息。在路口转向受到交通灯的约束。交通灯结构中包含各个方向的信号,按照一定时间片改变交通信号状态。

#### (3) 模型中自定义地图的生成

本文中的地图是根据用户自定义生成的,输入的信息为两个文件,一个存储路段信息,一个存储交叉口的连接信息。路段信息文件需要的内容包括地图中道路、路段的数目和标示,交叉口文件需要的内容包括交叉口信息和交叉口连接规则。

### 2.2.2 车辆节点模型设计

车辆节点是运动模型的主体,车辆节点模型包括与车辆相关的所有信息,比如车辆类型、车辆长度、车辆加速度、车辆减速度等信息。本文设计的车辆模型如图 6 所示。

Mobile
CurrentPosition : Struct
NextPosition : Struct
Speed : Double
RoadSection : Integer
LaneId : Integer
DesPosition : Struct
Type : Integer
Follow()
Move()
Turn_random()
Turn_density()
Turn_shortest()
Turn_static()
Turn_dynamic()
Info_Collect()
Info_compute()

图6 车辆模型设计

CurrentPosition 为当前车辆的位置,NextPosition 为下一时间片车辆的位置,Speed 为当前车辆的速度,RoadSection 为车辆行驶的路段,LaneId 为车辆所在的车道 id,DesPosition 为车辆的目的地位置,Type 表示车辆类型。Follow 函数实现的是车辆跟随,Move 函数实现的是车辆行驶,Turn 函数则表示的是车辆在路口的转弯。Info\_collect 函数实现的是车辆在运行过程中对路况信息的收集,Info\_compute 函数实现的则是将收集来的车辆位置信息进行处理,聚合成路况信息并存储。

2.2.3 车辆运动控制模块设计

(1) 车辆沿车道行驶

在本文设计的车辆运动模型中,在车辆行驶在到达下一个路口之前始终沿着当前道路行驶,行驶方向与道路方向相同。根据当前路段的起始和结束交叉路口的坐标可以计算出当前路段的倾斜角度。最后通过车辆的移动方向,行驶速度,当前位置和道路倾角来计算出下一个时间片车辆的位置。

(2) 车辆跟随的设计

在本文中设计的跟车模型是一种线性跟车模型,模型包括因前车速度变化引起的后车车速变化和因车速变化引起前后车距变化后,后车通过加减速使车距到达紧密且安全。

前车减速的情况下,假定  $S(t)$  为在  $t$  时刻(前车减速时刻)两车的距离,  $d1$  为后车司机反应时间车辆前进的距离,  $d2$  为后车减速时前进的距离,  $d3$  为前车减速时前进的距离,  $L$  为后车减速完成后的车距。其中在城市道路上车速较低,减速距离可以认为相同,即  $d2 = d3$ 。

其中反应时间设为  $T$ , 前车减速的时刻为  $t$ ,  $Xn(t)$  为  $t$  时刻前车的位置,  $Xn+1(t)$  为  $t$  时刻后车的位置,由公式换算可得  $Xn+1(t+T) = 1/T [Xn(t) - Xn+1(t)]$ 。动态地调整后车的时速,使其与前车能保持安全的距离。具体如图 7 所示。

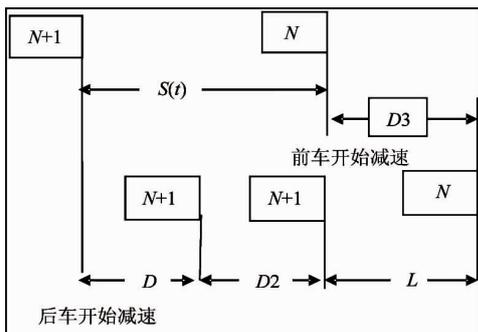


图 7 车辆减速模型

(3) 行驶速度设计

在 VANET 中,车辆可以与道路设施通信,获取交通信号灯信息,给出更合理的行驶速度。本模型中首先车辆通过与道路设计获得前方交通灯的状态、禁止通过的时间和按照当前速度到达路口的时间。如果到达的时间大于禁止通行的时间,则减速行驶,可以达到减少在路口等待时间,节省燃油。

2.2.4 动态路径规划方案设计

(1) 传统的几种选路方案

在传统的 VANET 运动模型中,车辆在路口转弯有以下几种方案:随机转弯,按车辆密度转弯,按照最短路径转弯。以上都属于静态路径转弯,车辆在路口选择转弯方向并进行转弯。但是在真实的交通中,车辆在路口的转弯需要遵循交通规则,比如左转弯的车辆需要在最左边的车道行驶、排队,中间车道的车辆必须直行,右转弯的车辆则需要最右边的车道行驶。因此,车辆在一条车道上行驶时如不考虑变道,下一条道路已经确定。在这个前提下,本文设计和实现的转弯选路模型都是对车辆转弯后车道的选择,以实现接下来道路的选择。

(2) 基于 VANET 交通信息获取方案

传统的交通信息获取方式采用“浮动车”系统进行实现<sup>[12]</sup>,浮动车是指安装有 GPS 和通信设备的车辆,能够与交通中心,道路设备进行通信。通过与交通中心通信来获得实时路况信息。

本文假定每个车辆节点都具有 GPS、电子地图、无线通讯设备、适当的存储设备和处理设备, GPS 用于对车辆进行定位,获取车辆在当前地图网络中的位置,然后将其转换为仿真模型中的坐标。电子地图用于存储地图信息。无线通讯设备用于车辆节点之间的通讯和信息共享。存储设备则是用于车辆间交互信息的存储。计算设备用来将收到的信息进行处理,整理出当前路网的情况,其中车辆之间短距离通信基于 802.11p 协议<sup>[13]</sup>,长距离通讯需要借助第三方基站,利用 3G 或者 WIFI 进行收发信息。但是只有具有本文设计的收发系统的节点才能进行通信,这样避免了其他车辆的干扰,增加安全性。

车辆间的信息共享有多跳广播和单播两种方式,在多跳广播方式中,车辆将自身存储的道路信息广播给其通信范围内的所有车辆,其他车辆节点将所收到的所有广播信息进行整合,首先筛选出新的信息,通过处理和聚合,得到当前路况,存储在自己的电子地图中。然后,再把自己的周围路况信息用洪泛算法发送给其通讯范围内并且符合通讯协议规

范的车辆。而单播则是只传输给特定节点,应用范围比较少。车间通讯示意图如图8所示。

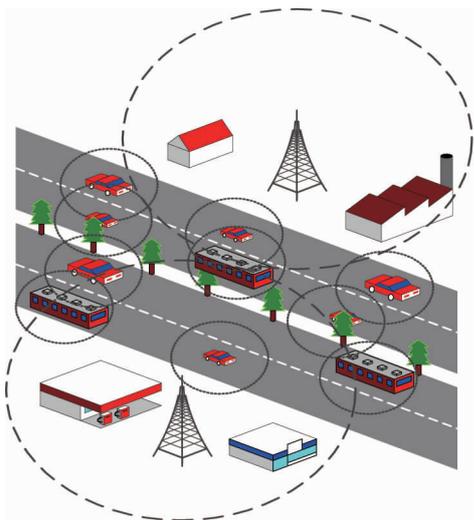


图8 车辆节点通讯设计

本模型采用上述多播的方式获取道路信息,车辆节点收到邻居节点发送的信息并保存,然后对信息处理,整合自己已有的信息得出当前的路网状态。车辆间发送的消息的信息格式见表1。

表1 消息格式

消息名称	消息ID
车辆标示	CarId
道路标示	RoadId
车速	Speed
行驶方向	Direction
位置	Position
类型	Type
消息发送时间	SendTime

车辆在接收到信息后的处理过程如下:

(1) 根据收到的车辆标示和消息发送时间,查看自己的存储表中是否已有该信息。

(2) 如果已经存储了该信息,则丢弃。若没有存储该信息,将该信息处理后存储,然后更新交通信息列表。

(3) 判断发送信息的时间,如果早于列表中存储的信息的时间,则丢弃这个信息。

(4) 完成对道路信息的聚合。

车辆在道路上的速度( $v$ )和车辆密度( $K$ )有着极其密切的关系。当车辆密度小于车辆拥堵临界值 $K_c$ 时路况较好,车辆速度较高。当车流量增大,

车辆密度到达 $K_c$ 时,车流出现车队跟驰现象<sup>[14]</sup>,车速受到限制。当车辆密度接近 $K_{max}$ 时,交通出现拥堵,甚至停滞。当 $K = K_{max}$ 则表示车辆发生了拥堵,无法行驶。上述描述可用下式表示:

$$v(k) = \begin{cases} V_{max}, & 0 \leq K \leq K_c \\ V_{max} \times \ln(1/k) + a, & K_c \leq K < K_{max} \\ 0, & K = K_{max} \end{cases} \quad (1)$$

式中 $V_{max}$ 为车辆行驶的最大速度, $a$ 为常数, $K$ 为车辆密度, $K_c$ 为车辆拥堵的临界值, $K_{max}$ 为交通最大负荷。

车辆密度是指某一瞬间单位道路长度上存在的车辆数,即 $K = N/L$ ,其中 $N$ 为道路上运行的车辆总数, $L$ 表示道路的长度。

在车辆到达路口后,将其获取的道路信息通过广播的方式传播出去。

#### 2.2.5 基于VANET的动态路径规划算法设计

车辆路径规划算法分为静态路径规划算法和动态路径规划算法。静态路径规划算法是以地理信息和交通规则为约束条件的最短路径算法,该算法的研究相对简单,已经趋于成熟。动态路径规划是在静态路径规划的基础上,基于历史的、当前的交通流数据信息对未来交通流信息的预测,根据预测的信息适当调整车辆的行车路线,以较少运行时间,有效避免交通拥堵。动态路径规划同时也可以使路网上的交通流得到合理分配,提高道路的利用效率。

本文设计的路径选择算法可使车辆节点根据实时的路况信息和通过VANET信息交换机制,获得的路况信息、交通信息预测结果选择最佳路径,并且在交通信息发生比较大的变化时重新选择路径。算法的核心在于动态获取道路状况和共享节点自身及节点附近的信息。动态路径选择可以用运行时间和行驶时间作为权值。本文选择道路长度和拥塞度作为权值,进行最短路的搜索。本文中使用Dijkstra算法结合道路上获取的实时信息进行道路选择。基于Dijkstra的动态路径规划流程如图9所示。具体算法伪代码如图10所示。

在车辆进入路网之前进行一次最短路径的选择,车辆沿道路前行,在到达每个路口时查看自己存储的路网信息是否发生了较大变化,如果当前路径出现了拥堵的情况则再利用上述算法进行一次最短路的搜索。

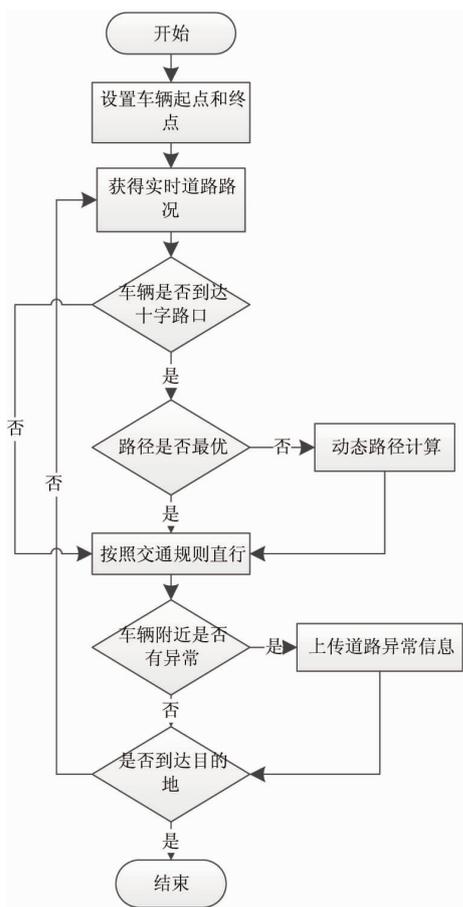


图9 基于 Dijkstra 的动态路径规划流程

```

1 function Dynamic Path ( G, w, s )
2   for each vertex v in V[G] // 初始化
3     d[v] := infinity
4     // 将各点的已知最短距离先设成无穷大
5     previous[v] := undefined
6     // 各点的已知最短路径上的前趋设置为未知
7     d[s] := 0
8     // 因为出发点间不需移动任何距离,将 s 到 s 的最小距离设为 0
9     S := empty set
10    Q := set of all vertices
11    while Q is not an empty set
12      //Dijkstra 演算法主体
13      u := Extract_Min(Q)
14      S.append(u)
15      for each edge outgoing from u as (u,v)
16        if d[v] > d[u] + w(u,v)
17          // 拓展边(u,v)。w(u,v)为从 u 到 v 的路径长度。
18          d[v] := d[u] + w(u,v)
19          // 更新路径长度到更小的那个和值。
20          previous[v] := u
21          decrease-key v in Q;
22    // 记录前趋顶点

```

图10 Dijkstra 算法伪代码

由于在 VANET 中车辆节点的拓扑结构变化非常快,这一时间段拥挤的道路下一时间段可能会变得通畅,这一时间段通畅的道路下一时间段可能会变得拥挤。车辆在路口进行最短路搜索时会陷入两条道路来回选择的情况,造成大量不必要的计算。车辆到达路口进行再次选路时,出发点总是不断在变化,但是终点始终是固定的,因此在每次选路后可以倒序计算下所选路径,在每次选路时参考历史选路,在历史选路的权值发生变化时才进行重新计算,可以减少一些不必要的计算。达到节省资源和加快运算速度的目的。

### 3 DPPMM 仿真实验及性能评估

#### 3.1 仿真实验设计

##### 3.1.1 实验环境

本文仿真环境是 SUMO 加上 MOVE。SUMO (Simulation of Urban Mobility)<sup>[15]</sup> 由德国航空航天中心开发,是一个开源的、高度可移植的、微观和持续的道路交通仿真软件包,设计处理大型的道路网络。而 MOVE (mobility model generator for vehicular networks) 是一个方便开发者对 VANET 模拟和快速生成理想的流动模型的免费软件。车辆之间的通信使用 802.11p 协议。车辆与路边设施间的通信使用 2G/3G/WiMAX 等技术来满足长距离信息共享。

本文选择的地图由 11 条道路和 30 个交叉路口组成,地图长为 5000m,宽为 4000m,道路包括水平,竖直和倾斜的道路。地图中的每条路段由正反两个方向的双向三车道道路组成。如图 11 所示。

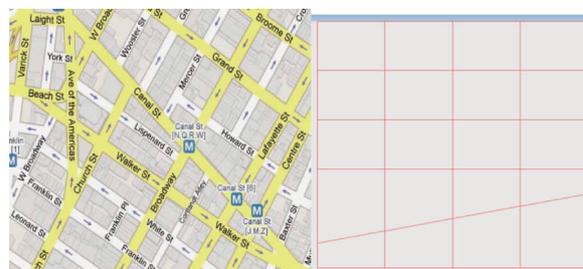


图11 实验地图(左为实际地图模型,右为抽象出的地图)

##### 3.1.2 实验数据

本文使用不同的实验数据,模拟了三种不同的交通场景:通畅,拥挤,堵塞。通畅的交通场景模拟在清晨等车辆较少的情况,拥挤的交通场景模拟上班高峰期,车辆节点的起始位置随机产生,车辆节点

有目的地向一个区域集聚。堵塞的交通场景模拟车流量接近了道路负荷。本文为三种不同的车辆密度准备了三组实验数据,车辆数目分别为10,30,50。

### 3.2 实验结果分析

#### 3.2.1 稀疏情况下实验结果分析

图12表示不同的选路方案各辆车在低密度交通情况下的仿真结束的时间。纵坐标表示车辆仿真结束时间,横坐标为车辆的标示。

图中所示在车辆密度较低时,最短路径算法表示车辆在无其他车辆实时信息共享的情景下,沿着启动时所选择的最短路径,遵守交通规则前进的结果。随机转弯算法表示车辆在路口随机转弯,车辆间信息不共享的仿真结果。而动态路径规划为车辆信息共享的情况下,动态选择路径的仿真结果。实验结果表明,因为道路上车辆较少,三种选路方案中车辆到达目的地的时间大致相等。

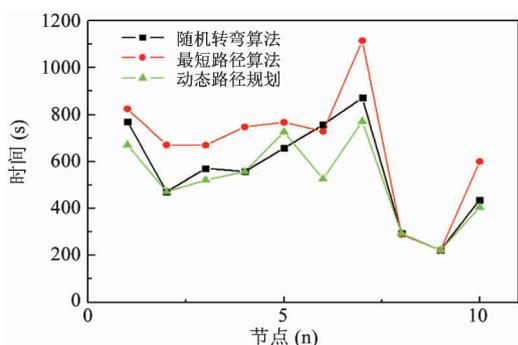


图12 稀疏情况三种转弯方案的结果对比

#### 3.2.2 正常情况下实验结果分析

图13表示不同的选路方案下在拥挤交通情况下的仿真结果。纵坐标表示车辆仿真结束时间,横坐标为车辆的标示。在正常的车辆密度下,随机转弯方案和最短路径转弯方案出现了排队等待的情况,动态路径总体排队情况比较少。

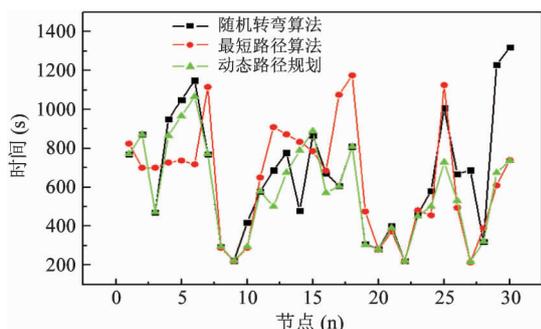


图13 正常情况三种转弯方案的结果对比

#### 3.2.3 堵塞情况下实验结果分析

图14表示不同的选路方案下在局部车辆密度较高交通情况下的仿真结果。纵坐标表示车辆仿真结束时间,横坐标为车辆的标示。在较高的车辆密度下能看出基于信息共享的动态选路方案总体性能较好。

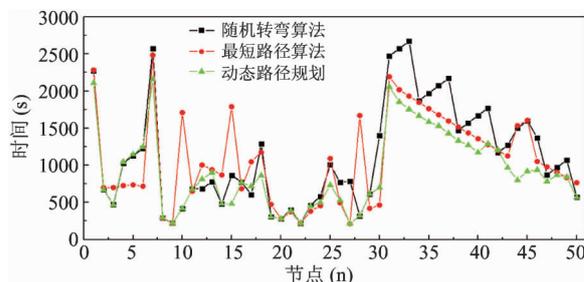


图14 堵塞情况三种转弯方案的结果对比

#### 3.2.4 性能分析

上述实验比较了在不同交通密度下车辆选择随机转弯、最短路径转弯、信息共享下的动态路径规划三种算法的性能。实验选择了每个车辆仿真结束时间作为比较的条件。在最短路方案中,车辆在启动时选择好一条路径,然后沿着它前进。在这种情况下,路径长度是最短的,但是如果遇到较大的车辆密度,车辆速度比较低,缓慢前进。在动态路径规划的情况下,车辆之间共享信息,不断地规划自己的路径,能避开较为拥堵的道路,选择更好的路径。这种情况下,运行路线长度可能不是最短的,由于车辆的特点,道路拥堵状况变化也较快,而信息具有时效性,性能受到通信频率和范围的影响。

## 4 结论

本文首先对车载自组网和交通仿真的现状进行了分析,并将车载自组网的特点和传统的仿真模型进行结合,设计了一种通过车辆间通信来获取道路上车辆信息的方法,在此基础上又设计了一种新的基于车载自组网的动态路径规划移动模型,模型中包含自定义地图、车辆移动、基于道路状况的动态选路算法等。在实验数据中对所设计的仿真模型进行了性能的评估,验证了所设计的模型的实用性。

本文设计的基于动态路径规划的移动模型较其他模型具有如下特点:(1) 地图模型以路段和交叉口为基础,能较好地模拟交通环境;(2) 在车辆运动控制方面,结合了车载自组网车辆间通信的特点;(3) 在车辆通信的基础上,通过获得邻居节点的信

息来获取道路信息和整个地图的路况信息,使道路选择更为准确;(4) 动态路径规划算法节省节点运行时间,通过获取实时道路信息,可以避免通过一些出事故的道路,使得节点运动更为安全。

当然本模型还有一些不足,在以后的工作中,将对本模型进行优化改进,增加更为详细的微观模拟和控制,包括车辆在道路上运行中的变道控制,车辆再通过无交通灯的十字路口时与横向车辆的安全控制。

#### 参考文献

[ 1 ] 常促宇,向勇,史美林. 车载自组网的现状与发展,通信学报, 2007, 28(11): 116-126

[ 2 ] Wang B, Yan B, Yuan D H. The basic study of the features of the ad hoc nodes mobility model. *Journal of Sichuan University*, 2006, 42(1):68-72

[ 3 ] Camp T, Boleng J, Davies V. A survey of mobility models for adhoc network research. *Wireless communication and mobile Computing*, 2002, 2(5):483-502

[ 4 ] 张一珂,刘鸿剑,朱志斌. 基于车辆导航的一种改良动态最短路径算法. 科技广场, 2009, 5:26-28

[ 5 ] 中国车联网产业技术白皮书(2011), 中国车联网产业技术创新战略联盟, 2011. 2-8

[ 6 ] 魏达,王沿锡,王健等. 车载自组网移动模型综述. 计算机学报, 2013, 36(4):677-698

[ 7 ] Hgri J, Filali F, Bonnet C. Mobility models for vehicular adhoc networks: A survey and taxonomy. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 2009, 11(4):19-41

[ 8 ] Hartenstein H, Laberteaux K P. A tutorial survey on vehicular ad hoc networks. *IEEE Communications Magazine*, 2008, 46(6):164-171

[ 9 ] Fan B, Narayanan S, Ahmed H. The IMPORTANT framework for analyzing the impact of mobility on performance of routing protocols for adhoc networks. *Ad Hoc Networks Journal*, 2003, (1): 383-403

[ 10 ] Dahiya A, Chauhan R K. A Comparative study of MANET and VANET environment. *Journal of computing*, 2010, 2(7): 87-92

[ 11 ] 肖玲,李仁发,罗娟. 车载自组网的仿真研究综述. 系统仿真学报, 2009, 21(17): 5330-5335

[ 12 ] 张永强,林丽. 浮动车交通信息采集系统. 交通科技与竞技, 2008, 10(6):80-82

[ 13 ] Roberto A U. WAVE in a tutorial. *IEEE Communications Magazine*, 2009, (5):126-133

[ 14 ] 韩祥临,姜长元,葛红霞等. 基于智能交通系统的耦合映射跟驰模型和交通拥堵控制. 物理学报, 2007, 56(8): 4383-4392

[ 15 ] Behrisch M, Bieker L, Erdmann J, et al. SUMO-simulation of urban mobility: an overview. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in System Simulation. 2011. 55-60

## Research on a vehicle mobility model based on dynamic path planning for VANET

Zhu Dongjie, Cui Gang, Fu Zhongchuan

(School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

#### Abstract

For the research on evaluation of routing protocols, a vehicle mobility model for vehicular ad-hoc networks (VANET) based on dynamic path planning was designed. A map module and a vehicle motion control module were designed for this model, and a Dijkstra-based dynamic path planning algorithm was put forward. By using the model, a vehicle node can obtain the real-time conditions of the nodes around it based on the real-time traffic conditions and the share of the real-time information among the vehicles on the road, and then an optimum path can be chosen by using the proposed dynamic path planning algorithm, thus an effective path selection scheme can be calculated. The experimental results indicate that the proposed model can make the vehicle nodes arrive at the destination faster and safer in various traffic circumstances compared with the traditional models including the Random turn and the Shortest path.

**Key words:** vehicular ad-hoc networks (VANET), dynamic path planning, vehicle mobility model, Simulation of Urban Mobility (SUMO)