

一种新的适用于车载 Ad-hoc 网络的位置服务机制

李秀明¹ 方 珍² 李 帅¹ 杨露霞¹

(重庆交通大学信息科学与工程学院 重庆 400074)¹ (四川职业技术学院网络电子教学部 成都 629000)²

摘 要 提出了一种新的适用于车载 Ad-hoc 网络的位置服务机制 ILSV(道路交叉路口位置服务),该机制充分利用了车载网络环境的特点如存在十字路口,受交通规则约束等,将网络中节点的位置信息分布地存储在位于十字路口的位置服务器上。在大规模城市仿真场景下的仿真结果表明:通过与 GLS 和 HLS 相比,ILSV 获得了相当高的查询成功率,并且在网络半径很大的情况下具有较优的可缩放性。

关键词 道路交叉路口位置服务,车载 Ad-hoc 网络,城市环境,十字路口

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Novel Location Service for Urban Vehicular Ad-hoc Networks

LI Xiu-ming¹ FANG Zhen² LI Shuai¹ YANG Lu-xia¹

(School of Information Technology and Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)¹

(Teaching Department of Network and Electronics, Sichuan Vocational and Technical College, Chengdu 629000, China)²

Abstract We proposed a novel location service for urban vehicular Ad-hoc networks called ILSV (Intersection Location Service for VANET), a distributed location service algorithm that makes use of the features of street intersections and traffic rules. We demonstrated these traits and its performance by providing extensive simulation in a wide range of urban scenarios. Compared with GLS and HLS, ILSV achieves good results in terms of query success ratios and remarkable scalability with respect to network size.

Keywords ILSV, VANET, Urban environment, Intersection

作为智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)重要基础之一的车载无线自组织网络(Vehicular Ad hoc Network, VANET),其设计目标是建立一个车辆间通信的平台,从而提高交通效率,降低交通事故发生率,使旅行者能够非常方便快捷地接入互联网。在该网络环境中,每一个车辆节点都具有终端和路由的功能,需要完成寻找和维护本节点到网络中其它节点的路由。基于位置的路由协议由于其具有无状态这种特性且无需维持网络中的拓扑结构,因此具有较优的可缩放性,非常高的路由效率,并且能够胜任节点数目非常多的网络,其主要包括位置服务和分组转发策略两方面。许多基于位置的路由协议(Position-based Routing, PBR)^[1]已经提出,在这类路由协议中,通信节点在做出路由决策之前必须通过位置服务获得目的节点以及邻居节点的位置信息。转发节点根据自身的位置信息、邻居节点的位置信息以及目的节点的位置信息来做出路由决策。当分组转发到达分组头部字段指定的位置时,再根据目的节点的标识如 IP 地址或者 MAC 地址进行小范围洪泛。因此为了支持基于位置的路由协议就需要一种能够提供节点位置信息的机制——位置服务(Location Services, LS)。位置服务是一类位置信息发布与查询机制,节点通过位置服务把自身位置按照一定的方式发布到网

络中,其它节点通过位置服务可随时查询该节点的位置。网络中的节点利用目的节点的位置可以使节点在寻找目的节点时避免简单的洪泛,从而提高寻找路由的效率。

1 位置服务概述

文献[2-4]提出的 DREAM、LAR、RLS 三种协议都采用洪泛的方式,因此对于网络半径比较大的网络并不适合。文献[5]提出的 HRLS(Home Region Location Services, HRLS)位置服务中,每个节点只存在一个包括位置服务器的区域,位置更新分组必须在很短的时间内更新到此区域,频繁地更新分组将浪费大量的网络带宽。加之即使通信节点间相距很短,位置查询分组也会被转发到位置服务器。如果增加 Homezone 的个数,将会降低查询开销,但这同样会增加更新分组的开销。

文献[6]提出的 GLS(Grid Location Service, GLS)把网络划分为网格,一个节点把它的位置信息分布地存放在网格中的多个服务器中。由于 GLS 使用了局部信息,因此 GLS 比 Homezone 具有更好的可缩放性能,更新远处的位置服务器的频率将比本地位置服务器少,这样做不会降低其性能,但 GLS 更新与请求模式非常复杂,并且选择位置服务器时并未

本文受重庆交通大学研究生教育创新基金项目(2010 年上-10)资助。

李秀明(1982—),男,硕士生,主要研究方向为车载无线自组织网络, E-mail: hongnix@163.com; 方 珍(1984—),女,硕士,助教,主要研究方向为网络通信协议; 李 帅(1986—),男,硕士生,主要研究方向为车载无线自组织网络 MAC 机制; 杨露霞(1986—),女,硕士生,主要研究方向为车载无线自组织网络路由协议。

使用位置信息。文献[7]通过综合 HRLS 和 GLS 思想提出了一种位置服务机制 HLS(Hierarchical Location Service),克服了上面所述的限制。HLS 将 Ad-hoc 网络区域分成单元,并将单元组合成组,组再进行组合组成更高级别的组,每个单元和组能够被一个唯一的 ID 确定,与 GLS 相比,HLS 位置服务器的标识完全采用基于位置的方式。

DREAM,RLS,HRLS,GLS,HLS 对随机位移模型适用,其典型的应用场景是节点随意改变方向且没有固定的运动轨迹的场景。但是在车载 Ad-hoc 网络环境中,车辆节点受道路和交通规则的限制按照一定的规则轨迹以及司机行为的影响行驶,因此上述位置服务并不适用车载 Ad-hoc 网络环境。GLS 和 HLS 由于在随机位移模型下具有良好的性能,因此本文将 ILSV 与之进行性能比较。

2 ILSV 的提出

城市环境下,由于受道路及交通规则的限制,节点在十字路口运动速度相对缓慢并且存在大量等待绿灯且处于静止状态的车辆节点,因此十字路口区域对于位置服务非常有利。本文所提出的位置服务协议 ILSV 就是利用了车载网络环境存在十字路口这一特征,将位置服务器设置在此区域。该位置服务机制适用的前提条件是在城市环境 VANET 中并且存在十字路口。其主要的思想是将网络中各节点的位置信息分布地存储在位于各十字路口的任意节点上。当位于十字路口的位置服务器离开十字路口时,将其所持有的车辆节点位置信息表(Vehicular Node Location Information Table, VN-LIT)广播给该十字路口的其它位置服务器。各十字路口按照一定的算法选择一个最优节点即簇首节点定期向其它各十字路口发送位置信息组更新分组(Location Information Group Update Packet, LIGUP),交换其所持有的车辆节点位置信息表 VNLIT。ILSV 主要包括以下几个部分。

2.1 十字路口位置的确定

为了获得网络环境中每个十字路口的地理位置信息,在整个网络初始化时,每个节点首先判断自己是否处于十字路口。如果节点处于十字路口则向整个网络其它所有节点广播一个携带了其位置信息的十字路口位置定位分组(Intersection Location Packet, ILP)。其它节点收到该分组后,将其携带的十字路口位置信息存储在该节点的十字路口位置列表(Intersection Location Table, ILT)中。当网络初始化完毕之后,网络中的每个节点就可以获得网络环境中所有十字路口的地理位置信息。

当十字路口存在多个节点时,每个节点将会收到来自同一个十字路口的多个十字路口的定位分组,可以利用这些分组计算出十字路口更为准确的位置。当节点 n_i 在 t 时刻收到十字路口定位分组 $lp_i(t)$,存储该分组中的位置信息于十字路口位置列表 ILT 中并置该十字路口标识为 id_i 。当 $(t+\Delta t)$ 时刻收到十字路口定位分组 $lp_i(t+\Delta t)$,如果满足式(1),那么发送分组 $lp_i(t)$ 和分组 $lp_i(t+\Delta t)$ 的节点位于同一个十字路口。此时同样置十字路口的标识为 id_i 并保存 $lp_i(t+\Delta t)$ 分组中的位置信息于十字路口列表 ILT 中,当网络初始化完毕后,用来校正十字路口的位置,得到一个更为准确的位置。最终网络各节点得到一张全网十字路口位置信息的列表 ILT。

$$\begin{cases} x_i(t) - \xi_x \leq x_i(t+\Delta t) \leq x_i(t) + \xi_x \\ y_i(t) - \xi_y \leq y_i(t+\Delta t) \leq y_i(t) + \xi_y \\ z_i(t) - \xi_z \leq z_i(t+\Delta t) \leq z_i(t) + \xi_z \end{cases} \quad (1)$$

式中, ξ_x, ξ_y, ξ_z 为不大于最小十字路口的间距。

判断一个节点是否处于十字路口是十字路口位置确定的关键,文献[8]提出了两种算法判断车载环境中节点是否处于十字路口。第一种方法是设网络中节点 n_a 、节点 n_b 以及节点 n_c 互为邻居节点,且各节点能够根据其接收到的 MAC 层信标探测帧来判断其与邻居节点的通信状况。如果节点 n_a 与节点 n_b 以及节点 n_a 与节点 n_c 两对通信实体间能够通信,但节点 n_b 与节点 n_c 之间不能通信,那么节点 n_a 就位于十字路口。与第一种算法不同的是第二种算法不需要信标信息的辅助,网络中各节点根据式(2)计算其与邻居节点的协同相关系数 ρ_{xy} 。若相关系数 ρ_{xy} 趋向于 1,则表明节点与其邻居节点线性相关;若 ρ_{xy} 趋向于 0,则表明节点与其邻居节点线性无关。设定门限值 ϵ ,如果满足条件 $\rho_{xy} > \epsilon$,那么节点就位于十字路口,本文使用第一种方法来定位十字路口位置信息。

$$\rho_{xy} = \left| \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \right| = \left| \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}} \right| \quad (2)$$

2.2 位置更新

网络中的节点维持一个定时器,每隔一段时间如 Δt 就将其位置信息更新到其所管十字路口的位置服务器上供网络中其它节点查询。节点选择距其最近的十字路口更新其位置信息。节点 $n(x, y, z)$ 通过十字路口列表 ILT 中的条目计算离其最近的十字路口(以下简称所管十字路口),然后使用基于位置的路由协议如 GPSR 将其位置信息更新到所管十字路口的任意节点。

由于频繁发送位置更新分组 LUP 会加重 MAC 层的负担,因此本文对这种机制进行改进,即在位置更新中记录节点的速度 v 以及行驶方向 θ ,只有当速度 v 和方向 θ 超过某一门限值时,才向所管十字路口的位置服务器发送位置更新分组 LUP,并且节点可以通过式(3)和式(4)来预估目的节点的当前位置。计算速度采用离散时间模型,每隔 Δt 计算一次加速度,节点 n_i 下一个速度取决于其当前速度 $a_i(t)$ 以及当前车道的车流密度 ρ 。此外,当中间节点转发数据分组时,首先查询其缓存中是否存在比数据分组中所携带的目的节点位置信息更新的位置。如果存在则更新数据分组头中目的节点的位置信息。

$$\begin{cases} a_i(t+\Delta t) = a_i(t) \cdot \xi \cdot ACC_{\max} \\ \rho = \frac{N}{\Delta s} \\ v_i(t+\Delta t) = v_i(t) + a_i(t+\Delta t) \cdot \Delta t \cdot \rho \end{cases} \quad (3)$$

式中, $ACC_{\max}$ 为加速度最大值, ξ 为 -1 到 1 的一个随机数,正为加速,负为减速。

$$pos_i(t+\Delta t) = \begin{cases} x_i(t+\Delta t) = x_i(t) + v_i(t) \cdot \Delta t \cdot \cos \alpha_i(t) \\ y_i(t+\Delta t) = y_i(t) + v_i(t) \cdot \Delta t \cdot \sin \beta_i(t) \\ z_i(t+\Delta t) = z_i(t) + v_i(t) \cdot \Delta t \cdot \sin \gamma_i(t) \end{cases} \quad (4)$$

式中, v 为速度; i 为节点标识; t 表示时间; α, β, γ 为 v 向量方向角且满足 $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$ 。

2.3 十字路口间簇首节点相互交换车辆节点位置信息表

为了在十字路口间交换车辆节点位置信息表 VNLIT,

位于十字路口的位置服务器首先根据一定算法选择一个最优节点即簇首节点,然后由各十字路口间的簇首节点负责车辆节点位置信息表 VNLIT 的交换。本文根据车载网络环境自身具有的特征提出了一种类似于最小 ID 启发算法的簇首节点选择算法,即根据位于十字路口的位置服务器所持有的位置信息量来选择簇首节点。网络中位于各十字路口节点所持有的位置信息量由式(5)计算得出。为了使网络中各十字路口选择的簇首节点最优且唯一,本文引入最优化系数 λ 作为最优簇首节点的选择条件之一,最优化系数 λ 越大,节点越靠近十字路口中心。式(5)表明,当节点所持有的信息容量值相等时,节点运动速度越小,最优化系数 λ 越大,那么选择出来的簇首节点就越优。

$$\begin{cases} dis_{(i,c)} = \sqrt{(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2 + (z_c - z_i)^2} \\ \lambda_i = \frac{1}{dis_{(i,c)} + v_i + \xi} \\ \delta_i = \delta_i(VNLIT) + \delta_i(Cache) + \lambda_i \end{cases} \quad (5)$$

式中, $dis_{(i,c)}$ 表示节点 n_i 与其所管十字路口 c_i 之间的欧氏距离, v_i 表示节点 n_i 的速度, ξ 为不大于最小十字路口间距的一个微调值,当位于十字路口 c_i 的节点所持有的位置信息量相等时,引入最优化参量 λ ($0 < \lambda < 1$) 离散具有相同信息持有量的节点。

最后给位于两个十字路口间的转发节点增加缓存机制,中间节点转发位置信息组更新分组 LIGUP 之后就将该分组中的位置信息缓存,以便网络中其它节点查询,从而提高查询效率,缩短查询时间。

2.4 位置查询

使用基于位置路由协议的节点在与目的节点通信之前,必须获得目的节点的位置信息。查询目的通信节点的位置信息通过如下步骤进行。设源节点为 n_s ,转发节点为 n_i ,目的节点为 n_d ,十字路口任意节点为 n_r ,所管十字路口为 c_s ,簇首节点 n_c 。

(1)源节点 n_s 首先查询其缓存,如果缓存中存在目的节点 n_d 的位置信息,就使用式(4)预估目的节点 n_d 的当前位置发送数据分组;否则转下一步。

(2)向所管十字路口 c_s 的发送位置查询分组 LREQ。中间节点 n_i 收到此位置查询分组 LREQ 后,首先查找其缓存,如果存在目的节点 n_d 的位置信息,就初始化一个位置回复分组 LREP 回复源节点 n_s 并丢弃位置查询分组 LREQ。否则转发该位置查询分组 LREQ。

(3)当处于十字路口 c_s 任意位置服务器 n_r 收到此位置查询分组 LREQ 时,首先查找其车辆节点位置信息表 VNLIT,若存在目的节点 n_d 的位置信息,同样初始化一个位置回复分组 LREP 回送给节点 n_s 并丢弃位置查询分组 LREQ。否则将该位置查询分组 LREQ 转发到该十字路口 c_s 的簇首节点 n_c ,由簇首节点 n_c 轮询十字路口 c_s 其它位置服务器,查询目的节点 n_d 的位置信息。

(4)若在源节点 n_s 所管十字路口 c_s 未查询到目的节点 n_d 的位置信息,那么簇首节点 n_c 将该查询分组 LREQ 转发至次最近十字路口。

(5)源节点 n_s 查询到目的节点 n_d 的位置信息之后,就可以使用贪婪算法^[1]根据其位置信息和邻居节点的位置信息计算下一跳转发节点。

3 仿真及性能分析

本节使用 NS-2(Network Simulator 2)网络仿真平台和车载环境场景生成工具 SUMO(Simulation of Urban Mobility)对城市场景下的 ILSV, GLS 以及 HLS 位置服务的性能进行仿真分析和比较,仿真实验的所需参数设置如下:

无线仿真场景设置为 2000m×2000m;十字路口设置为 16 个;车道类型设置为双向 2 车道;节点在十字路口直行概率为 0.6,左右行驶概率分别为 0.3;仿真时间为 200 秒;站点数为 180 个,活跃站点数为 180 个,站点连接数最大数为 8 个;节点移动的最大速度分别为 5,15,25,35,45,55m/s;节点发射功率范围为 250m,带宽为 512×10B/s;MAC 层采用标准的 IEEE802.11 协议。网络层路由由协议使用 GPSR,位置服务分别使用 GLS, HLS 和 ILSV,数据分组类型设置为 Query 分组。

查询成功率是反映位置服务正确与否的一个重要指标之一,与其它两种适用于 MANET 的位置服务相比,在车载网络仿真环境下专为 VANET 设计的 ILSV 具有非常高的查询成功率,其查询成功率比较如图 1 所示。通过数据分析得出 ILSV 查询成功率随着节点移动速度的增加,其查询成功率都保持在 90%左右且波动弧度非常小,证明位置服务 ILSV 具有较好的稳定性。

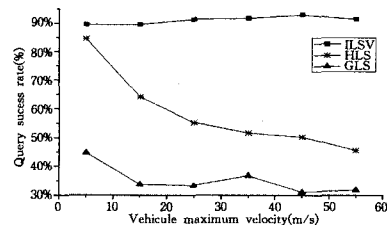


图1 查询成功率

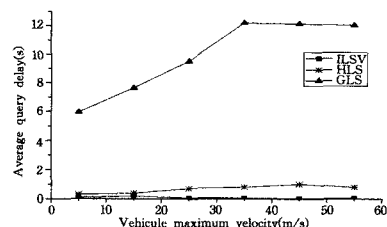


图2 平均查询延迟

由于 ILSV 采用簇首节点交换位置信息表机制使得其持有的位置信息量比较集中,并且节点只需向离其最近的十字路口发送查询及更新分组。因此,其查询延迟非常低,平均查询延迟如图 2 所示。从图中可以看出位置服务 ILSV 平均查询延迟保持在 0.1s 到 0.3s 之间。

在位置服务 HLS 中,节点如果没在其责任点查询到待查节点的位置或者责任点不存在位置服务器,那么 HLS 将该查询分组转交给其它责任点,由于 HLS 责任点并不像车载环境中的十字路口那样存在密集的节点,因此, HLS 在责任点不存在位置服务器时频繁将查询分组在各责任点转交,致使其查询延迟较高和对 MAC 造成的负载也较高,更新分组与之类似,在此不赘述,位置服务对 MAC 层负载和 RTR 负载如图 3、图 4 所示。与其它两种位置服务协议相比,位置服务

(下转第 418 页)

二级学科—>三级学科或学科方向—>课程—>篇知识—>章知识—>单元知识—>知识点—>子概念,在领域本体建设中把这10个层次划为10个类,这样如果提问词本身是一个本体的类,就可直接映射,而如果提问词是类的一个实例,则把提问词映射到这个实例的直接类上。以《计算机组成原理》课程为例,其中的一个Scorm语义化片段如下。

结束语 到目前为止 Scorm 标准基本上都是应用在学习资源的制作上,本文在结合实际的课题研究应用中,不仅通过对学习资源进行 Scorm 规范封装,提高了资源的共享性与可重用性,还结合本体给出了 Scorm 资源的语义化方案并得到了实际的应用,并且使得以前语义检索中仅通过本体无法检索的图片、视频等资源通过知识点的划分与语义标注也得到了很好的检索。

(上接第401页)

ILSV 由于车辆节点只需向离其最近的十字路口发送查询及更新分组,然后由簇首节点将其所管区域节点位置信息收集起来打包传输,定期在各簇首节点间交换位置信息表,在一定程度上省去了 IP 和 GPSR 的协议开销。因此,位置服务 ILSV 具有较低的 MAC 和 RTR 负载。

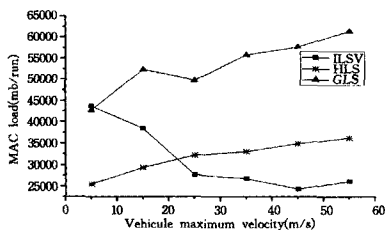


图3 MAC 负载

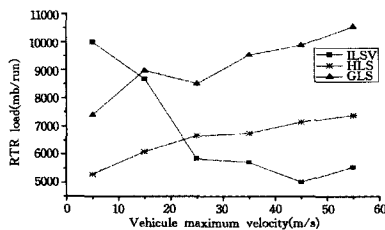


图4 RTR 负载

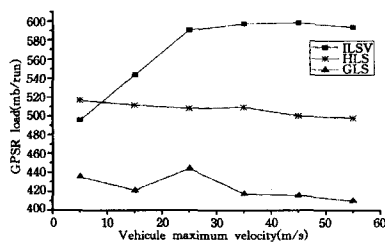


图5 GPSR 负载

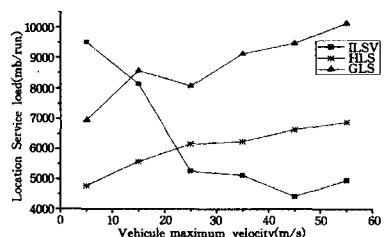


图6 位置服务负载

整个网络层的 RTR 负载由 GPSR 负载和位置服务负载

参考文献

- [1] Simens D, Rui Luís, Horta N. Enhancing the SCORM Modeling Scope[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies(ICALT'04)
- [2] 全国信息技术标准化委员会教育技术分委员会. CELTS-42, 基础教育教学资源元数据应用规范[S]. 2001
- [3] 肖洪. 面向知识组织与检索的 SCORM 语义化研究[D]. 北京: 北京大学, 2006
- [4] 余胜泉, 俞晖. 可共享内容对象参考模型研究[J]. 现代远程教育研究, 2003(01): 47-51
- [5] 党中南, 史元春. 学习对象元数据的分层描述[J]. 中国远程教育, 2002(2): 13-16
- [6] Lu E J-L, Hsieh C-J. A relation metadata extension for SCORM Content Aggregation Model[J]. Computer Standards & Interfaces, 2009, 31: 1028-1035

两部分组成,图5表示GPSR负载随节点移动速度的变化情况,图6表示位置服务负载随节点移动速度的变化情况。图4,图5和图6表明:位置服务所带来的协议开销占整个网络层协议开销的比重相当大。因此,尽可能地减少位置服务所带来的协议开销才是提高基于位置的路由协议性能的关键。

结束语 由于网络初始化时,网络中的各节点都能够获得各十字路口的位信息,因此本文巧妙地将网络中各节点的位置信息更新到离其最近的十字路口。每隔一段时间十字路口选出一个最优节点在十字路口间交换车辆节点位置信息表,将网络中各节点的位置信息分布地存储在位于十字路口的位置服务器上。位置服务为基于位置的路由协议提供网络中目的节点位置的查询服务,基于位置的路由协议又为位置服务提供路由方式。下一步我们将把适用于车载 Ad-hoc 网络的基于位置的路由协议和位置服务进行整体融合,对其整体性能进行研究。

参考文献

- [1] Karp B, Kung H T. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks[C]//Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2000: 243-254
- [2] Basagni S, Chlamtac I, Syroitiuk V R, et al. A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility[C]//Proceedings of the fourth annual ACM/IEEE International Conference on Mobile computing and networking (MobiCom'98). New York: ACM, 1998: 76-84
- [3] Ko Y-B, Vaidya Nitin H. Location-Aided Routing (LAR) in mobile ad hoc networks[J]. Wireless Networks, 2000, 6(4): 307-322
- [4] Käsemann M, Füller H, Hartenstein H, et al. A Reactive Location Service for Mobile Ad-hoc Networks[R]. TR-02-014. Department of Computer Science, University of Mannheim, November 2002
- [5] Giordano S, Hamdi M. Mobility Management: The Virtual Home Region Technical Report [R]. SSC/1999/037. EPFL-ICA. 1999
- [6] Li J, Jannotti J, DeCouto D S J, et al. A Scalable Location Service for Geographic Ad-hoc Routing[C]//Proceedings of the sixth annual ACM/IEEE International Conference on Mobile computing and networking. Boston: ACM, 2000: 120-130
- [7] Kiess W, Fuessler H, Widmer J, et al. Hierarchical location service for mobile ad-hoc networks[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2004, 8(4): 47-58
- [8] Lochert C, Mauve M, Füller H, et al. Geographic routing in city scenarios[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2005, 9(1): 69-72