

稀疏城市车载网络中的静态结构动态权重路由

张新潮, 伍民友

(上海交通大学 计算机科学与工程系, 上海 200240)

摘 要: 以上海市 4 000 辆出租车为期两年的 GPS 数据为依托, 设计仅存在于理论意义上的车载网络路由最优算法并对其进行仿真. 一方面, 最优路由算法的结果揭示了现有路由算法的不足; 另一方面, 根据最优路由算法的实际路径特点, 设计了基于地图的静态结构动态权重的路由策略来逼近车载网络路由的理论最优性能. 这一路由算法相对于传统的地理路由和其变种算法在性能方面有超过 50% 的提升.

关键词: 城市车载网络; 容迟网络; 路由; 最优路由; 地理路由; 车辆移动模式

中图分类号: TP393. 02

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)06-0142-08

Map-based Routing in Urban Vehicular Networks

ZHANG Xin-chao, WU Min-you

(Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: This paper designed the optimal routing algorithm for vehicular networks and simulated it based on the two-year GPS data of 4 000 taxis in Shanghai. The optimal algorithm, on the one hand, revealed the inefficiency of existing routing algorithms. And on the other hand, its actual routing traces suggested a map-based static structured routing strategy with dynamic weights. Simulations showed that the performance of this new practical routing strategy, compared with other existing routing algorithms, has an improvement of 50%.

Key words: urban vehicular networks; delay tolerant networks; routing; optimal routing; geo-routing; vehicular mobility pattern

1 引言

车载网络是配备了短距离无线通讯设备的车辆之间形成的网络, 而其本质上是容迟网络(DTN)^[1]. 车辆作为车载网络中的节点在不断的运动, 车辆与车辆间的通讯链路时而建立, 时而断裂. 从全局来看, 由于车辆的密度低并且分布不均匀, 车载网络的连通度很低, 并且拓扑结构快速变化. 车载网络中的数据包传递可能需要相当长的延迟.

节点的运动和网络拓扑结构的变化使得路由问题一直是 DTN 研究中最关注的问题之一^[2]. 早期的 DTN 路由算法大致可以分为三种: 一是类基

于泛洪算法(广播算法, 传染算法), 研究在全网广播的过程中如何尽可能减少数据包的拷贝数量^[3]. 二是类基于节点的移动模式, 从统计学意义上研究节点的相遇规律, 并以此设计概率性算法^[4]. 三是地理路由^[5](GEO routing, GEO forwarding); 地理路由最重要的问题是会出现局部最小点, 为了克服这一问题, 由于车辆移动的随机性, 研究者们没有办法对车载网络进行确定性的建模. 文献[1]中提出了容迟网络的模型, 但是该模型更加近似于一种记号. 本文以上海市 4 000 辆出租车为期两年的 GPS 数据作为仿真的基础, 先设计理论意义上的车载网络最优路由算法并对其仿真. 但是我们一方面通过对比最

优算法路由路径和地理路由的路径来揭示现存地理路由算法中的问题,并提出局部终点镜像的概念;另一方面分析最优算法路径的结构特点,并以此为基础提出实践中可以应用的车载网络路由算法——静态结构动态权重的路由策略。

2 准备工作

2.1 模型和记号

对车载网络采用与 DTN 相同的建模方式^[2]. 使用带权有向图 $G(V, E, T, F)$ 来表示. 而车载网络的动态特点表现在边的权重是时变的这一点上。

(1)时间 虽然车载网络在时间上是连续的,但我们只研究网络在离散的时间点上的行为. 研究的全部时间点用有限集合 $T = \{t_i | t_{i+1} > t_i, 0 \leq i \leq N_t\}$ 来表示. N_t 是时间点的总数. 通常我们选择固定的间隔来离散化时间,即 $t_{i+1} - t_i \equiv c$. 此时的 c 也称为研究的粒度. 在固定的粒度 c 下,研究的总时长为 $c \times N_t$.

(2)节点 对应网络中的车辆,用 v_k 表示. $v = \{v_k | 1 \leq k \leq N_v\}$ 代表所有节点集合, N_v 是节点的总数.

(3)边 对应节点之间的连接, v_i, v_j 之间的边用 $e_{i,j}$ 表示. $E = \{e_{i,j} | 1 \leq i, j \leq N_v, i \neq j\}$ 代表所有边集合.

(4)边的权 对应节点之间信息的传输代价. $F: E \times T \rightarrow R$ 是边权重的映射函数. $F(e_{i,j}, t)$ 表达在时刻 t , 节点对 v_i, v_j 之间是否实际存在可以通讯的链路:

$F(e_{i,j}, t) < \infty, v_i, v_j$ 之间在 t 时刻存在链路,

$F(e_{i,j}, t) = \infty, v_i, v_j$ 之间在 t 时刻不存在链路.

通常选择数据包在两个节点间的传输延迟作为传输代价。

(5)路由 车载网络中的路由问题,广义上说,就是从给定的时刻 t_0 开始,在给定的路由起点 R_{start} 和终点 R_{end} 间寻找一条由部分节点构成的时间序列,使得数据包可以按照这一时间序列指定的方式从路由起点传输到路由终点. 这一序列,包括路由的起点和终点,称为路由的路径 P . 我们用 $\langle \cdot \rangle$ 表示序列, $\langle e_{i,j}, t \rangle$ 表示 t 时刻的边 $e_{i,j}$, $\langle v_i, t \rangle$ 表示时刻的节点 v_i . 那么,一条从 t_0 时间开始的由 $R_{start} = v_1$ 到 $R_{end} = v_5$ 的路由路径表示为

$P = (\langle v_1, t_0 \rangle, \langle e_{1,2}, t_1 \rangle, \langle v_2, t_2 \rangle, \langle e_{2,5}, t_4 \rangle, \langle v_5, t_6 \rangle)$.

(6)路径代价 与边具有权重一样,路由的路

径具有代价 $C(P)$. 路由算法总是一个最优化算法,其目标是最小化路由路径的某种代价. 在车载网络中,路由路径的代价,大多数时候,并不是路径中所有经历的边的权重的和。

(7)路由类型 车载网络中的路由根据终点属性的不同可以分为两种类型,以某一车辆为路由终点,即,车辆到车辆的路由 (Vehicle to Vehicle, V2V) 以及以某一地点为路由终点,即车辆到地点的路由 (Vehicle to Location, V2L). V2L 类型的路由可以看做是向网络添加一个静止不动的节点后的 V2V 的路由. V2L 类型算法路由终点选择如图 1 所示。

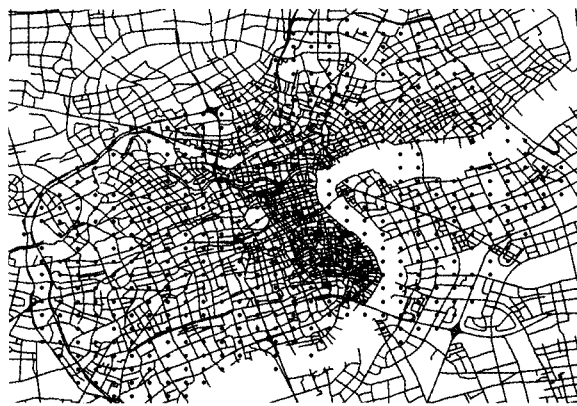


图 1 V2L 类型算法路由终点的选择

2.2 仿真设定

本文对若干车载网络以及 DTN 网络中的路由算法进行了仿真研究. 使用的数据是上海市 4 000 多辆出租车两年的 GPS 踪迹数据. 2006 到 2007 年两年间,我们在上海市内环 102 平方千米的区域内的 4 000 辆出租车上安装了 GPS 跟踪设备. 这些跟踪设备每隔三十秒钟记录下当前时间、车辆速度、方向、GPS 坐标以及车辆上是否有乘客这一状态. 将这一数据集命名为上海城市车辆网络 (SUVnet)^[6]. 本文中涉及的所有仿真均在 SUVnet 上进行. 统一选择了位于城市中心区域的车辆节点作为路由的起点 R_{start} . 同时选取覆盖整个内环的 532 个网格交点作为 V2L 类型路由的终点 R_{end} , 相邻交点间的横向或者纵向距离均为 500 m. 仿真中选择的开始时间为从 2006-11-30 开始的连续 5 天的早晨 10:00:00 路由的最大持续时间设定为 2 h, 即 7 200 s. 同时, 通讯参数方面我们选择通讯半径为 100 m.

3 最优路由算法

最优路由算法是理论上的算法,需要依赖所有车辆的全部信息来计算路由的最佳路径.最优算法的目标是找出车载网络路由性能的上界.提出了两种最优路由算法,分别是以最小化路径延迟为目标的最小延迟算法(Minimum Delay Algorithm, MDA)以及以保证路径延迟最小,同时最小化路径跳数的最小延迟与最小跳数算法(Minimum Delay and Hops Algorithm, MDHA).在以下的两个算法中,我们统一选择传播延迟作为边的权重.

3.1 最小延迟算法(MDA)

MDA 算法选择路径的总延迟 $C(P)$ 作为优化的目标函数.数学上,MDA 表达为

$$\min_P C(P) = \min_P \sum_{(e_{i,j}, t^k) \in P} [F(e_{i,j}, t^k) + (t^k - t^{k-1})].$$

MDA 找到的路径 P 的总代价 $C(P)$ 由两部分组成:每一跳的传输延迟 $F(e_{i,j}, t^k)$, 以及两跳之间的数据包在同一节点上的携带延迟 $t^k - t^{k-1}$. 记一个具体的 MDA 问题为 $\text{MDA}(t^0, v_s, v_d, G)$, 即在 t^0 时刻开始的,在动态图 G 中求解由节点 v_s 到节点 v_d 的最小延迟路由路径问题.而记它的某个解为 $\text{MDA}_i(t^0, v_s, v_d, G)$. 是一条路径.我们记对于同一问题 $\text{MDA}(t^0, v_s, v_d, G)$ 的所有解构成的解集为 $\{\text{MDA}_i(t^0, v_s, v_d, G)\}$. 同时,如果节点 v_k 在路径 $\text{MDA}_i(t^0, v_s, v_d, G)$ 上,记为 $v_k \in \text{MDA}_i(t^0, v_s, v_d, G)$.

算法 MDA

$V_a \leftarrow \{v_s\}$ //表示已经接收到数据包的节点集合, v_s 是路由起点

$Q \leftarrow \emptyset$ // Q 是一个临时集合

$t_i \leftarrow t_s$ // t_s 算法开始的时间

for all v in V do $\text{revtime}(v) \leftarrow \infty$

$\text{revtime}(v_s) \leftarrow t_s$

while $t_i \neq t_n$ and $V_a \neq V$ do

for all v_i in V_a do

for all v_j in neighbors (v_i, t_i) do

if v_j not in V_a then

/* 更新节点收到数据包的最早时间以及上一跳节点 */

if $\text{revtime}(v_j) > t_i$ then $\text{revtime}(v_j)$

$\leftarrow t_i$, $\text{parent}(v_j) \leftarrow v_i$

if $(v_j \text{ not in } Q)$ then $Q \leftarrow Q + v_j$

end if

end for

end for

$V_a \leftarrow V_a + Q$

$Q \leftarrow \emptyset$

$t_i \leftarrow t_i + 1$

end while

在最短路径问题的研究领域,具体的最短路径依赖于算法开始的时间.文献[7]中作者提出了一种称为 Time-Space 展开图的理论方法来求解动态网络中的最短路径并讨论了几种实现方法.相似于文献[7]中的思想,我们在这里具体的提出在车载网络中寻找 MDA 路径的算法,由于问题被约束到了车载网络中并且优化目标仅仅是总延迟,MDA 算法的实现相比文献[7]中的方法要简单许多.

3.2 最小延迟且最少跳数算法(MDHA)

在路由算法研究中另一个常见的目标是尽量减少传播需要的跳数.然而,在车载网络中单纯的以优化跳数作为目标是没有意义的,网络结构在持续的变化,我们没有办法拒绝这样一种假设:只要时间足够长,数据的传输都是有可能通过一跳完成的.因

而,最小延迟且最小跳数算法强调的是在保证传播延迟最小的情况下,尽可能的减少传播数据包所需要的跳数.

MDHA 是一个多目标的最优化过程,需要优化的不是一个目标函数而是一个目标向量:

$$\min_P \vec{C(P)} = \min_P \left\{ \sum_{(e_{i,j}, t^k) \in P} [F(e_{i,j}, t^k) + (t^k - t^{k-1})], n \right\},$$

式中, n 为路径 P 的跳数.

文献[8]中详细研究讨论了多目标最优化(MOO).不同的应用会根据自己的需求来对搜索算法进行约束,从而优先在搜索空间某个维度上达到最优.在我们的算法中,最小延迟具有较高的优先级.

算法 MDHA $V_a \leftarrow \{v_s\}$ //表示已经接收到数据包的节点集合, v_s 是路由起点 $Q \leftarrow \emptyset$ // Q 是一个临时集合 $t_i \leftarrow t_s$ // t_s 算法开始的时间 for all v in V do $revtime(v) \leftarrow \infty$ $path(v) \leftarrow \emptyset$ $path_till_now(v) \leftarrow \emptyset$ end for $revtime(v_s) \leftarrow t_s$ while $t_i \neq t_n$ and $V_a \neq V$ do for all v_i in V_a do for all v_k in neighbors(v_i) do if $revtime(v_k) < t_i$ then $revtime(v_k) \leftarrow t_i$ $path(v_k) \leftarrow path_till_now(v_i) + v_k$ $path_till_now(v_k) \leftarrow path(v_k)$ if (v_k not in Q) then $Q \leftarrow Q + v_k$ else if $path_till_now(v_k).length$ $path_till_now(v_i).length + 1$ then $path_till_now(v_k) \leftarrow path(v_i) + v_k$ end if end for end for end while $V_a \leftarrow V_a + Q$ $Q \leftarrow \emptyset$ $t_i \leftarrow t_i + 1$ end while	
--	--

3.3 通过仿真证明了算法的有效性

图 2 和图 3 从延迟和跳数两个方面展示了 V2V 最优算法的性能. 为了进行对比,我们选择了文献[2]中的著名算法 MED(Minimum Expected Delay)进行共同仿真. MED 通过车辆节点的相遇历史来估算他们在将来再次相遇的时间. 在每一跳的传输中,MED 在周围可以通讯的节点中选择与路由终点再次相遇的期望时间最近的节点作为下一跳. V2L 的仿真中,我们选取了 MDA,MDHA,地理路由以及地理路由的最为著名的增强 GPSR 算法进行对比. MDA 延迟随传输距离的变化见图 4,V2L 路由算法跳数关于传输距离的对比见图 5.

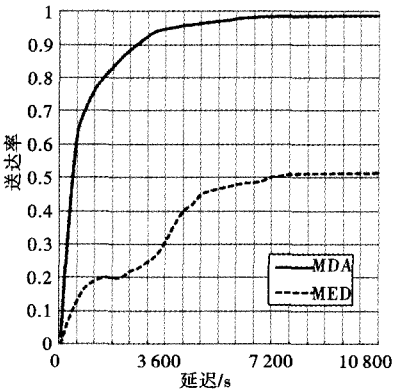


图 2 V2V 的算法延迟与送达率之间的关系

4 最优算法路由路径分析

我们通过直接观察 V2L 最优路由算法的路由路径,并与地理路由类型算法的路径进行对比,来揭示现存地理路由以及现存其他 V2L 路由算法的具体问题. 总结了 V2L 最优路由算法的路由路径的规

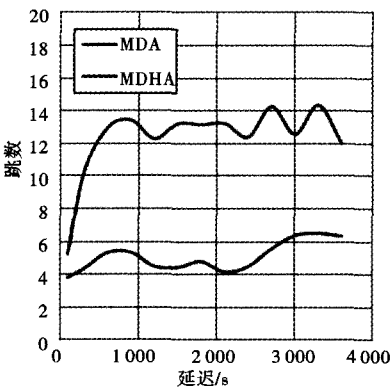


图 3 MDA 与 MDHA 的跳数关于延迟分布

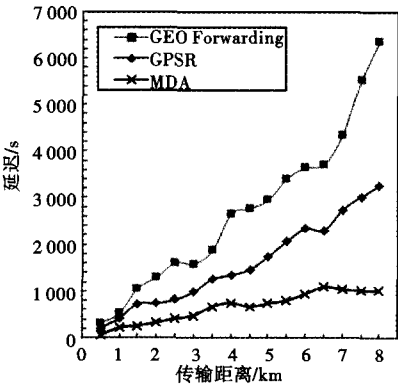


图 4 MDA 延迟随传输距离的变化

律,将根据这些规律提出新的车载网络中的路由算法.

4.1 局部终点镜像问题

局部终点镜像(local Destination Mirror, LDM)是对地理路由中的局部最小点问题的延伸. 局部最小点在有些研究中也被称为“空洞问题”. 传

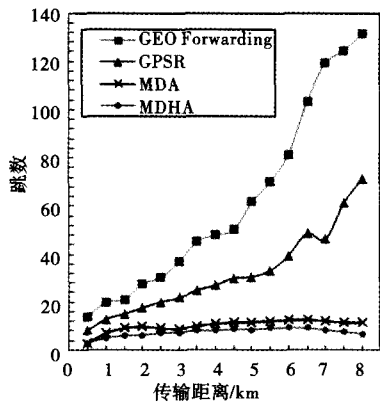


图5 V2L 路由算法跳数关于传输距离的对比

统上,著名的平面图的右手遍历法则可以解决局部最小点问题:一旦检测到局部最小点,始终沿着左手方向或者右手方向就可以绕过“空洞区域”。然而,在实际的情形中,受到道路的约束,局部最小问题往往并不是表现在一个节点上,而是表现为一个地理位置。我们称之为局部终点镜像(Local Destination Mirror, LDM),路由的终点相对于数据包的携带节点处在道路的垂直方向上。这使得路由终点在道路上的正投影点成为了路由终点的“镜像”,也就是LDM。在道路上车辆按照地理路由的要求总试图把数据传送给最靠近LDM的节点。这样,LDM已经代替了实际的路由的终点为局部的路由终点。

GPSR对地理路由进行了改进,认为数据包只能在道路的交点处转变方向。GPSR一定程度上使得LDM问题得以缓解,但是并没有彻底解决LDM问题。原因在于,车辆稀少的路口以及具有单行道的路口同样可以产生LDM。

4.2 V2L 最优路由路径的性质

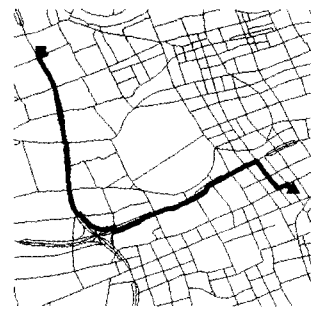
(1) 由节点携带是车载网络中路由的主要行为

图3显示,MDA算法即使在4000s的延迟的时中平均也只有14跳,而MDHA更是将这一数字减少至7跳。MDA和MDHA的跳数并没有随着路径延迟的增长而线性的增加。在最优算法的路径中,路由的主要行为是节点携带数据包前进,而不是地理路由类型的贪婪传输。

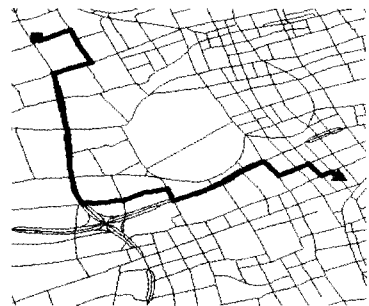
(2) MDA路径的空间形状比路径的节点序列更加稳定

相同的路由的起点和终点之间的MDA路由路径在空间形状上的稳定性要超过该路径在节点序列上的稳定性。为了说明这一点,我们描绘了一条MDA路由路径,以及从网络删除该路径上的2,4,6

个结点后的MDA路由路径。



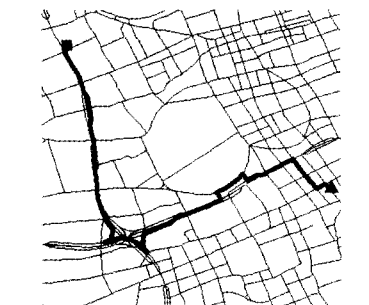
(a) 原始路径



(b) 删除2个节点后的路径



(c) 删除4个节点后的路径



(d) 删除6个节点后的路径

图6 MDA 路径由路径的空间稳定性。

图中▲示意路由的起点,
■示意路由的终点

在删除了节点的网络中,路由路径的节点序列发生了剧烈的变化,图6(a)中的路由7跳构成,图6(b)中的由9跳构成,但是两者仅有2个相同节点。

图 6(d)中的路径仅由 5 跳构成,且与图 6(a)中的路径均没有相同节点.但是图 6(a)到图 6 d 的路径在空间上的形状并没有发生大的变化.

5 基于地图和动态信息的车载网络路由算法

5.1 将动态的车载网络转换为相对稳定的静态结构动态权重的网络

我们提出 V2L 模式下车载网络中基于地图的静态结构动态权重路由算法(MSSDW). MSSDW 的关键思想是转换看待车载网络的角度.在 MSSDW 中,我们不再认为车辆是车载网络中的节点,相反的,我们采用与车辆导航相同的方式,认为数据包是在道路网络中传递的.网络中的节点是道路的交叉点,而网络中的边是道路本身,道路网络的拓扑结构形成了数据传输的网络结构.车辆在道路上分布和运动的统计规律决定了网络边对于数据的传输容量,即网络边的权重.车辆的统计规律包括道路的车辆密度,平均速度等指标.这些指标会随着时间变化,因而道路网络的结构虽然是静态的,道路的权重却是时变的.

在 MSSDW 中,对于个体车辆的关注降低,而对于车辆统计规律的关注上升.我们将动态网络中的路由问题转化为了静态网络中的路由问题. MSSDW 应用加权最短路径算法在道路网络中计算数据包的最佳传输路径,该传输路径是一系列的道路交点.数据包的传输沿着计算出的交点序列进行,在相邻的两个交点之间的道路上,数据包采用地理路由的方式沿着道路以尽可能快的方式传递.数据包的路由路径在 MSSDW 中不是车辆序列,而是道路交点序列,数据包的传输实际上是在“跟踪”地图上的某条预先确定的路径.

5.2 获得网络边的权重

前两种借鉴车辆导航的方法,用道路的长度和车辆通过道路的期望时间作为道路权重,第三种综合考虑道路上的车辆密度,车辆平均速度和车辆行驶方向的影响,采用回归分析的方式预测数据包通过道路的期望时间.首先定义这一部分需要用到的记号.

我们用 r_i 表示任意道路,其长度记为 L_{r_i} ;记数据包沿着 r_i 的两个方向通过 r_i 的平均时间(Packet Delay, pd)分别为 $pd_{r_i}^0$ 和 $pd_{r_i}^1$,数据包在道路上的传输速度(Packet velocity, pv)为 $pv_{r_i}^0$ 和 $pv_{r_i}^1$;记道路上两个方向的车辆平均密度为 $\rho_{r_i}^0$ 和 $\rho_{r_i}^1$,车辆平均

速度为 $v_{r_i}^0$ 和 $v_{r_i}^1$,车辆通过道路的平均时间为 $d_{r_i}^0$ 和 $d_{r_i}^1$.如果不需要明确的区分道路的方向,那么我们省略以上各量的数字上标,用“.”来代替.例如,用 $d_{r_i}^.$ 来泛指车辆沿着某个方向通过 r_i 的时间.显然,除了道路的长度外,以上各量均为时间的函数.同时

$$d_{r_i}^.(t) = \frac{L_{r_i}}{v_{r_i}^.(t)}, pd_{r_i}^.(t) = \frac{L_{r_i}}{pv_{r_i}^.(t)}.$$

(1) 根据道路的长度(LW)以及根据车辆平均通过时间进行加权(VTW)

根据道路的长度进行加权(Length Weighted, LW)的道路网络中, r_i 的权重为 L_{r_i} .最短路径算法计算出的路径 P 是具有最短路程的路径.根据对 MDA 路径的研究,车辆携带是车载网络中数据路由的决定性方式,路由的端到端延迟主要取决于车辆携带数据包的时间.因而最小化传输的路程可以减小携带数据包的车辆行驶时间进而减小数据包的延迟.

根据车辆通过道路的平均时间(Vehicle Time Weighted, VTW)进行加权的道路网络中, r_i 的权重为 $d_{r_i}^.$.最短路径算法得到的是车辆最短行驶时间路径. VTW 算法的启发性类似于 LW 算法,数据包的传输延迟会随着携带数据包的车辆行驶时间的减少而减少.

(2) 根据回归分析对道路进行加权(RW)

类比车辆在地图上的路由问题,如果目标是最小化数据包的传输延迟,那么最优的道路加权方式应当是“根据数据包通过道路的平均时间”来加权,即用 $pd_{r_i}^.$ 作为 r_i 的权重.在这种方式构建的网络中,加权最短路径就是两点间数据包传输的最小延迟路径.

然而,数据包通过道路的时间受到诸多因素的影响,无法通过简单的函数关系来进行刻画.本文采用回归分析的方法研究车辆密度,和车辆速度对数据包在单条道路上传输时间的影响.我们称这一算法为通过回归分析加权的算法(Regression Weighted, RW).

RW 并不直接使用 $pd_{r_i}^.$ 作为回归模型的响应变量,而是使用 $pv_{r_i}^.$.这样做的原因在于,在稀疏的车载网络中数据包通过道路的时间很可能是无穷,而作为回归模型的响应变量,过于广泛的取值范围会严重影响模型的效力.而 $pv_{r_i}^.$ 的取值范围是有限的:显然 $pv_{r_i}^. \geq 0$,但同时 $pv_{r_i}^.$ 也有上界,数据包通过一条道路总是需要时间的,而数据包通过一条道路的最快情形发生在车辆密度极大的时候.数据包不需

要在任何车辆上停留,可以连续的在车辆间进行传输.假设通讯半径为 R ,数据包传输一次的传播延迟为 τ ,那么数据包通过道路的速度:

$$0 \leq pv_{r_i} \leq \frac{R}{\tau}$$

由于 pv_{r_i} 的严格上下界, RW 算法采用对数回归模型对 pv_{r_i} 进行建模:

$$E\{pv_{r_i}\} = \frac{R}{\tau} \cdot \frac{e^{(X^T \cdot \beta)}}{1 + e^{(X^T \cdot \beta)}}$$

其中:

$$X = [1, \rho_{r_i}^0, v_{r_i}^0, \rho_{r_i}^1, v_{r_i}^1]^T$$

$$\beta = [\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4]^T$$

我们对 SUVnet 进行了采样,分析了所有道路上车辆密度和平均速度的变化,选取具有不同车辆密度和速度的道路进行数据包的单条道路的仿真传输并记录数据包通过该道路的时间.以这些数据作为样本,使用软件 R 对该模型进行了拟合,寻找参数向量的值.

5.3 路由规则

MSSDW 的路由策略分为三个方面:路径规划和更新,局部传输策略以及错误恢复机制.

(1) 路径规划和更新

MSSDW 首先使用 5.2 节中的加权算法对当前时刻的网络进行加权,如果使用的是 RW 算法,需要 4.2 节中的对数回归模型计算权重.在分配了权重的道路网络中, MSSDW 通过 Dijkstra 算法寻找路由起终点之间的最小代价路径.数据包按照该路径从一个道路交点前往另一个道路交点. VTW 和 RW 算法中的权重是时变的. MSSDW 指定一个时间阈值 dT ,在 dT 之后对网络中的权重进行更新,并以数据包当前的位置作为起点,重新计算最小代价路径.数据包沿着新的路径进行传输.

(2) 局部传输策略

局部传输策略指的是数据包在一条道路上的两个路口之间的传输.数据包在道路上采用地理路由的传输方式向道路的交点传递.地理路由中的 LDM 问题在这种策略下可以得到有效地避免,因为在每一段道路上,地理路由的目标位置总是道路的端点.

(3) 错误恢复机制

MSSDW 规划的路径是道路交点的序列,而数据包的实际传输依赖车辆完成.因此,数据包未必能够严格按照规划的路径进行传输.针对这个问题, MSSDW 在规划路径周围构建了数据包的“允许”区域:允许区域是一个固定宽度的与规划路径平行的

的区域. MSSDW 在允许区域中的规则如下:

(1) 如果数据包偏离规划路径,但仍然在允许区域的范围内部,算法不做任何修正,继续采用地理路由向规划路径中的下一个道路交叉位置前进.

(2) 如果数据包超出了 MSSDW 的允许区域, MSSDW 的目标转变为优先将数据包引导回允许区域的内部. MSSDW 计算数据包距离允许区域的最近距离和位置,并采用地理路由将数据包导向该位置.回到允许区域内部的数据包继续按照规划路径路由.

5.4 性能仿真

对 MSSDW 在 LW, VTW 和 RW 这三种加权方式下的性能进行了仿真. MSSDW 属于 V2L 类型的路由算法,因此我们选作对比的算法是地理路由和 GPSR. MDA 和 MDHA 的 V2L 算法被描绘在各曲线用以确定性能的上界.

我们仍然采用 4.2 节中对于仿真的设定,路由的起点设置在地图的中心区域,终点为覆盖内环区域的 532 个地理位置.仿真时长 7 200 s,通讯半径设置为 100 m. MSSDW 的容忍带宽度设置为 5 倍的通讯半径.

评价性能的准则仍然使用送达率,延迟和跳数这三个准则,具体的算法性能见图 7~11.

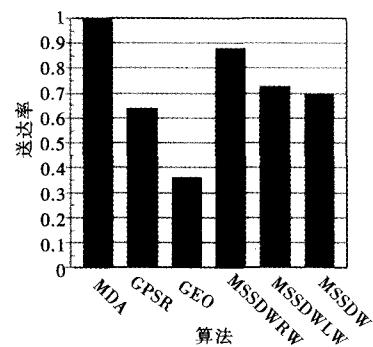


图 7 不同算法送达率的对比

6 结束语

本文设计了车载网络中的最优路由算法 MDA 和 MDHA,并在 SUVnet 数据集上进行了仿真测试.最优算法表明,车载网络中路由算法的理论最优性能超出了很多研究者的预期.尤其是 MDHA 所展示的跳数性能.在覆盖 102 km² 的车载网络中, MDHA 算法在 7 跳以内就将数据包送达了网络中 98% 的节点.同时,通过对最优路由算法实际路由路径的研究,提出了以地图作为网络的 MSSDW 路由算法.对 MSSDW 的在 SUVnet 上的仿真表明,

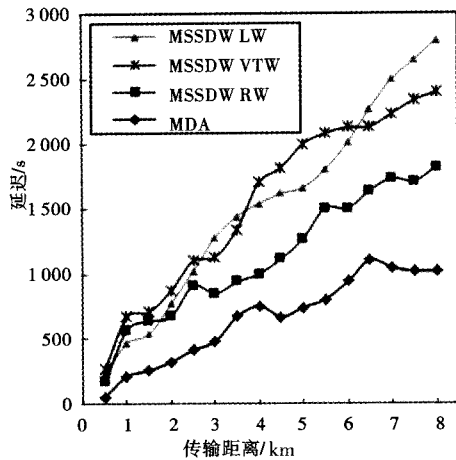


图 8 三种不同的权重模式下 MSSDW 算法延迟性能的对比

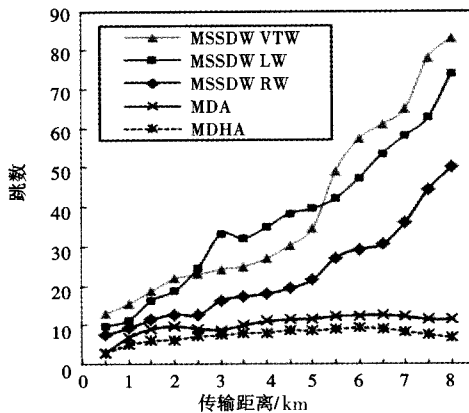


图 9 三种不同的权重模式下 MSSDW 算法跳数性能的对比

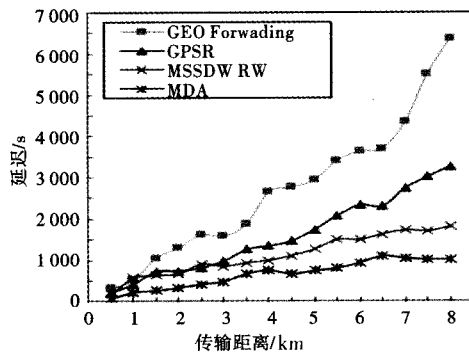


图 10 MSSDM 使用 RW 和 GPRS 地理路由的延迟性能对比

MSSDW 的性能相对于地理路由以及 GPSR 在长距离传输时有明显的改善。

参考文献

- [1] Fall K. A delay-tolerant network architecture for challenged internets[C] // Proceedings of the 2003 Conference on Applications, technologies, architec-

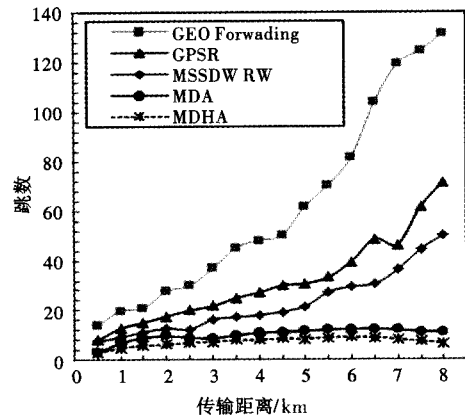


图 11 MSSDW 使用 RW 和 GPRS 地理路由的延迟性能对比

tures, and protocol for Computer Communications, NY, USA: ACM, 2003: 27-34

- [2] Jain S, Fall K, Patra R. Routing in a delay tolerant network[C] // Proceedings of ACM SIGCOMM. NY, USA: ACM, 2004
- [3] Vahdat A, Becker D. Epidemic routing for partially-connected ad hoc networks[R]. Tech Report. CS-2000-06, Duke University, 2000
- [4] Chaintreau A, Scott J, Gass R et al. Pocket switched networks and human mobility in conference environments[C] // proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant network. NY USA: ACM, 2005.
- [5] Lorchert C, Mauve M, Holger. Geographic routing in city scenarios[C] // proceedings of the ACM SIGCOMM. [S. L.]: ACM, 2005
- [6] Huang H, Luo P, Li M, et al. Performance evaluation of SUVnet with Real-Time traffic data[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 56(6): 3381-3396
- [7] Pallottino S, Scutella MG. Shortest path algorithms in transportation models: classical and innovative aspects[C] // Proceedings Of the Intl Colloquium on Equilibrium in Transportation Models, Montreal, Canada: IEEE, 1997.
- [8] Marler RT, Arora JS. Survey of multi-objective optimization methods for engineering[J]. Struct and Multidisciplin optimization 2004, 26(6): 369-395

作者简介:

张新潮 男, (1987-), 硕士. 研究方向的车载网络、无线传感器网络

伍民友 男, (1951-), 教授, 博士生导师. 研究方向为无线与传感器网络、高性能计算