

文章编号:1001-9081(2010)01-0121-03

一种城市车辆网络中的数据缓存算法

宋宏斌,肖晓强,徐明,林磊

(国防科学技术大学计算机学院,长沙410073)

(hunterking2005@163.com)

摘要:数据缓存在城市车辆网络中有着重要的应用。移动车辆通过缓存数据不仅可以减少自身访问数据的延迟,同时可以为整个网络节省带宽。所以,如何更有效地利用节点有限的存储是目前数据缓存研究的主要内容。重点分析了节点利用收益函数决定如何缓存数据,提出了利用本地访问频率和邻居节点访问频率构建收益函数的方法。最后,通过建立城市车辆网络场景并模拟验证了该收益函数下的数据缓存的优越性。

关键词:城市车辆网络;数据缓存算法;数据访问频率

中图分类号: TP393.02 **文献标志码:** A

Data caching algorithm in metropolitan vehicle network

SONG Hong-bin, XIAO Xiao-qiang, XU Ming, LIN Lei

(College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China)

Abstract: Data caching is an important technique in metropolitan vehicle networks. It can increase data availability and significantly improve the efficiency of information access by reducing the access latency and bandwidth usage. However, designing efficient caching algorithms is non-trivial when network nodes have limited memory. This paper analyzed how to cache with the help of benefit function, and proposed a way of using local access frequency and neighboring node access frequency to construct the benefit function. The authors simulated the algorithm using a network simulator (NS2), and its advantage was demonstrated in city scenarios.

Key words: metropolitan vehicle network; data caching algorithm; data access frequency

0 引言

随着车辆的普及和移动 Ad Hoc 网络 (Mobile Ad Hoc Network, MANET) 技术的不断发展,车辆网络 (Vehicular Ad Hoc Network, VANET) 逐渐成为新兴的研究领域。车辆网络是一个特殊的移动自组网,是自组织的、分布式的无线网络,在任何时刻移动的车辆通过无线信道组网,车辆间通过实时的交换交通信息,提供紧急报警消息的通告和各种分布式应用。在车辆网络中,数据始终是各类应用的中心,所以如何增加数据的可用性并减少数据传输延迟和带宽利用率是车辆网络研究的热点。

缓存技术是缓解数据访问的压力、减少网络通信流量、缩短用户访问延迟的经典方法,在计算机体系结构和分布式网络中,缓存技术被深入研究和广泛应用。同样,在车辆网络中,利用缓存技术,不仅可以减少节点自身访问数据的时间,周围节点也可以共享数据,从而从整体上减少网络带宽消耗,缩短访问延迟,大幅度提升车辆网络中数据获取的效率。

1 城市车辆网络

1.1 城市车辆网络的特点

城市车辆网络的实质是移动 Ad Hoc 网络 (MANET) 的一种特殊形式,因此它具有 MANET 的特点:1) 节点地位平等、无中心网络的自组织性;2) 网络拓扑结构动态变化的不可预测性;3) 单跳、多跳共存的组网方式;4) 无线传输带宽的有限

性和无线信道的脆弱性。

同时,由于城市道路特殊性,使得城市车辆网络还具有如下特点:1) 可预测移动;2) 由于车辆高速移动性,导致动态的、快速变化的拓扑结构以及网络的分割特性;3) 车辆节点不能保证可靠性;4) 没有明显的电源限制。

由于以上特点,城市车辆网络中的数据缓存有了不同的意义。由于车辆移动性以及网络的分割性,之前的缓存算法只适用于普通的 Ad Hoc 网络,当应用在城市车辆网络时,就必须考虑城市车辆网络自身的特点。

1.2 城市车辆网络的应用实例

如图1所示,城市场景中,有固定的基站为周围车辆提供地图、旅游景点、饮食住宿等信息。当一辆在基站覆盖范围之外的车辆A通过多跳的方式向基站请求数据时,在这条路由路径上的节点B如果已经缓存了该数据,则由B向A发送数据,可以节省时间和带宽。

2 缓存算法具体描述

缓存算法的核心思想是节点如何利用有限的存储空间缓存数据,从而为自身服务,同时为邻居节点服务。

节点缓存任何一个数据都会得到一定的收益,节点根据收益的大小来决定在自身有限的存储空间里缓存哪些数据。文献[1]中提出的 DGA 算法定义收益函数如下:

$$B_{ij} = (N_j \times H_j) / S_j$$

其中: B_{ij} 为节点 i 缓存数据 j 的收益; N_j 为数据 j 的被访问频

收稿日期:2009-07-18;修回日期:2009-08-27。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60773017)。

作者简介:宋宏斌(1985-),男,甘肃会宁人,硕士研究生,主要研究方向:无线车辆网络;肖晓强(1972-),男,江西南昌人,副教授,博士,主要研究方向:网络可靠性;徐明(1964-),男,湖南长沙人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:移动计算技术、无线网络;林磊(1985-),女,江西赣州人,硕士研究生,主要研究方向:无线车辆网络。

率; H_j 为在没有本地缓存的情况下, 节点 i 访问到数据 j 需要的跳数(在 Ad Hoc 网络中, 数据传递的方式是 hop-by-hop, 所以以跳数为单位计量数据传递的消耗); S_j 为数据 j 的大小。节点计算每个数据的收益, 收益越大越值得缓存, 当缓存满了时, 就用收益大的数据项替换掉收益小的数据项。

由于城市车辆网络的特性, 车辆可以看作是以簇的方式运动, 节点间合作就显得更加突出。为了最大化利用节点的存储空间, 本文在文献[1]的研究基础上研究了一种新的收益函数, 提出了利用本地访问频率和邻居节点访问频率来构造收益函数的方法。本地访问频率即自身节点对某一数据的访问频率。邻居节点访问频率是指节点转发的来自邻居节点的对某一数据的访问频率。这里将这两种访问频率分别记为 $N_{j_access_myself}$ 和 $N_{j_access_neighbors}$ 。显然, 这两种访问频率对节点的缓存决策的影响是不同的, 也就意味着有不同的权重, 修改后的收益函数可以表示为:

$$B_{ij} = [N_{j_access_myself} * weight + N_{j_access_neighbors} * (1 - weight)] \times H_j / S_j$$

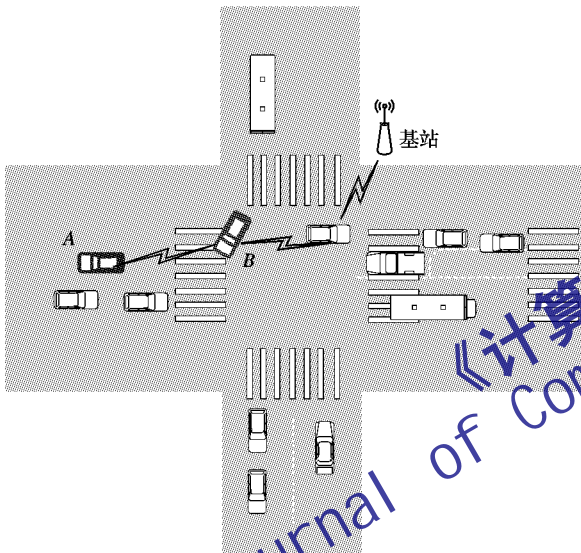


图1 城市车辆网络中缓存应用实例

3 模拟工作

模拟使用 NS2 模拟工具, 通信协议选择 AODV。

基础场景如图2所示, 是带有两个十字路口的城市道路。车辆在道路上按交通规则前进, 速度服从(5 km, 20 km)上的均匀分布, 车辆到达十字路口时, 以 1/2 的概率继续按原方向前进, 以 1/4 的概率分别左转和右转。场景中, 车辆数目维持在 100。

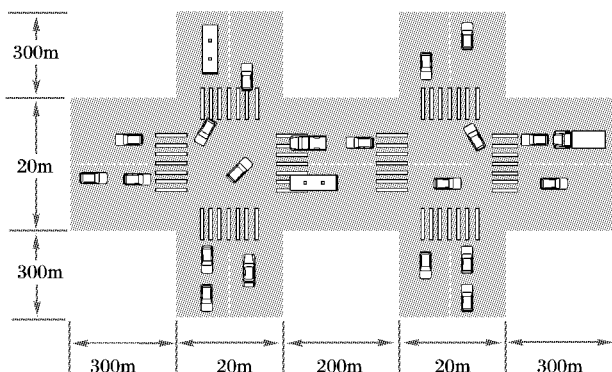


图2 模拟场景图

数据访问模型 场景需要的数据共有 1000 个, 每个数据

的大小服从(150k, 750k)上的均匀分布。1 号节点存有所有奇数号数据, 2 号节点存有所有偶数号数据。本文的模拟中不考虑数据的有效期, 假设数据在模拟时间内一直是有效的。这样的假设, 将重点放在收益函数上, 而不用再去关心数据更新带来的各种消耗。节点访问数据时, 采取文献[2]中的所用的 biased-Zipf-like 访问模型。Zipf-like 模型常被用于模拟非均匀分布的访问频率。biased-Zipf-like 访问模型, 在此基础上加入了节点所处地理位置的因素, 更符合真实移动场景, 更能体现出在某一位置周围的节点容易访问相同的数据。

客户端请求模型 每一个节点有单独的数据访问流。该数据访问流服从 T_{query} 时间的指数分布。如果节点在发送一个数据访问后, 在 T_{query} 时间内没有接收到应答, 则认为本次数据访问不可达。节点只有在数据不可达或在 T_{query} 时间内接收到应答才会发送下一次数据访问。根据实际情况以及文献[2]中的模拟结果, 本文模拟中设置 T_{query} 为 40 s。

4 模拟结果

图3, 图4展示了 $N_{j_access_myself}$ 权重分别为 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 以及 DGA 算法的模拟结果。

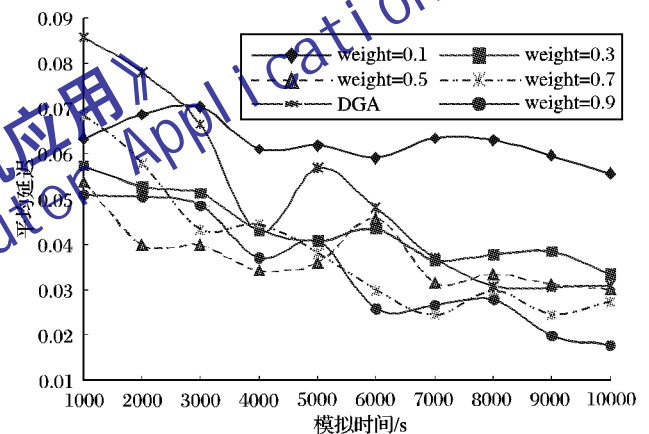


图3 本文算法与 DGA 算法的平均延迟比较

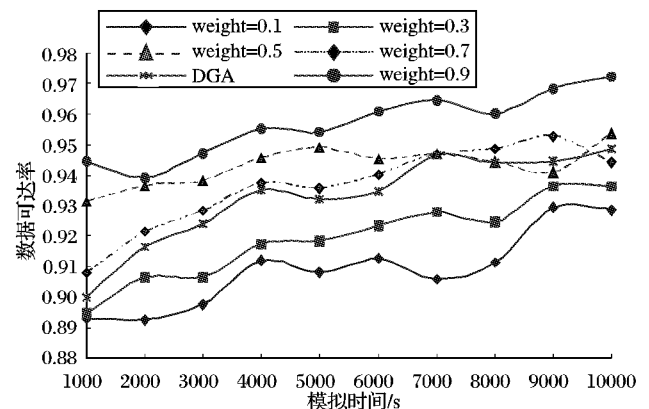


图4 本文算法与 DGA 算法的数据可达率比较

从模拟结果可以看出, 随着 $N_{j_access_myself}$ 权重的增大, 网络的平均访问延迟在逐渐减小, 访问可达率逐渐增大。在 $N_{j_access_myself} < 0.5$ 时, 网络的平均延迟、数据可达率都没有 DGA 算法好。原因是城市车辆网络中, 节点间链路并不是十分可靠, 一个节点总是为其他节点缓存数据是没有必要的, 所以每个节点更应当倾向于缓存自己需要的数据。而在 $N_{j_access_myself} > 0.5$ 时, 网络的平均延迟、数据可达率都比

DGA 算法好。这说明在城市车辆网络里,节点的大部分存储空间用来缓存自己需要的数据比较好。

图 5, 图 6 展示了 $N_j\text{-access_myself}$ 权重分别为 0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0 以及 DGA 算法的模拟结果。

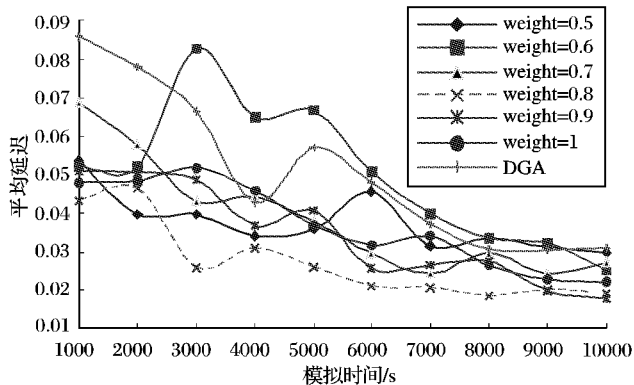


图 5 权重 ≥ 0.5 时与 DGA 算法的平均延迟比较

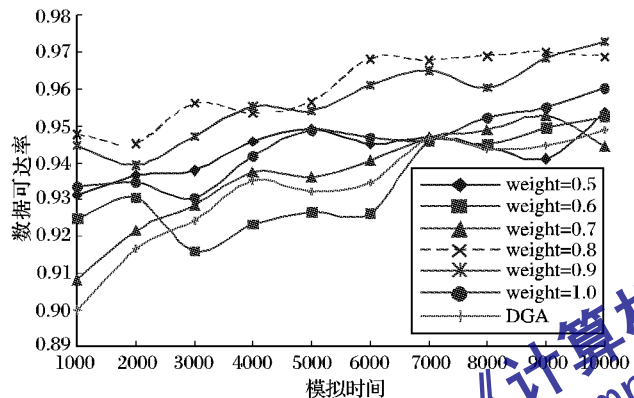


图 6 权重 ≥ 0.5 时与 DGA 算法的数据可达率比较

从模拟结果可以看出, $N_j\text{-access_myself}$ 的权重取 0.8 或 0.9 都是可行的, 此时的平均延迟和数据可达率都达到了较优值。

5 结语

本文重点研究了城市车辆网络的特点, 在此基础上, 提出了一种适用于城市车辆网络的数据缓存算法。与 DGA 算法相比, 本文提出的数据缓存算法更适合城市车辆网络, 可以达到更低的数据延迟和更高的数据可达率。最后, 通过 NS2 建立模型, 模拟验证了以上结论的正确性。

参考文献:

- [1] TANG BIN, GUPTA H, DAS S. Benefit-based data caching in Ad Hoc networks[C]// Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Network Protocols. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 208–217.
- [2] YIN LIANGZHONG, CAO GUOHONG. Supporting cooperative caching in Ad Hoc networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006; 10(5): 77–89.
- [3] MUSTAFA M D, NATHRAH B. Improving data availability using hybrid replication technique in peer-to-peer environments[C]// Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 393.
- [4] ZIPF G. Human behavior and the principle of least effort[M]. Cambridge, MA: Addison-Wesley Press, 1994.
- [5] BRESLAU L, CAO P, FAN L, et al. Web caching and Zipf-like distributions: Evidence and implications[EB/OL]. [2009–05–10]. <http://www.nslj-genetics.org/wli/zipf/breslau99.pdf>.

(上接第 120 页)

表 2 常用嵌入式开发平台文件系统功能接口

接口名	功能	接口名	功能
OSS_CreateFile	产生新文件	OSS_InitFileSystem	初始化 FD 表和全局信号量
OSS_DeleteFile	删除指定文件	OSS_OpenDir	打开目录
OSS_GetFileLengt	获取指定文件长度	OSS_ReadDir	读取目录
OSS_SeekFile	文件当前读写指针定位	OSS_CloseDir	关闭目录
OSS_WriteFile	写入文件	OSS_ReadFile	读取文件内容
OSS_RenameFile	文件重命名	OSS_Create	建立文件目录
OSS_DeleteDirectory	删除指定文件目录	OSS_MoveDirectory	文件目录位置迁移
OSS_RenameDirectory	目录重命名	OSS_OpenFile	打开指定文件
OSS_ReadMemFile	内存设备文件读取	OSS_WriteMemFile	内存设备文件写入
OSS_CreateMemDev	内存设备文件建立	OSS_DeleteMemFile	删除内存设备文件
OSS_StartFtpServer	启动 FTP 服务器	OSS_StopFtpServe	停止 FTP 服务器任务

6 结语

本文对面向通信领域的嵌入式软件开发平台的文件系统部分给出了一种封装方案和主要基于 VxWorks 实现探讨。基于其他嵌入式操作系统的方案实现与此类似。由于这些封装方案中的子模块来源于大量通信产品软件开发的实践总结, 都是经过严格验证与测试的, 因此整个方案具有很大的普适性与较强的稳定性。

参考文献:

- [1] 何先波, 钟乐海, 芦冬昕. 嵌入式操作系统支撑层的设计与实现

[J]. 计算机应用, 2003, 23(5): 89–91.

- [2] 何先波, 李志蜀, 唐宁九, 等. 面向通信领域的主备倒换与数据同步技术[J]. 计算机应用, 2005, 25(10): 2312–2314.
- [3] 何先波, 李志蜀, 芦冬昕, 等. 一种面向通信领域的高效嵌入式操作系统进程队列模型[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(2): 263–267.
- [4] 何先波, 张芝萍, 徐立峰, 等. 一种嵌入式实时操作系统中内存分配的方法: 中国, 200410041459. 2[P]. 2004–07–13.
- [5] 何先波. 一种基于 VxWorks 的内存管理支撑层的设计与实现[J]. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2005, 26(2): 175–179.