

基于网格 Quorum 的位置服务模型

陆振均, 周继鹏

(暨南大学信息科学技术学院, 广州 510632)

摘要:在基于地理位置的无线自组网络中, 基于 Quorum 的位置服务模型需要较大维护和查询开销。针对该问题提出一种基于网格 Quorum 的改进模型, 完善相应的位置服务管理节点的选取和移交算法。采用网络仿真软件 NS2 对 2 种模型进行比较, 结果表明改进模型维持了较好的查询成功率和查询路径长度。

关键词: 无线自组网络; 位置服务; 网格

Mesh Quorum-based Location Service Model

LU Zhen-jun, ZHOU Ji-peng

(College of Information Science and Technology, Jinan University, Guangzhou 510632)

【Abstract】 In geo-location-based Ad hoc network, the maintenance and query cost of Quorum-based location service model is high. Aiming at this problem, this paper proposes an improved Mesh Quorum-based Location Service(MQLS) model, consummates the relative selection and handover algorithm for location service and management node. The simulation results of NS2 show that improved model keeps good query success rate and query path length.

【Key words】 Ad hoc network; location service; mesh

1 概述

在基于地理位置的无线自组(Ad hoc)网络中, 每个节点需要一个能确定自身地理位置的定位系统, 如 GPS。当某个源节点向另一个目的节点发送数据包时, 它只要知道目的节点的地理位置, 便可根据自身当前位置选择适当的下一条邻居节点并转发数据包, 而无需使用链路信息路由协议中基于洪泛的路由发现方法, 因此, 具有更高可扩展性。因为节点在网络中任意移动, 其地理位置不断改变, 所以要研究如何使源节点能随时查询到目的节点的地理位置。位置服务是一种可行方案, 目前较典型的位置服务模型包括基于 Quorum 的模型、GLS(Gird Location Service)和HLS(Hierarchical Location Service)等。本文研究 Quorum-based 算法^[1], 提出一种基于网格 Quorum 的位置服务(Mesh Quorum-based Location Service, MQLS)模型。

2 基于Quorum的位置服务模型

基于 Quorum 的位置服务模型^[1]的基本思想是通过“纵向-横向”对应的“更新-查询”方法使某个节点的更新集合和查询集合的交集为此节点的位置服务器节点。更新集和查询集合的大小为 $O(\sqrt{n})$, n 为网络中节点的个数。

基于 Quorum 的模型有许多相应的改进算法, 如XYLS^[2], 它以 2 跳的邻节点传输距离控制更新行的宽度, 纵向进行信息更新, 横向进行位置信息的查询。文献[3]提出一种 Quorum 模型局部化的方法, 以尝试降低原模型的维护开销。

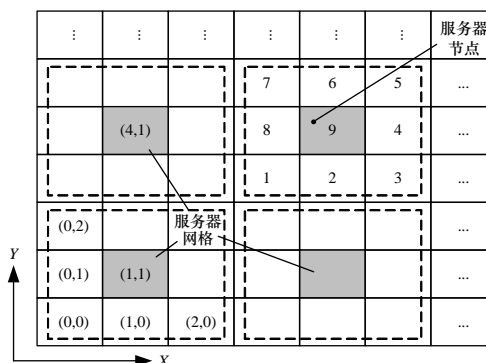
3 MQLS模型

基于 Quorum 的模型需要网络中的所有节点进行数据更新、位置信息维护等工作, 太多的节点参与了位置服务的管理、维护和请求等过程, 导致网络开销和节点的能量消耗较大。本文提出了一个基于网格的改进方法, 通过选取适当的边长进行网格分块, 让网格内的节点集中管理, 通过网格间的相互更新完善位置服务信息维护功能。

3.1 网格的分块方法

本文引入网格的分块, 通常的网格管理方法是将整个无线自组网络分割成许多个大小相等的正方形网格。划分网格的主要问题之一是如何确定网格的边长。在本文模型中, 令 $R = 2\sqrt{2}d$, 其中, R 是 Ad hoc 网络节点的传输半径; d 是所定义的网格边长。

如图 1 所示, 定义边长后, 当节点处于中间深灰色网格的任意位置时, 它的通信范围能覆盖其周边相邻的 8 个网格, 即节点能与此 8 个网格内的节点直接通信(即图 1 中 9 号网格内的节点能直接与编号为 1~8 的网格节点通信)。给予每个网格唯一的序列对 (x, y) 标示。最左下的网格定义为 $(0,0)$ 序列对, 以 X 轴向右、 Y 轴向上为正方向, 给予每个划分的网格唯一的标示序列对作为网格号。



3.2 位置服务器网格与位置服务管理节点

网络分块完成后, 需要进一步定义位置服务网格, 并让网络中的节点选择各自对应的位置服务管理节点。

以网格号定义一组位置服务网格集合:

$$G=\{(x, y)|x \bmod 3=1, y \bmod 3=1\}$$

根据上式可知, 图 1 中的(1,1), (4,1)等深灰色网格均为位置服务网格。以位置服务网格为中心, 与其相邻的 8 个网格组成的区域称为一个管理单元区(下文简称单元区)。

位置服务网格的作用是在此网格中选择适当的节点作为位置服务管理节点。经过上述定义和划分之后, 整个 Ad hoc 网络可以进行分层管理。通过推举出单元区内的一个管理节点, 在单元区内实现内部位置服务管理。而各单元区之间的相互更新和应答查询等工作由位置服务管理节点间的交互来实现, 降低了原模型每个节点均参与网络维护带来的开销。

3.3 位置服务信息更新

在完成了位置服务网格的定义和位置服务管理节点的选取之后, 各单元区的节点位置信息需要通过横向的交换来形成各自的更新集合。

每个管理节点把所在单元区内节点的位置信息、时间戳等构成更新包, 周期性地横向转发。具体过程为: 形成更新包后, 位置服务管理节点搜索一跳邻居表, 选择相对于自身来说最左和最右的 2 个节点进行单播转发。这样选择的作用是尽量以最少的跳数让更新数据包贯穿与此单元区同行的其他单元区。其他单元区内的位置服务管理节点在沿途侦听到此更新包后, 将其中的位置信息保存在自身的位置表里, 为其他节点提供查询服务。

当处于同一行的所有单元区完成更新包的发送后, 位于此行任意节点的位置信息均能在此行任意单元区的位置服务管理节点中查询到。

图 2 展示了位置服务的更新过程。位置服务管理节点 s 向处于同一行的所有单元区发送更新包。节点 s 选择其通信范围内最左和最右的节点进行转发, 直到到达网络的左右边界。而沿途其他单元区内的位置服务管理节点(图 2 中的 a, b, c)即使没参与更新包的转发过程, 也可“听到”路过的更新包, 并将其中的所有数据保存在位置表中, 完成更新包的横向转发。

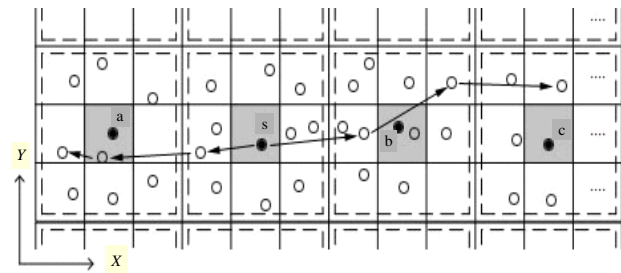


图 2 位置服务信息更新与转发

3.4 位置信息查询

当某一时刻节点需要查询某个目的节点的位置信息时, 发起查询的源节点只需向所在单元区的同列方向发起查询包。因为每个位置服务管理节点都包含了其所有同行单元区的位置节点信息, 所以在查询包到达任一与目标节点同行一的位置服务器时, 便能获得目的节点的位置信息。

图 3 展示了节点 s 查询目的节点 d 位置信息的过程。图中箭头描述了查询数据包和回复包的转发过程。当源节点 s

发起的查询包到达位置服务管理节点 k 时, 在 k 的位置表搜索得到目的节点 d 的位置信息。节点 k 发起回复包, 以最小的跳数把查询信息返回给节点 s , 至此完成位置信息的查询。

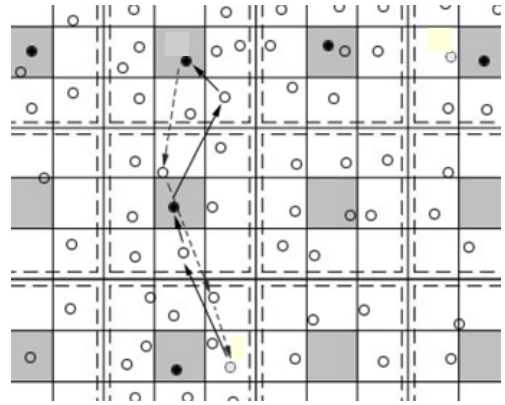


图 3 位置信息查询

3.5 位置服务器节点的选择和移交

引入了网格管理方法后, 产生的一个主要问题就是加大了网络节点的管理难度。在网络节点随机移动的情况下, 原本定义的位置服务网格可能出现没有节点的状况。另外, 需要处理节点移出原网格边界等一般问题。

本文提出一种位置服务节点选择算法, 以解决网格中不存在节点的问题, 算法定义如下:

(1)在图 1 中, 如果编号为 9 的位置服务网格不存在节点, 则在编号为 8, 4 的 2 个网格中各选择一个节点作为此单元区的管理节点。

(2)如果编号为 8, 4 的 2 个网格中的某个或两者都不存在节点, 则在编号为 6, 2 的 2 个网格中各选取一个节点作为管理节点。

(3)如果编号为 6, 2 的 2 个网格依然不存在节点, 则根据情况, 在编号为 1, 3, 5, 7 的网格中选择管理节点。具体的方法为: 处于此 4 个网格内的节点通过邻居表的信息检查相邻的 3 个网格是否存在节点(如编号为 7 的网格节点检查 6, 8, 9 网格, 编号为 5 的检查 6, 4, 9 网格), 如果相邻的 3 个网格都不存在节点, 则在此网格内推举出一个位置服务管理节点。

上述修复处理方法保证了单元区内任意一个节点都能被此区的一个管理节点所覆盖。评估任意的网络拓扑状况, 在最好的情况下, 一个单元区只需要 1 个管理节点。而在最坏的情况下, 只出现 4 个管理节点, 即最坏情况下的网络维护开销控制在最好情况下的 4 倍以内。

当原来的管理节点移出原来的网格时, 按照上述选择管理节点方法, 把自身位置表里的信息移交给新推举出来的管理节点, 同时此节点转化为非管理节点。

4 仿真分析

本节使用 NS2 仿真软件, 对 MQLS 模型在移动 Ad hoc 网络中的性能进行分析, 并与 XYLS 模型进行比较。仿真的基本参数如表 1 所示。本文主要测试移动速度变化对模型的影响, 所以, 节点移动的最大速度根据具体模拟环境而定。模拟运行 20 s 后, 网络中的每个节点开始在随机的时间内对网络中任意 10 个节点发起位置查询, 一直到模拟运行结束前 30 s 停止。即在 250 s 内, 网络中的节点共发起 1 000 个查询包。网络中平均每秒发起 4 个查询包, 每个节点平均在每隔 25 s 发起一个查询包, 保证了较高的查询率, 加重对模型的

查询负担测试。

表1 仿真参数及其取值

仿真参数	值
场景大小/m ²	1 000×1 000
仿真时间/s	300
节点个数	100
节点停留时间/s	0
总查询包个数	1 000
移动速度/(m·s ⁻¹)	5, 10, 15, 20

在仿真测试中,对各移动速度分别生成 10 个不同的场景。测试数据取 10 个场景的平均数。

主要从以下 3 个方面对协议进行测试:

- (1)位置服务算法的维护开销;
- (2)查询成功率;
- (3)平均查询路径长度。

4.1 位置服务模型的开销

位置服务协议的开销包括维护开销和查询开销。维护开销指网络各节点主动对自己的位置信息进行分布式更新所产生的开销。查询开销指当原节点需要查询目的节点而发起查询时所产生的开销。可以把发起位置更新包的个数和更新包转发的跳数之和(包括模型的管理节点移交的数据包个数)定义为维护开销。查询包、查询回复包以及它们的转发跳数之和定义为查询开销。因为双方模型都是采用相同的查询方法,所以查询开销大致相同。本文主要对模型的维护开销进行对比。图 4 展示了不同移动速度下移动节点的维护开销。

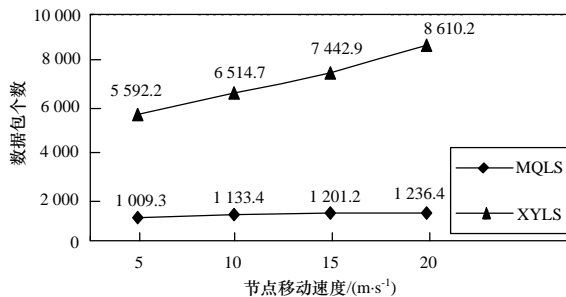


图4 维护开销

从图 4 可知,与 XYLS 模型相比,MQLS 模型较大幅度地减少了位置服务信息维护所发起的数据包个数。在原 XYLS 模型中,节点随着移动速度的增加,不断缩减每个节点更新的时间周期,导致开销增大较为明显。而 MQLS 模型由于数据包更新只限制在为数不多的管理节点中,因此随着更新频率的加快,其增幅小于原模型。

4.2 查询成功率

查询成功率是节点发起查询后,能正确收到回复包,并与目标节点进行通信的成功率。图 5 展示了在不同节点移动速度下,源节点对整个网络发起的 1 000 个随机查询包的查询成功率。

本仿真程序在数据包路由上只采用了简单的贪婪转发算法,而没有采用基于链路修复的路由算法如 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing),且沿途的节点并不缓存链路信息的数据,所以,底层信道冲突、本地最小化问题会影响仿真结果。从图 5 可知,原模型具有较高的查询成功率,即使在

节点高速移动的情况下,也能保持在 90%以上,但以较大的网络开销为代价。而 MQLS 模型随着移动速度的增加,查询成功率开始下降,但在节点高速移动时仍保持了 85%的查询成功率。导致 MQLS 模型查询成功率降低的原因之一是本仿真程序的查询率较高。

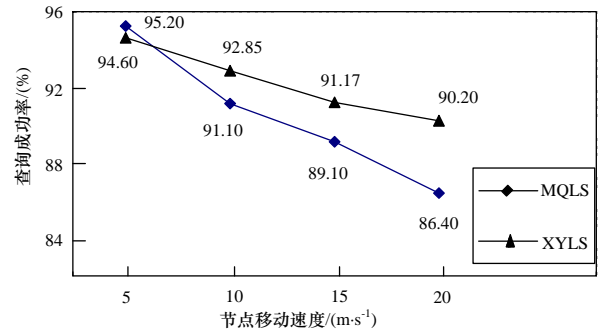


图5 查询成功率

4.3 查询路径长度

查询路径长度是指源节点发起的查询包抵达目的节点位置信息所在的管理节点的单向路径的跳数。查询路径长度越短,查询的延迟越低,查询所产生的开销也越小。

图 6 表明,在 1 000×1 000 的网络拓扑中,2 个模型的平均查询路径长度基本维持在 2.5 跳左右,表现较好。基于 Quorum 的模型在查询路径长度上均具有一定优势。

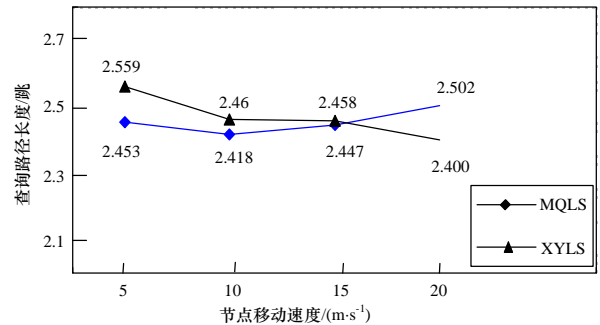


图6 查询路径长度

5 结束语

MQLS 模型的网格管理较复杂,它对节点移动性的适应度不高,因此,下一步工作将研究并实现能更好地适应节点移动性的模型,并使节点在快速移动的情况下具有更高的查询成功率。

参考文献

- [1] Stojmenovic I. A Routing Strategy and Quorum Based Location Update Scheme for Ad hoc Wireless Networks[R]. Ottawa, Canada: University of Ottawa, Technical Report: TR-99-09, 1999.
- [2] Saumitra M D, Himabindu P Y, Charlie H. On the Scalability of Rendezvous-based Location Services for Geographic Wireless Ad hoc Routing[J]. Computer Networks, 2007, 51(13): 3693-3714.
- [3] Stojmenovic I, Liu Dandan, Jia Xiaohua. A Scalable Quorum-based Location Service in Ad hoc and Sensor Networks[J]. Communication Networks and Distributed Systems, 2008, 1(1): 71-94.

编辑 陈 晖