

考虑障碍物的移动多媒体路由算法

吴迪¹⁾ 佟宁¹⁾ 陈晓川²⁾

¹⁾ (大连理工大学电子与信息工程学院计算机科学与工程系, 大连 116024)

²⁾ (东华大学机械学院计算机科学与工程系, 上海 200051)

摘 要 为了满足移动多媒体传输的需要,提出了一种新的移动模型——multimedia communication mobility model (MCM),该移动模型充分考虑了实际环境中存在障碍物和多媒体业务的特殊要求,利用 MCM 设计了针对多媒体业务的路由算法,并给出了算法的详细描述。由于该算法考虑到了现实障碍物的影响,并借鉴了无线自组网基本路由协议,因此其不仅能获得满足业务要求的路由,而且能避免链路中断的影响,以便通过及时开启备用节点来提供备用路由。与目前已经提出的路由算法相比,该协议更适合于移动多媒体业务的需求。

关键词 移动多媒体通信 障碍物 移动自组网 路由算法 移动模型

中图法分类号: TN919.85 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2006)11-1511-05

Mobile Multimedia Routing Algorithm in Mobile ad hoc Networks with Obstacles

WU Di¹⁾, TONG Ning¹⁾, CHEN Xiao-chuan²⁾

¹⁾ (Department of Computer Science and Engineering, Dalian University of Technology Dalian 116024)

²⁾ (The Mechanical Engineering College, DongHua University Shanghai 200051)

Abstract To meet the requirement of mobile multimedia communication, the paper presents a new mobility model (MCM). MCM takes special requirements of mobile multimedia services into consideration, and is fit for real-world environment with obstacles. A routing algorithm, using MCM, is proposed for multimedia services in ad hoc networks. The algorithm is described in detail. This algorithm takes effects of obstacles into consideration, and is based on the basic routing protocols. By using standby nodes to provide alternate routing, it can not only obtain right route for transmission, but also avoid the link break. Compared with present routing algorithms, the algorithm is more adaptive to the transmission of mobile multimedia.

Keywords mobile multimedia communication, obstacle, mobile ad hoc network, routing algorithm, mobility model

1 引言

众所周知,移动 ad hoc 网络是没有基础设施的、快速组建的、具有自组性的新型移动网络。由于其具有不需要基础设施的特性,因此在战场、抢险救灾等特殊场合有着很好的应用价值。然而由于目前 ad hoc 网络通信存在带宽有限、节点计算资源有限、电池寿命有限等问题,因此大大限制了

ad hoc 网络的应用,特别是对于多媒体业务的传输。

一方面,由于多媒体信息中绝大部分是视音频数据,它们数字化的数据量相当庞大^[1];另一方面,由于无线移动自组网络的拓扑结构和资源都是动态变化的,不可能提供稳定的通信路径,动态拓扑甚至影响网络的连通性,因此这就要求路由算法能够尽可能多地发现符合要求的路径,即要有足够的冗余,以便在由某些节点移动而导致链路中断后,也能够

收稿日期:2006-06-30;改回日期:2006-08-05

第一作者简介:吴迪(1972~),男,副教授,硕士研究生导师。1999年毕业于大连理工大学获博士学位。主要研究领域为Ad hoc网络的路由算法与网络安全。E-mail:wudi@dlut.edu.cn

迅速地切换到备用路径。同时,这些冗余链路也保证了多媒体信息中大量数据的传输。

目前,对于 ad hoc 路由算法的研究,一般都没有考虑障碍物的存在^[2-4]。可是实际环境中经常会遇到不可预知的障碍物(例如,街区的楼宇、野外的高山等),由于这些障碍物不仅限制了节点的移动,而且阻碍了无线信号的传递,从而影响了网络的连通性,使得现有的路由算法无法正常工作。

2 适用于多媒体通信的移动模型

鉴于多媒体通信存在以下问题:

一方面,由于多媒体信息中绝大部分是视音频数据,它们数字化的数据量相当庞大;另一方面,由于无线移动自组网络的拓扑结构和资源都是动态变化的,不可能提供稳定的通信路径,而动态拓扑甚至会影响网络的连通性,因此为了克服以上问题,以实现 ad hoc 网络的多媒体通信,本文提出了适用于多媒体通信的移动模型(multimedia communication mobility model, MCM)。MCM 在合适的位置设置备用节点,不但保证了网络的连通性,而且构建了足够的冗余链路。这些冗余链路不仅保证了多媒体信息中大量数据的传输,并且为因某些节点移动而导致的链路中断提供了备用路径。

此外,MCM 还适用于有障碍物存在的 ad hoc 网络,它可通过障碍物的表示、备用节点的设置以及移动节点运动方式的模拟来提供更真实的移动模型。

2.1 障碍物表示法

在 MCM 中,可使用任意的复杂凸多边形或凸多面体来模拟物理障碍物。其中,障碍物顶点用不同的标号标识,而障碍物边则用该边的两个顶点标号标识。由于该模型可以处理任意形状的障碍物,因此,可以模拟很多自然的地形,这就为障碍物环境下协议性能的正确评价提供了保证。

2.2 备用节点

为了解决障碍物对 ad hoc 网络连通性的影响,需要在合适的位置处设置备用节点来提供和保持网络连通。

2.2.1 节点状态标识

网络中的节点有两个状态:User, Standby。用户节点的状态为 User,其随意分布在仿真区域的非障碍物区内;备用节点的状态为 Standby,其采用分布式设置,并且仅发挥路由器的作用。假设所有移动

节点都具有相同的传输半径 R 。

2.2.2 备用节点的设置

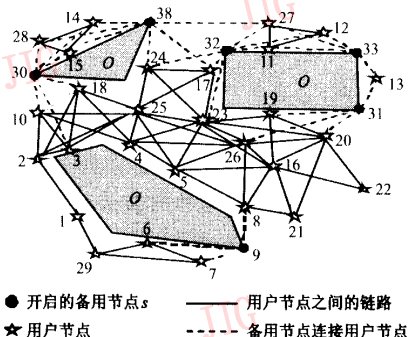
一旦节点开机工作,立即发送自组织包(self-organizing packet, SOP)表明其存在,同时注意监听信道。SOP 的首子段 TYPE (TYPE = 0 表示用户节点; TYPE = 1 表示备用节点)用于标明移动节点的类型。这样当接收到其他移动节点发送的 SOP 时,就根据 TYPE 字段将移动节点存放在相应的邻居列表中,而且第 2 次发送 SOP 时, SOP 中就包含了该节点的所有邻居信息。经过两轮 SOP 的交换,则所有节点均能获知距其两跳节点(至少需要一个转发节点才能建立通信连接的节点)的情况。

在初始化布局阶段,备用节点分布在障碍物顶点上。在通信过程中,可通过控制它们的节点状态(开/关),来减少由备用节点转发的数据包个数。

经过第 1 轮 SOP 的收发后,即可获得备用节点 s 的邻居列表 N_s ,对于任意两个节点 $v, u \in N_s$,如果满足以下条件,则开启 s :

- ① 节点 v 与 u 之间的欧几里德距离小于 R ;
- ② 节点 v 与 u 之间不可见;
- ③ 设阻挡节点 v 和 u 的障碍物为 O ,则备用节点 s 可行区域的顶点位于障碍物 O 上。

经过第 2 轮 SOP 的收发后,如果节点 v 的某个邻居备用节点 s 的 N_s 列表包含于某个邻居用户节点 u 的一跳节点列表中,则执行关机操作,备用节点 s 在关机前,就向 N_s 中的所有用户节点发送关机消息。当用户节点 $v(v \in N_s)$ 接收到该消息后,就从相应列表中删除 s 的相关信息。按照以上规则形成的移动模型如图 1 所示。



节点 7,8 为备用节点 9 的两个邻居节点 u, v , 因为节点 7,8 满足开启条件,所以开启备用节点 9

图 1 移动模型

Fig. 1 Mobility model

2.3 运动模式

用户节点是先在所有可能的方向上移动,单位时间内的位移量在 0 和最大值 $d_{\max}$ 之间均匀变化。然后,按照选定的速度在选定方向上移动。如果移至障碍物边界处,则需要重新选择速度和方向,继续移动。

备用节点将先在其可行区域内选择一点作为目的点,然后按照一定的速度沿着最短路径从当前位置移向目的点,在到达目的点后停止一段时间,同时计算出下一个目的点的位置,然后再次移动。

3 移动多媒体路由算法

由于 ad hoc 网络的拓扑结构和资源都是动态变化的,这就要求路由算法能够尽可能多地发现符合要求的路径,即有足够的冗余,以便在由于某些节点移动而导致链路中断后,能够迅速地切换到备用路径。特别是在障碍物存在的情况下,障碍物既阻碍了节点移动,又阻断了信号传输,这样,位于障碍物区域边界附近的节点相对于某些目的节点就会出现空洞^[5](如图 2 所示)。此时,现有的路由算法就不能有效工作^[2,3]。为此,本文利用 MCM,提出了多媒体路由算法(multimedia routing algorithm, MRA),以构造能够避免障碍物的适合于多媒体通信的有效路由。

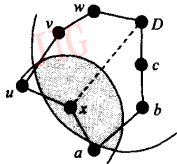


图 2 节点 x 相对于目的节点 D 的空洞

Fig. 2 Void of node x with respect to the destination D

3.1 单路径方式

3.1.1 源点/中间节点 S 与目的点 D 之间可见的情况

如图 3 所示,由于节点的移动性,使源点 S 在 t_0 时刻即可获知点 D 的位置 (X_D, Y_D) , 因此可利用期

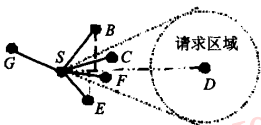


图 3 节点 S 的请求区域

Fig. 3 The request zone for node A

望区域来估计在 t_1 时刻点 D 可能会出现区域。假设网络节点的最大移动速度是 $V_{\max}$, 则源节点 S 可能认为期望区域就是以 $V_{\max} \times (t_1 - t_0)$ 为半径, 以 (X_D, Y_D) 为圆心的区域。

源节点 S 为路由请求定义了一个请求区域^[6,7]。该区域内与点 S 相邻, 并且位于连通图上的移动节点, 都可以转发路由请求包。请求区域包括点 S 的当前位置和点 D 的期望区域, 以及点 S 到圆形区域的切线范围。如果请求区域为空, 则采用它的扩充区域, 并将在点 S 与点 D 的连线上投影最大的邻居节点作为下一跳节点。图 3 中, 由于节点 C, F 位于点 S 的请求区域内, 因此这两个节点均作为下一跳转发节点。但是, 如果请求区域内没有符合条件的节点, 则利用它的扩充区域。由于节点 B 在 $\overline{SD}$ 上的投影最大, 因此可作为下一跳节点。

3.1.2 源点/中间节点 S 与目的点 D 之间不可见的情况

如果两个节点之间不可见, 即被障碍物遮挡。此时, 需要选择尽可能少的中间节点绕过障碍物, 其具体步骤如下:

- (1) 连接节点 S 和 D ;
- (2) 确定数据包传递的方向;
 - ① 记录与 $\overline{SD}$ 相交, 并且与 S 最接近的障碍物 O ;
 - ② 根据节点 S 计算障碍物 O 上的各顶点到直线 $\overline{SD}$ 的距离集合, 记为 D_s ;
 - ③ 在 D_s 中查找距离直线 $\overline{SD}$ 最远的障碍物顶点;
 - ④ 判断这个最远的顶点在直线 $\overline{SD}$ 的哪一侧, 然后将分组沿着相反方向转发。

(3) 如果节点 S 的邻居备用节点列表中存在一个满足下列条件的连接点, 则该备用节点即作为下一跳节点位于步骤(2)中所选方向上;

它的可行区域的顶点对应于障碍物 O 上的某个障碍物顶点。

如果不存在这种节点, 则分组将在选择的方向上从节点 S 的邻居用户节点列表中选择在 $\overline{SD}$ 上投影最大的节点作为转发路由请求包的下一跳节点。当该方式遇阻(即邻居节点中不存在比该节点距离目的点更近的节点)时, 则数据包回退到上一跳节点。

3.2 广播方式

因为广播方式会引发广播风暴问题, 所以会产生大量的重复消息。为了进一步减少重复发送路由请求包的数量, 可对广播方式做以下修改。

假设节点 v 从节点 u 接收到消息 m , 则使用 $broadcast_list(v, m)$ 记录节点 v 需要广播消息 m 的节点列表 N 。当从节点 u 接收到消息后, $broadcast_list(v, m) = N - \{u\}$ 。设 $d(v, w) \leq R, d(u, w) \leq R$, 由于节点 w 接收到节点 u 广播的消息后, 为了降低路由控制开销, 节点 v 不需要再次向节点 w 广播消息, 因此, 可从 $broadcast_list(v, m)$ 中删除 w 。

3.3 路由过程

算法中, 网络节点是根据节点颜色等当前情况来决定所使用的路由方式。节点具有白色和灰色两种颜色, 其中白色节点表示未被访问的节点; 灰色节点则表示已经被访问过的节点。初始化时, 所有节点都是白色。route_mode 用于记录发送消息时所采用的路由方式。route_mode(m_id) = 1 表示标识为 m_id 的路由分组的转发方式为广播方式; 而 route_mode(m_id) = 0 则表示采用单路径方式转发路由分组 m_id 。

当白色节点接收到路由分组 m 时, 则先改变其颜色为灰色; 然后, 按照 3.1.2 节中提出的绕过障碍物的策略寻找下一跳转发节点, 并将 route_mode(m) 设为 0。如果没有满足条件的下一跳节点, 则数据包回退到上一跳节点。为了减少广播路由分组的节点数量, 每个节点在采用 3.1.2 节提出的算法发送消息时, 就将下一跳节点的 id 标识记录在 delete 中。

当灰色节点 v 接收到标识为 m 的消息后, 若 route_mode(m) = 0, 从 broadcast_list(v, m) 中删除 delete 中的节点, 并按照泛洪的路由算法发送路由请求包; 若 route_mode(m) = 1, 则简单抛弃, 以避免重复转发。

4 性能分析

通过仿真实验对 MRA 算法、贪婪算法 (greedy routing, GR)^[2] 以及 Compass 路由算法 (compass routing, CR)^[3] 进行了性能比较和评价。为了了解 MRA 算法的性能, 采用下面参数进行评价:

(1) 数据包传输成功率: 目的节点接收的数据包占由源节点所产生的数据包的比率。

(2) 路径长度: 从源节点到目的节点的路径的跳数。

(3) 节点度: 节点的邻居节点的数目。

图 4 显示了在不同平均节点度情况的数据包传

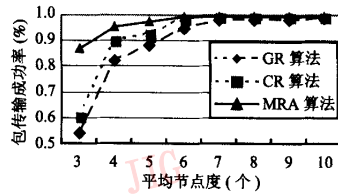


图 4 包传输成功率

Fig. 4 Delivery success rate

送比率曲线。从图 4 可以看出, 分组传送比率随着平均节点度的增加而增大。MRA 算法与 GR 算法和 CR 算法相比, 能取得更高的分组传输比率。因为 MRA 算法是一种考虑障碍物的混合路由协议, 所以能有效避开障碍物。然而, 因为障碍物的影响却可能导致 GR 和 CR 路由机制失败。

图 5 显示了当 MRA、GR 和 CR 算法均能成功传送所有包时路径的平均跳数。从图 5 可以看出, MRA 算法发现的路径较 CR 算法要短, 但近似于 GR 算法。GR 算法的平均路径长度几乎与最短路径算法的性能相接近, 因此, MRA 算法能够以较少跳数传输包。MRA 算法是沿着障碍物环境下的最短路径构建路由, 其不但可有效避开障碍物, 并且平均路径长度较小。

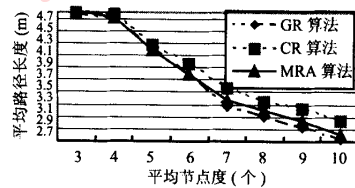


图 5 平均路径长度

Fig. 5 Average path length

5 结论

通过以上分析可得以下结论:

(1) 本文针对移动多媒体业务提出了一种新的移动模型 MCM, 该移动模型充分考虑了实际环境中存在的障碍物和多媒体业务的特殊要求。MCM 可通过障碍物的表示、备用节点的设置以及移动节点运动方式的模拟来提供真实的移动模型。

(2) 本文利用 MCM, 提出了移动多媒体路由算法。该算法不仅能够避免障碍物引起的链路失效, 而且能保证多媒体业务在无效移动自组网中的传输

不受影响。

参考文献 (References)

- 1 Koutsakis P, Paterakis M. A bandwidth reservation mechanism for prioritized multimedia integrated access with very high channel throughput in beyond 3G TDMA-based wireless networks [J]. Performance Evaluation, 2006, 63(2):61~78.
- 2 Stojmenovic I, Lin X. Loop-free hybrid single-path/flooding routing algorithms with guaranteed delivery for wireless networks[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2001, 12(10): 1023~1032.
- 3 Kranakis E, Singh H, Urrutia J. Compass routing on geometric networks[A]. In: The 11th Canadian Conference on Computational Geometry[C], Vancouver, Canada, 1999.
- 4 Moaveninejad K, Song W Z, Li X Y. Robust position-based routing for wireless ad hoc networks[J]. Ad Hoc Networks, 2005, 3(5): 546~559.
- 5 Karp B, Kung H T. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks [A]. In: Proceedings of Mobicom2000 [C], Boston, MA, USA, 2000: 243~254.
- 6 Ko Y, Vaidya N H. Location-aided routing(LAR) in mobile ad hoc networks[J]. Wireless Networks, 2000, 6(4):307~321.
- 7 Stojmenovic I, Ruhil A P, Lobiyal D K. Voronoi diagram and convex hull based geocasting and routing in wireless networks [A]. In: Proceedings of the 8th IEEE Symposium on Computers and Communications ISCC[C], Kemer, Antalya, Turkey, 2003: 51~56.