

MANET 中基于动态地址的机会路由算法

王大伟, 陈志刚, 赵 明, 李阳辉

(中南大学信息科学与工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 机会路由过程中分发矩阵的计算量太大, 随着网络规模的增大, 分发矩阵的计算严重影响路由性能。针对该问题, 提出基于动态地址的机会路由算法。该算法将分发矩阵的计算量从整个网络降低到一跳邻居节点之间, 根据反映网络节点相对物理位置的动态地址, 简化分发矩阵的计算。在大规模网络中, 该路由算法的平均跳数减少了 5%~10%, 吞吐量提高了 7%~26%。

关键词: 移动自组网; 机会路由; 动态地址; 分发矩阵

Opportunistic Routing Algorithm Based on Dynamic Address in MANET

WANG Da-wei, CHEN Zhi-gang, ZHAO Ming, LI Yang-hui

(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083)

【Abstract】 In opportunistic routing, the calculation of distribution matrix is too large, especially as the network size increases, the performance of opportunistic routing is seriously affected. This paper proposes an opportunistic routing algorithm based on the dynamic address for the problem, which makes the calculation of distribution matrix from the entire network down to one-hop neighbor nodes. Experimental results show that according to the dynamic address reflecting the relative physical location of network nodes, the calculation of distribution matrix can be greatly simplified. In the large-scale network, average-hops are decreased by 5%~10% and throughput is increased by 7%~26% by the routing algorithm.

【Key words】 Mobile Ad Hoc Network(MANET); opportunistic routing; dynamic address; distribution matrix

1 概述

移动自组网(Mobile Ad Hoc Network, MANET)是指一组带有无线收发装置的移动节点组成的一种多跳的、临时性的自治系统。Ad Hoc 网络存在特殊的局限性和属性, 如有限的带宽、高度动态的拓扑结构、链路干扰、链路的有限范围以及广播等特性。如何迅速准确地选择到目的节点的路由是 Ad Hoc 网络的一个重要和核心问题。

目前, Ad Hoc 中的传统路由协议都是按照某个性能指标选择一条确定的路由, 按照这条路径传输数据, 直到这条路径不可用或者这条路径的性能降低到某个限度时才作出调整。传统路由协议选择的路径当时可能是最佳的, 但随着 Ad Hoc 网络的动态变化, 该路径极可能不再是最佳的。机会路由采用候选节点集的方式克服了 Ad Hoc 的动态变化特性, 但是候选节点集的运算复杂度太大, 在大规模网络中严重影响路由性能。本文借助动态地址简化分发矩阵的计算, 实验结果表明该算法在大规模网络中性能较好。

2 相关工作

2005 年, 文献[1]提出了机会路由(Extremely Opportunistic Routing, ExOR), 该协议利用网络的动态变化性, 动态地确定下一跳节点, 使传输路径随网络的动态变化而变化。

随后, 许多研究人员对机会路由进行了多方面的改进, 文献[2]利用网络编码的思想消除了 ACK 等待时间, 使时间复用效率大大提升, 提高了机会路由的性能, 但加大了网络的计算量。文献[3]提出了基于节点地理位置的机会路由算法 GOR, 使用地理位置与传输时间消耗结合作为转发候选集合

的选择指标, 简化了分发矩阵的计算, 但该协议需要准确的物理位置信息。文献[4-5]提出了规模网络下基于动态地址的路由算法 DART, 提出了能够反映相对地理位置信息的动态地址, 但该算法不能保证路径是最优的。

本文将动态地址与机会路由相结合, 提出基于动态地址的机会路由, 既解决了机会路由分发矩阵计算量大的问题, 又解决了 DART 不能保证最优路径的问题。

3 机会路由与动态地址

3.1 机会路由

机会路由有 3 个阶段:

(1) 每个节点按照到达目的节点跳数的多少选择一定数目的候选节点, 并依次为它们分配优先级, 而后广播数据包。

(2) ACK 的回传: 每个候选节点收到广播的数据包时, 根据它们的优先级高低, 等待一定的时间后再回传 ACK。在回传 ACK 过程中, 候选节点如果接收到优先级比自己高的候选节点的 ACK, 那么它将该 ACK 与自己的 ACK 绑在一起回传。

(3) 数据包的转发: 候选节点在等待了按照它们的优先级所要求的时间后没有收到比它优先级高的节点的 ACK 时, 它才发送数据包。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60873082); 国家部委预研基金资助项目

作者简介: 王大伟(1985 -), 男, 硕士, 主研方向: 移动自组网, 传感器网络; 陈志刚, 教授、博士生导师; 赵 明, 博士; 李阳辉, 硕士

收稿日期: 2009-09-09 **E-mail:** wangdawei_mail@126.com

3.2 动态地址

基于地理信息的路由协议需要GPS等辅助系统集成到节点上,替代方案是给节点增加反映相对位置的动态地址。文献[4]提出一种地址分配方法,该方法将地址组织成二叉树的形式。动态地址基本反映了节点的相对地理位置信息(如果2个节点地址很接近,那么它们的物理位置也很接近)。

4 机会路由的改进方法

机会路由分发矩阵的计算量比较大。如图1所示,假设A向E发送数据,D,B就被A选作它的候选节点,D比B的优先级高,因为D比B更靠近目的节点E。相对于传统路由,机会路由需要为网络中的每一个目的节点保存几个候选路径的下一跳节点,这里假设候选节点集只有D,B 2个节点,而文献[1]中的候选节点为8个,可以想像网络中每个节点构建路由时需要的计算量和保存路由信息需要的缓存空间都是巨大的。

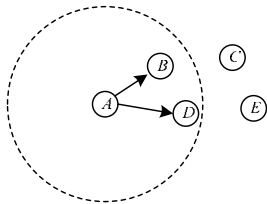


图1 转发候选节点选取示例

本文借助文献[4]提出的动态地址反映节点的相对地理位置,因此,节点不需要保存整个网络的路由,只要知道邻居节点的动态地址,在需要传输数据时,只要将数据转发给更“靠近”目标节点的邻居即可。

文献[4]也提出了基于该动态地址的DART路由,但是该路由不能保证学习到的路由是最佳的,这是因为几个“同类”地址都映射到地址的一位上,所以每个节点保存的信息只是模糊的网络结构,而不能准确地表示当前的网络结构。图2是按照其地址分配方案分配而得的网络拓扑(按照ABC的字母顺序进入网络的),图中的实线表示2个节点直接相邻,虚线框表示相应的二叉子树。

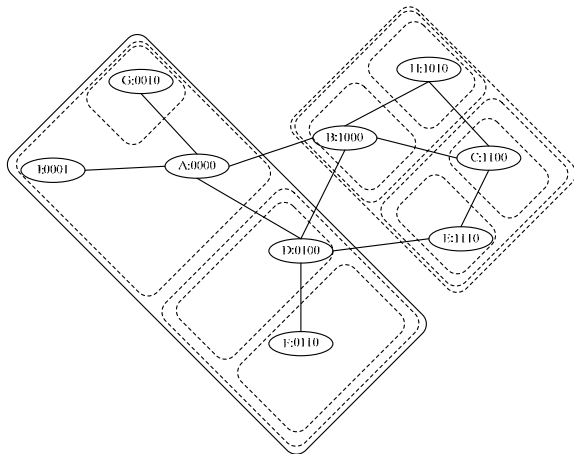


图2 一个4位地址分配的简单网络

按照DART,在节点D保存的路由表中,与最高位不同的地址的下一跳节点是B或E,因为B和E都是与D的地址最高位不同的最近节点(它们是邻居)。因此,在D向H传输数据时,所走的路径可能是D-B-H或D-E-C-H,不能保证所选的路径是最优的。

本文不像DART仅仅利用动态地址中的1位,而是整个

动态地址的相似度,如图2中,D向H发送数据时,D会将目标节点H的动态地址与其邻居节点B,E相比较,选择较相似的B作为下一跳节点,选择D-B-H。这在一定程度上解决了DART不能找到最优路径的问题。

5 基于动态地址的机会路由

基于地理位置的路由由于可以直接使用位置信息而省去了路由计算的复杂性,本文把两者有机地结合起来,实现了基于动态地址的机会路由(Opportunistic Routing Based on Dynamic Address, ORDA),它很好地减少了分发矩阵所要求的对整个网络计算的复杂性,把分发矩阵的计算局限到了邻居节点之间。由于采用的是动态地址的方法,因此省去了把GPS等辅助系统集成在网络节点上的必要性。

(1)算法描述

机会路由的第1步是候选节点集的选择,即机会路由决定性的步骤。依照文献[1]的做法,本文候选节点也设置为8个(最多为8个),选择的依据是到达目的节点跳数的多少。

本文采用了动态地址,它能够反映节点相对物理位置信息:如果2个节点的物理位置比较近,则其动态地址也比较接近。如果2个节点的动态地址越相似,相应地,它们的物理位置也越近,定义地址的相似度(Sim)为2个节点动态地址差额绝对值的负值:

$$Sim(a,b) = -|address(a) - address(b)|$$

可以根据节点动态地址相似度判断它们物理位置的远近。基于这个事实,候选节点集的选择可以简单地依据下一跳节点的动态地址和目标节点动态地址之间的相似度判断。在数据包到达某个节点将要向下一跳发送时,该节点依次地选择出它的邻居节点中与目的节点动态地址最相似的8个节点,并且依照相似度为各个节点分配相应的优先级。

每个节点不需要保存有关整个网络的分发矩阵,只要保存它的邻居节点动态地址和维护动态地址的一些辅助信息,把分发矩阵的计算量降低到(局限于)邻居节点之间。维护动态地址信息的计算是比较小的,仅仅局限于邻居节点之间。为了方便地选择候选节点,每个节点都按照从小到大的顺序保存它的邻居节点的动态地址。候选节点集选择的基本思想是:首先顺序遍历邻居节点有序序列,找出其中与目的节点相似度最大的邻居节点,而后分别将min,max静态指针指向该节点前后2个位置,选择min,max所指节点和目的节点相似度较大的节点,调整min或max后迭代进行到找到8个候选集节点或者完成邻居节点遍历。具体算法描述如下:

```
//neighbors[MAX_NB]按从小到大的顺序保存邻居节点的动态地址
first=0
find the neighbor that Sim(neighbor,dest)is maximum
candidate[first++]←neighbor
before,after are pointers pointing neighbor before and after the neighbor
while(neighbors has element&&first<=7)
if Sim(neighbors[before],dest)> Sim(neighbors[after], dest)
then
candidate[first++]←neighbors[before]
before←before-1
else
candidate[first++]←neighbors[after]
after←after+1
endif
```

endwhile

(2)算法分析

从算法描述可以看出,算法的复杂度为 $O(n)$,最多只要 2 次遍历就可以确定候选节点集,而一般的图的遍历算法至少需要 $O(M\log M)$ 的时间复杂度。不过, n 和 N 含义不同, n 表示邻居节点的数目, N 表示整个网络中节点的数目。此外,本文的算法还需要动态地址的协助,需要一定的计算量,但动态地址维护的时间复杂度也是 $O(n)$,仅仅与邻居节点的数目有关系。本文算法的有效性跟地址维护的计算量占总计算量的比例有一定关系。可以预见,随着网络规模的增大,本文算法的有效性会明显地体现出来。

6 实验模拟与结果分析

整个实验是在 NS2 上完成的,物理层为双向无线链路,每个节点的信道带宽为 1 Mb/s,MAC 子层采用 IEEE802.11 协议,模拟节点在 3000×3000 的区域内移动,移动模型采用 Random Way Point 运动模型,采用的协议分别为 ORDA, ExOR, DART,网络的规模分别为 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500 个节点。模拟时间为 300 s,其中,前 60 s 没有数据传输,用于动态地址的分配和网络结构的构建。

本文主要选择平均跳数和吞吐量来衡量协议在路由过程中的性能。从图 3 的实验结果可以看出,ORDA 的平均跳数得到极大的改善,尤其随着网络规模的增大,其改善的效果更好,这是因为随着网络节点的增多,ExOR 协议的网络开销呈指数级增加,网络性能急剧降低,由于 DART “损失”了一部分网络结构而不可能找到最佳的路径,ORDA 刚好弥补了它的缺点,因此它的平均跳数比 DART 也有明显的改进(5%~20%)。

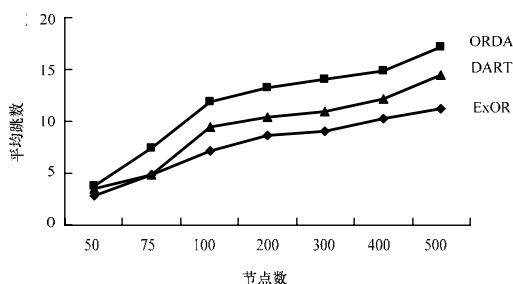


图 3 平均跳数随网络规模的变化

实验结果如图 4 所示,可以看出,DART 和 ORDA 在节点较少时相对于 ExOR 协议没有太大的优势,但随着节点的

增多,DART 和 ORDA 的吞吐量有明显的优势,ExOR 协议性能急剧下降。同时,ORDA 相对于 DART 也有了较大的改进,这是因为 ORDA 采用候选集的方式弥补了 DART “损失”一部分网络结构的不足。

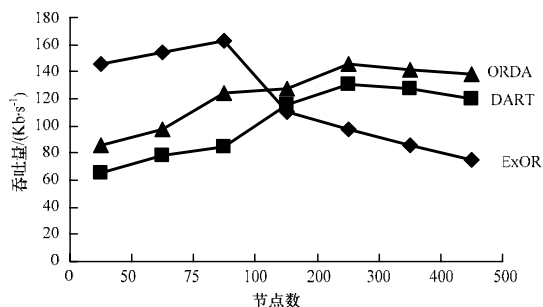


图 4 吞吐量随网络规模的变化

7 结束语

本文借助动态地址的方法将机会路由和动态地址结合在一起,解决了机会路由中分发矩阵计算量大的问题。仿真实验结果说明该方法在平均跳数和吞吐量等方面都比 DART 和 ExOR 有了较大的提高。今后工作的重点将放在动态地址的查询方面。

参考文献

- [1] Biswas S, Morris R. Opportunistic Routing in Multi-hop Wireless Networks[C]//Proc. of SIGCOMM'05. Philadelphia, PA, USA: ACM Press, 2005.
- [2] Chachulski S, Jennings M, Katti S, et al. Trading Structure for Randomness in Wireless Opportunistic Routing[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM'07. Kyoto, Japan: ACM Press, 2007.
- [3] Zeng Kai, Lou Wenjing, Yang Jie, et al. On Throughput Efficiency of Geographic Opportunistic Routing in Multihop Wireless Networks[C]//Proc. of QShine'07. Vancouver, British Columbia, Canada: [s. n.], 2007.
- [4] Eriksson J, Faloutsos M, Krishnamurthy S. PeerNet: Pushing Peer-to-Peer Down the Stack[C]//Proc. of the 2nd Int'l Workshop on Peer-to-Peer Systems. [S. l.]: ACM Press, 2003: 268-277.
- [5] Eriksson J, Faloutsos M, Krishnamurthy S. DART: Dynamic Address Routing for Scalable Ad Hoc and Mesh Networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2007, 15(1): 119-132.

编辑 张正兴

(上接第 122 页)

5 结束语

SONT 算法解决了 C/S 模式与面向地址的网络层数据传输之间的一致问题和只用单播 IP 地址实现组播的问题,实现了在互联网上防御 DDoS 攻击。SONT 算法把组播的实现与防御 DDoS 攻击有机结合,性能较好。

参考文献

- [1] Schuschel H, Weske M. Automated Planning in a Service-oriented Architecture[C]//Proceedings of the 13th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. Modena, Italy: [s. n.], 2004: 75-80.
- [2] 麻志毅,陈泓婕.一种面向服务的体系结构参考模型[J].计算机学报,2006,29(7):1011-1019.

- [3] Baglietto P, Maresca M. Deployment of Service Oriented Architecture for a Business Community[C]//Proceedings of the 6th International Enterprise Distributed Object Computing Conference. Lausanne, Switzerland: [s. n.], 2002, 293-304.
- [4] Deering S. Host Extensions for IP Multicasting[S]. RFC 1112, 1989.
- [5] Chen Shigang, Shavitt Y. A Scalable Distributed QoS Multicast Routing Protocol[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2008, 68(2): 137-149.
- [6] 陈琳,徐正全.基于 QoS 的多播路由综述[J].计算机工程,2005,31(14):116-119.
- [7] 林闯,雷蕾.下一代互联网体系结构研究[J].计算机学报,2007,30(5):693-711.

编辑 金胡考