

# 基于对等技术的移动自组织网络路由研究

罗 樵<sup>1</sup>, 陈 靖<sup>1</sup>, 岳 峰<sup>2</sup>, 郭一辰<sup>1</sup>

(1. 空军工程大学电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 中国人民解放军 95859 部队, 河南 安阳 455000)

**摘要** 由于对等网络(Peer-to-Peer, P2P)与移动自组织网络存在许多相似特性, 目前基于 P2P 的移动自组织网络路由研究已经成为一个热点。但研究成果主要是利用 P2P 路由算法解决移动自组织网络节点定位问题, 普遍存在绕路和效率不高等问题。提出将 P2P 系统中分布式共享策略拓展到移动自组织网络路由中, 有效地建立起基于移动自组织网络架构的完全分布式自组网络路由模型, 为开发高效、可用的移动自组织网络路由协议奠定基础。

**关键词** P2P; MANET; 路由

**DOI** 10.3969/j.issn.1009-3516.2011.03.014

**中图分类号** TP391 **文献标识码** A **文章编号** 1009-3516(2011)03-0064-04

由于移动自组织网络(Mobile Ad hoc Network, MANET)本身具有的对等架构特性, 每个节点兼备路由和主机的功能, 其路由协议通常采用分布式控制方式; 这些特性恰恰符合了 P2P 技术的应用范畴<sup>[1]</sup>。近年来, 国内外学者展开了大量将 P2P 研究成果应用到 MANET 研究领域的探索, 并试图利用 P2P 的技术优势解决 MANET 路由中的关键技术问题<sup>[2-5]</sup>。

回顾基于 P2P 计算模式的网络路由模型, 它的发展大致可分为 3 代: ①集中式目录式 P2P 路由模型(代表协议: Napster); ②非结构化 P2P 路由模型(代表协议: Gnutella); ③结构化 P2P 路由模型(代表协议: chord<sup>[6]</sup>, CAN<sup>[7]</sup>, Pastry<sup>[8]</sup>, kademlia<sup>[9]</sup>)。由于第 3 代解决了第 1 代抗攻击问题、解决了第 2 代查询效率低等问题, 成为了 Internet 上广泛应用的路由模型。鉴于此, 将 Internet 中第 3 代路由模型向 MANET 中拓展成为了学术界研究的热点。本文提出一个基于 MANET 架构的完全分布式自组网路由模型——MRMC(MANET Routing Model based on Chord, MRMC)。

## 1 MRMC 模型层次结构

本系统的设计目标是建立一个基于 MANET 架构的完全分布式自组网路由模型, 图 1 列出了 MRMC 模型的基本层次结构。

MRMC 模型通过引入基于 MANET 物理拓扑的按需环域划分机制, 构建基于 P2P 网络覆盖层的拓扑网络架构。Hash 环域空间选取有数据通讯需求的节点, 逐步将物理位置相近的节点聚集成 Hash 环。在此基础上, MRMC 模型将通过基于 DHT 的路由算法来实现对路由资源发布和共享、节点路由和定位等功能。

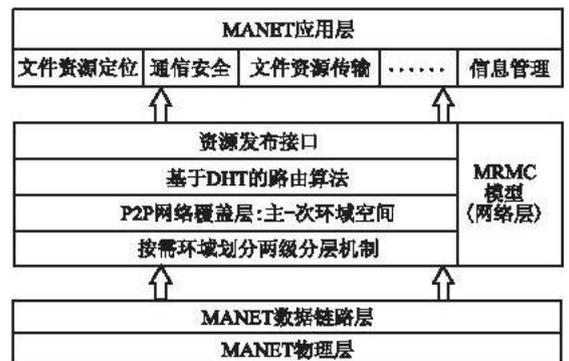


图 1 MRMC 模型的基本层次结构

Fig. 1 Basic architecture of MRMC

\* 收稿日期: 2010-12-13

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(SJ08-ZT15)

作者简介: 罗 樵(1978-), 男, 四川成都人, 博士生, 主要从事分布式系统理论与技术研究。

E-mail: lq1008@hotmail.com

## 2 MRMC 路由算法

MRMC 模型中应用的路由算法是一个基于 MANET 的网络层路由算法。它采用了基于 DHT 的杂凑式路由算法,在 DSR 的基础上对 Chord 算法进行改进,在 Hash 环域空间上运行基于 DHT 的结构化 P2P 路由算法,有效实现了节点间的信息共享和消息通信。包括 Hash 环域空间构建算法、路由资源发布和共享算法、路由查询和路由维护算法。

### 2.1 Hash 环域空间构建算法

设定以下场景:MANET 中有  $n$  个节点,Hash 环半径为  $R$  跳(即:环成员到环首的最大跳数),任意时刻节点  $N_i \rightarrow N_j(i, j, n)$  发送数据分组,路由发现时经历  $K$  跳。Hash 环构建的规则是:以环首节点为圆心,沿多跳路径选取非环域空间节点构建 Hash 环。Hash 环域空间构建算法描述步骤如下:

- 1) 当节点  $N_i$  有数据发送需求时,首先判断  $N_i$  是否是环域成员,如果是,进入步骤 2),否则进入步骤 5)。
- 2) 在  $N_i$  所在 Hash 环内查找  $N_j$ ,如果找到,完成数据的发送;否则将查询通过边界节点递交到其它 Hash 环查找。如果找到,获得  $N_i \rightarrow N_j$  的路由,完成数据的发送;否则进入步骤 3)。
- 3) 启动路由发现,完成数据的发送。进一步的,以  $N_j$  发起  $R$  跳泛洪,查找最近 Hash 环首,如果存在环首应答,将  $N_j$  加入该 Hash 环;否则进入步骤 4)。
- 4) 以  $N_j$  为环首,沿多跳路径“ $N_j \rightarrow N_i$ ”,选取与  $N_j$  距离  $\leq R$  的非环域空间节点成员构建新 Hash 环,示意图见图 2(a)。
- 5) 启动路由发现,完成数据的发送。如果路由发现中存在环首应答,进入步骤 6);否则以  $N_i$  为环首,沿多跳路径“ $N_i \rightarrow N_j$ ”,选取与  $N_i$  距离  $\leq R$  的节点构建第 1 个 Hash 环。
- 6) 计算  $N_i$  与最近环首的跳数为  $L$ ,当  $L \leq R$  时,将  $N_i$  加入该 Hash 环;否则以  $N_i$  为环首,沿多跳路径“ $N_i \rightarrow N_j$ ”,选取与  $N_i$  距离  $\leq R$  的非环域空间节点构建新 Hash 环,示意图见图 2(b)。

### 2.2 路由资源发布和共享算法

路由资源发布和共享算法在 DSR 的基础上融合 P2P 分布式共享和协作的思想,改变了传统 MANET 算法中移动节点各自为政的局面。新算法使节点智能化,通过路由资源发布和共享的递归过程将物理位置临近的节点不断加入到 Hash 环域中,并在网络空闲时主动参与到路由资源的发布和分布式共享中,路由效率会随着节点的增多越来越快。

算法将每一次 DSR 路由发现获得的“多跳路由”资源按照一定的规则在 Hash 环中发布并共享,使得 Hash 环中各个节点逐步获得到其它节点的最短路由。Hash 环路由资源发布和共享发生在 Hash 环建立完成、路由查询或资源发布中路由不可达时,由环首节点或路由发现发起节点完成。路由资源  $\langle K, V \rangle$  对选取的规则是:Hash 环建立完成情况下,由环首节点沿着路由发现的路径选取到路径上该 Hash 环成员节点的反向“多跳路由”,见图 3(a);路由不可达的情况下,由路由发现发起节点沿着路由发现的路径选取到路径上该 Hash 环成员节点的反向“多跳路由”,见图 3(b)。  $K$  表示提供查询的路由资源关键字,  $V$  表示实际的路径;例如:节点  $A$  到节点  $F$ ,路径是“ $A \rightarrow C \rightarrow H \rightarrow D \rightarrow F$ ”,  $\langle K, V \rangle$  对表示为  $\langle AF, ACHDF \rangle$ 。

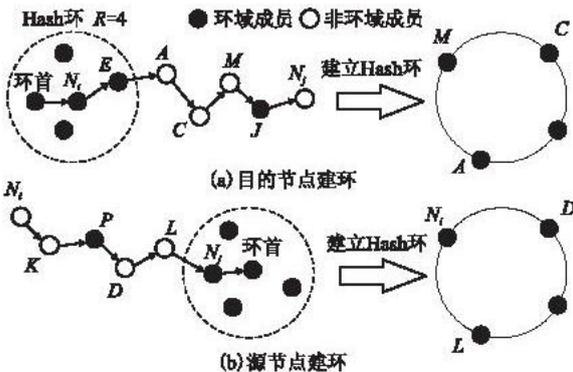


图 2 Hash 环域空间构建示意图  
Fig. 2 Hash ring zone build diagram

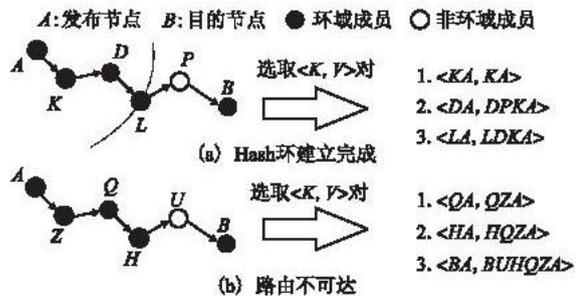


图 3 路由资源选取示意图  
Fig. 3 Router source diagram

路由资源发布和共享算法描述如下:

1) 资源发布节点获取环域空间控制权,从路由资源发布队列中依次取出  $\langle K, V \rangle$  对,按照 Chord 算法添加关键字的规则将该路由资源发布到相应节点,最后释放环域空间控制权。在此过程中,如果发生路由不可达的情况,进入步骤 2)。

2) 通过路由发现,将查询递交到下一跳节点。

3) 判断路由发现产生的新路径中是否存在新节点(非环域空间节点),且与环首的距离小于或等于 Hash 环半径。如果是,新节点将等待获取环域空间控制权,获得后依次将新节点加入到该 Hash 环中,最后释放环域空间控制权,再进入步骤 4);如果不是,直接进入步骤 4)。

4) 路由发现发起节点将新获取的  $\langle K, V \rangle$  对放入路由资源发布队列,继续等待环域空间控制权,如此形成一个递归发布路由资源的过程。

### 2.3 路由查询算法

提供节点间路由的查询,保障上层应用的数据及时有效地发送。路由查询算法依照“源 Hash 环—目的 Hash 环”的次序完成路由查询。在查询过程中启用节点路由缓存,将查询到的路由信息逐步存入路由缓存,使路由查询效率越来越高。

### 2.4 路由维护算法

维护移动节点的加入和退出,完成环首成员退出时新环首的自动推举。其中移动节点的加入和退出类似于 Chord 算法,在此不再赘述。当环首成员退出时,自动推举其后继节点为新环首节点,同时更新环域空间中与该新环首节点相关的设置。

## 3 MRMC 模型性能分析

本文采用 NS2 软件作为路由模型模拟平台,参考了 CMU Monarch 小组研究报告中提供的 MANET 路由协议仿真测试环境和斯坦福大学无线系统实验室(Wireless Systems Lab, WSL)使用的仿真测试数据<sup>[10]</sup>。仿真的移动模型为:200 个节点在模拟环境范围内随机分布,在仿真开始时,节点先静止一个 PT,然后随机选择某个目的点,以一定的速率向这个地点移动,到达目的点后停留一个 PT 后重新选择移动速率和移动目的点,一直重复此过程到仿真结束。我们选择了 6 个不同的 PT 值:1, 20, 40, 80, 160 和 320。

由图 4 可见,随着节点移动性的降低,节点间链路出现中断和失效的几率不断下降,分组投递率不断上升。DSR、DSDV 随着节点移动性的变化分别表现出了较好的分组递交性能,但 MRMC 的分组投递率基本稳定在 90% 以上,这是因为 Hash 环域空间的构造合理利用了移动节点的网络邻近特性,拥有更实时的网络状态,提高了节点定位和分组递交性能。

由图 5 可见,DSR 因为采用基于广播的路由发现和查询算法,端到端分组时延很高;DSDV 要求每个节点保存网络中所有节点路由,当节点移动频繁时更新数据包的增多导致端到端分组时延急剧加大;而 MRMC 在节点移动性较弱的初期以按需通讯的方式使路由快速地收敛,当移动性增强时则充分利用空闲节点的存储和计算资源加快路由发现和共享的进程,使节点获得越来越多的可用路由,保证了端到端分组时延始终处在较低的水平。

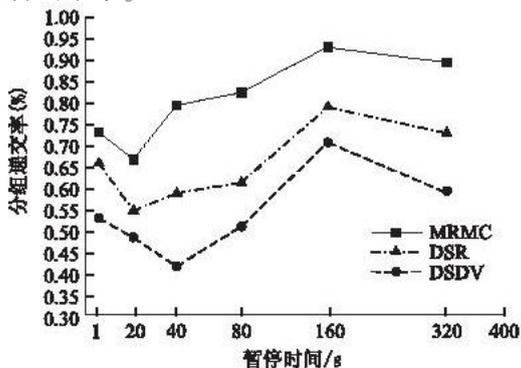


图 4 分组图递交率性能比较图

Fig. 4 Comparison of packet deliver ratio

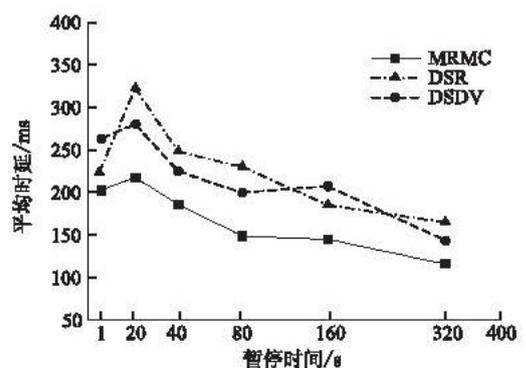


图 5 端到端分组时延比较图

Fig. 5 Comparison of average end-to-end delay

## 4 结束语

本文提出了一种基于 MANET 架构的完全分布式自组网路由模型,通过引入基于网络实际拓扑的按需环域划分机制和 P2P 分布式共享策略,将路由信息在不同层上进行发布和共享,有效地提高了 MANET 路由性能。

下一步研究着重于将多路径的设计思想融入 MRMC 模型中,使每个分组分解成许多较小的块,将其分布于并行路径上,充分利用网络带宽,进一步提高路由效率。

## 参考文献

- [1] Schollmeier R, Gruber I, Finkenzeller M. Routing in mobile Ad hoc and peer-to-peer networks a comparison[C]//Networking 2002, international workshop on peer-to-peer computing. London: Springer-verlag, 2002:172-186.
- [2] 李祖鹏. P2P 网络路由模型研究及其在 MANET 路由协议设计中的拓展[D]. 郑州:中国人民解放军信息工程大学, 2004.  
LI Zupeng. The study of peer-to-peer network routing model and its application in MANET routing protocol design[D]. Zhengzhou: PLA university of information engineering, 2004. (in Chinese)
- [3] Mario Gerla, Christoph Lindemann, Ant Rowstron. Peer-to-peer mobile Ad hoc networks; new research issues[M]. Germany: Schloss dagstuhl, 2005.
- [4] Mario Bisignano. P2P over manet: a comparison of cross-layer approaches[C]//Proceedings of the 18th international conference on database and expert systems applications. USA: IEEE computer society, 2007: 814-818.
- [5] Vithoft Marcelo H, Santin Altair O, Freita Cinthia O. SP2MS: a MANET-based P2P service[C]//2010 IEEE 24th international conference on advanced information networking and applications workshops. USA: IEEE computer society, 2010:311-316.
- [6] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. Chord: a scalable peer-to-peer lookup service for internet applications[M]. New York: ACM Press, 2001.
- [7] Ratnasamy S, Francis Paul, Handley Mark, et al. A scalable content-addressable network[M]. New York: ACM press, 2001.
- [8] Peter Druschel, Anthony Rowstron. Pastry: scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems[C]//IFIP/ACM international conference on distributed systems platforms. Germany: Springer-verlag, 2001:329-350.
- [9] Petar Maymounkov, David Mazieres. Kademlia: A peer-to-peer information system based on the XOR metric[C]//1st international workshop on peer-to-peer systems (IPTPS'02). London: Springer-verlag, 2002:53-65.
- [10] Jindal N, Mitra U, Goldsmith A J. Capacity of Ad hoc networks with node cooperation[C]//IEEE international symp on information theory (ISIT). Chicago: IEEE computer society, 2004:271.

(编辑:徐楠楠)

## The Study of MANET Routing Based on Peer-to-Peer Technology

LUO Qiao<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>, YUE Feng<sup>2</sup>, GUO Yi-chen<sup>1</sup>

(1. Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China; 2. Air Force Unit 95859, Anyang 455000, Henan, China)

**Abstract:** This paper presents a MANET routing model based on chord, expands P2P distributed share strategy into MANET Routing. By using the new model a structured P2P network overlay is formed on MANET physical network, the Chord algorithm is combined with DSR protocol, thus the storage and computational resources of free nodes are exploited fully to speed up the routing process, which makes nodes acquire more available routing information. The experiment proves that the use of this model can availably increase the large-scale MANET routing efficiency, which lays the foundations for exploiting the efficient and available MANET routing protocols.

**Key words:** P2P; MANET; routing