

文章编号: 1001 - 2486(2011)03 - 0095 - 04

## 基于 P2P 的大规模 MANET 分层共享路由模型\*

罗 樵, 陈 靖, 郭一辰, 黄聪慧

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘要:**目前基于 P2P 的 MANET 路由模型研究已经成为一个热点,但其研究成果主要适用于中小规模 MANET 环境,没有充分整合 P2P 分布式共享的最大优势,且普遍存在绕路和效率不高等问题。文章提出基于 P2P 的大规模 MANET 分层共享路由模型,在跨层优化的基础上,通过引入基于网络物理拓扑的分层机制提高网络可扩展性,同时将 P2P 分布式共享理论引入 MANET 路由层,解决以往算法中存在的绕路问题。仿真实验证明新模型有效提高了 MANET 路由效率。

**关键词:** P2P; MANET; 共享路由

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Large-scale MANET Layered Share Routing Model Based on P2P

LUO Qiao, CHEN Jing, GUO Yi-chen, HUANG Cong-hui

(Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** MANET routing model based on P2P has become a hot topic recently, but the research results have been mainly applied to small or medium MANET, without fully using of the advantages of P2P distributed share theory. As a result, there exist detour and inefficient problems. In light of this, a large-scale MANET layered share routing model based on P2P is presented. It introduces layered mechanism based on network physical topology to enhance network scalability on the basis of cross-layer optimization, expands P2P distributed share strategy into MANET Routing layer, and can solve the detour problem in the previous algorithm. The simulation experiment shows that this new routing model can greatly increase the MANET routing efficiency.

**Key words:** P2P; MANET(Mobile Ad hoc network); share routing

近年来, P2P 系统开始逐渐扩展到移动 Ad hoc 网络 (Mobile Ad hoc network, MANET), P2P MANET 已经成为一个研究热点<sup>[1-2]</sup>。但由于 P2P 和 MANET 有很多相似性,也有很多不同点,导致了这两个领域的交叉研究面临了诸多挑战<sup>[3]</sup>。文献[4]提出了一种基于 P2P 计算模式的 MANET 路由模型 PDSR,在 DSR 基础上融合了 chord 算法,提高了路由算法的查询效率。文献[5]将 Pastry 的 DHT 功能与 AODV 路由协议整合,提供了有效的间接路由。文献[6]定义了节点通讯时一次完整 DHT 搜索后使用的物理路径与源节点到目的节点的最短物理路径的比率 stretch,通过降低 stretch 缓解网络拓扑失配带来的绕路问题。

以上的研究成果一定程度上提高了覆盖层和网络层的结构一致性<sup>[7]</sup>,提高了路由效率;但随着

节点规模的扩大, P2P 逻辑拓扑的维护开销和物理拓扑感知的控制开销会迅速增加,导致网络无法工作。本文针对上述问题,提出基于 P2P 的大规模 MANET 分层共享路由模型 (Large-scale MANET layered Share Routing Model Based On P2P, 简称 LSRM)。新模型在跨层优化的基础上,引入 P2P 分布式共享策略,提高 MANET 路由效率。

### 1 LSRM 模型体系结构

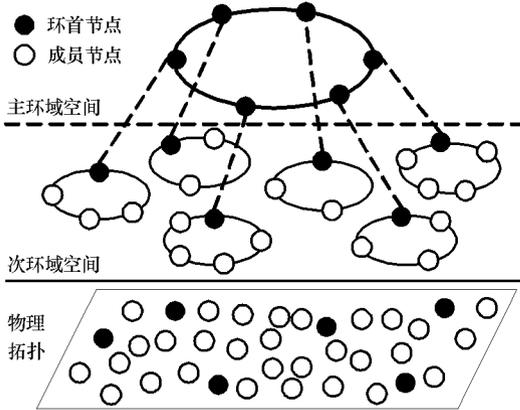
本文的设计目标是针对下一代网络技术 (NGN) 的发展对大规模移动自组织网络应用的需求,并配合分布式哈希散列算法建立一个基于 P2P 的大规模 MANET 分层共享路由模型,它是一个基于两级不同架构覆盖层的统一实体。这两级网络覆盖层是分层拓扑层和 DHT 共享查询层。

\* 收稿日期: 2010 - 12 - 28

基金项目: 国家军口 863 创新基金资助项目 (2009AAJ131); 陕西省自然科学基金资助项目 (SJ08 - ZT15); 空军工程大学博士创新基金资助项目 (KDYBSJJ08403)

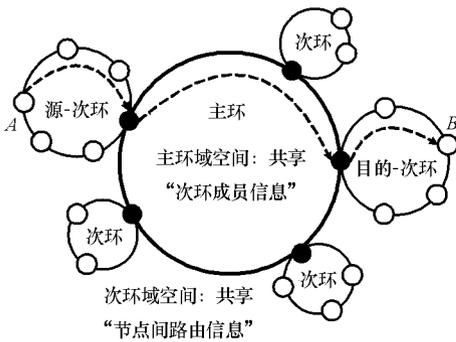
作者简介: 罗樵 (1978 -), 男, 博士生。

分层拓扑层通过引入基于 MANET 物理拓扑的按需环域划分机制,构建基于主-次环域空间的两层拓扑网络架构,即以节点发送数据需求为引导,逐步将次环半径  $K$  跳范围内的节点聚集成次环域空间,然后选取各次环的环首节点,聚集成主环域空间,如图 1(a)所示;DHT 共享查询层在分层拓扑层上运行基于 DHT 的结构化 P2P 路由算法,实现路由资源发布和共享、节点路由和定位等功能,如图 1(b)所示。



(a) LSRM 分层拓扑体系结构

A: 源节点 B: 目的节点 ----> 查询路线



(b) LSRM 共享查询体系结构

图 1 基于不同覆盖层的 LSRM 体系结构  
Fig.1 Architecture of LSRM

## 2 LSRM 路由算法

LSRM 模型中应用的路由算法(简称为 LSRM)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 路由算法的基础上对 Chord 路由算法进行改进,其中次环路由资源发布和共享算法将每一次 DSR 路由发现获得的多跳路由资源在次环中发布并共享,使得次环中各个节点逐步获得到其它节点的最短路由;主环路由资源发布和共享算法将各环首节点拥有的成员节点列表在主环上发布和共享,使得各环首节点能够查询到主-次环域空间中任意节点;路由查询算法设计为按照“源次环—主环—目的次环”的顺序查找路由。

LSRM 路由算法的设计目标有以下两个:

(1)使节点智能化,图 2 描述了节点间分布式协作的过程。

①节点 A 发起了到节点 D 的路由发现,建立了以 ABCD 为成员的次环。一段时间后,非环域成员节点 E 加入了次环。此时,节点 E 需要在次环上发布新的路由资源,在 Hash 环上第一跳到节点 C,如图 2(a)。

②由于此时节点 E 缓存中不存在到节点 C 的路由,发起路由发现,将路由资源发布指令递交到节点 C。在此过程中发现“E→F→C”路径上存在与环首距离小于次环半径( $K=3$ )的新节点 F,待路由资源发布完成后,节点 F 将等待获取该次环控制权加入次环,如图 2(b)。

③随着时间的推移,越来越多类似于节点 F 的没有通讯需求的节点加入次环,这样的方式充分利用了闲置节点的存储和计算资源,使节点间共同协作,推动路由发现和路由资源发布的进程,使次环中每一个节点获得越来越多到其它节点的最短路由,路由效率随着节点的增多越来越快,充分体现了 P2P 系统的优势。

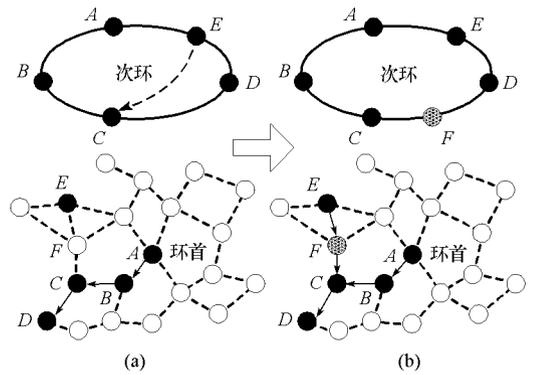


图 2 次环中节点协作示意图

Fig.2 Node collaboration diagram of SRZ

(2)降低 stretch<sup>[6]</sup> 值,保障 P2P 逻辑拓扑和 MANET 物理网络的一致性。

如图 3 所示:节点 E 到节点 B 的最短路径为“E→Q→H→B”共 3 跳,而完成一次 DHT 搜索需要在 Hash 环上经历 3 跳,对应到 MANET 物理拓扑上的实际路径为“E→N→L→S→H→C→M→K→B”共 8 跳,stretch = 8/3 ≈ 2.67。LSRM 通过次环路由资源发布和共享算法使节点通讯时采用 DSR 路由发现的最短路由,从而 stretch = 1,保证了次环域空间和 MANET 物理网络的一致性。

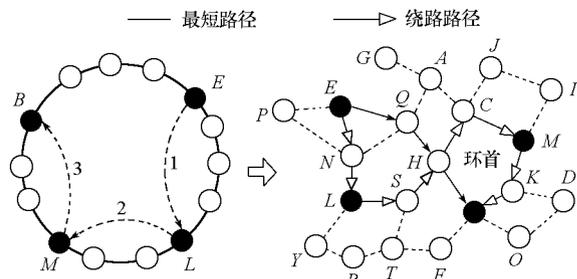


图3 拓扑失配示意图

Fig.3 Topology mismatching diagram

### 3 LSRM 模型性能分析

#### 3.1 平均路径长度

平均路径长度是指路由查询时搜索路径长度的平均值,是衡量路由查询效率和网络健壮性的重要特征度量。假设网络中任意节点  $A$  向节点  $B$  发起路由查询,当  $A、B$  属于同一次环,依据 Chord 算法,平均路径长度为  $\log(S)/2$ ;当节点  $A、B$  属于不同次环,根据 LSRM 查询算法,查询沿着“源次环—主环—目的次环”的顺序进行,此时的平均路径长度为

$$2 \times \frac{1}{2} \times \log S + \frac{1}{2} \times \log P$$

$$= \log S + \frac{1}{2} \times \log\left(\frac{N}{S}\right) = \frac{\log S + \log N}{2} \quad (1)$$

设定节点  $A、B$  属于同一次环的概率为  $P_i$ ,属于不同次环的概率为  $P_j$ ;则在主-次环域空间内路由查询的平均路径长度  $APL_o$  为

$$APL_o = P_i \times \frac{1}{2} \times \log S + P_j \times \frac{\log S + \log N}{2} \quad (2)$$

由于节点  $B$  处于那一个次环是一个等概率事件,可知  $P_i$  和  $P_j$  的关系如下:

$$\begin{cases} P_i + P_j = 1 \\ \frac{P_i}{P_j} = \frac{S}{N-S} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_i = \frac{S}{N} \\ P_j = \frac{N-S}{N} \end{cases} \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)中,由于  $S < N$ ,可得出

$$APL_o = \frac{S}{N} \times \frac{1}{2} \times \log S + \frac{N-S}{N} \times \frac{\log S + \log N}{2}$$

$$= \frac{\log S}{2} + \frac{N-S}{2N} \log N < \frac{\log S + \log N}{2} < \log N \quad (4)$$

由于某些情况下 LSRM 路由信息可直接从缓存中获取,所以在式(4)  $APL_o$  前增加一个附加常数  $\alpha (0 < \alpha < 1)$  来简化这一不确定的因素,最终得出的  $APL$  为

$$APL = \alpha \left( \frac{\log S}{2} + \frac{N-S}{2N} \log N \right) < \alpha \log N \quad (5)$$

DSR 路由查询最大路径长度为  $N$ ,则  $APL = N/2$ ;ZRP 路由查询最大路径长度为  $N/R$ ,则  $APL = N/2R$ 。图4通过  $APL$  函数图说明了节点规模变化时,三种路由协议的差异。

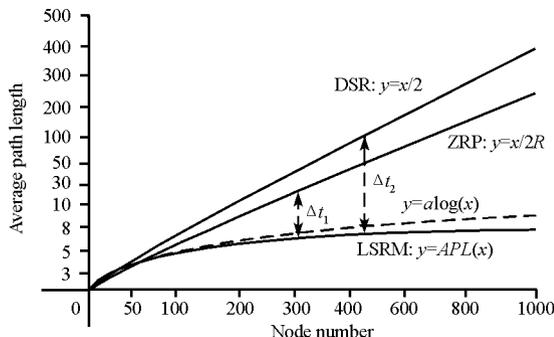


图4 APL 函数比较图

Fig.4 Comparison of APL function

当节点规模增大时,  $\Delta t_1$  表示的 LSRM 与 ZRP 的平均路径长度差值和  $\Delta t_2$  表示的 LSRM 与 DSR 的平均路径长度差值越来越大,当节点数到 1000 个时,LSRM 的平均路径长度仅处在 10 跳范围内,而 DSR 和 ZRP 已达到了百跳数量级。虽然 LSRM 在网络规模扩大时,  $APL$  也在缓慢增大,但它始终收敛于  $y = \alpha \log(n)$  之下,处于可控范围,证明了 LSRM 更加适用于大规模的无线自组织网络环境。

#### 3.2 仿真实验

系统采用 NS2 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使用的仿真测试数据。仿真实验按照节点规模:50、100、200、300、400 和 500 进行。

##### 3.2.1 平均端到端分组时延

由图5可见,DSR 由于采用基于广播的路由发现和查询算法,时延最高;ZRP 和 LSRM 在 200 节点内时延相差无几,但随着节点规模进一步扩大,ZRP 区域路由跳数增加导致查询失败几率增大,而 LSRM 能够加快路由发现和共享的进程,使数据包更快到达,保证了平均端到端时延始终处在较低的水平。

##### 3.2.2 分组递交率

由图6可见,随着节点规模的扩大,节点间链路出现中断和失效的几率不断上升,分组递交率不断下降,其中 DSR 下降最明显,导致网络不能够正常使用。而 LSRM“主-次环域空间”的构造合理利用了移动节点的网络邻近特性,拥有更充分、更实时的网络状态,使分组递交率保持在较高的水平。

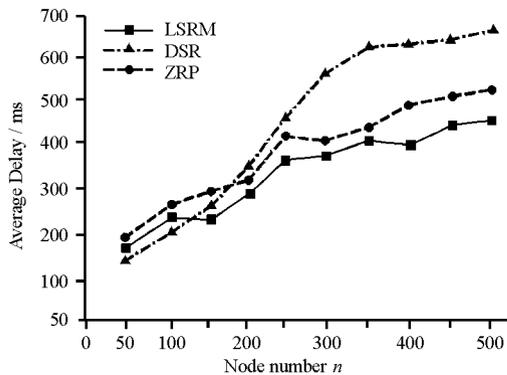


图5 端到端分组时延比较图

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

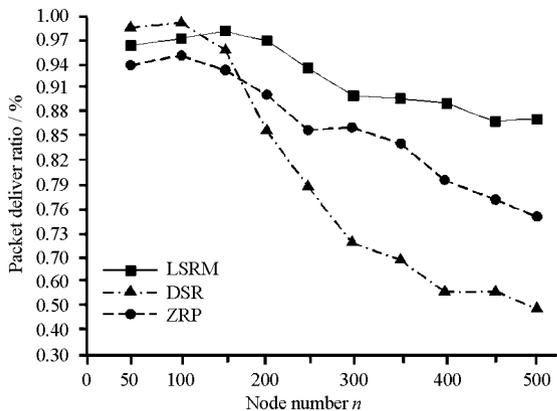


图6 分组递交率性能比较图

Fig.6 Comparison of packet deliver ratio

### 4 结论

本文提出了基于 P2P 的大规模 MANET 分层

(上接第 55 页)

### 3 结束语

本文以分数傅里叶变换的理论为基础,提出了一种基于分数傅里叶变换结合噪声估计的去噪方法,并用计算机模拟进行了验证。

对于高斯噪声,主要在高阶分数傅里叶域中直接将其剔除;对于模糊噪声,利用原图与模糊图像的分数谱差值分布的稳定性,对模糊噪声进行估计后将图像复原;对于啁啾噪声,也主要在分数傅里叶域直接将其剔除;对于混合噪声,根据巴特沃斯低通和高通滤波器得到的信息在分数域中估计出复原图像的分数谱,再通过逆分数傅里叶变换返回空域,获得复原图像。因为本方法对噪声谱只能大致估计,所以恢复效果与估计的准确度有关。在图像受到多种因素导致退化的情况下,以及在无任何先验知识的前提下,此方法可以对各种加性噪声进行图像盲复原。

共享路由模型,通过引入基于网络实际拓扑的分层机制和 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,有效地解决了绕路问题,提高了 MANET 路由性能。

### 参考文献:

- [1] Gerla M. From Battlefields to Urban Grids: New Research Challenges in ad Hoc Wireless Networks[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2005:77-93.
- [2] 欧中洪,宋美娜,战晓苏,等. 移动对等网络关键技术[J]. 软件学报, 2008, (2).
- [3] Ding G, Bhargava B. Peer-to-peer File-sharing Over Mobile ad Hoc Networks[C]//Proc. of the 2nd IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops. Washington: IEEE Computer Society, 2004: 104-108.
- [4] 李祖鹏,黄建华. 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.
- [5] Zahn T, Schiller J H. Designing Structured Peer-to-peer Overlays as a Platform for Distributed Network Applications in Mobile ad Hoc Networks[J]. Computer Communications, 2008, 31(3): 643-654.
- [6] Qiu T Q, Chen G H, Ye M, et al. Towards Location-aware Topology in Both Unstructured and Structured P2P Systems[C]//Proc. Of the 2007 Int'l Conf. on Parallel Processing. Washington: IEEE Computer Society, 2007.
- [7] 曲大鹏,王兴伟,黄敏. 基于 MANET 的 P2P 网络跨层方法综述[J]. 计算机科学, 2010, 37(2):31-37.

### 参考文献:

- [1] Erden M F, Ozaktas H M. Synthesis of General Linear Systems with Repeated Filtering in Consecutive Fractional Fourier Domains[J]. Opt. Soc. Amer. A., 1998, 15: 1647-1657.
- [2] Ozaktas H M, Mendlovic D. Fractional Fourier Transforms and Their Optical Implementation: II [J]. J. Opt. Soc. Amer. A., 1993, 10(12):2522-2531.
- [3] Ozaktas H M, Barshan B, Mendlovic D, et al. Convolution, Filtering, and Multiplexing in Fractional Fourier Domains and Their Relation to Chirp and Wavelet Transforms[J]. Opt. Soc. Amer. A., 1994, 11(2): 547-559.
- [4] 严佩敏,刘泓. 基于分数维变换的图象恢复 [J]. 计算机工程, 2001, 27(3):21-22,53.
- [5] 张怡霄,杜惊雷,高福华,等. 分数域啁啾滤波及其在数字图像处理中的应用 [J]. 激光技术, 2003, 27(1):78-80.
- [6] 王静. 分数阶傅里叶变换在信号处理和图像滤波中的研究[D]. 华东师范大学, 2007.
- [7] Ozaktas H M, Arikan O, Kutay M A, et al. Digital Computation of the Fractional Fourier Transform [J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1996, 44(9):2141-2150.
- [8] 王振力. 单/双通道语音增强方法的研究 [D]. 南京: 解放军理工大学, 2006.