

无线 Mesh 网络多网关选播 QoS 路由模型研究

丘小兰, 李陶深, 葛志辉

(广西大学 计算机与电子信息学院, 广西 南宁 530004)

摘 要: 无线 Mesh 网络中网关常常成为网络的瓶颈. 为了解决网关的选取问题 and 提高 QoS 性能, 根据多网关选取问题与选播路由的相似性, 提出了一种基于选播机制的网关选取模型. 该模型将所有网关节点抽象成一个选播组, 带 QoS 约束的用户端通过有效的选播机制能够自适应地选择最优的网关节点为其服务, 以保证无线 Mesh 网络良好的接入性能. 仿真结果表明了该算法的正确性和有效性.

关键词: 无线 Mesh 网络; 选播; 网关选取; QoS 约束

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)08-0116-03

Multiple Gateway Anycast QoS Routing Model in Wireless Mesh Networks

QIU Xiao-lan, LI Tao-shen, GE Zhi-hui

(College of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: The gateways often become the bottleneck in wireless mesh network. Based on the research of recent representative gateway selection schemes, a gateway selection model based on anycast is presented to solve the gateway selection problem and to improve the QoS performance. In this model, all the gateway nodes were abstracted as a anycast group and the clients with QoS constraint can adaptively select the best gateway node for its services through effective anycast mechanism, in order to ensure good wireless Mesh access performance. Simulation results show that the algorithm has better performance.

Key words: Wireless Mesh Network; anycast; gateway selection; QoS constraint

1 引言

在无线 Mesh 网络 (Wireless Mesh Network, WMN) 中, 由于大部分的业务都汇聚于 Mesh 路由器/网关, 使得这些节点相对网络中的其他节点承载更多的传输任务, 这样很容易因节点传输能力受限而形成瓶颈, 造成网络拥塞. 因此, 解决 WMN 中网关节点的选取策略问题将大大提高其网络性能.

目前对网关选取策略的研究尚处在起步阶段^[1]. 从研究者们提出的各种方案来看, 主要分成三大类: 一类是以移动节点到网关的跳数作为选择标准^[2-3], 第二类是将跳数与其他因素 (如网关负

载) 一起作为选择标准^[4-5], 第三类是直接选取跳数之外的因素作为选择标准^[6]. 总体来看, 这些网关选取策略在寻找路径或更新路由的时候基本上都采用泛洪的方式, 当网内节点数较多、负载很大时会造成控制开销迅速增多. 这样不仅严重阻塞网络, 而且大大减少数据发送成功率, 降低路由算法的性能. 选播作为一类新的通信协议, 具有平衡网络负载、优化网络资源、有效提高网络资源利用率等优点^[7]. 选播可以成为 WMN 中一种重要的机制, 在提高资源的健壮性和效率方面具有较大的优越性.

本文将选播机制引入网关选取路由机制中, 构造一种基于选播的 WMN 网关选取优化模型, 为客

户节点提供响应最快的高质量因特网接入服务。

2 模型的描述

2.1 WMN 的网络模型

把 WMN 定义为有向加权图 $G=(V,E)$, 其中 V 是一个 WMN 的网关节点集合, E 表示网络中连接节点对的通信链路集合. 假设 C 是请求服务的 Mesh 客户节点, $G(A)$ 表示网关组节点集合, Req 为 QoS 参数约束, 则 WMN 网关选取的路由问题可表述为: $Q=(C, G(A), Req)$. 这样就可以将 WMN 网络的网关选取问题转化为 QoS 约束的路由选择问题, 用参数优化方法自适应地解决 WMN 中多网关的选取优化问题, 实现 WMN 中多网关 QoS 路由模型.

2.2 网关树模型

在 WMN 网络中, 终端用户如何选择适当的网关节点接入因特网是典型的网络选播通信问题. 因此本文将选播机制引入网关选取机制中, 将所有网关节点抽象成一个选播组(网关组). 为实现网关组的管理与维护, 本文将所有的网关节点组成一个树状网关模型(如图 1 所示), 各个网关节点可以动态的加入或离开, 并不受物理位置的限制.

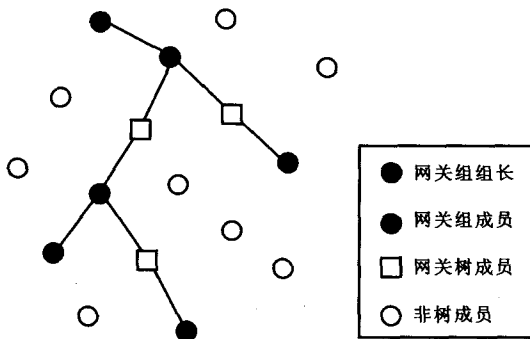


图 1 网关树模型

网关树模型包含三类节点: 一类是网关组组长节点, 主要负责维护网关组的序列号码, 自适应地选择“最优”的网关节点为请求节点提供服务; 第二类是中间节点, 亦称树成员节点, 它们不能提供接入因特网服务, 只用于支撑网关树框架, 这类节点一般都是路由器; 第三类是叶子节点, 亦称网关组成员节点, 它们一般都是网关, 可以提供接入因特网服务. 模型中的组长节点与叶子节点都可以提供接入因特网服务, 都具有一个共同的选播地址.

3 网关树的建立与维护

3.1 网关树的生成

当一个网关节点要加入网关组时, 则广播一个

带加入标志的 RREQ 信息包, 只有目的网关组成员节点才能对此消息进行应答, 而中间节点将收到的信息包转发给周围的邻居节点, 并建立反向路由.

网关组成员节点收到带加入标志的 RREQ 消息后, 如果自己所记录的网关组序列号大于等于此 RREQ 中的网关组序列号, 则修改相应的路由表和选播组路由表, 并将带加入标志的 RREP 回复消息单播给源节点. 中间节点则更新自己的路由表和选播组路由表中对应的条目, 建立正向路由.

发送请求加入消息的源节点会收到多个 RREP 回复消息. 它在可选路由中选择有最大序列号 and 能提供最佳 QoS 保障的路由, 并激活所选路由的下一跳信息, 然后沿着所选路径单播激活信息. 此路径上的节点收到激活信息后, 激活选播组路由表中相应条目, 此过程一直到发起 RREP 的树成员.

3.2 网关树的剪枝

在网关树中, 网关组成员可自由退出, 终止与组的关系. 退出网关树时, 如果网关组成员有下游节点, 则退出后还要充当树中路由器的作用, 此时只需将选播组地址置 0 就可以了. 如果该成员是叶子节点, 它把带剪枝标志的分组信息单播到上游节点, 告之它退出网关树, 然后删除其对应的路由表项. 上游节点接到此消息后, 将退出网关树的下游节点从选播路由中删除. 若上游节点删除下游节点后为叶子节点且不为网关组成员, 则重复上述的剪枝过程, 直到到达一个组成员或非叶子节点为止.

3.3 网关树的断裂修复

当树中某一条链路发生中断时, 其下游节点负责链路的修复. 下游节点广播带加入标志的 RREQ 来重新加入网关组, RREQ 中包含节点到组长的跳数信息. 只有具有最新序列号且到组长的跳数小于此 RREQ 中的跳数的树成员才能回复此信息. 响应的上游节点如果不是组成员且是叶子节点, 则设置定时器等待. 如果超过一定时间后没有对应组激活的下游节点, 则发送剪枝消息将自己从树中剪去.

3.4 网关树的合并

合并时, 节点会收到一个 hello 分组, 它所包含的信息与节点所保持的信息有所不同. 如果节点是网关组的成员且是含有地址较低的组长的那部分树的成员, 那么它就会启动树的重新构造过程.

4 仿真实验与性能分析

4.1 实验环境与性能参数设置

实验在 Linux 下的 NS-2.31 仿真环境进行. 首

先在 $1\,000\text{m} \times 1\,000\text{m}$ 的区域内生成 30 个节点,以 6×5 的格状拓扑结构分布.各节点都是 WMN 骨干层的 MR,包括网关节点,处于静止状态.节点间的通信范围是 250m,相邻节点直线距离都是 190m.业务流类型为 CBR(恒定比特率,属于 UDP 业务流),流量为每秒发送 8 个数据包,包大小为 512 字节.业务流数目分别为 3、6、9、12、15、20 条,网关节点数为 3 个,仿真时间为 300s.

仿真的性能参数如下:

(1) 分组投递率:实际接收数据分组数目和源节点发送分组数目的比值.用于反映网络所能支持的最大吞吐量,以评价模型的完整性和正确性.

(2) 端到端时延:表示从数据源发送数据包起到所有目的节点接收到该数据包时的平均时间间隔,计算公式如式(1).其中, N 表示成功接收的所有分组数, rt_i 表示第 i 个分组到达目的节点的时间, st_i 表示第 i 个分组被发送的时间.延时越小,说明响应越快,网络性能越好.

$$\text{端到端时延} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (rt_i - st_i) \quad (1)$$

(3) 平均路由开销:路由控制分组数目与网络层业务数据分组数目之比.路由控制分组包括路由寻找分组和路由回复分组等分组.

4.2 实验结果与分析

实验以分组投递率、端到端时延和平均路由控制开销为性能指标对本文的模型(AGSR)和按需距离矢量路由协议(AODV)进行比较.实验针对不同业务流进行仿真,以测试不同网络拓扑环境下模型的性能.实验结果见图 2~图 4.从图 2 可以看出,AGSR 在各种业务流数目的情况下分组投递率都要高于 AODV.这是因为引入选播机制后,AGSR 能够从众多路径中选择出最优路径,绕过拥塞区域.图 3 表明,随着网络拥塞程度的增加,AODV 数据包的时延就增加明显,而 AGSR 能够进行局部路由重构以尽快找到新的到达网关节点的 QoS 路由,整体上降低了网络中传输的时延.从图 4 可看出,当网络流量不大时,AGSR 的平均路由开销比 AODV 要高,且呈递增趋势.这是由于本文模型是通过网关树实现对选播组成员的管理与维护,协议将产生大量的路由开销.但是随着网络连接数的增加,AGSR 的平均路由开销就比 AODV 小了.这是由于当网络出现不同程度的拥塞时,AGSR 采用选播机制,能够获得

更好的负载平衡效果.源节点能够自适应选择更可靠的传输路径,在传输过程中可以减少链路发生断裂的概率,使得路由协议的开销减少.

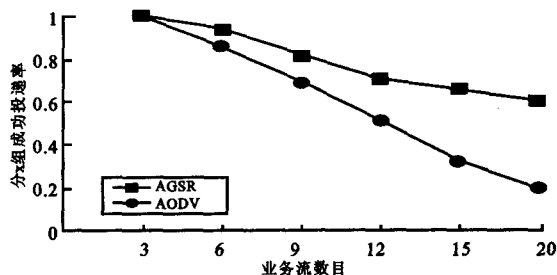


图 2 分组成功投递率

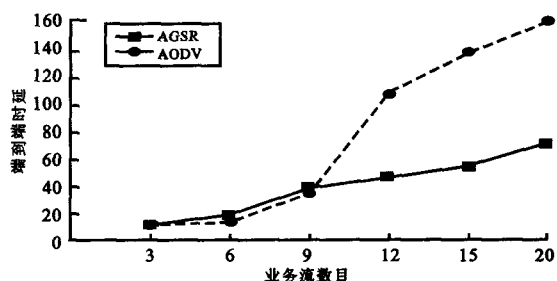


图 3 端到端时延

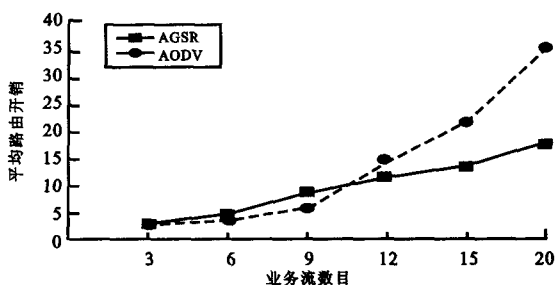


图 4 平均路由开销

5 结束语

本文在研究现有的网关选取策略和选播服务的基础上,根据多网关选取问题与选播路由的相似性,提出了一种基于选播机制的网关选取模型.通过有效的选播路由机制,能有效的解决多网关选取问题,保持很高的分组传递率、较低的数据分组延迟,使接入网络稳定高效的运行.实验结果表明:选播作为一类新的通信协议,具有平衡网络负载、优化网络资源、有效提高网络资源利用率等性能,在提高资源的健壮性和效率方面具有较大的优越性,这在应用中具有较大的现实意义.

5 结束语

本文在研究了近几年异构环境下的任务调度算法之后,提出了一种基于改进遗传算法的混合调度策略,此调度策略首先将任务进行分组,然后对每一组任务用改进的遗传算法来进行调度处理,在调度过程中,使用负载均衡方法来调整染色体中任务的分布.实验表明,本文提出的任务调度方法能有效减少平均任务执行时间,提高资源利用率,具有较好的性能.

参考文献:

- [1] 万本庭,陈明,鲁强.一种 QoS Min-Min 异构分布式系统任务调度策略[J]. 计算机工程,2007,33(11):45-48.
- [2] Foster I, Kesselman C. The grid2 blueprint for a new computing infrastructure [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1998:104-106.
- [3] Abraham A, Buyya R, Nath B. Nature's heuristics for scheduling jobs on computational grids[C]// The 8th IEEE International Conference on Advanced Computing and Communication. India, 2000:121-123.
- [4] Braun T, Siegel H, Beck N. A comparison of eleven static heuristics for mapping a class of independent tasks onto heterogeneous distributed computing systems[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2001, 61(6):58-61.
- [5] 陈明. 分布式应用模型[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [6] 王小平, 曹立明. 遗传算法[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [7] 邱卫东. 一种实时异构嵌入式系统的任务调度算法[J]. 软件学报, 2004(4):504-511.
- [8] Kwok Y K, Ahmad I. Dynamic critical-path scheduling: an effective technique for allocating task graphs to multiprocessors[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 1996, 7(5):65-68.

作者简介:

范敏 男,(1967-),硕士,副教授.研究方向为并行计算.
胡伟 男,(1979-),博士研究生.研究方向为并行复杂网络算法.

(上接第118页)

参考文献:

- [1] Shin C, Kim S, An S. Stable gateway selection scheme based on MANET with Internet[C]//The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology. Seoul, USA, 2006: 80-80.
- [2] Jonsson U, Alriksson F, Larsson T, et al. MIPMANET: mobile IP for mobile Ad hoc networks[C]//2000 First Annual Workshop on Mobile and Ad Hoc Networking and Computing. Boston, USA, 2000: 75-85.
- [3] Sun Y, Belding-Royer E M, Perkins C E. Internet connectivity for Ad hoc mobile networks[J]. Int. Journal of Wireless Information Networks, 2002, 9(2):465-482.
- [4] 宋文,方旭明. 无线 Mesh 网络公平感知路由算法设计与仿真[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(18):4320-4325.
- [5] Toh C K. Associativity-based routing for Ad-hoc mobile networks[J]. Wireless Personal Communications Journal, 1997, 4(2):3-10.
- [6] 张凯捷,向勇,史美林. 移动自组网与 Internet 的多网关互连[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2007, 47(1):100-103.
- [7] Li Taoshen, Chen Songqiao, Yan Chen, et al. Research on anycast routing algorithm with multiple QoS parameters constraint[J]. Journal of Communication and Computer, 2005, 2(4):54-60.

作者简介:

丘小兰 女,(1984-),硕士研究生,CCF 学生会员.研究方向为无线 Mesh 网络.
李陶深 男,(1957-),博士,教授,CCF 高级会员.研究方向为无线 Mesh 网络、网络计算与路由、分布式数据库等.
葛志辉 男,(1980-),博士,副教授.研究方向为无线 Mesh 网络性能优化、路由协议设计.