

# 基于 GMM 的无线自组织网络资源分配的研究

刘景景, 宛明高

(池州学院机械与电子工程系, 安徽 池州 247000)

摘要: 随着个人通信的日益增长, 一种不需要固定基站的 Ad hoc 无线网络逐渐从军用扩大到商用等诸多领域。Ad hoc 无线网络的资源公平分配变得很重要, 现在的很多分配算法都是集中式的, 而 Ad hoc 网中要求分布式实现。GMM 的算法既可以达到最大最小公平分配, 也可以实现分布式资源分配。

关键词: Ad hoc 无线网络; 资源公平分配; 分布式分配; 最大最小公平; GMM

中图分类号: TN929 文献标识码: A 文章编号: 1673-1131(2012)05-0047-02

## 0 引言

随着人们对可以随时随地进行自由通信和摆脱有线网络束缚的渴望越来越强烈, 无线网络通信近几年来得到了迅速的发展。对于一些特殊的场合来说, 有中心的移动网络并不能胜任。比如, 战场上部队快速展开与推进, 地震或水灾后的营救等。这些场合的通信不能依赖于任何预设的网络设施。为了能够在没有固定基站的地方进行通信, 需要一种能够临时、快速地自动组网的移动网络, 于是一种新的网络技术——无线自组织网络技术应运而生, 也叫 Ad Hoc 网络。Ad Hoc 网络不需要有线基础设施的支持, 可以通过移动主机的自由组网来实现通信<sup>[1]</sup>。

此网络的前身是分组无线网 (Packet Radio Network), 分组无线网的研究源于军事通信的需要。早在 1972 年, 美国 DARPA 就启动了分组无线网项目, 主要研究分组无线网在战场环境下数据通信中的应用。该项目完成之后, DARPA 又在 1993 年启动了高残存性自适应网络 SURAN<sup>[2,3]</sup>项目, 研究如何将 PRNET<sup>[4,5]</sup>的成果加以扩展, 以便支持更大规模的网络, 并要开发能够适应战场环境快速变化下的自适应网络协议。1994 年 DARPA 又启动了全球移动信息系统 GloMo<sup>[6]</sup>项目, 在分组无线网已有成果的基础上对能够满足军事应用需要的、可快速展开、高抗毁性的移动信息系统进行全面深入的研究, 并一直持续至今。1991 年成立的 IEEE802.11 标准委员会就采用了“Ad Hoc 网络<sup>[7,8]</sup>”一词来描述这种特殊的无线移动网络。网络的主要特点是没有预先确定的结构。

## 1 网络带宽分配相关问题

### 1.1 分布式地特征

分布式的特征是 ad hoc 无线网的本质特征。由于每个流无法获悉全局网络的信息, 公平调度仅能依据局部信息做出, 但是局部公平并不意味着全局公平, 而公平调度算法要实现的是全局范围内的公平。

基于上述分析, 我们认为要设计出适合于 ad hoc 无线网络的公平调度模型必须要遵循如下思路:

(1) 从理论上理解公平标准<sup>[11]</sup>, 要定量而不仅仅是定性地理解何为公平;

(2) 分析出在 ad hoc 无线网中实现某一特定的公平标准会带来何种性能降级;

(3) 结合上述三点特征(即上述三大设计难题)设计出有效的调度算法。

许多人往往忽略对公平标准的研究, 而仅仅注重对某些具体算法的研究。事实上, 公平标准是设计高效公平调度算

法的基础, 同时, 如何评估设计出的算法的性能, 公平标准是一个非常有效的工具。

### 1.2 公平标准

目前存在很多公平性评价标准, 如最大最小公平性 MMF (Max-min Fairness) 准则, 基本原则是尽量使分配得到带宽最小的流的带宽占用最大; 其次是比例公平性 PF<sup>[9]</sup> (Proportional Fairness) 准则, 目的是使得所有流带宽占用的对数之和达到最大值; 再比如最小潜在延迟公平性 PDMF (Potential Delay Minimization Fairness) 准则, 各流分配到的带宽应该使得所有流占用带宽的倒数之和最小。可以看到, MF 准则关注的是实现更大的网络吞吐量, PF 准则更关心对短路径的带宽补偿, 而 PDMF 准则的评价效果介于前两者之间, 主要考虑的是尽可能减小流的总传送时延。由于第一种标准使用的较多, 固本文用 MMF 这种标准。

最大最小公平性分配是使得最小带宽的数据流的带宽最大, 即首先能够让所有的数据流拥有相同的以及尽可能大的带宽分配, 然后在不浪费带宽的原则上继续分配剩下的带宽。也就是说尽可能地保证低带宽的流的带宽尽可能高。定义如下。

定义 1: 当且仅当一个可行的带宽分配  $x$  中, 某些信源传输速率的增加必须以其它一些速率较低的信源传输速率的降低为代价时, 该带宽分配满足最大最小公平性原则。形式化地讲, 对于其它可行的带宽分配  $\tilde{y}$ , 如果  $y_s > x_s$  则一定存在某些  $s'$  使得  $x_{s'} < x_s$  且  $y_{s'} < x_{s'}$ 。

### 1.3 网络模型

本文使用的是点对点的网络结构模型。在我们的模型中,  $N$  代表由内部开关链路集合  $L$  组成的网络,  $s \in S$  为路径  $L$  的链路, 且分配速率为  $r_s$ , 链路  $l \in L$  的速率分配的总和为  $F_l$ , 满足

$$F_l = \sum_{s \in S, l \in s} r_s$$

令  $C_l$  为路径  $l$  的容量。如果  $F_l = C_l$  则路径  $l$  分配饱和。对于  $s \in S$ , 令  $MCR_s$  和  $PCR_s$  分别为最小速率分配和峰值速率分配约束。假设经过任一链路的所有会话流的  $MCR_s$  之和不超过链路容量。因此存在向量  $r = \{r_s | s \in S\}$  满足以下约束:

$$(1) MCR_s \leq r_s \leq PCR_s;$$

$$(2) \text{对于所有的 } l \in L, \text{ 存在 } F_l \leq C_l。$$

## 2 算法描述

### 2.1 重要概念

算法描述前, 首先定义一些重要的概念:

定义 2: 若速率向量  $r = \{r_s | s \in S\}$  是比特速率可行的, 且对

每个  $s \in S$  和可行的速率向量  $r$ , 有  $\hat{r}_i > r_i$ , 存在某些会话流  $t \in S$ ,  $r_t \geq r_i$  和  $r_t > \hat{r}_i$ , 那么速率向量  $r = \{r_i | s \in S\}$  是分布是最大最小的 (GMM)。

定义 3: 有个可行的速率向量  $r$ , 链路  $l$  的  $F_l = C_l$ , 通过  $l$  的会话流  $S$  的速率和通过  $l$  的所有会话流  $t$  满足  $r_t \geq r_i$ ,  $r_i > MCR_i$ , 那么链路  $l \in L$  是 GMM 的一个瓶颈链路。

## 2.2 算法

基于 GMM 的算法的思想如下:

Step1: 每条会话流以最小限制速率开始;

Step2: 将所有的会话流按照速率即将增加的方向进行排序;

Step3: 所有会话流中具有最小速率的会话流的速率开始逐渐增加, 直到下面几种情况之一出现, 停止增加:

此会话流的速率增大到和所有起始速率中第二最小速率相等; 会话流通过的链路已达到饱和; 会话流的速率达到它的峰值速率。

Step4: 若 Step3 中有链路饱和或者会话流速率达到峰值速率, 去除掉通过饱和链路的会话流或者已达到峰值速率的会话流, 以及网络容量减去此会话流所占用的容量;

Step5: 若没有会话流剩下, 算法结束。否则, 回到 Step3, 继续下去。

## 3 GMM 算法实例

由图 1 网络结构模型中可见,  $sw_1$  的输出端口链路 (链路  $L_{12}$ ) 是存在的唯一瓶颈路径, 假设每个路径的容量约束为 1, 根据上述链路速率分配的约束条件, 可以得到每个节点的最小速率值和峰值速率约束值, 如表 1 所示。

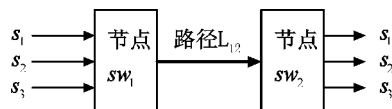


图 1 点对点网络结构图

表 1 最小分配要求和峰值速率约束参数

Session	MCR	PCR
$s_1$	0.40	1.00
$s_2$	0.20	0.25
$s_3$	0.1	0.50

SessionPCR00GMM 算法 求解的过程如下:

(1) 每条路径的开始速率为最小限制速率 ( $MCR_s$ )。如图 2 所示, 首先每条路径的速率分配为最小速率限制分配, 即  $S_1=0.4$   $S_2=0.2$   $S_3=0.1$ 。

(2) 增加速率最小的路径的速率到第二小的路径速率。由于  $S_3=0.1$  是最小的速率分配, 因此应增加  $S_3$  到第二最小的速率, 即  $S_3=S_2=0.2$ ; 去掉第一最小速率 0.1, 网络容量也减少 0.1。

(3) 在剩下的速率中, 再增加速率最小的路径速率, 当增加到  $S_3=S_2=0.2$  达到了  $S_2$  的峰值速率,  $S_2$  的速率不再增加, 退出, 剩下  $S_1$   $S_3$ , 网络容量减少 0.1。

(4) 在  $S_1$   $S_3$  中,  $S_3$  最小, 继续增加, 当  $S_3$  增加到 0.5 时, 此时网络容量约束达到饱和, 迭代算法结束。

点对点网络 GMM 算法速率分配显示图如图 2 所示。

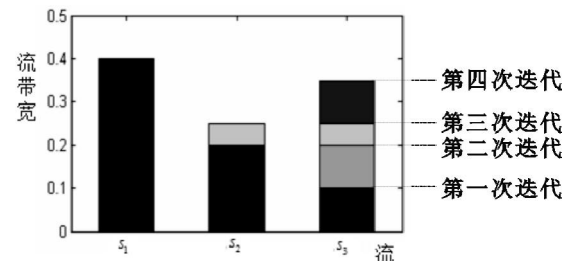


图 2 点对点网络 GMM 策略速率分配显示图

## 4 结语

对 Ad hoc 无线网分组调度算法公平性的研究是近期网络领域的一个热点同时也是难点。本文主要针对 Ad hoc 无线网络的资源公平分配都是集中式算法, 提出一种适合 Ad hoc 网络要求分布式分配带宽的算法, 本文是以最大最小公平为分配标准。本算法既实现了资源公平分配, 也实现了分布式, 不仅适合 Ad hoc 网络也可用于其它任何网络, 而且网络节点数目可以任意。

参考文献:

- [1] 郑少仁, 王海涛, 赵志峰等. Ad Hoc 网络技术[M]. 北京人民邮电出版社, 2005
- [2] G. Lauer. Advanced protocols for the SURAN packet radio network[J]. presented at proceeding of the SHAPE Packet Radio Symposium, 1989
- [3] A. David and Beyer. Accomplishment of the DARPA survivable adaptive networks SURAN program[J] presented at Proceedings of the IEEE MILCOM conference, 1990
- [4] E. K. Robert, A. G. Steven, and B. Jerry. Advances in packet radio technology [J]. presented at proceedings of the IEEE, 1987
- [5] J. Jubin and J. D. Tornow. The DARPA packet radio network protocols[J]. presented at proceedings of the IEEE, Special issue on packet radio networks, 1987
- [6] B. Leiner, R. Ruth, and A. R. Sastry. Goals and challenges of the DARPA GloMo program[J] IEEE personal communications, vol. 3, 1996:34-43
- [7] Carlos de Mrais Cordeiro, Hrishikesh Gossain, Dharma P. Agrawal. Multicast over Wireless Mobile Ad Hoc Networks [J]. Present and Future Directions, IEEE Network, Special Issue on Multicasting: An Enabling Technology, 2003:2-9
- [8] Chao Gui, Prasant Mohapatra. Efficient Overlay Multicast for Mobile Ad Hoc Networks[J] Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2005
- [9] Kelly F. P. Charging and rate control for elastic traffic[J]. Eur Trans Telecommun, 2007(8):33-37

基金项目: 安徽省青年人才基金项目“Ad Hoc 网络公平性资源分配算法的研究”(2012SQRL209), 池州学院自然科学研究项目(XK0911), 教育厅科研项目“基于独立分量分析的新型次优盲多用户检测方法及应用研究”(KJ2012Z274)。  
作者简介: 刘景景(1981-), 女, 安徽庐江人, 硕士, 讲师, 研究方向为通信技术。