

# WiMAX 网络中自相似呼叫接纳控制算法研究

胡永东<sup>1,2,3</sup>, 吴国新<sup>1,2</sup>, 钱宁<sup>1,2</sup>, 张三峰<sup>1,2</sup>

(1. 东南大学 计算机科学与工程学院, 江苏 南京 210096;

2. 东南大学 计算机网络和信息集成教育部重点实验室, 江苏 南京 210096;

3. 南京林业大学 信息科学技术学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:**针对 WiMAX 网络业务流的自相似特性, 提出用 M/Pareto 模型来对网络业务流进行建模, 通过 M/Pareto 模型和 FBM 业务流模型之间统计性质得到 2 个模型间的参数映射关系, 推导出基于 M/Pareto 模型参数的有效带宽计算公式, 据此设计出一个自相似接纳控制算法(SS-CAC)。该算法避免了通过测量的方法来获取 FBM 业务流模型中参数值, 又适应了 WiMAX 网络流自相似这一特性, 使得计算的有效带宽更加精确和方便, 提高了系统资源利用率。仿真结果表明, 该算法极大地提高网络的带宽利用率, 降低了系统的呼叫阻塞率。

**关键词:** WiMAX; 呼叫接纳控制; 自相似; 有效带宽

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2012)09-0008-07

## Study on self-similar call admission control algorithm in WiMAX

HU Yong-dong<sup>1,2,3</sup>, WU Guo-xin<sup>1,2</sup>, QIAN Ning<sup>1,2</sup>, ZHANG San-feng<sup>1,2</sup>

(1.School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2.Key Laboratory of Computer Network and Information Integration Southeast University Ministry of Education, Nanjing 210096, China;

3.College of Information Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China )

**Abstract:** As to the self-similarity of WiMAX network traffic, M/Pareto model was proposed to model network traffic. Through the statistical nature between the M/Pareto model and FBM traffic model, the parameters of the M/Pareto were mapped to the ones of FBM traffic model. The effective bandwidth formula was derived for M/Pareto model parameters. Whereby, a self-similar call admission control algorithm (SS-CAC) was designed. It avoided getting the parameter values of FBM traffic flow model with the measurement method and adapted to the self-similarity of WiMAX traffic. Since the calculation of the effective bandwidth was accurate and convenient, simulation results show that SS-CAC greatly reduces the call blocking rate and improves the bandwidth utilization.

**Key words:** WiMAX; CAC; self-similar; effective bandwidth

### 1 引言

在“无线+宽带”的网络发展趋势下, 各种新的无线技术不断涌现。WiMAX 作为一个新兴的无线接入技术一出现就成为业界关注的热点。与其他的无线技术相比, 它具有高带宽和提供服务质量保

证等优点。IEEE 802.16d/e<sup>[1,2]</sup>标准定义了 WiMAX 系统中服务质量保证的框架, 但并未详细给出无线资源管理方面的算法, 留给各设备厂商自行设计。呼叫接纳控制作为一种预防性的流量控制手段是实现网络服务质量保证的重要手段。因此, 在 WiMAX 系统中设计一个高效合理的呼叫接纳控制

收稿日期: 2011-10-18; 修回日期: 2012-03-29

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2011335)

**Foundation Item:** The Natural Science Foundation of Jiangsu Province(BK2011335)

算法具有重大意义。

呼叫接纳控制是在用户服务质量保证和网络资源利用率之间保持一个合理的平衡,新的呼叫能被接纳的条件是在已存在用户的服务质量能被继续保证的情况下,新用户的服务质量能得到满足。呼叫接纳控制的2个关键问题是对网络业务流的建模和接纳控制的决策策略,业务流的建模直接影响接纳控制的决策策略。目前,已有研究 WiMAX 系统中的呼叫接纳控制算法<sup>[3-10]</sup>中,都是用经典的泊松过程来描述网络业务流,侧重对接纳控制的决策策略进行设计和优化,而忽略了业务流模型对接纳控制决策策略的重大影响。但是,泊松过程在大多数情况下不能很好地描述互联网的流量行为, Leland<sup>[11]</sup>等在 20 世纪 90 年代初发表的论文中第一次明确提出了网络流量中存在着自相似现象, Cristina<sup>[12]</sup>和 Dedi<sup>[13]</sup>等分析和评估了 WiMAX 业务流具有自相似和长相关特性。如果仍然采用泊松过程描述 WiMAX 业务流来进行流量预测,那么会使得预测的业务流量与实际使用的带宽有一定的差距。按这种经典模型预测得到的业务流量来分配网络资源,会造成网络资源的浪费,降低网络资源利用率。

本文根据 WiMAX 网络业务流自相似特性,提出利用 M/Pareto 模型来对 WiMAX 网络中不同服务等级的网络业务流进行建模,在此基础上推导出网络有效带宽的计算公式,据此设计一个自相似的呼叫接纳控制(SS-CAC)算法。分析和仿真结果表明, M/Pareto 模型能更精确地描述网络业务流特征,各种业务流通过统计复用的方式来共享网络资源,这样使得自相似呼叫接纳控制算法能有效地节省带宽,从而提高了网络资源的利用率。本文的第2节介绍理论基础和相关公式的推导过程,第3节对 WiMAX 网络业务流进行建模,第4节详细说明自相似接纳控制算法思想及算法流程,第5节介绍了算法的仿真环境和仿真结果,并对仿真结果进行分析,第6节是结束语。

## 2 理论基础分析

### 2.1 自相似过程

定义 1 (连续自相似过程)如果随机过程  $\{X(t), t \in R_+\}$  满足:

$$X(at) \stackrel{d}{=} a^H X(t), \forall a > 0 \quad (1)$$

则称  $\{X(t)\}$  是自相似的(self-similar), 表示为 H-ss, 其中  $\stackrel{d}{=}$  表示有限维上的分布相等, 称  $H$  为 Hurst 参数或自相似参数。

定义 2 (严格自相似(exactly self-similar)过程)如果归一化后的  $\{X(at)\}$  任意有限维分布  $\{a^{-H} X(at_i), i \in Z_+\}$  都与原来的随机过程  $\{X(t_j), j \in Z_+\}$  相同, 则称  $\{X(t)\}$  为严格自相似过程。

定义 3 (渐近自相似(asymptotically self-similar)过程)如果  $\{a^{-H} X(at_i), i \in Z_+\}$  与  $\{X(t_j), j \in Z_+\}$  只是均值和方差相等, 则称  $\{X(t)\}$  为渐近自相似过程。

### 2.2 M/Pareto 模型及其自相似性

M/Pareto<sup>[14]</sup>流由一些重合叠加的突发流组成。这些突发按照速率为  $\lambda$  的 Poisson 过程到达, 每个突发的持续时间是一个随机变量, 符合衰减速率为  $a$ , 位置参数为  $d$  ( $d$  为突发最短的持续时间)的 Pareto 分布。假设突发的持续时间为服从 Pareto 分布的随机变量  $X$ , 其互补分布函数可表示为

$$\Pr(X > x) = \begin{cases} \left(\frac{x}{d}\right)^{-a}, & x \geq d, 1 < a < 2, d > 0 \\ 1, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

随机变量  $X$  的期望  $E[X] = \frac{da}{a-1}$ , 方差为无穷大(即不存在)。

假设突发中的数据分组传输率为  $r$ , 且所有突发传输数据分组的速率相同, 则突发大小的期望为  $m = \frac{rda}{a-1}$ , 在一个长度为  $t$  的时间间隔内所有突发传输的总数据分组数的期望为  $m(t) = \frac{ltrda}{a-1}$ 。

虽然 Pareto 分布的方差是无穷大, 但 M/Pareto 过程的方差是有穷的。方差函数的累次积分形式为

$$s^2(t) = 2l r^2 \int_0^t dt \int_0^u du \int_v^\infty dx \Pr\{X > x\} \quad (3)$$

式(3)通过累次积分得到:

$$s^2(t) = \begin{cases} 2r^2 l t^2 \left(\frac{da}{2(a-1)} - \frac{t}{6}\right), & 0 \leq t \leq d \\ 2r^2 l \left[\frac{d^3 a}{6(3-a)} - \frac{d^2 t a}{2(2-a)} - \frac{t^3 - a^3}{(1-a)(2-a)(3-a)}\right], & t > d \end{cases} \quad (4)$$

假设定义  $H=(3-a)/2$ , 则有随着  $t$  的增长, 方差近似正比于  $t^{2H}$ , 即:

$$s^2(t) \rightarrow \frac{-2r^2 l d^a}{(1-a)(2-a)(3-a)} t^{2H}, t \rightarrow \infty \quad (5)$$

这意味着这个过程是一个渐近自相似的过程，其 Hurst 参数为

$$H = \frac{3-a}{2} \quad (6)$$

聚集流的平均速率为

$$m = \frac{l r d a}{a - 1} \quad (7)$$

由式(5)和式(7)联立起来可以推导出：

$$s^2(t) \rightarrow m \frac{2rd^{a-1}}{a(2-a)(3-a)} t^{2H}, t \rightarrow \infty \quad (8)$$

### 2.3 自相似网络模型 FBM 流量预测

首先定义带有自相似参数  $H(0.5 < H < 1)$  标准化的分形布朗运动  $Z(t)$ 。 $Z(t)$  是一个随机过程，文献 [15] 利用  $Z(t)$  给出了基于分形布朗运动的自相似业务流模型  $A(t)$ ，定义如下：

$$A(t) = mt + \sqrt{am} Z(t), t \in (-\infty, +\infty) \quad (9)$$

其中， $A(t)$  表示到时刻  $t$  为止到达业务流的总量，它由 3 个参数来刻画： $m$ 、 $a$ 、 $H$ 。 $m > 0$  为平均传输速率， $a > 0$  为方差系数， $H$  是  $Z(t)$  的自相似参数(Hurst 参数)。它们之间的关系为

$$a = \frac{s^2}{m} \quad (10)$$

其中， $s^2$  为一个时间单元内的业务流量的方差。然后，定义分形布朗缓存过程  $X(t)$  是一个随机过程，即：

$$X(t) = \sup_{s \leq t} (A(t) - A(s) - C(t - s)), t \in (-\infty, +\infty) \quad (11)$$

其中， $C$  为系统服务率(也就是链路容量)， $A(t)$  为分形布朗运动业务流模型。利用分形布朗存储过程  $X(t)$ ，Norros 推导出了与缓存容量相关的有效带宽计算公式：

$$c = m + (k(H) \sqrt{-2 \ln e})^{\frac{1}{H}} a^{\frac{1}{2H}} x^{\frac{-(1-H)}{H}} m^{\frac{1}{2H}} \quad (12)$$

其中， $k(H) = H^H (1-H)^{1-H}$ ， $m$  是业务流的平均比特率(bit/s)， $a$  是业务流的方差系数(bit-sec)， $H$  是自相似的 Hurst 参数( $0.5 < H < 1$ )  $\rho$  为分组丢失率， $x$  为缓存容量(bit)。值得注意的是，这个公式的推导是基于 2 个前提：一是业务流具有高斯特性；二是缓存容量必须足够大，详细描述见文献 [16]。所以

在应用时必须保证这 2 个条件成立，否则就得不到预期效果。

从 2.2 节和 2.3 节的描述可知，M/Pareto 过程的聚集累加流表现为分形高斯过程，而且这一结论与  $A(t)$  的属性相一致，如果用这 2 个模型来描述同一个具有分形的聚集累加到达过程，则表现出同样的统计特性和自相似特性，所以两者的期望和方差对应相等，自相似参数  $H$  也相等。 $A(t)$  的方差为

$$s_A^2(t) = mat^{2H} \quad (13)$$

则由式(8)和式(13)可以得到：

$$a = \frac{2rd^{a-1}}{a(2-a)(3-a)} \quad (14)$$

## 3 WiMAX 系统中的业务流模型

### 3.1 业务流的建模思想

在文献 [17] 中证明了 M/Pareto 模型可以看作是由大量独立且具有重尾分布的 ON/OFF 模型复合而成的。ON/OFF 模型可以方便地描述具有以下特征的真实网络业务流。

1) 单个业务源产生包含随机个数据分组的突发，突发长度的分布是重尾的，衰减服从 Pareto 分布，在突发产生完成后，保持一个随机时间的静默期。

2) 单个业务源的数目  $N$  足够大，可以看作是无穷大，但数据源的到达率  $\lambda$  则是一个有限值。

3) 业务源中业务流的聚合流是一个渐近自相似过程，Hurst 参数  $H(0.5 < H < 1)$ 。

如前所述，由于 WiMAX 业务流具有自相似和长相关的特性，网络中的单个业务流基本符合以上特征，所以采用这样的 ON/OFF 模型来对该系统单个业务流源进行建模，并根据每种类型业务流的参数描述符(峰值率 PR，均值率 SR)来确定相应参数。

### 3.2 业务流模型

根据 IEEE802.16d/e 标准，在 WiMAX 系统中，5 种服务被支持：主动授权业务(UGS)，实时轮询业务(rtPS)，扩展的实时轮询业务(ertPS)，非实时轮询业务(nrtPS)，尽力而为服务(BE)。

UGS 支持定长分组和固定比特速率的实时业务流，在周期性的时间间隔内以固定速率发送分组数据。假设固定大小分组的数据传输率  $r_{UGS}$ ，则 UGS 业务流的峰值率  $PR_1=r_{UGS}$ ，均值率  $SR_1=r_{UGS}$ 。

rtPS 支持变长分组、可变比特率的实时业务流。假设可变比特率的最大值为  $r_{rtps-max}$ ，最小值为  $r_{rtps-min}$ ，则 rtPS 业务流的峰值率  $PR_2=r_{rtps-max}$ ，均值率  $SR_2=(r_{rtps-max}+r_{rtps-min})/2$ 。

nrtPS 支持变长分组、可变比特率的非实时业务流。假设可变比特率的最大值为  $r_{nrtps-max}$ ，最小值为  $r_{nrtps-min}$ ，则 nrtPS 业务流的峰值率  $PR_3=r_{nrtps-max}$ ，均值率  $SR_3=(r_{nrtps-max}+r_{nrtps-min})/2$ 。

BE 支持非实时无任何速率和时延抖动要求的分组业务流。由于此类型的业务流没有速率要求，但系统每种业务流的最大传输率是有一定限制的，所以假设分组传输比特率最大值为  $r_{be-max}$ ，最小值为  $r_{be-min}=0$ ，则 BE 业务流的峰值率  $PR_4=r_{be-max}$ ，均值率  $SR_4=(r_{be-max}+r_{be-min})/2$ 。

ertPS 支持变长分组、可变速率的实时业务流，但在带宽的授权上像 UGS，由 802.16e 增补。假设可变比特率的最大值为  $r_{ertps-max}$ ，最小值为  $r_{ertps-min}$ ，则 ertPS 业务流的峰值率  $PR_5=r_{ertps-max}$ ，均值率  $SR_5=(r_{ertps-max}+r_{ertps-min})/2$ 。

### 3.3 聚合业务流 ON/OFF 模型

WiMAX 系统中的业务流由以上描述的 5 种类型的业务流叠加而成，假设这 5 种业务流突发持续时间都服从同一 Pareto 分布，且设衰减率为  $a$ ，位置参数为  $d$ 。当业务源的个数  $N$  足够大时，这些业务源的聚集流形成一个符合到达率  $l = \frac{N}{E(ON) + E(OFF)}$  的

M/Pareto 模型业务流。

每种类型业务流的描述参数为  $\{PR_i, SR_i\}$ ，根据流描述参数可以得到每种类型业务流 source 的活动率：

$$Pr(source_i) = \begin{cases} \frac{SR_i}{PR_i} = r_i, source_i = on \\ 1 - r_i, source_i = idle \end{cases} \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (15)$$

通过每种类型业务流的活动率，可以求得聚集业务流的平均速率：

$$m = \sum_{i=1}^M (l_i PR_i) \quad (16)$$

其中， $M$  表示业务流类型数； $?_i$  表示第  $i$  类型业务流的活动数， $l_i = (N_i + d_{ij})r_i$ ； $N_i$  表示第  $i$  类型业务流正存在的连接数； $PR_i$  表示第  $i$  类型业务流的峰值率； $d_{ij}$  表示新到达一个第  $j$  类型业务流， $d_{ij} = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$ 。

## 4 自相似的呼叫接纳控制(SS-CAC)算法

### 4.1 算法思想

通过收集系统中突发的持续时间数据，利用矩估计或极大似然估计的方法来确定 M/Pareto 模型中 Pareto 分布参数  $a, d$ ，每个突发在 ON 期以最大速率  $PR_i$  发送数据，每个时刻每种类型业务流连接数为  $N_i$ ，根据每个业务流的描述参数  $\{PR_i, SR_i\}$  可以计算出该类业务流在 ON 期的概率，再根据两点分布的知识可以求得该类业务流的活动数  $?_i$ ，从而求出系统中聚集流的平均传输率  $m$ 。

当一个新业务流  $j$  到达后，将该业务流的描述参数  $\{PR_j, SR_j\}$  以及相应参数值代入式(16)，可以计算出聚集流的平均传输率  $m$ ，然后将已求出的  $m$  和相应的参数值代入式(14)得到方差系数  $a$ ，这样，利用 M/Pareto 模型就确定出了分形布朗运动模型中的参数  $(m, a, H)$ ，然后根据分形布朗运动模型 FBM 中有效带宽的计算式(12)就可以估算出聚集流所要求的带宽  $c$ ，以此作为自相似呼叫接纳控制算法(SS-CAC)的接纳控制标准，如果  $c$  大于系统所配置的可用带宽  $C$  (即  $c > C$ )，则拒绝接纳该流，否则接受该流。

### 4.2 算法实现

根据 4.1 节的设计思想，SS-CAC 具体算法描述如下。

输入： $(PR_j, SR_j, j)$

$j$  表示当前请求是第  $j$  类型的业务流， $PR_j$  表示该类业务流的峰值率， $SR_j$  表示该类业务流的均值率。

输出：CAC 决策

决策值为逻辑值，True 表示接受该业务流请求，False 表示拒绝该业务流请求。

SS-CAC( $PR_j, SR_j, j$ )

begin

- 1) 通过输入参数  $PR_j, SR_j$  和式(15)计算第  $j$  类型业务流的活动率  $?_j$ ；
- 2) 根据现有的系统中的各类业务流数  $N_i, ?_j, PR_j$  和式(16)计算聚集流平均速率  $m$ ；
- 3) 利用  $m, a, d$  和式(14)计算业务流的方差系数  $a$ ；
- 4) 将  $a$  代入式(6)计算自相似参数  $H$ ；
- 5) 最后，使用计算得到的  $m, a, H$  值及式(12)计算聚集流的有效带宽  $c$ ；
- 6) 如果  $c > C$  则不分配带宽并返回 False，否则，

分配相应带宽并返回 True ;

end

说明 :Pareto 分布中的参数  $a$ 、 $d$  和  $e$ (分组丢失率)、 $x$ (缓存容量)已经设置 , $C$  为系统中的可用带宽。

### 5 算法仿真与分析

#### 5.1 仿真参数设置

SS-CAC 算法的仿真在 NS2 环境中来实现 ,利用 MPareto ON/OFF 来仿真业务源 ,也就是业务源的到达率为  $\lambda$  ,每个业务源在 ON 期以峰值率发送数据 ,ON 期时间服从 Pareto 分布 ,OFF 期不发送数据 ,OFF 期时间服从泊松分布 ,并且 ON 期和 OFF 期交替。ON/OFF 模型中的 ON 期和 OFF 期的平均时间设为 500ms ,ON 期服从的 Pareto 分布的参数  $a=1.4$  ,突发的发送速率为 6.4kbit/s ,每个分组的大小为 200B ,各种参数汇总如表 1 所示。

表 1 ON/OFF 模型参数设置

分布名称	参数名	参数值
Poisson 分布	平均时间间隔	500ms
	持续时间平均值	500ms
Pareto 分布	衰减参数 $a$	1.4
	分组大小	200B
	突发的发送速率	6.4kbit/s

仿真网络的拓扑结构如图 1 所示。每个用户站  $SS_i$  向基站 BS 发送数据 ,基站 BS 接收并转发。基站 BS 的带宽为 128kbit/s ,缓存大小为 1MB ,分组丢失率为 0.001 ,为了研究的方便 ,在仿真系统中不考虑传播延迟。

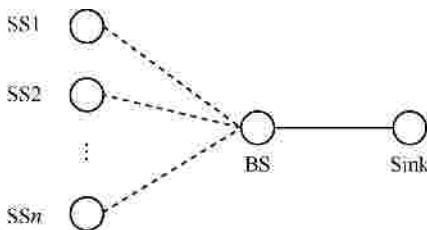


图 1 仿真网络拓扑

$SS_i$  分别表示 WiMAX 中 5 种不同服务类型的业务源 ,为了简化仿真过程 ,把这 5 种业务源分为 2 大类 :一类是 CBR ,如 UGS ;另一类是 VBR ,如 rtPS、ertPS、nrtPS、BE。CBR 业务源的峰值率为 6.4kbit/s ,均值率为 6.4kbit/s ;VBR 业务源的峰值率为 6.4kbit/s ,均值率为 3.2kbit/s ,如表 2 所示。

表 2 业务流参数

业务流类型	峰值率/(kbit·s <sup>-1</sup> )	均值率/(kbit·s <sup>-1</sup> )
CBR	6.4	6.4
VBR	6.4	3.2

#### 5.2 仿真结果分析

##### 5.2.1 WiMAX 业务流的自相似性

Hurst 参数是描述业务自相似和长相关的重要参数 ,若  $0.5 < H < 1$  ,则序列具有长相关性 ,否则 ,序列不具备长相关性。现有许多估计 Hurst 参数的方法 ,这些算法都能估计自相似序列的  $H$  值 ,但在实际应用中 ,不同算法估计结果差异较大 ,这里选取聚类方差法(AV)、R/S 法和留数回归法(Res)来估计 WiMAX 中业务流的自相似性 Hurst 参数。在仿真 WiMAX 业务流时设置泊松到达的到达率  $\lambda=2、4、6、8、10$  时计算得到的  $H$  值见表 3。计算仿真结果的平均值可以得到  $H=0.7854$  ,这与理论值  $H=(3-1.4)/2=0.8$  基本吻合。从而也说明 WiMAX 业务流的确具有自相似性和长相关的特性。

表 3 WiMAX 业务流的 Hurst 参数值

方法	不同到达率 $\lambda$ 下的 $H$ 值					平均值
	2	4	6	8	10	
AV	0.798 5	0.743 5	0.714 2	0.810 6	0.764 6	0.766 3
R/S	0.827 2	0.701 1	0.829 8	0.870 9	0.828 9	0.811 6
Res	0.783 5	0.699 2	0.793 1	0.862 3	0.753 0	0.778 2
平均值	0.803 1	0.714 6	0.779	0.847 9	0.782 2	0.785 4

##### 5.2.2 带宽利用率

在测量带宽的利用率时 ,VBR 业务流的到达率  $\lambda=5、10、15、20、25、30、35、40$  ,CBR 业务流的到达率  $\lambda=0、2$  ,同时 ,在仿真系统中采用 SS-CAC 算法和 GCAC 算法来进行呼叫接纳控制 ,测得带宽利用率的结果如图 2 所示。当 CBR 业务流的到达率  $\lambda=0$  时 ,在 VBR 业务流的到达率  $\lambda=20$  之前 ,2 种算法的利用率相同 ,在这之后 ,根据 GCAC 算法 ,系统不再接受新的呼叫 ,所以带宽利用率不再增长 ,而根据 SS-CAC 算法系统带宽还没有分配完 ,所以继续接受新的呼叫 ,带宽利用率继续提高 ,而且提高的幅度比较显著 ,当 CBR 业务流的到达率  $\lambda=2$  时也是如此。因此 , SS-CAC 算法在带宽利用

率上的优势比较明显。由于 CBR 业务流在系统中一直以恒比特率发送数据,所以在相同算法作用下,随着 CBR 业务流到达率的增大,带宽利用率也会随之增大。

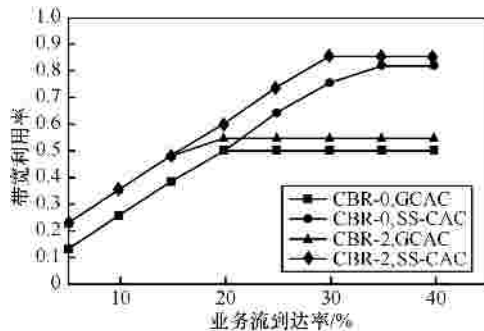


图2 带宽利用率

### 5.2.3 呼叫阻塞率

在统计系统的呼叫阻塞率时,对 VBR 业务流和 CBR 业务流的到达率设置同上,仍然采用 SS-CAC 算法和 GCAC 算法来进行呼叫接纳控制,统计得到呼叫阻塞率的结果如图3所示。从统计的结果可以看到,不管 CBR 业务流到达率  $\rho=0$  还是 2, SS-CAC 算法比 GCAC 算法在呼叫阻塞率上有明显降低。由于 CBR 业务流在系统中一直以恒比特率发送数据,所以在相同算法作用下,随着 CBR 业务流到达率的增大,呼叫阻塞率也会随之上升。

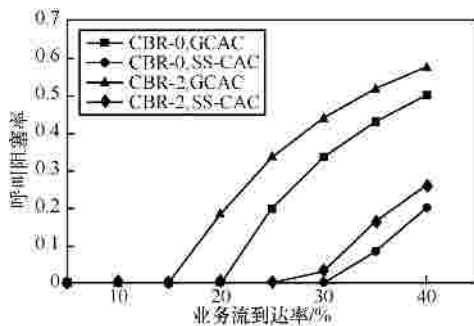


图3 呼叫阻塞率

## 6 结束语

本文根据 WiMAX 网络业务流具有自相似和长相关这一特性,提出了利用 M/Pareto 模型来对它进行建模,这样可以比较精确地描述 WiMAX 网络业务流。详细分析和讨论了 M/Pareto 模型、MPareto ON/OFF 模型和 FBM 业务流模型三者之间内在关系。以 M/Pareto 模型作为桥梁,建立了 MPareto ON/OFF 模型和 FBM 业务流模型参数映射关系,推

导出了一个基于网络业务流自相似特性的有效带宽计算公式。在此基础之上,设计出了一种自相似接纳控制算法来改善网络性能。仿真结果表明,使用有效带宽计算公式估算的聚集流的带宽与各个呼叫连接在各个时刻实际占用的网络带宽基本吻合,自相似接纳控制算法减小了呼叫阻塞率,提高了系统的资源利用率和吞吐量。在此需要说明的是,文中的结论都是假设 ON/OFF 模型中的 ON 期时间服从同一 Pareto 分布,而实际的 WiMAX 网络中 5 种业务流未必服从同一 Pareto 分布,这样会对结论造成一定的影响,这部分待以后做进一步的研究和探讨。

### 参考文献:

- [1] IEEE 802.16d. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems[S]. 2004.
- [2] IEEE 802.16e. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum[S]. 2006.
- [3] THEODORIDIS G, PAVLIDOU F N. A hybrid CAC algorithm for maximizing downlink capacity of M-WiMAX systems[J]. *Wireless Networks*, 2010,17(3): 1-16.
- [4] CHANG B J, CHEN Y L. Adaptive hierarchical polling and Markov decision process based CAC for increasing network reward and reducing average delay in IEEE 802.16 WiMAX networks[J]. *Computer Communications*, 2008, 31(10): 2280-2292.
- [5] THEODORIDIS G, PAVLIDOU F N. An SNR-based CAC algorithm for optimizing resource assignment in the downlink of M-WiMAX[A]. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*[C]. Sydney, Australia, 2010.1-6
- [6] RONG B, QIAN Y, LU K J, *et al.* Call admission control optimization in WiMAX networks[J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2008, 57(4): 2509-2522.
- [7] LEE J Y, KIM K B. Statistical connection admission control for mobile WiMAX systems[A]. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*[C]. Las Vegas, USA, 2008. 2003-2008.
- [8] CHAMMAKHI M I, DANIEL C, FETHI F. Scheduling and CAC in IEEE 802.16 fixed BWNs: a comprehensive survey and taxonomy[J]. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 2010, 12(4): 459-487.
- [9] BORIN, FREITAG J, FONSECA D, *et al.* Uplink scheduler and admission control for the IEEE 802.16 standard[A]. *GLOBECOM* -

IEEE Global Telecommunications Conference[C]. Honolulu, USA, 2009, 1-6.

- [10] LU J C , MA M D. A cross-layer elastic CAC and holistic opportunistic scheduling for QoS support in WiMAX[J]. Computer Networks, 2010, 54(7): 1155-68.
- [11] LELAND W E, TAQQU M S, WILLINGER W, *et al.* On the self-similar nature of ethernet traffic[J]. Computer Communications Review, 1993, 23(4): 203-213.
- [12] CRISTINA S. Long-range dependence in WiMAX traffic a preliminary analysis[A]. 2010 9th International Symposium on Electronics and Telecommunications[C]. Tismisoara, Romania, 2010. 241-244.
- [13] RAHMAWAN P D, KE K W, WU H T. Self-similar traffic assessment on QoS service classes of WiMAX network[A]. Proceedings of the 2009 7th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks[C]. 2009.1-6.
- [14] ROBERTS J, MOCCI U, VIRTAMO J. Broadband Network Teletraffic[M]. Springer, 1996.
- [15] ILKKA N. On the use of fractional Brownian motion in the theory of connectionless networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1995, 13(6):953-962.
- [16] PATEL A, WILLIAMSON C. Effective bandwidth of self-Similar traffic sources: theoretical and simulation results[A]. Proceedings of the IASTED Conference on Applied Modeling and Simulation[C]. Banff, England, 1997.298-302.
- [17] LIKHANOV N, TSYBAKOV B, GEORGANAS N D. Analysis of an ATM buffer with self-similar ("fractal")input traffic[A]. Proceedings IEEE INFOCOM[C]. BOSTON, MA, USA, 1995. 985-992.

作者简介：



胡永东 (1973-), 男, 安徽宿松人, 东南大学博士生, 南京林业大学讲师, 主要研究方向为无线网络、网络服务质量保证、网络性能分析等。



吴国新 (1956-), 男, 安徽歙县人, 东南大学教授、博士生导师, 主要研究方向为计算机网络、P2P 网络、网络制造等。



钱宁 (1969-), 男, 江苏南京人, 东南大学博士生, 主要研究方向为 P2P 网络、信任管理、移动自组网等。



张三峰 (1979-), 男, 山东金乡人, 博士, 东南大学讲师, 主要研究方向为 P2P 网络、信任管理、移动自组网等。