

文章编号:1001-9081(2006)03-0543-04

## 一种基于 QoS 的综合业务 CDMA 系统呼叫允许控制方案

朱龙杰,方旭明,张丹丹

(西南交通大学 信息科学与技术学院,四川 成都 610031)

(zhu\_long\_jie@163.com)

**摘要:**在对综合业务 CDMA 系统建模与分析的基础上,对该系统提出了一种具有服务质量保证的呼叫允许控制方案,并对其进行了仿真与性能分析。针对下一代无线蜂窝网中三种主要业务类型(语音、视频、数据)不同的 QoS 要求,该方案以用户信噪比、系统溢出率为主要判据,通过记录新呼叫到达前系统溢出率的大小,结合用户当前 SIR 的情况,判决新呼叫是否接入,并针对三种业务给出不同的优先级。

**关键词:**CDMA 系统;呼叫允许控制;QoS;综合业务

**中图分类号:**TN92 **文献标识码:**A

## QoS-based call admission control scheme in multi-traffic CDMA system

ZHU Long-jie, FANG Xu-ming, ZHANG Dan-dan

(School of Information Science & Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

**Abstract:** A QoS-based call admission control scheme was proposed after modeling and analyzing the multi-traffic in CDMA system. The simulation results and system performance analysis were given out. Considering three different types of traffic (voice, video, and data) and their QoS requirements in the next generation wireless cellular networks, users' signal-to-interference ratio, and the system overflow rate recorded by the system before the new call arrival were adopted as the new call admission criterions. Then the different admission priorities were assigned to three types of traffic separately.

**Key words:** CDMA System; call admission control; QoS; multi-traffic

### 0 引言

在第三代蜂窝移动通信系统中,用户对网络业务的多样性提出了要求。3GPP 在规范 UMTS 时,将网络业务按其 QoS 的不同分为对话类、流类、交互类和背景类。其中前两类为实时业务,有比特率保证,并对传输延迟有严格的要求;后两类为非实时业务,没有比特率保证,对延迟的要求较为宽松。从传输速率来看,对话类业务可视为常速率业务,其他三类业务为变速率业务。区别于传统的 TDMA、FDMA 系统,CDMA 蜂窝通信系统为干扰受限系统,该系统无固定可分配信道数,系统为“软”容量,该特性使其呼叫允许控制(Call Admission Control, CAC)方案与传统 CAC 方案接入准则有所不同。

针对综合业务的 CDMA 系统,文献[1]~[5]提出了一些呼叫允许控制方案。其中文献[1]考虑了语音、视频、数据三种业务环境下的 CAC 方案,着重从呼叫排队和优先权的角度对系统性能进行了改进和分析,文献[2]~[4]在考虑语音、数据两种业务的环境下,分别从拥塞控制、信道容量、新呼叫/切换呼叫优先级等方面提出了 CAC 算法,文献[5]中以语音、视频、数据为研究对象,针对其业务的变速率特性,提出了基于优先级的呼叫允许控制。由于缺乏对语音、视频、数据三种业务的有效建模以及对变速率业务特性的充分考虑,目前提出的综合业务 CDMA 系统 CAC 方案在尽可能接入用户、保证系统利用率的同时,不能保证业务 QoS 的要求,不能有效控

制系统性能恶劣情况的出现,导致系统溢出率增加,传输延迟、中断率增大,用户对服务的满意程度减小。

本文结合下一代无线蜂窝网中三种主要业务类型(语音、视频、数据)的建模,基于三种业务的不同 QoS 要求,提出了一种以用户信噪比(SIR)、系统溢出率为主要判据的 CAC 方案。该方案通过记录新呼叫到达前系统溢出率的大小,结合用户当前 SIR 的情况,判决新呼叫是否接入,并针对三种业务给出不同的优先级。

### 1 系统建模

本文主要讨论 CDMA 蜂窝通信系统中单个小区上行链路的 CAC 方案,对系统环境做出如下假设:

- 1) 小区中心采用全向天线基站,所有用户共享扩频带宽  $W$ ;
- 2) 与小区内和来自周围小区的干扰相比,基站接收的背景噪声可以忽略;
- 3) 移动用户在小区内均匀分布,采用理想的功率控制。

对于不同业务类型用户,在 3GPP 对 UMTS 的规范中,将业务按其属性对 QoS 要求的不同分为四类,第一类为恒速率的语音业务,第二类为变速率的视频流业务,最后两类业务为简化仿真与分析同视为数据业务。对这三种业务用户建模如下:

- 1) 语音业务

语音业务用户到达服从泊松分布,平均到达率为  $\lambda_v$ ,到达时间间隔服从指数分布;用户服务时间也服从指数分布,平

收稿日期:2005-09-07 修订日期:2005-11-11

**作者简介:**朱龙杰(1982-),男,江西赣州人,硕士研究生,主要研究方向:蜂窝移动通信系统资源管理;方旭明(1962-),男,浙江义乌人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:蜂窝移动通信系统资源管理、移动性管理与建模、移动 Ad hoc 网络、无线局域网;张丹丹(1980-),女,辽宁开原人,硕士研究生,主要研究方向:蜂窝移动通信系统资源管理。

均服务时间为  $1/\mu_v$ 。对于单个话音业务,采用传统 ON/OFF 模型,话音激活因子为  $\alpha_v$ ,在激活期,传输速率为  $R_v$ ,在休眠期,传输速率为 0。

2) 视频业务

视频业务用户到达也服从泊松分布,平均到达率为  $\lambda_{vd}$ ,到达时间间隔服从指数分布;用户服务时间也服从指数分布,平均服务时间为  $1/\mu_{vd}$ 。对于单个视频流,采用离散状态、连续时间马尔科夫过程,如图 1 所示。视频流的传输速率被量化为  $M$  个离散的等级  $(0, L, \dots, ML)$ ,第 1 等级的传输速率为基本速率  $R_{vd}$ ,第  $j$  个等级的传输速率为  $jR_{vd}$ 。不同状态之间的转换速率服从指数分布,并且仅依赖于当前的状态,与过去状态无关。在第 0 状态,即空闲状态,没有数据传输。状态之间的转换速率  $\alpha$  和  $\beta$  分别由以下公式得到<sup>[6]</sup>:

$$\beta = 3.9 / (1 + 5.04458 N_s / M)$$

$$\alpha = 3.9 - \beta$$

其中,  $N_s$  为视频源并发视频流个数,  $M$  为传输速率量化的等级。本文假设视频源并发视频流个数为 1,传输速率量化等级为 8,即  $N_s = 1, M = 8$ 。

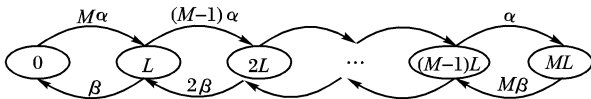


图 1 视频源模型

3) 数据业务

与上两种业务相同,假设数据业务用户到达率也服从泊松分布,平均到达率为  $\lambda_d$ ,到达时间间隔服从指数分布;用户服务时间也服从指数分布,平均服务时间为  $1/\mu_d$ 。对于会聚数据业务流,根据因特网中数据流的属性,其基本满足自相似过程。本文着重考虑 CAC 方案,为简化起见,不考虑数据业务用户接入后系统可改变其传输速率,所以,单个数据业务流采用与话音业务类似的 ON/OFF 模型,数据传输激活因子为  $\alpha_d$ ,在激活期,以恒速率  $R_d$  传输;在休眠期,传输速率为 0。

2 呼叫允许控制方案

在干扰受限的 CDMA 系统中,呼叫允许控制方案可基于不同接入准则,SIR 准则是基本准则。基于 SIR 准则的 CAC 方案针对不同优先级的新呼叫/切换呼叫,设置不同的 SIR 接入门限,高优先级呼叫接入门限低于低优先级接入门限。该 CAC 方案接入准则计算 SIR 为用户接入时刻 SIR,对于综合业务系统,由于业务自身速率在不断变化,对系统资源的需求也在不断变化,所以,基于系统某一个时刻用户 SIR 的 CAC 方案不能体现系统实际接受用户的能力。用户申请接入时,其 SIR 可能满足要求,但接入后,由于业务速率的变化,可能导致系统资源溢出,不能满足所有接入用户对 SIR 的需求,从而导致系统延迟增加,误码率增大,使系统性能及 QoS 严重下降。

通过 CAC 策略解决上述问题主要有两种途径:一是通过观察记录前一用户接入后系统溢出率情况来决定当前用户是否接入;二是当变速率业务用户接入时,按该业务速率的统计变化规律预测其接入后对系统溢出率的影响,从而决定是否接入。第二种方案可以从统计上估计该业务用户接入后业务速率的变化情况,但考虑到系统正在服务用户的服务结束时间无法预测,所以估算其接入后对系统容量的影响较为困难。基于 QoS 的 CAC 策略采用第一种方案,即在满足接入信

噪比门限的基础上,当前一用户接入后,如果当前的系统溢出率没有超过系统溢出率门限值,则当前申请接入用户可以接入;如果系统溢出率已经大于门限值,则不能接入。该策略假设 CDMA 系统能够实时地改变用户服务速率,满足用户的 QoS 需求,即该系统采用的是理想的资源分配及再分配策略。考虑到系统中语音、视频、数据用户具有不同的接入优先级,在接入用户后亦可在不同优先级业务用户间进行资源调整,所以在设定系统溢出率门限时,可将高优先级业务用户设置较低的系统溢出率门限。

2.1 基于 QoS 的 CAC 方案接入准则

1) 用户信噪比准则

在理想功率控制下,第  $i$  个用户的 SIR 可表示为:

$$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_i = \frac{S_i/R_i}{I_{total}/W} \tag{1}$$

其中  $S_i$  为中心小区基站接收到第  $i$  个用户的信号功率,  $R_i$  为其传输速率,  $I_{total}$  为总体干扰,其中小区内干扰为  $I_{local}$ ,小区外干扰为  $I_n$ ,为简化起见,假设小区外干扰因子为  $f, 0 < f < 1$ 。则有:

$$I_{total} = I_{local} + I_n = I_{local} + f \times I_{local} = (1 + f)I_{local} \tag{2}$$

假设小区内有  $N$  个用户,则小区内部干扰  $I_{local} = \sum_{j=1, j \neq i}^N S_j$ ,

理想功率控制下,第  $i$  个用户的 SIR 为:

$$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_i = \frac{S_i/R_i}{(1 + f)I_{local}/W_i} = \frac{S_i}{(1 + f) \sum_{j=1, j \neq i}^N S_j} \times \frac{W}{R_i} \tag{3}$$

由式(3)可知,第  $i$  个用户的 SIR 接入准则为:

$$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_i = \frac{S_i}{(1 + f) \sum_{j=1, j \neq i}^N S_j} \times \frac{W}{R_i} \geq \gamma_i \tag{4}$$

其中  $\gamma_i$  为第  $i$  个用户的需求 SIR。依据语音、视频、数据业务用户不同的优先级设置不同的接入 SIR 门限,同类申请接入用户中,切换呼叫接入门限低于新呼叫接入门限。

2) 系统溢出率准则

由(4)式得:

$$\frac{WS_i}{R_i\gamma_i} - (1 + f) \sum_{j=1, j \neq i}^N S_j \geq 0 \tag{5}$$

令  $\frac{WS_i}{R_i\gamma_i} - (1 + f) \sum_{j=1, j \neq i}^N S_j = 0$ ,当  $i = \{1, 2, \dots, N\}$  时,该

式可表示为:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{S}^* = 0 \tag{6}$$

$$\text{其中: } \mathbf{A} = \begin{pmatrix} \frac{W}{R_1\gamma_1} & -(1 + f) & \dots & -(1 + f) \\ -(1 + f) & \frac{W}{R_2\gamma_2} & \dots & -(1 + f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(1 + f) & -(1 + f) & \dots & \frac{W}{R_N\gamma_N} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{S}^* = [S_1, S_2, \dots, S_N]^T$$

将(6)式整理,由(5)式可得:

$$S_i(1 + f) \times \left[ \frac{W}{R_i\gamma_i(1 + f)} + 1 \right] \times \left[ 1 - \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j\gamma_j(1 + f)} + 1 \right] \geq 0 \tag{7}$$

在(7)式中  $S_1(1+f)$  为非负,那么:

$$\sum_{j=1}^N \left[ \frac{W}{R_j \gamma_j (1+f)} + 1 \right]^{-1} \leq 1 \quad (8)$$

基于公式(8),系统溢出率(System Overflow Rate, SOR)可定义为:

$$SOR(t) = Nu \left\{ \sum_{j=1}^N \frac{W}{R_j \gamma_j (1+f)} + 1 \right\}^{-1} > 1 \mid t \Big/ NT(t) \quad (9)$$

其中,  $Nu\{A \mid t\}$  表示  $t$  时间内出现满足  $A$  条件情况的时间片数,  $NT(t)$  表示  $t$  时间内的总时间片数。设小区中各用户的到达时间为  $t_a = \{t_1, t_2, \dots, t_n, t_{n+1}, \dots\}$ , 则系统溢出率函数可表示为:

$$SOR(t_{n+1} - t_n) = Nu \left\{ \sum_{j=1}^n \left[ \frac{W}{R_j \gamma_j (1+f)} + 1 \right]^{-1} > 1 \mid (t_{n+1} - t_n) \Big/ NT(t_{n+1} - t_n) \quad (10)$$

在用户申请接入时,以系统当前的溢出率  $SOR(t_{n+1} - t_n)$  为另一接入参考准则,保证系统性能,提高 QoS。依据语音、视频、数据用户的优先级,设置不同的溢出率门限,当系统当前溢出率低于门限值时,允许接入;当系统当前溢出率高于门限值时,拒绝接入。

### 2.2 基于 QoS 的 CAC 策略

在综合业务 CDMA 系统中,具有 QoS 保证的 CAC 策略主要考虑上述两个接入准则:用户 SIR 及系统溢出率,用户 SIR 准则是以当前用户 SIR 是否达到门限值( $\eta_k$ )决定用户是否接入,系统溢出率准则是以前一用户接入后系统负载的变化情况决定当前用户是否接入。具体 CAC 策略如图 2 所示。

根据语音、视频、数据业务用户的接入优先级,设置不同

的 SIR 接入门限以及系统溢出率接入门限,  $\eta_v < \eta_{vd} < \eta_d$ ,  $\Phi_v > \Phi_{vd} > \Phi_d$ , 其中  $\eta_v, \eta_{vd}, \eta_d$  分别表示语音、视频、数据业务用户的 SIR 接入门限,  $\Phi_v, \Phi_{vd}, \Phi_d$  分别表示语音、视频、数据业务用户的系统溢出率门限。

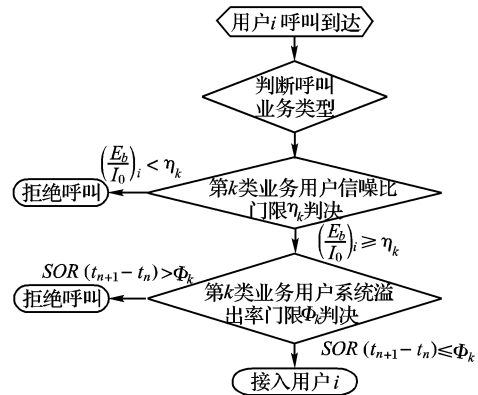


图 2 基于 QoS 的 CAC 策略

### 2.3 系统性能指标

为衡量 CAC 策略对系统性能的影响,基于阻塞率和系统溢出率指标,定义系统服务等级(Grade of Services, GoS)<sup>[8]</sup>:

$$GoS = 1 - (p \cdot P_{block} + q \cdot P_{outage}) \quad (11)$$

其中  $P_{block}$  为阻塞率,  $P_{outage}$  为系统溢出率,  $P_{outage} = \lim_{n \rightarrow \infty} SOR(t_n - t_1)$ ,  $0 < p < 1, 0 < q < 1$  且  $p + q = 1$ 。

### 3 仿真结果与分析

根据综合业务 CDMA 系统特性,仿真参数设置如表 1 所示<sup>[2,7]</sup>。

表 1 仿真参数

类型	接入优先级	平均服务时间/s	平均比特率 /k bps	激活因子 $\alpha_k$	需求 SIR $\gamma_k$ /dB	SIR 门限 $\eta_k$ /dB	系统溢出率门限 $\Phi_k$
语音	高	90	9.6	0.44	7	6.930	1.00
视频	中	180	$R_{vd}(n)$	无	7	6.965	0.90
数据	低	180	9.6	0.50	7	7.000	0.81

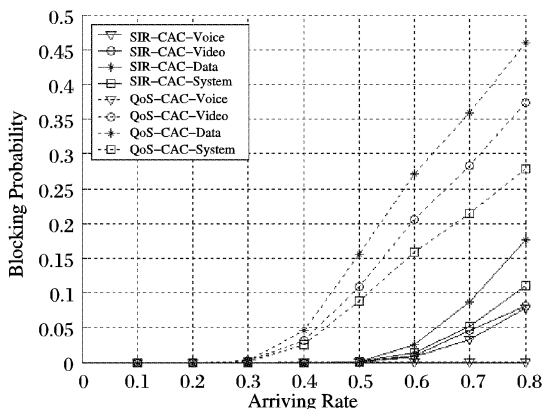


图 3 两种 CAC 方案呼叫阻塞率

其他参数设置如下:系统总带宽为 5MHz,小区外干扰因子  $f$  为 0.45;视频业务基本速率  $R_{vd}$  为 9.6 kbps,同一视频用户并发视频流个数为 1,即  $N_s = 1, M = 8$ ;仿真调整周期为 10ms,即每 10ms 检测一次用户到达及系统资源使用情况。根据 CDMA 系统容量、用户信噪比特性以及各类业务的优先级情况,设置 SIR 门限为:  $\eta_v = 0.995 \times \eta_{vd}, \eta_{vd} = 0.995 \times \eta_d$ ;设置系统溢出率门限为:  $\Phi_d = 0.9 \times \Phi_{vd}, \Phi_{vd} = 0.9 \times \Phi_v$ 。基于三类业务用户环境,着重考虑小区内新呼叫用户,分别对传统 SIR 判决准

则 CAC 方案和基于 QoS 的 CAC 方案进行仿真。

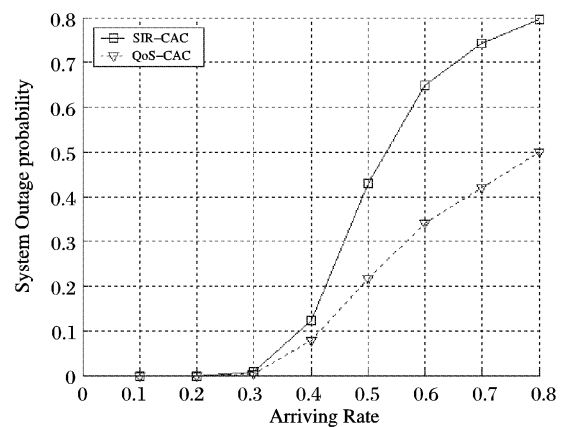


图 4 两种 CAC 方案系统溢出率

如图 3 所示, CAC 方案在单一 SIR 判决准则情况下,由于各类业务用户的接入优先级不同, CAC 策略给予不同的接入 SIR 门限,使其呼叫阻塞率不同,其中语音业务用户呼叫阻塞率最小,视频业务用户其次,数据业务用户阻塞率最大。在使用 SIR 判决准则的基础上,加入系统溢出率判决准则后,视频业务用户和数据业务用户的呼叫阻塞率有所增大,由于该系

统溢出率门限对最高接入优先级的话音业务用户没有限制 ( $\Phi_k = 1$ ), 所以话音业务用户的呼叫阻塞率明显下降, 系统各类业务用户总呼叫阻塞率略微增加。

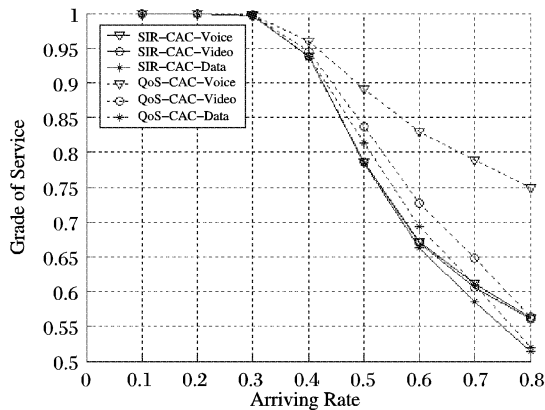


图5 两种CAC方案各类业务GoS

采用了基于QoS的CAC方案后, 系统溢出率有明显下降, 如图4所示, 系统性能得到改善。系统溢出率的下降是以视频、数据业务用户的呼叫阻塞率增加为代价, 当 $p = q = 0.5$ 时, 系统性能综合评价指标如图5所示, 话音业务用户GoS得到明显提高, 视频、数据业务用户GoS也得到了不同程度的改善, 图6仿真结果表明, 使用基于QoS的CAC方案后, 系统GoS得到明显地改善。

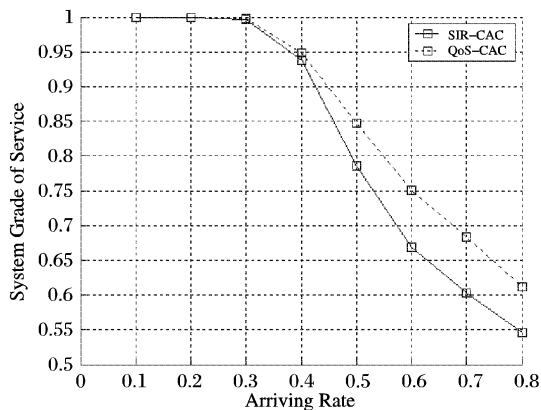


图6 两种CAC方案系统GoS

## 4 结语

仿真结果可以看出, 本文提出的基于QoS的综合业务

CDMA系统CAC方案中SIR与系统溢出率联合判决准则在保证系统容量的情况下, 有效地改善了系统性能, 提高了系统的QoS。同时, 仿真结果还揭示了: 1) 无论采用哪种CAC方案, 具有高优先级的业务用户呼叫阻塞率最低, 如话音业务用户, 优先级较低的业务用户呼叫阻塞率较高, 如数据业务用户; 2) 采用基于QoS的CAC方案可有效抑制系统溢出率, 防止系统性能极为恶劣情况的发生, 系统GoS优于单一SIR接入判决准则的CAC方案, 对无线网络QoS的提高具有一定的作用。

值得一提的是, 由于本文没有考虑小区切换用户的情况, 并且为了简化起见, 弱化了数据业务的建模, 所以该CAC方案需要进一步完善, 下一步工作将考虑新呼叫用户和切换用户并存情况下的CAC方案, 以及结合功率控制等技术的综合CAC方案。

### 参考文献:

- [1] 朱立东, 吴诗其. 多业务无线蜂窝移动通信系统的一种呼叫允许控制策略[J]. 通信学报, 2001, 22(11).
- [2] 关皓, 杜志涛, 李承恕. 综合业务CDMA系统的联合呼叫接入-拥塞控制[J]. 电子学报, 1999, 27(11A).
- [3] 李超, 汤汉屏, 郭金淮等. 基于多码CDMA系统的综合业务接入控制方案[J]. 电讯技术, 2002, (3): 117-121.
- [4] WHA S J, DONG G J. Call Admission Control for CDMA Mobile Communication Systems Supporting Multimedia Services[J]. IEEE Transactions on wireless communications, 2002, 1(4): 649-659.
- [5] LI F Y, STOL N. A Priority-oriented call admission control paradigm with QoS re-negotiation for multimedia services in UMTS[A]. IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference[C], 2001, 3. 2021-2025.
- [6] SAMPATH A, SARATHKUMAR P, HOLTZMAN J M. Power control and resource management for a multimedia CDMA wireless system[A]. Proceedings of Personal, Indoor and Mobile Radio Communications[C], 1995. 21-25.
- [7] SO J W. Adaptive traffic prediction based access control in wireless CDMA systems supporting integrated voice/data/video services[J]. IEEE Communications Letters, 2004, 8(12): 703-705.
- [8] SAMPATH A, HOLTZMAN J M. Access control of data in integrated voice/data CDMA systems: benefits and tradeoffs[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1997, 15(8): 1271-1275.

(上接第533页)

### 参考文献:

- [1] Napster. <http://www.napster.com/index.html> [EB/OL], 2003.
- [2] Gnutella. <http://gnutella.wego.com/> [EB/OL], 2003.
- [3] STOICA I, MORRIS R, KARGER D, et al. Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications[A]. Proceedings ACM Sigcomm 2001[C]. San Diego, CA, USA, 2001. 149-160.
- [4] YANG B, GARCIA-NOLINA H. Efficient Search in Peer-to-Peer Networks[R]. Stanford University, 2001.
- [5] FESSANT FL, HANDURUKANDE S, KERMARREC AM, et al. Clustering in Peer-to-Peer File Sharing Workloads[A]. Proceedings of the 3rd International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS) [C]. San Diego, USA, 2004.
- [6] GUMMADI KP, DUNN RJ, SAROIU S, et al. Measurement, Mod-

- eling, and Analysis of a Peer-to-Peer File-sharing Workload[A]. Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP-19) [C]. Bolton Landing, NY, USA, 2003. 314-329.
- [7] SRIPANIDULCHAI K, MAGGS B, ZHANG H. Efficient Content Location using Interest-based Locality in Peer-to-Peer systems[A]. Proceedings of 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies [C]. San Francisco, CA, USA, 2003.
- [8] DABEK F, LI J Y, SIT E, et al. Designing a DHT for Low Latency and High Throughput[A]. Proceedings of the 1st Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '04) [C]. Berkeley, CA, USA, 2003. 85-98.