

# 速率调整对系统容量的影响

吕 玲<sup>1</sup>, 朱世华<sup>1</sup>, 董胜龙<sup>2</sup>

(1. 西安交通大学电子信息工程学院, 陕西西安 710049; 2. 上海交通大学自动化研究所, 上海 200030)

**摘要:** 本文是在 cdma2000 移动通信系统容量分析的基础上, 对调整数据业务的数据速率来增加系统的容量进行了理论分析, 首次把服务时间的影响引入到系统容量中, 同时考虑到业务速率的大小和业务服务时间的长短对系统容量的影响, 从理论上给出了速率调整的依据和范围, 依照此结论, 可以最大系统化的容量. 此理论证明了降低速率不一定能够增加系统的容量, 改变了传统的观念. 仿真结果表明了按照本文给出的理论结论, 系统具有最小的中断概率, 因此具有最大的容量.

**关键词:** 速率调整; cdma2000; 系统容量; 服务时间

**中图分类号:** TN914.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2002)07-1053-04

## Influence of the Data Ratio Adjustment to the System Capacity

LV Ling<sup>1</sup>, ZHU Shi hua<sup>1</sup>, DONG Sheng long<sup>2</sup>

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shanxi 710049, China; 2. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** This paper analyzes the system capacity of the cdma2000 and then provides a conclusion about the relationship between the data ratio adjustment and the system capacity. For the first time, introduce the service time into the system capacity. Consider the integrated influence of the data ratio and the service time and propose the evidence and scope of the ratio adjustment. The proposed conclusion proves that the system capacity is not always increased with the decrease of the data ratio. Thus it correct the error of the conventional notions. The simulation results show that selecting the data ratio based on the theoretic conclusions could minimize the Outage probability and then get the maximum system capacity.

**Key words:** ratio adjustment; cdma2000; system capacity; service time

### 1 引言

在 cdma20001xEV 中, 可以实现动态控制信道速率的功能, 即可以实现传输速率的动态改变. 因此 cdma2000 软容量的一个特性是可以调整数据业务的传输速率, 来增加系统的容量. 系统中由于高速数据业务本身发射功率很大, 它的影响不仅仅是针对该数据业务, 而且对于其它的用户, 也是一个很大的干扰源. 目前采用的功率控制算法纯粹是以提高发射功率的方法来保证传输质量(误帧率指标), 在处于小区边缘或是在深衰落的情况下, 提高发射功率未必能满足要求. 而且发射功率的进一步提高, 对系统将会造成恶果. 因此普遍认为可以采用降低数据业务的速率, 并在功耗的作用下, 将发射功率降下来. 同时降低系统的干扰, 减轻系统负荷. 这种认为有一个隐含的假设, 那就是业务服务时间的长短是保持不变的. 实际上, 降低数据业务数据速率的同时增加了业务的服务时间, 而数据业务服务时间的延长, 对于其他业务而言将是干扰时间的增大, 进一步又会影响容量. 由于降低速率而增加系统容量的思想并没有考虑到由于速率改变对业务服务时间的影响, 所以这种思想的正确性需要仔细的甄别. 降低数据业务的速率是否能增加系统的容量, 需要对此进行分析和研究.

多业务 CDMA 系统的容量是从扩频带宽, 业务速率的大小(包括语音和数据业务), 发射功率, 业务的服务质量等方面进行研究的<sup>[1~5]</sup>, 没有考虑到业务的服务时间, 而业务速率的大小与业务服务时间的长短有着紧密的联系. 本文所建立的

系统容量的模型在文献[5]的基础上, 结合 cdma2000 的协议, 并引入业务的服务时间, 对业务速率的改变影响系统的容量进行了理论分析和论证. 同时考虑到业务速率的大小和业务服务时间的长短对系统容量的综合影响. 本文对此进行了理论证明, 并给出了速率改变的合理范围, 当速率在此范围内进行调整时, 系统具有最小的中断概率, 因此容量可达到最大. 本文给出的理论分析, 改变了以往认为数据速率降低得越多, 系统的容量也就越大的观念, 也就是说, 降低速率不一定能增加系统的容量, 而仿真结果也证明了该结论的有效性.

### 2 系统模型

在多业务 CDMA 系统中, 一个呼叫的到达即可能是语音业务, 也可能是数据业务, 在一个小区内, 信息到达服从 Poisson 分布, 每个用户呼叫的服务时间服从指数分布. 在无限小的时间间隔  $\Delta t$  内, 每个时间间隔信号到达的概率为  $\lambda \Delta t$ . 故服务时间  $t$  超过  $T$  的概率<sup>[6]</sup>:

$$\Pr(t > T) = e^{-\mu T}, T > 0 \quad (1)$$

其中  $\mu$  称为业务的离去率. 由此, 平均呼叫间隔为  $1/\mu$  秒. 为简化分析, 不失一般性, 本文假设: 第  $i$  种业务的到达为泊松分布, 其到达率为  $\lambda_{call}/s$ , 均值为  $1/\mu_s/call$ , 则一个小区内的第  $i$  种业务的用户数服从泊松分布, 其均值为  $\lambda_i/\mu_i$ . 不同业务的到达与服务时间相互独立.

#### 2.1 单小区多业务 CDMA 系统的容量

假设功率控制为理想的功率控制, 即同种业务到达基站

的功率相等. 对于 cdma2000 系统而言, 业务阻塞的条件为<sup>[5]</sup>:

$$\sum_{i=1}^{K_v} v_i E_{b, v_i} R + \sum_{i=1}^{K_l} l_i (1+h) E_{b, l_i} R + \sum_{i=1}^{K_s} s_i (1+h) E_{b, s_i} R + N_0 W > I_0 W \quad (2)$$

其中:  $W$  是扩频带宽;  $N_0$  是背景噪声的功率谱密度;  $I_0$  是要求最大可接收的功率谱密度(最大可接收干扰功率与有用信号之和, 再用带宽归一化);  $R$  是基本业务速率;  $K_v, K_l, K_s$  分别为语音业务, 长分组数据业务和短分组数据业务的用户数;  $E_{b, v_i}, E_{b, l_i}, E_{b, s_i}$  分别为语音业务, 长分组数据业务和短分组数据业务的比特能量;  $h$  是当采用不连续发送数据的方法时<sup>[5]</sup>, 用于重新建立物理链路的同步信号产生的开销信道的干扰;  $r_{li}, r_{si}$  是长分组和短分组的数据业务的数据速率分别与基本速率相比的因子;  $v_i, l_i, s_i$  分别是语音业务, 长分组和短分组的数据业务的激活状态. 它们的值为 1 的时候表示激活, 为 0 的时候表示未激活.

令  $\eta = \frac{N_0}{I_0}, \frac{E_b}{I_0} R_i = c_i, M_i = \sum_{j=1}^{K_i} \text{SAF}_{ij}$ , 其中, 小区内共有  $N$  种业务, 第  $i$  种业务的用户数为  $K_i$ , 第  $i$  种业务的速率为  $R_i$ ,  $\text{SAF}_{ij}$  为第  $i$  种业务第  $j$  个用户的激活状态.  $M_i$  表示系统内实际处于激活状态的第  $i$  种业务的用户数,  $\eta$  的典型值为 0.1~

0.25<sup>[6]</sup>. 式(2)可改写为:  $\sum_{i=1}^N c_i M_i (1+h) > W(1-\eta)$ , 且

$$h = \begin{cases} h_1 & \text{数据业务且不连续的发送模式} \\ 0 & \text{数据业务且连续的发送模式} \\ 0 & \text{语音业务} \end{cases} \quad (3)$$

由前面的假设可以知道,  $K_i$  为泊松分布, 同种业务的用户激活的概率相同, 设第  $i$  种业务第  $j$  个用户处于激活的概率为  $\rho_i$ , 则:  $P_r(\text{SAF}_{ij} = 1) = \rho_i, P_r(\text{SAF}_{ij} = 0) = 1 - \rho_i$ . 可以证明  $M_i$  和  $\sum_{i=1}^N c_i M_i$  也为泊松分布. 系统的爱尔兰容量可以通过系统的中断概率来表达, 系统的中断概率为:

$$P_{out}^r = P_r \left[ \sum_{i=1}^N c_i M_i (1+h) > W(1-\eta) \right] \quad (4)$$

以两种业务为例:  $p_{out}^r$  又可写为:

$$\begin{aligned} P_{out}^r &= P_r \left[ c_1 M_1 + c_2 M_2 > \frac{W(1-\eta)}{1+h} \right] \\ &= 1 - P_r \left\{ M_2 < \left[ \frac{W(1-\eta)}{1+h} - c_1 M_1 \right] / c_2 \right\} \\ &= 1 - \sum_{i=1}^{L_{W(1-\eta)/c_1(1+h)}} \left[ \sum_{j=i}^{L_{W(1-\eta)/c_2(1+h)}} \frac{(\lambda_2 \rho_2 / \mu_2)^j}{j!} \right. \\ &\quad \left. \cdot e^{-\left( \lambda_2 \rho_2 / \mu_2 \right)} \right] \frac{(\lambda_1 \rho_1)^i}{i!} e^{-\left( \lambda_1 \rho_1 / \mu_1 \right)} \end{aligned} \quad (5)$$

其中:  $L_x$  表示不大于  $x$  的最大整数,  $\lceil x \rceil$  表示大于等于  $x$  的最小整数.

可以看出, 多业务 CDMA 系统的中断概率不仅与各个业务的到达率和服务时间有关, 而且与各个业务的  $E_b/I_0$ 、传输速率和业务激活概率有关. 在多小区的情况下基站接收到的信号不仅包括本小区移动台发射的信号, 还包括其它小区移

动台所造成的外小区的干扰. 一般可以把其它小区的用户对所考虑的基站的影响用一个干扰因子  $f$  来表示. 因此, 对于多小区来说, 其业务容量可以归结为单小区进行分析, 而与业务类型无关.

### 3 业务速率在系统中的作用

#### 3.1 速率和发射功率的关系

设系统由  $K$  个基站(1, 2, ...,  $K$ ) 和  $J$  个移动用户(1, 2, ...,  $J$ ) 组成. 以其中的一个基站  $k$  作为目标基站. 在基站  $k$ , 接收到用户  $i$  的信息比特能量( $E_b$ )与干扰功率谱密度  $N_0$  之比为

$$\left( \frac{E_b}{N_0} \right)_i = \frac{G_{ik} p_i / R_i}{\left( \sum_{j \neq i} G_{kj} p_j + \eta_k \right) / w} \geq \gamma_i \quad (6)$$

其中:  $p_i$  为用户的发射功率,  $G_{ki}$  表示用户  $i$  和基站  $k$  之间的链路增益;  $R_i$  是用户  $i$  发射的比特速率;  $w$  是扩频带宽;  $\eta_k$  为背景噪声;  $\sum_{j \neq i} G_{kj} p_j$  表示其他用户产生的 MAI;  $\gamma_i$  是所需的  $E_b/N_0$  门限, 它依赖于用户  $i$  所发送的业务类型.

假设系统其它条件保持不变, 可通过改变业务速率来增加系统的容量, 并维持该业务原有的服务质量. 由式(6)有:

$$p_i / R_i = p'_i / R'_i \quad (7)$$

从式(7)得出此结论: 在其它条件不变时, 业务速率与发射功率成正比.

#### 3.2 速率和服务时间的关系

定理: 业务速率  $R$  和式(1)中的离去率  $\mu$  成正比.

证明: 假设某一种业务的速率为  $R_1$  时对应的  $\mu$  为  $\mu_1$ . 若速率变为  $R_2$  时对应的  $\mu$  为  $\mu_2$ , 每个用户的服务时间变为原来的  $R_1/R_2$  倍.

又因为速率为  $R_1$  时服务时间超过  $T$  的任何一个用户, 当速率变为  $R_2$  时, 其服务时间必然超过  $R_1 T / R_2$ , 故:  $e^{-\mu_2 (R_1/R_2) T} \geq e^{-\mu_1 T}$ . 同理, 当速率为  $R_2$  时服务时间超过  $R_1 T / R_2$  的任何一个用户, 当业务速率变为  $R_1$  时服务时间必然超过  $T$ , 所以:  $e^{-\mu_1 T} \geq e^{-\mu_2 (R_1/R_2) T}$ . 因此  $e^{-\mu_2 (R_1/R_2) T} = e^{-\mu_1 T}$ . 进一步可以得到:  $R_1 / \mu_1 = R_2 / \mu_2 \triangleq \alpha$ . 原结论得证并记比例系数为  $\alpha$ . 即:  $R = \alpha \mu$ ,  $\alpha$  的数值可以通过现行系统中的参数  $R_0$  和  $\mu_0$  得到:  $\alpha = R_0 / \mu_0$ .

通过上述证明和结论可看到, 业务速率直接影响着离去率  $\mu$ , 而  $\mu$  是中断概率中的重要参数. 因此必须对速率和容量(或中断概率)的关系明确分析, 才能得到有意义的结论.

### 4 业务速率对系统容量的影响

为了分析问题的方便, 本文对单小区单业务的情况进行理论分析和证明.

通过上面的描述可以写出单业务的中断概率为:

$$P_{out} = e^{-\rho \mu} \sum_{k=K_0}^{\infty} \frac{(\rho \mu / k)^k}{k!} \quad (8)$$

其中  $K_0 = W(1-\eta) / (R(1+h) / E_b)$ . 根据 3.2 节的结论并令  $\beta = \rho \alpha$ , 以及  $K'_0 = W(1-\eta) / (E_b(1+h))$ , 则上式可改为:

$$P_{out} = e^{-\beta R} \sum_{k=(K'_0/R)}^{\infty} \frac{(\beta/R)^k}{k!}$$

$$= \begin{cases} 1 & \text{if } K'_0/R < 1 \\ 1 - e^{-\beta/R} \sum_{k=0}^{[K'_0/R]-1} \frac{(\beta/R)^k}{k!} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

其中  $\beta$  和  $K'_0$  均为常数. 要选择恰当的业务速率  $R$ , 使得  $e^{-\beta/R} \sum_{k=0}^{[K'_0/R]-1} \frac{(\beta/R)^k}{k!}$  的值最大, 则可获得最小的中断概率, 进而获得给定中断概率条件下的最大容量.

考虑函数  $F(R) = e^{-\beta/R} \sum_{k=0}^{[K'_0/R]-1} \frac{(\beta/R)^k}{k!}$ , 令  $x = 1/R$ , 则:

$$F(x) = e^{-\beta x} \sum_{k=0}^{[xK'_0]-1} \frac{(\beta x)^k}{k!}. \text{ 问题转换为求 } F(x) \text{ 最大值的问题.}$$

当  $x$  变化时  $F(x)$  是一个变参数、变项数的级数求和. 参数是连续变化的变量  $x$ , 而项数在每一个  $xK'_0$  达到整数的时刻发生不连续的跳变. 在每个项数跳变点上,  $F(x)$  的左右极限不相等而发生跳变. 所以这是一个不连续的函数, 不能对其通过求导数为零点来求极值点.

在两个跳变点之间, 也就是使得  $[xK'_0]$  保持不变的  $x$  的变化区间上, 级数的项数是不变的, 可以逐项求导:

$$\begin{aligned} F'(x) &= -\beta e^{-\beta x} \sum_{k=0}^{[xK'_0]-1} \frac{(\beta x)^k}{k!} + e^{-\beta x} \sum_{k=0}^{[xK'_0]-1} \frac{k\beta x^{k-1}}{k!} \\ &= -\beta e^{-\beta x} \frac{(\beta x)^{[xK'_0]-1}}{[xK'_0-1]!} \end{aligned} \quad (10)$$

所以  $F(x)$  在连续区间上单调递减, 而在每一个跳变点上向上突然增加一个数值. 为此需要分别考虑  $F(x)$  在每个连续区间的递减量和跳变点上的突变量. 根据积分中值定理,  $F(x)$  的连续衰减幅度关于  $[xK'_0] - 1$  的离散函数可以写为:

$H(n) = \frac{1}{K'_0} F'(x_n^*)$ , 其中  $x_n^*$  为区间  $[\frac{n}{K'_0}, \frac{n+1}{K'_0}]$  上的某一个点. 代入式(12)可以进一步得到:

$$H(n) = \frac{\beta e^{-\beta x_n^*} (\beta x_n^*)^n}{K'_0 n!} \quad (11)$$

并定义两个离散函数:

$$H_1(n) = \frac{\beta e^{-\beta n/K'_0} (\beta n/K'_0)^n}{K'_0 n!} \quad (12)$$

$$H_2(n) = \frac{\beta e^{-\beta(n-1)/K'_0} (\beta(n-1)/K'_0)^{n-1}}{K'_0 n!}$$

可以看出  $H_1(n), H_2(n)$  分别是  $H(n)$  中  $x_n^*$  取为区间端点时得到的函数, 所以有:

$$H_2(n) \leq H(n) \leq H_1(n) \quad (13)$$

显然  $H_1(n), H_2(n)$  都是关于  $n$  的递减函数(证明略), 故  $H(n)$  也是关于  $n$  的递减函数.

接着我们考虑  $F(x)$  在每个突变点上的跳板幅度函数:

$$G(x) = e^{-\beta x} \frac{(\beta x)^{[xK'_0]-1}}{[xK'_0-1]!}, x = \frac{2}{K'_0}, \frac{3}{K'_0}, \dots, \frac{n}{K'_0}, \dots. \text{ 定义离散函数:}$$

$$G(n) = e^{-\beta n/K'_0} (\beta n/K'_0)^{n-1} / n!, n = 1, 2, \dots \quad (14)$$

将这个离散函数相邻两个值相比:

$$\frac{G(n-1)}{G(n)} = e^{-\beta(n-1)/K'_0} \frac{(\beta(n-1)/K'_0)^{(n-1)}}{(n-1)!} \cdot e^{\beta n/K'_0} \frac{n!}{(\beta n/K'_0)^n}$$

$$= \frac{e^{\beta/K'_0}}{\beta/K'_0} \left(\frac{n-1}{n}\right)^{n-1} \triangleq c \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{n-1} \quad (15)$$

因为函数  $e^x/x$  在  $x=1$  处有唯一的极小点, 且极小值为  $e$ , 所以  $c \geq e$ ; 又因为函数  $(1-1/x)^{x-1}$  在区间  $(0, \infty)$  上单调递减, 并且  $\lim_{x \rightarrow \infty} (1-1/x)^{x-1} = e^{-1}$ . 故  $c(1-1/n)^{n-1} \geq 1$ . 即  $G(n)$  是单调递减函数, 在  $n=1$  处有最大值.

要求得  $F(x)$  在整个变化区间的最大值, 我们必须对这两个方面的影响综合考虑.  $F(x)$  两个峰值的差为  $H(n) - G(n)$ . 给出如下结论: (1) 若对每个  $n$  有  $H_1(n) \leq G(n)$ , 则  $F(x)$  的峰值不断上升, 在  $n \rightarrow \infty$  时取得最大值, 即业务速率趋近于零时中断概率有最小值; (2) 若对每个  $n$  有  $H_2(n) \geq G(n)$ , 则  $F(x)$  的峰值不断下降, 在  $n=1$  时取得最大值, 即业务速率  $R=K'_0$  时, 系统的中断概率最小, 可获得最大的系统容量.

以上分析了如何通过改变速率求得系统中断概率最小值的方法. 以同样的分析方法可以分析多小区多业务的情况. 但是这里给出的是中断概率理论上的全局最小值. 通过分析, 可以得到更加实用化的速率调整方法: 根据系统所具有的一些参数, 可以得到系统中断概率的大小. 对  $H_1(n), H_2(n), G(n)$  三个式子的值进行判断, 并分别讨论:

情况 a: 如果  $H_1(n) < G(n)$ , 根据结论 1 可知当发射速率  $R$  趋近于 0 时中断概率最小, 系统容量达到无穷大. 实际上由于业务本身的限制, 而不能无限降低其速率. 但是可以通过适当地降低业务速率来减小中断概率并增加容量, 则期望速率  $R_e$  可取为该业务的发射速率最小允许值  $R_{\min}$ , 即  $R_e = R_{\min}$ . 此时系统容量最大, 并获得最小中断概率  $P_{\text{out}}^{\min}$ . 这个最小中断概率  $P_{\text{out}}^{\min}$  是调整的极限. 如果此  $P_{\text{out}}^{\min} > P_e$ , 则说明在给定的业务参数和信噪比要求下, 此时不能再通过调整速率来满足给定的中断概率要求, 更不能实现容量的扩充.

情况 b: 如果  $H_2(n) > G(n)$ , 则根据结论 2 知道当  $R$  趋近于  $K'_0$  (对应的最大用户数为 1) 时中断概率最小. 此时如果当前中断概率  $P_{\text{out}} > P_e$ , 则需要增加数据业务的速率来减小中断概率, 同时也会减小系统的容量; 如果  $P_{\text{out}} < P_e$ , 则需要减小业务速率来增大中断概率, 同时扩充了系统容量. 具体是根据在满足期望中断概率要求下的最大系统容量  $K_e$ , 而对应的  $R_e$  应限制在区间  $[\frac{W(1-\eta)/E_b}{K_e+1}, \frac{W(1-\eta)/E_b}{K_e}]$  的最右端附近, 即  $R_e = \frac{W(1-\eta)/E_b}{K_e} - \varepsilon$ , 其中  $\varepsilon$  是一个较小的正数.

情况 c: 如果  $H_2(n) < G(n) < H_1(n)$ , 则不能给出直接的调整依据, 但可以通过式(14)计算中断概率在不同最大用户数时的最小数值, 通过比较找到满足中断概率的最大用户数  $K_N$ , 并将  $R_e$  定为  $W(1-\eta)/E_b/K_N - \varepsilon$ .

## 5 仿真实验

为了验证上述的结论, 进行了计算机仿真. 小区中的用户数为 9 个, 数据业务与语音业务的比例按照 1:5 的比例产生. 语音业务的速率为 9.6kbps, 数据业务的速率为 9.6kbps ~ 800kbps 之间. 然后给出其中一个数据业务(速率为 600kbps)的性能仿真结果. 内环功控采用固定步长(步长为 1dB)<sup>[8,9]</sup>.

短期衰落分级数  $m = 2$ ,  $fT_p$  在  $[0.01 \sim 0.05]$  上均匀分布, 仿真中取  $fT_p = 0.05$ ,  $f$  表示多普勒速率,  $T_p$  表示迭代周期. 长期衰落表示对数阴影衰落, 服从均值为 0, 方差为  $\sigma$  的高斯分布. 取值一般为  $4 \sim 10 \text{dB}^{9/}$ , 这里取 4dB. 路径指数取 4, 扩频带宽 1.2288MHz,  $N_0$  为  $10^{-14} \text{mW/Hz}$ . 初始发射功率为 10dBm, 允许的最大发射功率限制为 25dBm. 用户移动的速率为  $50 \sim 120 \text{km/h}$ . 从以上各参数可以仿真出当目标小区中的用户数为 9 个时, 目标小区的系统中断概率为 15%. 此参数值作为我们调整速率的参考值.

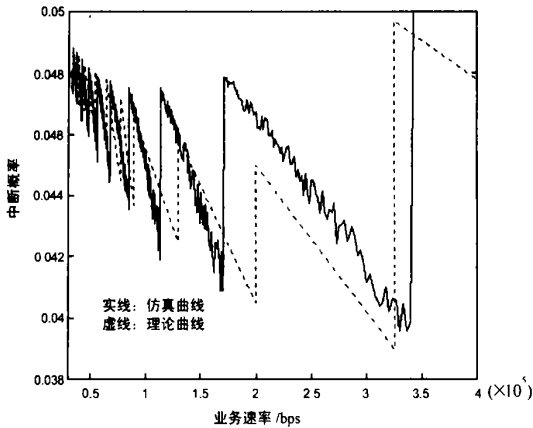


图 1 速度与系统中断概率变化曲线 I

系统的中断概率为 15% 是所不能够忍受的, 一般系统所设定的中断概率为 5% 左右. 以 600kbps 的数据业务为例. 图 1 给出了此业务速率的大小与系统中断概率关系的理论曲线和仿真曲线. 其中  $\eta$  为 0.11. 理论数值曲线是当业务速率调整到 329kbps, 中断概率达到最小, 容量可达最大. 但是由于信道环境的不断变化, 使得仿真曲线偏离理论曲线所给出的精确数值. 仿真曲线是当业务速率调整到 342kbps, 中断概率达到最小, 可达 4%. 这时系统容量增加了 28.57%. 调整后此数据速率大小的理论值与仿真值相差 13kbps. 本文第 4 节给出的结论也说明这一误差出现的可能性. 在这种情况下, 服务时间的长短对系统的容量起着重要的作用, 中断概率并不是在速率越小时越小, 而是当调整的速率在某一值的时候, 中断概率

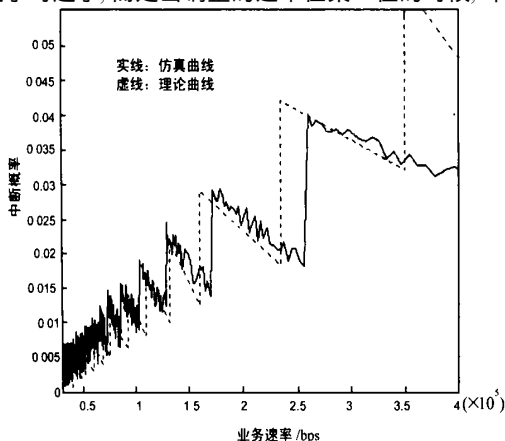


图 2 速度与系统中断概率变化曲线 II

达到最小, 在这个值以后中断概率反而增大.

在仿真 II 中,  $\eta$  为 0.23, 其它仿真条件不变. 图 2 给出了业务速率的大小和系统中断概率的关系的理论曲线和仿真曲线. 理论曲线与仿真曲线有一定的误差, 而误差是随着速率的增加而增加. 但是误差的大小对系统的影响不大, 因为在这种情况下, 速率越小, 中断概率也就越小. 此时速率的大小对系统的容量起着重要的作用. 也就是降低数据业务的数据速率可以增加系统的容量.

从以上的图中可以看到, 速率的大小和服务时间的长短对系统容量的影响起着重要的作用, 二者不可忽略其一. 如果忽略业务的服务时间, 就导致结论二, 忽略了结论一的存在, 这样会对系统造成很大的影响.

## 6 结论

本文对调整数据业务的数据速率来增加系统的容量进行了理论分析, 首次把服务时间的影响引入到系统容量中, 同时考虑到业务速率的大小和业务服务时间的长短对系统容量的综合影响, 从理论上给出了速率调整的依据和范围. 依照此结论, 可以通过合适的速率来最大化系统的容量. 改变了以往认为速率降低的越多系统的容量越大的观念. 仿真结果表明了按照本文给出的理论结论来选择数据速率, 系统具有最小的中断概率, 因此具有最大的容量.

## 参考文献:

- [1] Jalali A, et al. Effects of diversity, power control, and bandwidth on the capacity of microcellular CDMA wireless system [J]. IEEE JSAC, 1994, 12(4): 952-961.
- [2] Lee S J, et al. Capacity evaluation for DS-SS CDMA systems with multi-class on/off traffic [J]. IEEE Commun. Letters, 1998, 2(9): 251-253.
- [3] Gilhousen K S, et al. On the capacity of a cellular CDMA system [J]. IEEE Trans. Veh. Technol. May 1991: 303-312.
- [4] Hanly S V. Capacity and power control in spread spectrum macrodiversity radio networks [J]. IEEE Trans. On Comm., Feb. 1996, 44(2): 247-256.
- [5] Songsoong Sun, Witold A Krzymien. Call admission and capacity analysis of a multi-service CDMA personal communication system with continuous and discontinuous transmission [A]. in Proc. VTC 98 [C]. 1998.
- [6] A J 维特比著. (李世鹤等译). CDMA 扩频通信原理 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1997. 192-204.
- [7] Chir Lin I, Richard D Gitlin. Multi-Code CDMA wireless personal communications networks [A]. in Proc. ICC 95 [C]. 1995.
- [8] TIA/EIA/IS-2000 2a (Revision of TIA/EIA/IS-2000. 2) [S].
- [9] TIA/EIA/IS-2000 1XEV (Revision 4. 0) [S].

## 作者简介:



吕玲女, 1975 年生于陕西省铜川市, 1996 年和 1999 年在西北工业大学分别获得学士和硕士学位. 现为西安交通大学电信学院通信系的博士研究生, 研究领域为第三代移动通信功率控制技术以及容量方面的研究.