

# CDMA 系统中切换性能的界限和变动范围<sup>1</sup>

张 铎 卫 国 朱近康

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系个人通信与扩频实验室 合肥 230027)

**摘 要** 该文提出了 CDMA 系统中切换性能的 3 个界限的数学表达式, 以及建立在界限基础上的硬切换性能差异、软切换性能差异和软切换增益的变动范围的表达式, 并通过这些公式对切换的性能空间做了划分和限定。作为上述分析的数学基础, 该文推导了硬切换和软切换中断概率的表达式。最后, 通过对 WCDMA(FDD) 系统的仿真, 证明了切换的界限、变动范围和中断概率的公式的正确性, 并且指出, 使用它们刻划实际切换算法的性能将比 Viterbi 的估计更为准确和恰当。

**关键词** 硬切换, 软切换, 界限

**中图分类号** TN914.4

## 1 引 言

切换是移动通信系统的一项关键技术。基于硬切换的系统, 如 GSM 系统, 用户在某一时刻只能和一个基站通信。而基于 CDMA 的系统, 除了硬切换, 还可采用软切换, 即在与原基站的链路没有断开前, 用户就能与其它基站建立链路。因此, 与硬切换相比, 软切换通过分集合并为用户提供了更高的服务质量, 实现了无缝切换, 并提高了系统容量<sup>[1]</sup>。

在第三代移动通信系统中, 硬切换和软切换仍然是系统实现的关键技术, 值得深入研究。但是, 国内外文献中, 并没有针对 CDMA 系统, 以硬切换和软切换性能的数学表达式为基础, 对切换性能的界限做准确描述, 也没有对硬切换性能差异、软切换性能差异和软切换增益的变动范围做出准确的限定。

针对这些问题, 本文首先建立了切换模型, 并给出了最基本的 CDMA 切换算法。在切换模型和算法的基础上, 本文推导出了软切换和硬切换中断概率的最终表达式。依据这两个公式, 本文提出了切换性能的 3 个界限和 3 个变动范围的表达式, 并使用它们对切换的性能做了划分和限定。最后, 通过对 WCDMA FDD(Frequency Division Duplexing) 系统的仿真, 本文证明了上述中断概率、界限和变动范围的公式的正确性, 并且指出, 使用它们刻划实际切换算法的性能将比 Viterbi 的估计更为准确和恰当。

## 2 切换模型和切换算法

### 2.1 切换模型

切换模型包括环境模型和信道传播模型, 环境模型如图 1。

在图 1 中, MS 首先与 BS0 通信, 然后从 BS0 匀速移动到 BS1。在此过程中, MS 使用导频信道进行切换测量, 使用业务信道承载用户语音或数据。

信道传播模型的构成如表 1。

根据表 1, MS 接收到的业务信道功率  $r^S$ (dBm) 表示如 (1) 式<sup>[2]</sup>:

$$r^S = p^S - 37.6 \log_{10} D - \xi - 4.3 \quad (1)$$

(1) 式中,  $p^S$ (dBm) 是 BS 业务信道发射功率,  $D$ (km) 是 BS 与 MS 间的距离,  $\xi$ (dB) 是阴影衰落。类似地, 若假定  $p^P$  是导频发射功率, 则导频接收功率  $r^P$ (dBm) 可表示为 (2) 式<sup>[2]</sup>:

$$r^P = p^P - 37.6 \log_{10} D - \xi - 4.3 \quad (2)$$

<sup>1</sup> 2001-10-26 收到, 2002-07-17 改回

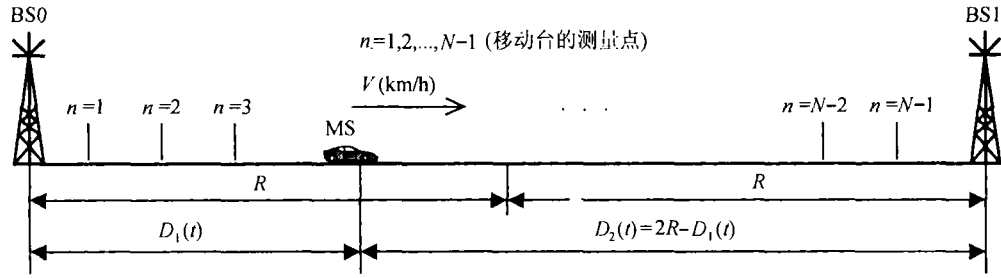


图 1 环境模型

表 1 衰落类型和衰落模型

衰落类型	衰落模型
路径衰落 $L$	文献 [2] 中的模型
阴影和遮挡导致的衰落 $\xi$	对数正态分布, 方差为 $\sigma$ , 去相关长度为 $d_{\text{cor}}^{[2]}$
快衰落 $f$	不考虑快衰落 <sup>[2,3]</sup>

设  $\xi_i(t)$ ,  $D_i(t)$  分别为  $BS_i$  到  $MS$  的阴影衰落和传输距离,  $r_i^P(t)$  和  $r_i^S(t)$  分别为  $MS$  收到  $BS_i$  导频和业务信道的功率,  $T_m$  是  $MS$  的测量周期, 则可采用简记:  $\xi_i(n) = \xi_i(t = nT_m)$ ,  $D_i(n) = D_i(t = nT_m)$ ,  $r_i^S(n) = r_i^S(t = nT_m)$ ,  $r_i^P(n) = r_i^P(t = nT_m)$ ,  $i = 0, 1$ . 同时, 容易得出在  $T_m$  内  $MS$  移动的距离为  $d = T_m \cdot V$ , 在  $BS_0$  到  $BS_1$  间测量点数为  $N = 2R/d$  (依次在图 1 中标注为  $n = 1, 2, \dots, N - 1$ ).

在文献 [2] 中,  $\xi_i(n) (i = 0, 1)$  的自相关和互相关分别为 (3) 式和 (4) 式:

$$E\{\xi_i(n)\xi_i(n+m)\} = \sigma^2 \alpha^{|m|}, \quad i = 0, 1 \tag{3}$$

$$E\{\xi_0(n)\xi_1(n)\} = \rho \sigma^2 \tag{4}$$

在 (3) 和 (4) 式中,  $\alpha$  是  $\exp(-VT_m / \frac{d_{\text{cor}}}{\ln 2})^{[2]}$ ,  $d_{\text{cor}}$  是去相关长度<sup>[2]</sup>,  $\rho$  是  $\xi_0(n)$  和  $\xi_1(n)$  之间的互相关因子.

### 2.2 切换算法

为描述算法, 记  $x(n) \equiv r_0^P(n) - r_1^P(n)$ , 硬切换门限为  $\Delta_h^U$  和  $\Delta_h^D$ , 软切换门限为  $\Delta_s^U$  和  $\Delta_s^D$ .

CDMA 最基本的硬切换算法为: (1) 当  $x(n) > \Delta_h^U$ ,  $MS$  接收信号  $r_0^S(n)$ . (2) 当  $x(n) < -\Delta_h^D$ ,  $MS$  接收信号  $r_1^S(n)$ . (3) 当  $-\Delta_h^D \leq x(n) \leq \Delta_h^U$ ,  $MS$  保持  $n - 1$  时刻接收状态不变.

CDMA 最基本的软切换算法为: (1) 当  $x(n) > \Delta_s^U$ ,  $MS$  接收信号  $r_0^S(n)$ . (2) 当  $x(n) < -\Delta_s^D$ ,  $MS$  接收信号  $r_1^S(n)$ . (3) 当  $-\Delta_s^D \leq x(n) \leq \Delta_s^U$ ,  $MS$  将  $r_0^S(n)$  和  $r_1^S(n)$  进行 MRC(Max Ratio Combining).

## 3 切换性能的界限和变动范围

### 3.1 硬切换和软切换的中断概率

在  $BS$  发射业务信道的衰落裕量为  $\gamma$ , 硬切换、软切换门限为  $\Delta_h^U, \Delta_h^D, \Delta_s^U$  和  $\Delta_s^D$  的情况下, CDMA 硬切换、软切换在第  $n$  个测量点的中断概率分别记为  $\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_h^U, \Delta_h^D)$  和  $\text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_s^U, \Delta_s^D)$ .  $MS$  在第  $n$  个测量点与基站的连接状态, 记为随机变量  $y(n)$ ,

$y(n) = i$  表示 MS 与 BSi 相连,  $i = 0, 1$ 。MS 接收机灵敏度记为 RS。最后, 约定函数  $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{-u^2/2} du$ 。

上述 RS(dB)<sup>[2]</sup> 定义为

$$RS = SIR_r + 10 \log_{10} R_b + 10 \log_{10} N_0 \quad (5)$$

在 (5) 中,  $SIR_r$  是译码器需要的最小信噪比,  $R_b$  是信息速率,  $N_0$  是噪声功率谱密度。

本节首先推导  $\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_h^U, \Delta_h^D)$  的表达式。

设 MS 与 BS 连接状态向量为 (6) 式中的  $\mathbf{P}(n)$ , 连接状态转移矩阵为 (7) 式中的  $\mathbf{T}(n)$ :

$$\mathbf{P}(n) \equiv \begin{bmatrix} \text{Pr}(y(n) = 0) \\ \text{Pr}(y(n) = 1) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\mathbf{T}(n) \equiv \begin{bmatrix} P_{00}(n) & P_{10}(n) \\ P_{01}(n) & P_{11}(n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

在 (7) 式中, 各项转移概率  $P_{ij}(n)$  定义如 (8) 式:

$$P_{ij}(n) \equiv \text{Pr}(y(n) = j | y(n-1) = i), \quad i, j = 0, 1 \quad (8)$$

则由 (6), (7) 式易得递推关系 (9) 式:

$$\mathbf{P}(n+1) = \mathbf{T}(n+1)\mathbf{P}(n) \quad (9)$$

迭代 (9) 式可得 (10) 式:

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{P}(0) &= \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \\ \mathbf{P}(n) &= \prod_{i=1}^n \mathbf{T}(i)\mathbf{P}(0), \quad n = 1, \dots, N-1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

若定义  $\beta(n, \Delta) \equiv -\Delta + 37.6 \log_{10}[(N-n)/n]$ , 则根据 (8) 式, 并结合 (3) 和 (4) 式, 可推得  $\mathbf{T}(n)$  如 (11) 式:

$$\mathbf{T}(n) = \begin{bmatrix} Q\left(\frac{\beta(N-1, \Delta_h^D)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}\right) & 1 - Q\left(-\frac{\beta(N-1, -\Delta_h^V)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}\right) \\ 1 - Q\left(\frac{\beta(N-1, \Delta_h^D)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}\right) & Q\left(-\frac{\beta(N-1, -\Delta_h^V)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}\right) \end{bmatrix}, \quad n = 1 \quad (11a)$$

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{T}(n) &= \begin{bmatrix} P_{00}(n) & P_{10}(n) \\ P_{01}(n) & P_{11}(n) \end{bmatrix}, \quad n = 2, \dots, N-1 \\ P_{00}(n) &= \frac{\int_{\frac{\beta(N-n, \Delta_h^D)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} Q\left[\frac{\beta(N-n+1, \Delta_h^D)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)}) - \alpha x}{(1-\alpha^2)^{1/2}}\right] dx}{Q[\beta(N-n+1, \Delta_h^D)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)})]} \\ P_{11}(n) &= \frac{\int_{-\infty}^{\frac{\beta(N-n, -\Delta_h^U)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} Q\left[\frac{-\beta(N-n+1, -\Delta_h^U)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)}) - \alpha x}{(1-\alpha^2)^{1/2}}\right] dx}{Q[-\beta(N-n+1, -\Delta_h^U)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)})]} \\ P_{01}(n) &= 1 - P_{00}(n), \quad P_{10}(n) = 1 - P_{11}(n) \end{aligned} \right\} \quad (11b)$$

将 (11a) 式和 (11b) 式代入 (10) 式即可得到  $\mathbf{P}(n)$  最终表达式.

另一方面, 硬切换中断概率可表示为 (12) 式:

$$\begin{aligned} \text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_h^U, \Delta_h^D) &= \Pr(r_0^S(n) < \text{RS} | y(n) = 0) \cdot \Pr(y(n) = 0) \\ &\quad + \Pr(r_1^S(n) < \text{RS} | y(n) = 1) \cdot \Pr(y(n) = 1) \end{aligned} \quad (12)$$

(12) 式的矩阵表示如 (13) 式:

$$\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_h^U, \Delta_h^D) = \mathbf{P}_f^T(n) \mathbf{P}(n) \quad (13)$$

在 (13) 式中,  $\mathbf{P}_f(n) \equiv \begin{bmatrix} \Pr(r_0^S(n) < \text{RS} | y(n) = 0) \\ \Pr(r_1^S(n) < \text{RS} | y(n) = 1) \end{bmatrix}$ . 定义  $\alpha(n, \gamma) \equiv \gamma - 37.6 \log_{10}(2n/N)$ , 则  $\mathbf{P}_f(n)$  即可表示为 (14) 式:

$$\mathbf{P}_f(n) \equiv \begin{bmatrix} \Pr(\xi_0(n) > \alpha(n, \gamma) | y(n) = 0) \\ \Pr(\xi_1(n) > \alpha(N-n, \gamma) | y(n) = 1) \end{bmatrix} \quad (14)$$

结合 (3)、(4) 式, 由 (14) 式可推出 (15) 式:

$$\mathbf{P}_f(n) = \begin{bmatrix} \frac{\int_{\alpha(n, \gamma)/\sigma}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\{-\frac{x^2}{2}\} Q\left[\frac{\beta(n, -\Delta_h^D)/(\sigma\sqrt{1-\rho}) - \sqrt{1-\rho}x}{\sqrt{1+\rho}}\right] dx}{Q[-\beta(n, -\Delta_h^D)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)})]} \\ \frac{\int_{\alpha(N-n, \gamma)/\sigma}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\{-\frac{x^2}{2}\} Q\left[\frac{\beta(N-n, -\Delta_h^U)/(\sigma\sqrt{1-\rho}) - \sqrt{1-\rho}x}{\sqrt{1+\rho}}\right] dx}{Q[-\beta(N-n, -\Delta_h^U)/(\sigma\sqrt{2(1-\rho)})]} \end{bmatrix} \quad (15)$$

(15) 式和前文的  $\mathbf{P}(n)$  最终表达式代入 (13) 式, 即可得到  $\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_h^U, \Delta_h^D)$  最终表达式:

对软切换算法而言, MRC 后的信噪比为合并前每条链路信噪比之和<sup>[1]</sup>, 因此软切换中断概率可表示为 (16) 式:

$$\begin{aligned} \text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_s^U, \Delta_s^D) &= \Pr(r_0^S(n) < \text{RS}, x(n) > \Delta_s^U) \\ &\quad + \Pr(10 \log_{10}(10^{r_0^S(n)/10} + 10^{r_1^S(n)/10}) < \text{RS}, -\Delta_s^D < x(n) < \Delta_s^U) \\ &\quad + \Pr(r_1^S(n) < \text{RS}, x(n) < -\Delta_s^D) \end{aligned} \quad (16)$$

若结合衰落模型和 (3)、(4) 式, 由 (16) 式可以推出 (17) 式:

$$\begin{aligned} \text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_s^U, \Delta_s^D) &= \Pr(\xi_0(n) > \alpha(n, \gamma), \xi_0(n) - \xi_1(n) < \beta(n, \Delta_s^U)) \\ &\quad + \Pr\left(\frac{\xi_0(n) + \xi_1(n)}{2} > 10 \log_{10}(10^{-(37.6 \log_{10}[D_0(n)/D_1(n)] + \xi_0(n) - \xi_1(n))/20}\right. \\ &\quad \left. + 10^{(37.6 \log_{10}[D_0(n)/D_1(n)] + \xi_0(n) - \xi_1(n))/20}\right) \\ &\quad + \Pr(\sqrt{n(N-n)}, \gamma, \beta(n, \Delta_s^U) < \xi_0(n) - \xi_1(n) < \beta(n, -\Delta_s^D)) \\ &\quad + \Pr(\xi_1(n) > \alpha(N-n, \gamma), \xi_1(n) - \xi_0(n) < \beta(N-n, \Delta_s^D)) \end{aligned} \quad (17)$$

注意到  $\xi_0(n) + \xi_1(n)$  和  $\xi_0(n) - \xi_1(n)$  统计独立, 则由 (17) 式可推出 (18) 式:

$$\begin{aligned} & \text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_s^U, \Delta_s^D) \\ &= \int_{\alpha(n, \gamma)/\sigma}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} Q\left[-\frac{\beta(n, \Delta_s^U)/(\sigma\sqrt{1-\rho}) - \sqrt{1-\rho}x}{\sqrt{1+\rho}}\right] dx \\ &+ \int_{\frac{\beta(n, -\Delta_s^D)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}}^{\frac{\beta(n, -\Delta_s^U)}{\sigma\sqrt{2(1-\rho)}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{y^2}{2}\right\} \\ &\times Q\left[\frac{10 \log_{10}(10^{-\beta(N-n, -y)/20} + 10^{\beta(N-n, -y)/20}) + \alpha(\sqrt{n(N-n)}, \gamma)}{\sigma\sqrt{(1+\rho)}/2}\right] dy \\ &+ \int_{\frac{\alpha(N-n, \gamma)}{\sigma}}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} Q\left[-\frac{\beta(N-n, \Delta_s^D)/(\sigma\sqrt{1-\rho}) - \sqrt{1-\rho}x}{\sqrt{1+\rho}}\right] dx \quad (18) \end{aligned}$$

(18) 式即为  $\text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, \Delta_s^U, \Delta_s^D)$  的最终表达式。

### 3.2 切换性能的界限和变动范围

本文提出的 3 个界限的表达式如表 2。

在表 2 中, 界限 1 是硬切换下界, 因为 MS 始终与一个基站相连, 理论上相当于无切换, 界限 2 是软切换下界, 因为软切换的 MRC 不会激活, MS 始终与最强下行链路通信, 同时, 界限 2 也是硬切换上界, 原因是, 为了避免小区边界的“乒乓效应”, 任何硬切换算法都无法始终与最强的下行链路通信。界限 3 是软切换上界, 因为 MS 任何时刻都会合并两个基站的信号。

根据这 3 个界限, 本文提出的 3 个变动范围的表达式如表 3。

表 2 切换性能的界限

名称	意义	表达式
界限 1(Bound1)	CDMA 硬切换性能的下界	$\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, +\infty, +\infty)$
界限 2(Bound2)	CDMA 软切换性能的下界和硬切换性能的上界	$\text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, 0, 0)$ 或 $\text{Pr-hard}_{\text{out}}(n, \gamma, 0, 0)$
界限 3(Bound3)	CDMA 软切换性能的上界	$\text{Pr-soft}_{\text{out}}(n, \gamma, +\infty, +\infty)$

表 3 切换性能的变动范围

名称	意义	表达式
变动范围 1(Range1)	任何两种硬切换的性能差异在 Range1 中变化	Bound2-Bound1
变动范围 2(Range2)	任何两种软切换的性能差异在 Range2 中变化	Bound3-Bound2
变动范围 3(Range3)	任何软切换增益都在 Range3 中变化	Bound3-Bound1

## 4 仿真结果和数值分析

以 WCDMA(FDD) 系统为例, 本节对门限为 6dB 的中断概率, 3 个界限和 3 个变动范围做了仿真。采用的仿真参数为, 车速  $V = 120\text{km/h}^{[2]}$ , 小区半径  $R = 2000\text{m}^{[2]}$ , WCDMA(FDD) 中物理帧周期  $T_f = 10\text{ms}^{[4]}$ , 测量周期  $T_m = 25T_f^{[5]}$ ,  $\xi_i(n)$  的均值为  $0\text{dB}^{[2]}$ ,  $\sigma$  为  $10\text{dB}^{[2]}$ ,  $d_{\text{cor}}$  为  $20\text{m}^{[2]}$ ,  $\rho$  为  $1/\sqrt{2}^{[6]}$ 。

图 2 中给出了不同的衰落裕量下, 门限 6dB 的硬切换中断概率 (图 2 中的 Hard Handover,  $\Delta_h^U = \Delta_h^D = 6\text{dB}$ ), 门限 6dB 的软切换中断概率 (图 2 中的 Soft Handover,  $\Delta_s^U = \Delta_s^D = 6\text{dB}$ ), 界限 1, 界限 2 和界限 3 在两小区边界处的曲线。其中, 界限 1 和 3 在  $+\infty$  点的中断概率取值定义为: 当门限增大 1dB, 如果中断概率变化小于增大前的  $10^{-10}$ , 此时的中断概率定义为  $+\infty$  处的取值。为便于对比, 图 2 中同时给出了 Viterbi 硬切换估计<sup>[7]</sup>和软切换估计<sup>[7]</sup>。

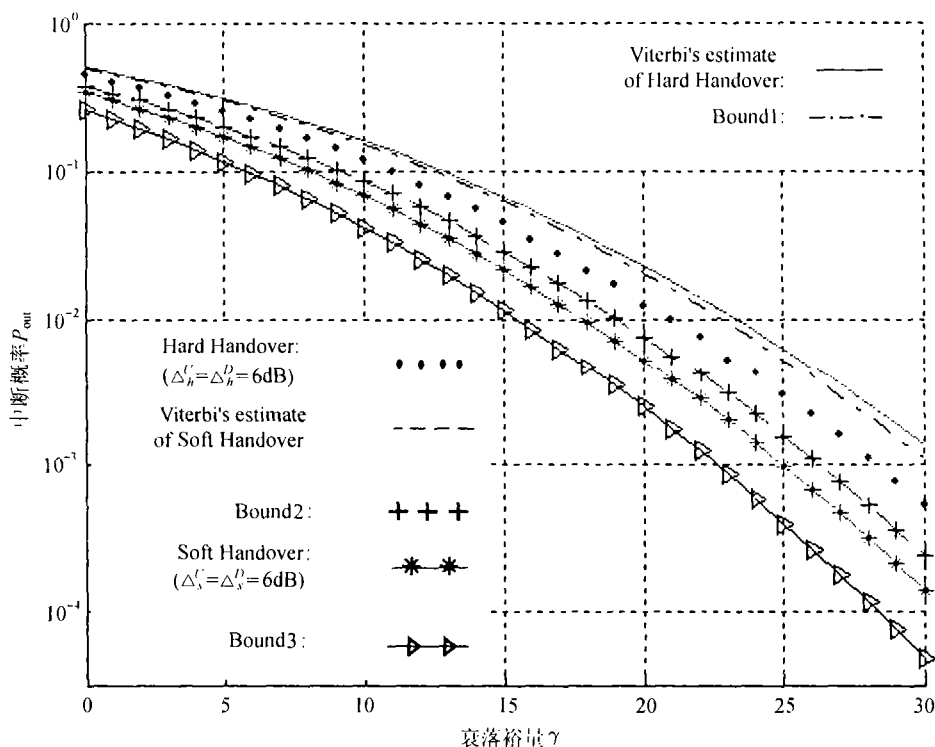


图2 切换界限的中断概率对比

从图2中可以看出,界限1和Viterbi硬切换估计几乎重合,界限2和Viterbi的软切换估计几乎重合。根据对表2的分析,界限1理论上达到无切换的性能,这与Viterbi硬切换估计出发点相同,所以这两条曲线的重合证明了界限1的正确性。同样,根据对表2的分析,界限2理论上达到始终和最强的下行链路通信的性能,这和Viterbi软切换估计出发点也相同,所以这两条曲线的重合证明了界限2的正确性。

在文献[7]中,Viterbi定义的软切换增益,是达到同样中断概率下Viterbi的软切换估计相对于硬切换估计节省的衰落裕量。据此定义和变动范围1的表达式,同时注意到界限1、2和Viterbi硬切换、软切换估计几乎重合的结论,可以得出Viterbi的软切换增益实际上就是变动范围1。

这说明,由于Viterbi硬切换和软切换估计的出发点与CDMA实际切换算法的不同,所以Viterbi软切换增益的物理含义,已经变成了实际系统中的变动范围1,即任何两种硬切换性能差异的变动范围。因此,为了更准确地刻划实际的软切换增益,应使用变动范围3来限定它的变化区间。

表4列出了变动范围1,2,3以及Viterbi的软切换增益在两小区边界处的仿真结果。

表4中,变动范围1为3-4dB,变动范围2为3-4dB,变动范围3为6-7dB,Viterbi的软切换增益为3-4dB。表4进一步证明了,变动范围1和Viterbi的软切换增益几乎相同,而变动范围3和Viterbi的软切换增益差异为3dB左右。

综上所述,图2和表4的仿真结果证明了本文中中断概率,界限和变动范围的公式的正确性,而且,使用它们刻划实际切换算法的性能将比Viterbi的估计更为准确和恰当。

表4 仿真数值对比

中断概率 $P_{out}$	变动范围1(dB)	变动范围2(dB)	变动范围3(dB)	Viterbi的软切换增益(dB)
0.1	3.22	3.04	6.26	3.24
0.01	3.76	3.86	7.62	3.77

## 5 结 论

本文提出了 CDMA 系统中切换性能的 3 个界限和建立在界限基础上的 3 个变动范围的数学表达式, 并使用这些公式对切换性能空间做了划分和限定, 提出了界限 1 是硬切换性能的下界, 界限 2 是软切换性能的下界和硬切换性能的上界, 界限 3 是软切换性能的上界, 变动范围 1 是任何两种硬切换性能差异的变动范围, 变动范围 2 是任何两种软切换性能差异的变动范围, 变动范围 3 是任何软切换增益的变动范围。在推出的中断概率基础上, 通过对 WCDMA(FDD) 系统的仿真, 本文得到的结论为: 界限 1, 2 与 Viterbi 硬切换、软切换估计几乎重合, 变动范围 1 等同于 Viterbi 的软切换增益, 而实际系统中的软切换增益应当使用变动范围 3 来描述。这些结论最终证明了本文中中断概率, 界限和变动范围的公式的正确性, 而且证明了使用它们刻划实际切换算法的性能, 将比 Viterbi 的估计更为准确和恰当。

## 参 考 文 献

- [1] X. Yang, S. Ghaheri-Niri, R. Tafazolli, Performance of power-triggered and  $E_c/N_o$ -triggered soft handover algorithms for UTRA, Second International Conference on 3G Mobile Communication Technologies(Conf. Publ. No.477), London, UK, 2001, 7-10.
- [2] ETSI/TR 101 112 V3.2.0(1998-04), Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the CDMA, CDMA 30.03 version 3.2.0.
- [3] N. Binucci, *et al.*, Soft handover gain in WCDMA, Vehicular Technology Conference, 2000, Boston, USA, IEEE-VTS Fall VTC 2000, 52nd, Vol3, 2000, 1467-1472.
- [4] 3GPP, 2000, Technical Specification Group Radio Access Network, Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels(FDD), 3G TS 25.211 v3.3.0.
- [5] 3GPP, 2000, Technical Specification Group Radio Access Network, RRC Protocol Specification, 3G TS 25.331 v3.3.0.
- [6] A. J. Viterbi, *et al.*, Other-cell interference in cellular power-controlled CDMA, IEEE Trans. on Commun., 1994, 42(2/3/4), 1501-1504.
- [7] A. J. Viterbi, *et al.*, Soft handoff extends CDMA cell coverage and increases reverse link capacity, IEEE J. on Select. Areas Commun., 1994, 12(8), 1281-1287.

## BOUNDS AND RANGES OF HANDOVER PERFORMANCE IN CDMA

Zhang Duo    Wei Guo    Zhu Jinkang

(Dept. of Electronic Eng. & Info. Sci., Univ. of Sci. & Tech. of China, Hefei 230027, China)

**Abstract** This paper presents the expressions of three bounds and three ranges on handover performance in CDMA system, and divides the space of handover performance into several parts according to the six expressions. In order to form the basis of the above expressions, this paper then proposes the methods to deduce the outage probability of hard and soft handovers. By simulating the WCDMA(FDD) system, the expressions are proved to be right and it is also concluded that they are more accurate and appropriate to describe the handover performance in a real CDMA system than Viterbi's.

**Key words** Hard handover, Soft handover, Bound

张 铎: 男, 1977 年生, 博士生, 研究方向为 CDMA 移动通信.

卫 国: 男, 1959 年生, 教授, 博士生导师, 国家 863 计划通信技术主题专家组成员, 中国第三代移动通信系统研究开发项目总体组成员, 研究方向为个人通信与移动通信, 信号处理.

朱近康: 男, 1943 年生, 教授, 博士生导师, 国家 863 计划通信主题个人通信专家组组长, 专业方向是移动通信与无线通信、扩频通信、通信中的信号处理.