

宽带码分多址系统下行链路软切换技术的研究

朱小刚, 诸鸿文, 戎蒙恬
(上海交通大学电子工程系, 上海 200030)

摘 要: 本文对宽带码分多址(WCDMA)系统下行链路的软切换技术进行了定性分析, 引入了新的软切换参数: 切换边际值, 并与硬切换技术进行了比较, 此外还对软切换宏蜂窝分集效应进行了研究, 得出了宏蜂窝分集增益与信道多径特性和小区用户密度两个重要参数之间的关系式。

关键词: 宽带码分多址; 切换; 宏蜂窝分集; 载波干扰比

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2001)06-0774-04

Research on Soft Handover Technology of Downlink WCDMA System

ZHU Xiao-gang, ZHU Hong-wen, RONG Meng-tian
(Dept. Of Electronic Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: This paper makes qualitative analysis to the performance of soft handover technology of downlink WCDMA(Wideband code division multiple access) system, which will play an important role in the third generation mobile communication system. Taking handover margin as a criterion, it also gives a comparison between hard handover and soft handover. Moreover, the macro diversity effect has been studied in detail. At the end of this paper, some equations are derived, in which two important parameters, i. e., multipath characteristics and the user density in the cell, have close relation to the macro diversity gain.

Key words: WCDMA; handover; macro diversity; SIR

1 引言

WCDMA 作为 IMT 2000 的基本无线接入技术, 其切换机制、算法、效率的研究是一个重要课题^[1]. 第三代移动通信系统将提供对多媒体业务特别是分组业务的支持, 对无线资源的分配提出了更高的要求. 分组业务有实时和非实时业务之分, 对系统容量, 尤其是下行链路容量的要求很高. 通过频率复用用来增加系统(尤其是微蜂窝和微微蜂窝系统)的容量时, 干扰就成为一个很关键的问题. 使用各种功率控制、干扰抑制算法可以大大减少系统干扰. 而软切换技术也是一个很重要的用来改进小区覆盖范围和提高 CDMA 系统容量的方法.

本文将首先对 WCDMA 系统分组传输机制做一简单介绍, 然后给出一理想化的蜂窝场景, 在此基础上对 WCDMA 系统中软切换技术对下行链路容量的影响进行定性分析, 对下行链路干扰的表达式进行推导, 并引入了一个新的软切换参数: 切换边际值, 对该参数所引起的宏蜂窝分集效应进行了推导, 得出了干扰表达式, 最后分析了影响 SIR(Signal to Interference ratio)的几个重要参数, 并通过仿真验证了前面的分析.

2 WCDMA 系统软切换技术分析

2.1 软切换技术

在移动通信网中, 当移动台(MS)从一个小区移动到另一

个小区的时候, 原基站的信道就被释放出来, 同时请求新的服务信道, 这个过程就是切换过程. 在 AMPS(Advanced mobile phone Standard), 非宏蜂窝分集 GSM, DECT 和 D-AMPS(Digital AMPS)系统中使用的是硬切换技术. 硬切换中, 在新的无线链路建立之前, 旧的无线链路先被拆除, 然后, 移动台在任何给定时间内始终和某一 BS 进行通信. 在切换过程中, 移动网先为切换呼叫建立新的话音信道. 如果旧的无线链路在新的话音信道建立之前就断了, 则呼叫被强制终止. 硬切换是不同载频之间的切换.

在 CDMA 系统和宏蜂窝分集 GSM 系统中使用的是软切换技术, 具体定义见文[2]. 在这种技术中, 移动台可以利用多个无线链路同时和多个基站进行通信. 软切换由移动台发起. 移动台在通信过程中动态扫描各信道的场强值, 如果检测到一条比当前通话基站更强的基站信号, 就在新的信道上向新的基站发出连接建立请求, 同时保持原话路的通信, 直到新的话路完全建立, 才切换到新的信道, 并释放旧信道. 在小区的覆盖区内, 移动台可以同时与多个基站(这些基站被称为候选基站)进行通信, 某个链路若有故障时, 移动台可以使用别的链路. 影响软切换性能的因素有: 网络的响应时间、用户的移动性以及覆盖时间(overlay time)等. 软切换是相同载频之间的切换, 保证了切换的无缝性.

2.2 WCDMA 系统分组传输机制

由于分组数据业务的包大小和包到达时间的不确定性, WCDMA 采用了一种双模分组传输方案, 数据包在公共信道或专用信道上进行传输^[3]. 公共信道分组主要用于发送数量不大的短数据包, 在下行链路上直接发送给公共控制信道(即前向接入信道). 而在专用信道分组模式下, 先要发送一个初始随机接入请求用来申请建立分组传输的专用信道. 该专用信道用来传输单个的长数据包或传输一组数据包.

WCDMA 的下行链路使用正交可变参数码(OVSF)编码. OVSF 码保证了不同下行链路物理信道之间的正交性; 即使这些信道使用的扩频因子和信道比特率不相同, 也能保证彼此之间是正交的. 扩频因子取值范围为 4~256, 物理信道比特率取值范围是 32~2048 kbps.

2.3 蜂窝场景

这里参考了文献[4]中的场景(见图 1), 使用规则的六角形小区布局, 基站 BS_0 是参考小区, 周围有两层总共 18 个干扰小区. 定义 $N=18$ 为干扰小区数量. 移动台 MS 在参考小区内移动, 如图 1 所示 θ 角以及 MS 和各 BS_j 之间的距离 d_j ($j=0, \dots, N$) 的直观表示. 移动台可以与多个基站建立链路来接收相同的数据信息, 形成宏蜂窝分集.

路径损耗正比于 $d_j^{-\mu} 10^{\zeta_j/10}$, 其中 μ 是路径损耗斜率(这里 $\mu=3$), ζ_j 是对数正态分布(阴影效应)变量, 均值为零, 标准差为 σ (为方便起见, 这里取一个典型值: $\sigma=8$ dB). 阴影损耗 ζ_j 与基站有关. 阴影效应的数学表示为:

$$\zeta_j[\text{dB}] = \alpha \cdot \zeta[\text{dB}] + \beta \cdot x_j[\text{dB}] \quad (1)$$

其中 x 对所有基站而言都是一样的, x_j 则与特定的 BS_j 有关, $\alpha^2 + \beta^2 = 1$, $j=0, \dots, N$, ζ_j , x 和 x_j 都是零均值高斯分布随机变量(dB 形式). 其特性如下:

$$E(\zeta_j) = E(x) = E(x_j) = 0, \text{Var}(\zeta_j) = \text{Var}(x) = \text{Var}(x_j) = \sigma^2, \\ E(x_j x_k) = 0, j \neq k, j, k = 0, \dots, N \quad (2)$$

2.4 下行链路干扰分析

下行链路质量可以用载干比(C/I)来衡量, 上、下行链路的干扰情况不一样. 下行链路的干扰源只是附近少数几个基站, 但其干扰功率比较高. 移动台受干扰情况跟它到所有基站的路径损耗有关, 用户根据其位置的不同而受到不同程度的干扰. 由于下行链路有公共信道信息的传送, 因此即使小区载荷比较低, 干扰电平也会相对较高. 此外, 由于多径传播效应的存在, 即使使用了正交编码, 下行链路之间也不会具有很好的正交性. 为此定义正交因子 $\rho = \text{小区内干扰功率} / \text{总接收功率}$, $\rho \in [0, 1]$, 其值越小即越接近于 0 说明正交性越好. ρ 与多径电波传播模型的路径数有关, 路径数越小, ρ 也越小, 反之越大(例如, 在微蜂窝步行环境下多径数为 3 时, $\rho=0.06$,

多径数为 10 时, $\rho=0.44$).

定义 M 为参考基站 BS_0 正在服务的移动用户数量(也就是正在服务的信道的数量), $P = [P_{T,1}, \dots, P_{T,M}]$ 是发射功率矢量, 其中 $P_{T,i}$ 是 BS_0 对移动台 MS_i 的发射功率. 则 BS_0 的下行链路总发射功率为: $P_{\text{total},0} = \sum_{i=1}^M P_{T,i}$. 定义对应于 BS_0 的增益矩阵 $L = (l_{ij})_{1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N}$, 其中 l_{ij} 为参考小区内 MS_i 和 BS_j 之间的路径损耗. 以 BS_0 为服务基站的 MS_i 受到的下行链路总干扰为:

$$I_{\text{total},i} = I_{\text{intra},i} + I_{\text{inter},i} \\ = \rho \underbrace{\sum_{k=1, k \neq i}^M P_{T,k} \cdot l_{i0}}_{I_{\text{intra},i}} + \underbrace{\sum_{j=1}^N P_{\text{total},j} \cdot l_{ij}}_{I_{\text{inter},i}} \quad (3)$$

式中 $I_{\text{inter},i}$, $I_{\text{intra},i}$ 分别是第 i 路下行链路受到的来自小区间和小区内的干扰. 定义 $\gamma_i = \text{单位比特能量} / \text{干扰功率谱密度}$, 也就是与 BS_0 相连的 MS_i 所对应的 E_b/I_0 (亦即 SIR):

$$\gamma_i = G_i \frac{C_i}{I_{\text{total},i} + N_0} = G_i \left(\frac{I_{\text{intra},i}}{C_i} + \frac{I_{\text{inter},i}}{C_i} + \frac{N_0}{C_i} \right)^{-1} \\ = G_i (\eta_{\text{intra},i} + \eta_{\text{inter},i} + \eta_{N_0,i})^{-1} \quad (4)$$

式中: $C_i = P_{T,i} \cdot l_{i0}$ 是 MS_i 的接收功率; N_0 是背景噪声; $G_i = W/R_i$ 是 MS_i 的处理增益, W 是系统带宽, R_i 是 MS_i 的传输速率.

由式(3)、(4)可见, 小区内干扰对载波比和移动用户位置无关(因为 $\frac{I_{\text{intra},i}}{C_i} = \frac{\rho}{P_{T,i}} \sum_{k=1, k \neq i}^M P_{T,k}$), 而是与正交因子 ρ 成正比. 小区间干扰相反却对用户位置非常敏感. 在小区边界附近的用户受到的干扰远比在基站附近的用户受到的干扰大.

这里我们使用 ON-OFF 数据话务源(例如 WWW 业务). 定义 δ_{ij} 是以 BS_j 为服务基站的 MS_k 所对应的一个具有二项式分布的变量, δ_{ij} 为 0 时表示无数据话务到来, 为 1 时表示有数据话务, δ 取 1 的概率为 ε , 取 0 的概率为 $1 - \varepsilon$.

为简化起见, 假定基站发射功率被平均分配给所有用户, 则 MS_i 的小区内干扰载波比 $\eta_{\text{intra},i}$ 为:

$$\eta_{\text{intra},i} = \frac{I_{\text{intra},i}}{C_i} = \rho \cdot \frac{\sum_{k=1, k \neq i}^M \delta_{i0} \cdot P_{T,k} \cdot l_{i0}}{P_{T,i} \cdot l_{i0}} = \rho \sum_{k=1, k \neq i}^M \delta_{i0}, \\ i = 1, \dots, M \quad (5)$$

对该随机变量取均值可得: $E[\eta_{\text{intra},i}] = \rho(M-1)\varepsilon$ (6)

MS_i 的小区间干扰载波比 $\eta_{\text{inter},i}$ 为:

$$\eta_{\text{inter},i} = \frac{I_{\text{inter},i}}{C_i} = \frac{\sum_{j=1}^N P_{\text{total},j} \cdot l_{ij}}{P_{T,i} \cdot l_{i0}} = \frac{\sum_{j=1}^N \left(\sum_{k=1}^M \delta_{kj} \cdot P_{T,k} \right) \cdot l_{ij}}{P_{T,i} \cdot l_{i0}} \\ = \sum_{j=1}^N \left(\sum_{k=1}^M \delta_{kj} \right) \cdot \frac{l_{ij}}{l_{i0}} = \sum_{j=1}^N \left(\sum_{k=1}^M \delta_{kj} \right) \left(\frac{d_0}{d_j} \right)^{\mu} \cdot 10^{(\zeta_j - \zeta_0)/10}, \\ i = 1, \dots, M \quad (7)$$

由于 $\zeta_j - \zeta_0 = \beta(x_j - x_0)$ 是均值为零, 方差为 $2\beta^2\sigma^2$ (可以计算得到)的高斯随机变量, 且和随机变量 δ_{kj} 不相关, 则可以分别对这两个随机变量取均值来得到 $E[\eta_{\text{inter},i}]$:

$$E[\eta_{\text{inter},i}] = M \cdot \varepsilon \sum_{j=1}^N \left(\frac{d_0}{d_j} \right)^{\mu} \cdot E[10^{(\zeta_j - \zeta_0)/10}; P_{R,0} > P_{R,1}]$$

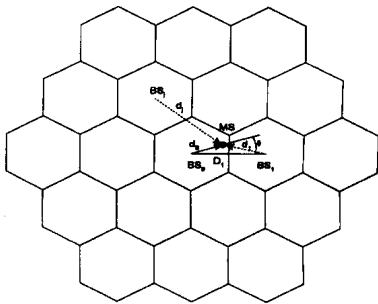


图 1 蜂窝布局

$$= M \cdot e^{(\beta \xi)^2} \cdot \sum_{j=1}^N \left(\frac{d_0}{d_j} \right)^\mu \cdot Q \left(\sqrt{2\xi\beta\sigma} - \frac{10\mu \lg(d_j/d_0)}{\sqrt{2\beta\sigma}} \right) \quad (8)$$

这里 $\xi = \ln 10/10$, $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-z^2/2} dz$, 接收功率 $P_{R,0} >$

$P_{R,1}$ 表示在硬切换方式下移动台对应的最佳服务基站是 BS_0 . 假定用户各基站的总发射功率一样, 则可得出:

$$\frac{I_{\text{inter}, i}}{P_{\text{total}}(d)} = \sum_{j=1}^N \frac{l_j}{l_{i0}} \quad (9)$$

由此可得图 2 所示小区间干扰-距离分布图 ($\theta = 0$).

2.5 宏蜂窝分集效应分析

在上行链路上, 处在切换区域内的移动台信号被多个基站接收到, 相对那些不是其服务基站的基站, 该信号即是干

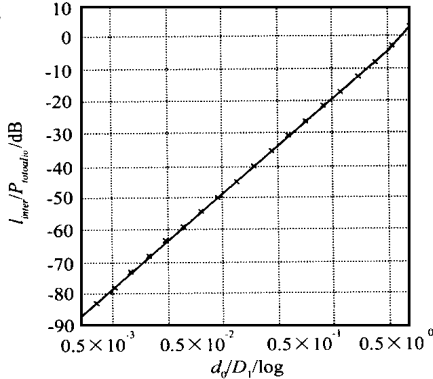


图 2 小区间干扰-距离关系图

扰噪声. 上行链路通过选择合并来实现宏蜂窝分集, 改善了 SIR, 提高了链路质量. 而在下行链路中是通过最大比合并, 即对来自各基站的 SIR 进行累加来实现宏蜂窝分集的, 需要单独分配信道给移动台, 因此加大了干扰.

软切换技术中一个很重要的参数是有效集, 定义为当前正在与移动台进行通信的基站组. 定义有效集中最大基站数为 N_{\max} , 为简单起见这里规定 $N_{\max} = 2$. 另一个重要参数是软切换边际值 Δ (以 dB 表示). 这两个参数用来控制软切换过程中的用户数 M . 考虑当移动台位于如图 3 所示的菱形区域中^[2], 由两个相邻基站 (BS_0 和 BS_1) 所服务时的情形. 图中 Ω 表示阴影区, 覆盖半径 R , 它是切换边际值 Δ 的函数.

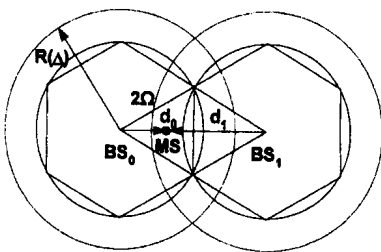


图 3 宏蜂窝分集示意图

2.5.1 基站 BS_0 服务区内用户数 (M) 的确定 当软切换边际值 $\Delta = 0$ 时就变成了硬切换. 增加 Δ 的值就意味着小区间的重叠区域变大. 假定单位面积内的用户数 (用户密度) 为定值 λ , 则位于阴影区 Ω 内且由 BS_0 所服务的用户数 N_S 将随 Δ 的增大而增加. 假定各基站的总发射功率被平均分配给在 BS_0 服务区内的 M 个移动台 (由该图可见 $M = 6N_S$). MS_i 的

接收功率 (来自 BS_0) $P_{R,0} = P_{T,i} \cdot d_0^{-\mu} \cdot 10^{\xi_0/10}$, 其中 $P_{T,i}$ 为基站 BS_0 对 MS_i 的发射功率. 则移动台处于 BS_0 服务范围内的概率为:

$$\begin{aligned} Pr(P_{R,0} > P_{R,1} - \Delta) &= Pr(\beta(x_0 - x_1) > 10\mu \lg(d_0/d_1) - \Delta) \\ &= \int_{(10\mu \lg(d_0/d_1) - \Delta)/\beta}^{\infty} \frac{\exp(-x^2/4\beta^2\sigma^2)}{\sqrt{2\pi} \cdot 2\beta^2\sigma^2} dx \\ &= Q\left(\frac{10\mu \lg(d_0/d_1) - \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \end{aligned} \quad (10)$$

这里 $d_1 = \sqrt{d_0^2 + D_1^2 - 2d_0D_1\cos\theta}$, $-\pi/6 \leq \theta \leq \pi/6$. 由上式可得:

$$\begin{aligned} M &= 6N_S = 6 \int_{\Omega} Pr(P_{R,0} > P_{R,1} - \Delta) dA \\ &= 6 \int_{\Omega} Q\left(\frac{10\mu \lg(d_0/d_1) - \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) dA \end{aligned} \quad (11)$$

表 1 给出的是在 Δ 取一定值时对应的 M/λ ($\beta = \sqrt{2}/2$, $\sigma = 8\text{dB}$, $\mu = 3$).

表 1

Δ (dB)	对应的 M/λ	Δ (dB)	对应的 M/λ
0	1.10	6	1.35
2	1.19	8	1.42
4	1.27	10	1.46

2.5.2 下行链路 SIR 分析 这里假定移动台的最佳服务基站是与移动台距离最近的两个基站之一. 图 2 中移动台的服务基站是 BS_0 或 BS_1 或者 BS_0 和 BS_1 . 具体分析类似于文 [5], 但不同的是, 这里引入切换边际值参数用来计算 MS 处在不同位置时相应的 SIR. 下面将计算在宏蜂窝分集条件下移动台对应的 SIR.

在非宏蜂窝分集条件下, 某一移动台 MS 位于图 3 所示阴影区 2Ω 中, 且 BS_0 作为最佳服务基站的概率 P_0 为:

$$P_0 = Pr(P_{R,0} > P_{R,1} + \Delta) = Q\left(\frac{10\mu \lg(d_0/d_1) + \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \quad (12)$$

移动台位于图 3 所示菱形区域 (使用软切换方式且 BS_0 和 BS_1 作为最佳的两个服务基站时) 的概率:

$$\begin{aligned} P_{0,1} &= Pr(P_{R,1} - \Delta < P_{R,0} < P_{R,1} + \Delta) \\ &= Q\left(\frac{10\mu \lg(d_0/d_1) - \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) - Q\left(\frac{10\mu \lg(d_0/d_1) + \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \end{aligned} \quad (13)$$

同样有小区间干扰与移动台接收功率之比为 (BS_1 此时是干扰信号):

$$\begin{aligned} E(\eta_{\text{inter}, i}) &= EM \left[\left(\frac{d_0}{d_1} \right)^\mu E[10^{\xi_j - \xi_0/10}; P_{R,1} - \Delta < P_{R,0} < P_{R,1} + \Delta] \right. \\ &\quad \left. + EM \sum_{j=2}^N \left(\frac{d_0}{d_j} \right)^\mu \times E[10^{\xi_j - \xi_0/10}; P_{R,0} > P_{R,j} + \Delta] \right] \\ &= EM e^{(\xi\beta\sigma)^2} \sum_{j=2}^N \left(\frac{d_0}{d_j} \right)^\mu Q\left(\sqrt{2\xi\beta\sigma} - \frac{10\mu \lg(d_j/d_0) - \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \\ &\quad + EM e^{(\xi\beta\sigma)^2} \left[Q\left(\sqrt{2\xi\beta\sigma} - \frac{10\mu \lg(d_1/d_0) + \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \right. \\ &\quad \left. - Q\left(\sqrt{2\xi\beta\sigma} - \frac{10\mu \lg(d_1/d_0) - \Delta}{\sqrt{2\beta\sigma}}\right) \right] \end{aligned} \quad (14)$$

对于基站 BS_1 , 也可以得到与上式相类似的表达式. 小区内干扰与接收功率之比的均值和式 (6) 完全一样. 将式 (6) 和

式(14)代入式(4)就得到软切换下(对应于 BS_0 和 BS_1 且接收信号来自 BS_0 时)移动台的 $SIR(\gamma'_0)$ 。同样可得在 BS_1 为发射源且 BS_0 为干扰源时的 $SIR(\gamma'_1)$ 。最后可以得到软切换下的 SIR 为: $\gamma_{0,1} = \gamma'_0 + \gamma'_1$ 。假定各基站以相同速率传送数据, 则各基站具有相同的扩谱增益。最后可以得到某一移动台在阴影区 2Ω 中的平均 SIR 为:

$$\gamma = \gamma_0 P_0 + \gamma_{0,1} P_{0,1} + \gamma_1 P_1 \quad (15)$$

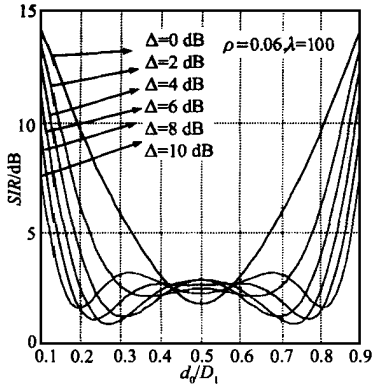


图4 SIR 与 d_0/D_1 之间关系图(1)

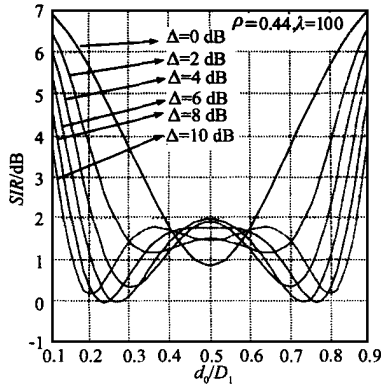


图5 SIR 与 d_0/D_1 之间关系图(2)

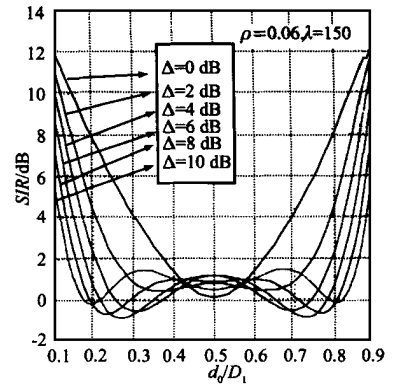


图6 SIR 与 d_0/D_1 之间关系图(3)

我们最感兴趣的是在小区边界附近时的 SIR 特性, 由图4、5可见, 当 Δ 从 0 增加到 4dB 时, SIR 也随之增加, 但当 Δ 进一步增加时, 小区边界附近的 SIR 却开始减小, 这是因为随 Δ 的增加基站所服务的用户数量也增加, 从而导致干扰也加大。图4中, 在 $d_0/D_1 = 0.5$ 位置处, $\Delta = 4$ dB 时的 SIR 比 $\Delta = 0$ dB (硬切换)时的 SIR 高 1dB 左右, 说明软切换性能优于硬切换性能($\Delta = 0$ dB 对应硬切换情况)。用户密度 λ 也会对软切换性能产生一定的影响, 将图4和图6相比较可得知用户密度增加时 SIR 降低, 干扰增加, 软切换性能下降。

3 结论

本文通过定性推导 WCDMA 系统中下行链路软切换方式下的 SIR , 来对影响软切换性能的参数进行了分析, 并比较了软、硬切换技术的性能差异, 得出了软切换比硬切换具有更好的 SIR 指标的结论。主要对常见的软切换算法(如文[2~4]等)进行了改进, 引入了软切换边际值这个新参数, 推导出了 SIR 与无线信道的类型和用户密度具有密切关系的结论和多径数较少的无线信道具有较高的宏蜂窝分集增益的结论。文章最后还通过仿真实验验证了这些结论。当然本文还有待进一步改进, 通过引入更复杂的分组数据话务源和功率控制算法可以对软切换性能有更深度的研究。此外, 由于 WCDMA 系统软切换时可能存在定时的困难, 其实现方法和实现步骤还有待进一步的探索。

参考文献:

- [1] 张平. IMT 2000 移动通信系统关键技术的分析 [J]. 北京邮电大学学报, May 1998, 21: 7-14.

γ 与 d_0 的关系见图4(假定扩谱增益 $G = 128$, $\varepsilon = 0.5$, $\lambda = 100$, 且系统不使用功率控制)。当多径数为 3 (即 $\rho = 0.06$) 时, 小区内干扰的影响较小, 当 d_0/D_1 取值从 0.1 变化到 0.5 (此时对应小区边界位置) 时, SIR 的变化幅度约为 12dB。 SIR 的特性主要受小区间干扰所支配, 当多径数增加到 10 (即 $\rho = 0.44$) 时, 小区内干扰增加, 它对 SIR 的影响也增大。如图5所示, 在其他条件不变时, SIR 的变化幅度减小到 6dB。

- [2] D Wong, et al. Soft handoffs in CDMA mobile systems [J]. IEEE Personal Communications, Dec. 1997, 4(6): 6-17.
- [3] E Dahlman, B Gudmunon, M Nilsson, J Skold. UMTS/IMT 2000 Based on Wideband CDMA [J]. IEEE Communication Magazine, Sept. 1998, 36(9): 70-80.
- [4] A Viterbi, et al. Soft handoff extends CDMA cell coverage and increases reverse link capacity [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Oct. 1994, 12(8): 1281-1288.
- [5] C Lee, et al. Effect of soft and softer handoffs on CDMA system capacity [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Aug. 1998, 47(3): 830-841.

作者简介:



朱小刚 男, 1975 年 5 月生于湖北鄂州。1997 年获得上海交通大学电子工程系通信工程专业学士学位, 上海交通大学电子工程系通信与信息系统专业 1999 年春季入学博士生。主要研究方向为盲信号处理(盲系统识别与均衡), 多用户检测, 宽带移动通信系统切换、功率控制算法等。

诸鸿文 男, 1939 年生于上海, 1963 年毕业于清华大学无线电专业, 现任上海交通大学通信与信息系统学科首席责任教授、博士生导师。主要研究方向: 计算机通信和网络技术、远程协作技术及多媒体等。