

利用宽带 CDMA 技术增加蜂窝系统容量研究

崔立伟, 汤汉屏

(空军工程大学 电讯工程学院地空通信系, 陕西 西安 710077)

摘要: 介绍了宽带 CDMA 技术的特点, 分析了宽带 CDMA 与 GSM 系统重叠覆盖时的蜂窝系统容量, 最后计算结果表明: 用宽带 CDMA 系统与 GSM 系统进行频带共享, 可以大大提高整个系统的容量。

关键词: 移动通信; 宽带 CDMA; GSM; 容量

分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2000)01-0043-04

目前, 在移动通信系统中应用的多址技术有三类, 它们是频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。其中, CDMA 技术已经成为公认的性能最优越、最具发展潜力的技术。这主要是因为 CDMA 有着其它两种多址技术无法比拟的优点: 固有的抗多径衰落能力; 可以运用话音激活技术增加系统的容量、减小传输功率; 具有软切换和软容量的特性; 系统容量大、保密性好、组网简单; 适合与窄带系统共享频带等等。

在 CDMA 技术发展过程中, 最先提出的窄带 CDMA 系统发展迅猛, 短短几年就已经完成了从理论向商用产品转变的全过程; 而稍后提出的宽带 CDMA 则更具有无限广阔的发展前景。宽带 CDMA, 由于更宽的带宽, 使其具有更大的抗衰落能力, 这就意味着在相同的输出功率下能提供范围更广泛的性能, 或者在同样的覆盖范围下可降低功率要求。宽带 CDMA 的宽广频谱使它对于市区环境中的干扰和多径传播环境具有更高的抗干扰能力, 在多蜂窝环境下能够提供更大的容量和更高的话音质量。另外, 附加的带宽意味着有更大的能力支持更高带宽业务和提供更灵活多样的混合业务。

宽带 CDMA 与窄带 CDMA 的一个重要区别在于窄带 CDMA 只能在固定的 1.25MHz 带宽范围内有效, 而宽带 CDMA 则可根据特定的应用需要使用不同的带宽, 而且可以更好地与现有的任何窄带系统进行频率覆盖, 实现频带共享。这就为我们如何更充分地利用宝贵的频谱资源提供了一种思路。本文就是根据这一思路, 应用宽带 CDMA 技术与现有的蜂窝移动通信系统进行频率共享, 以求达到提高频谱利用率、增加整个蜂窝系统容量的目的。

1 宽带 CDMA 与 GSM 系统频带共享

在我国, GSM 已经成为主要的数字蜂窝系统, 发展速度非常快, 用户数量连年增加, 容量问题正逐渐暴露出来, 如何在解决容量问题的同时, 向大众提供语音、传真、电子函件、图像等各种灵活多样的业务, 实现多媒体通信, 已经成为摆在我们面前的重要课题。而宽带 CDMA 技术的提出将使得这些难题迎刃而解。下面我们将对在 GSM 系统频带上重叠覆盖宽带 CDMA 系统做一探讨。

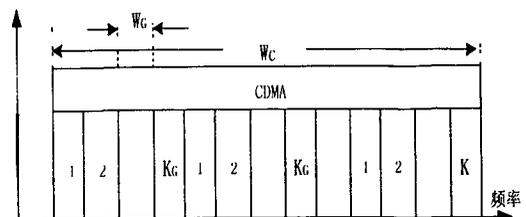


图1 宽带 CDMA 与 GSM 系统频带划分示意图

如图1所示,宽带CDMA的频带覆盖了整个GSM系统的频带, \$K_G\$ 是GSM区群内小区的数目, \$W_C\$ 是CDMA系统的带宽, \$W_G\$ 是GSM系统的频道带宽。GSM系统的蜂窝小区大小与结构完全不变,宽带CDMA系统的小区设置与GSM系统的相同,基站与GSM基站建于同一地点,但发射机由两个系统分别单独控制。

2 混合蜂窝容量分析

2.1 容量分析模型

在单一CDMA系统的情况下,系统容量主要取决于反向链路容量。然而在采用混合蜂窝结构时,反向链路中移动台自由分布,这样基站受到来自其它移动台的平均干扰要小得多,所以其载干比(C/I)要大于前向链路的C/I。文献[1]也得出了CDMA系统与模拟蜂窝系统重叠覆盖时,两者的前向链路C/I均小于反向链路C/I的结论。TDMA只不过是FDMA的基础上将载频再分成几个时隙,所以当CDMA与TDMA进行频带共享时,两者的前向链路C/I也是均小于反向链路C/I。这样混合蜂窝的容量是由GSM系统与CDMA系统的前向链路来决定的。

图2为 \$K_G=7\$ 时混合蜂窝区群结构图。图中, \$(n,k)\$ 代表蜂窝小区基站 \$BS_{nk}\$ 在坐标系 \$v-u\$ 中的坐标, \$(0,0)\$ 为本地小区,其基站表示为 \$BS_{00}\$。小区中的阿拉伯数字代表该小区所使用的GSM频率组。

我们考虑最坏的情况,此时本地小区移动台 \$MS_0\$ 处于图中的 \$M\$ 点,受到的干扰最大。设小区半径为 \$R\$, 各小区基站到 \$M\$ 点的距离为

$$D_{nk} = R \sqrt{3k^2 + 3n^2 + 3nk - 3k + 1} \tag{1}$$

下面我们将分别对GSM系统和宽带CDMA系统的前向链路进行分析。分析是在以下几个条件基础上进行的:

- 1) 电波传播遵循4次方的传播损耗规律,忽略阴影效应。
- 2) 两个系统各自均具有良好的前向链路反向链路功率控制。
- 3) CDMA系统采用扇形化技术和语音激活技术,而GSM系统只采用扇形化技术。设扇形化对干扰的减少因子为 \$\gamma\$, 语音激活因子为 \$\mu\$。

4) CDMA系统的信息速率为 \$r_c\$; GSM系统的信息速率为 \$r_g\$, 每载频分为 \$n_g\$ 个时隙。设两者信息速率之比 \$\xi = \frac{r_g}{r_c}\$, 则CDMA系统的处理增益 \$G = \xi \frac{n_g W_c}{W_g}\$。

2.2 GSM前向链路分析

GSM移动台处于图2中 \$M\$ 点时,受到的干扰有小区内GSM干扰 \$I_{G(in)}\$、小区外GSM干扰 \$I_{G(out)}\$、小区内CDMA干扰 \$I_{C(in)}\$ 和小区外CDMA干扰 \$I_{C(out)}\$。下面先分析CDMA基站对GSM移动台的干扰。

在CDMA前向链路具有良好的功率控制时,设CDMA移动台接收到来自本基站的信号功率为 \$P_c\$, 根据文献[2],基站发射总功率为 \$\frac{N_c P_c R^4}{2}\$, \$N_c\$ 为小区内CDMA移动台数目。考虑采用扇形化和语音激活技术的作用,GSM移动台受到CDMA基站 \$BS_{nk}\$ 的干扰为

$$I_C(n,k) = \mu \gamma \frac{N_c P_c R^4}{2} \cdot D_{nk}^{-4} \cdot \frac{W_G}{W_C} \tag{2}$$

则
$$I_{C(in)} + I_{C(out)} = I_C(0,0) + \sum_{n \neq 0, k \neq 0} I_C(n,k) \tag{3}$$

我们只考虑图2中示出的小区的影响,其余小区的干扰可以忽略。将(1)(2)式代入(3)式,计算得:

$$I_{C(in)} + I_{C(out)} = 1.69 \mu \gamma N_c P_c \frac{W_G}{W_C}$$

所以,GSM前向链路载干比为

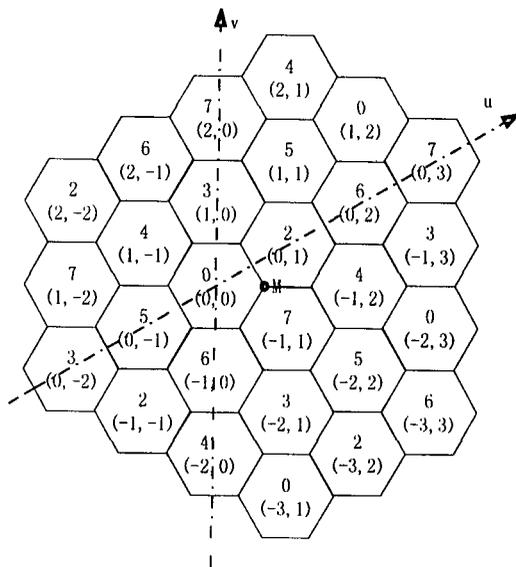


图2 宽带CDMA与GSM系统混合蜂窝区群结构图

$$CIR_G^{(down)} = \frac{P_G}{I_{G(in)} + I_{G(out)} + 1.69\mu\gamma N_C P_C \cdot \frac{W_G}{W_C}} \quad (4)$$

2.3 CDMA 前向链路分析

CDMA 移动台处于图 2 中 M 点时,受到的干扰同样包括小区内 GSM 干扰 $I_{G(in)}$ 、小区外 GSM 干扰 $I_{G(out)}$ 、小区内 CDMA 干扰 $I_{C(in)}$ 和小区外 CDMA 干扰 $I_{C(out)}$ 。

1)GSM 基站对 CDMA 移动台的干扰

GSM 具有功率控制时,设 GSM 移动台接收到来自 GSM 基站的信号功率为 P_G ,与基站的距离为 r ,则对此移动台基站需发射功率 $P_G(r) = P_G r^4$,将六边形小区近似看成半径为 R 的圆,那么平均对每个 GSM 移动台的发射功率为

$$P_{G(average)} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^{2\pi} \int_0^R P_G(r) \cdot r dr d\theta$$

$$= \frac{1}{3} P_G R^4$$

设 N_G 为 GSM 系统每小区最大用户数,GSM 基站 BS_{nk} 对 CDMA 移动台 MS_0 的干扰为

$$I_G(n, k) = \gamma \cdot \frac{N_G P_{G(average)}}{n_G} D_{nk}^{-4} \cdot \frac{1}{G} \quad (5)$$

$$= \gamma \cdot \frac{N_G P_G \left(\frac{R}{D_{nk}}\right)^4}{3n_G} \cdot \frac{1}{G}$$

则
$$I_{G(in)} + I_{G(out)} = I_G(0, 0) + \sum_{n \neq 0, k \neq 0} I_G(n, k) \quad (6)$$

只计算图 2 中所示的小区的 GSM 基站对 CDMA 移动台的干扰,将(1)(5)式代入(6)式得

$$I_{G(in)} + I_{G(out)} = 1.12\gamma \frac{N_G P_G}{n_G G}$$

2)CDMA 基站对 CDMA 移动台的干扰

小区内的 CDMA 干扰为

$$I_{C(in)} = \mu\gamma \left(\frac{N_C}{2} - 1\right) P_C \cdot \frac{1}{G} \approx \mu\gamma \frac{N_C P_C}{2G}$$

用与 2.2 中同样的方法可以推出

$$I_{C(out)} = 1.19\mu\gamma \frac{N_C P_C}{G}$$

所以,CDMA 前向链路载干比为

$$CIR_C^{(down)} = \frac{P_C}{1.69\mu\gamma \frac{N_C P_C}{G} + 1.12\gamma \frac{N_G P_G}{n_G G}} \quad (7)$$

3 容量计算结果

下面我们对混合蜂窝容量进行估算。根据 GSM 系统标准,取 $W_C = 25\text{MHz}$, $W_G = 200\text{KHz}$, $n_G = 8$,可得 $G = 1000 \cdot \xi$;取 $K_G = 7$,得 GSM 每小区用户数 $N_G = 143$;取话音激活因子 $\mu = 0.5$,设每小区分割成 3 扇区,则 $\gamma = 1/3$ 。从文献[4]可得,由于 CDMA 重叠覆盖而导致的窄带系统用户的 CIR 减少量不超过 1dB。设 GSM 系统在 CDMA 重叠覆盖以前的载干比为

$$CIR_{fG}(0) = \frac{P_G}{I_{G(in)} + I_{G(out)}} \quad (8)$$

引入 CDMA 系统后,GSM 系统的 CIR 将遭受 1dB 的损失,但它至少应等于 9dB。所以 $CIR_{fG}(0) = 10\text{dB}$,代入(8)式可得 $I_{G(in)} + I_{G(out)} = 0.1P_G$ 。将这一结果代入(4)式,重叠覆盖前后的 $CIR_C^{(down)}$ 的差值应小于 1dB,得:

$$\frac{N_C P_C}{P_G} \leq 11.5 \quad (9)$$

通常在实际情况中, P_G 已经给定,但是可以调整 P_C 的大小,使得 N_C 达到最大值。如果在与 GSM 系统重叠覆盖情况下,对宽带 CDMA 系统前向链路的 CIR 值的要求是 $CIR_C^{(down)} \geq 5\text{dB}$,将(9)式代入(7)式,得 N_C

最大值为 367ξ (此时 $P_c/P_G=0.035$)。对于宽带 CDMA, 由于要满足高速率数据传输和多媒体通信的需要, 其信息速率取为 $r_c=16,32,64\text{Kbps}$ 。对于 GSM 系统, 信息速率取 $r_G=9.6\text{Kbps}$ 。图 3 示出了 N_c 随 ξ 的变化情况。可以看出, 在上述条件下混合蜂窝每小区的总用户数为 $198\sim 363$, 大约是单一 GSM 系统的 $1.4\sim 2.6$ 倍。如果宽带 CDMA 系统仅仅用于语音服务或低速率数据传输, 则可取 $r_c=9.6\text{Kbps}$, 此时混合蜂窝每小区的总用户数为 510 , 大约是单一 GSM 系统的 3.5 倍。

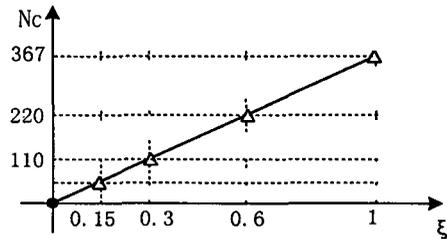


图 3 N_c 与 ξ 的关系

参 考 文 献

- [1] Hossam H. Hmimy and Someshwar C. Gupta. Overlay of Cellular CDMA on AMPS Forward and Reverse Link Analysis[J]. IEEE Trans. Veh. Technol, 1996, 45(4): 51~56.
- [2] William C. Y. Lee. Overview of Cellular CDMA[J]. IEEE Trans. Veh. Technol, 1991, 40(5): 291~302.
- [3] K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, et al. On the Capacity of a Cellular CDMA System[J]. IEEE Trans. Veh. Technol, 1991, 40(5): 303~312.

Study on Capacity Increase of Cellular System Using Broad-band CDMA

CUI Li-wei, TANG Han-ping

(Dept. of Ground-to-Air Communication of the Telecommunication Engineering Institute, AFEU., Xi'an 710077, China)

Abstract: In this paper, the characteristics of broadband CDMA are introduced. The capacity of a cellular broadband CDMA system overlaying a GSM system is analyzed. At last the numerical result shows that a broadband CDMA sharing the same frequency band with GSM has the potential of increasing the total system capacity enormously.

Key words: Mobile communication; Broadband CDMA; GSM; Capacity