

# TD-SCDMA 相邻小区下行链路干扰分析与仿真

李少斌, 景锋, 谢显中, 林金朝

(重庆邮电学院 移动通信工程研究中心, 重庆 400065)

**摘要:**主要研究了TD-SCDMA系统中相邻小区间下行链路的干扰, 给出小区间下行干扰模型和传播损耗模型, 并通过仿真得到不同时隙、不同小区业务负荷条件下来自相邻小区的下行链路干扰数值变化曲线。对小区间干扰的分析与仿真为优化未来网络的容量以及性能提供了有价值的参考。

**关键词:**TD-SCDMA; 下行链路干扰; 业务负荷

**中图分类号:**TN929.533 **文献标识码:**A

## Simulation Analysis of Inter-Cell Downlink Interference in TD-SCDMA System

LI Shao-bin, JING Feng, XIE Xian-zhong, LIN Jin-zhao

(Mobile communication engineering R&D center, CUPT, Chongqing 400065, P. R. China)

**Abstract:**In this paper, the authors conduct the research into the inter-cell downlink interference in TD-SCDMA system and present the inter-cell downlink interference model and propagation waste model. Some simulations are conducted to obtain the inter-cell downlink interference curve with different cell traffic load in difference time slot. The analyses of inter-cell downlink interference provide valuable reference for optimizing the capacity and performance of future mobile network.

**Key words:** TD-SCDMA; downlink interference; traffic load

## 0 引言

国际电信联盟 (ITU) 在 2000 年 5 月召开的 ITU-R2000 年全会上通过了我国提交的 TD-SCDMA 标准。TD-SCDMA 属于 CDMA-TDD 方式, 与 CDMA-FDD 方式相比, 具有射频设备较简单, 易于提供不对称业务, 易于使用智能天线、多用户检测新技术等优点。TD-SCDMA 的物理帧结构见图 1。

根据香农理论, CDMA 是一个干扰受限系统。该系统不但在 FDD 和 TDD 模式中存在着各种干扰, 并且在它们之间也存在着干扰。为了优化未来网络的容量以及性能, 必须尽可能早地充分理解并认识各种干扰以及可能由干扰引起的问题。

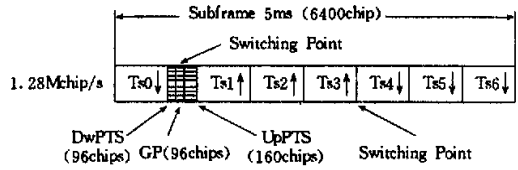


图1 TD-SCDMA物理帧结构

Fig. 1 Physical frame of TD-SCDMA

TD-SCDMA 系统, 在相邻小区之间同步且有相同帧结构条件下, 需要区分不同时隙, 考虑来自相邻小区的下行链路干扰。根据 TD-SCDMA 物理帧结构的特点以及不同时隙承载物理信道的不同, 本文分 TS0 时隙, DwPTS (下行导频时隙), TS1~TS6 (正常业务时隙)。研究了在 TD-SCDMA 系统当中, 在不同时隙, 小区业务负荷变化会对来自相邻小区

· 收稿日期: 2002-02-23

· 作者简介: 李少斌 (1977-), 男, 广西桂林人, 重庆邮电学院硕士研究生, 研究方向为第三代移动通信。

的下行链路干扰数值产生何种影响,得出来自相邻小区的下行链路干扰在不同时隙、不同小区业务负荷条件下的数值变化曲线。参照3GPP标准<sup>[1]</sup>,在文章中用 $I_{\infty}$ 来表示来自相邻小区下行链路干扰值。

## 1 传播损耗模型

根据文献[2],本文采用在城市或郊区环境的传播损耗模型,在此环境中,建筑物有近似的高度,没有突出的高度。

$L = 40(1 - 4 \times 10^{-3} D) \lg R - 18 \lg D + 21 \lg(f) + 80$   
其中: $L$ 为基站与移动台之间的路径损耗均值; $R$ 为基站与移动台之间的距离; $f$ 为载波频率 2000 MHz; $D$ 为基站天线高度。

当 $f$ 为 2000 MHz 以及基站天线高度为 15 m 时,上面的公式变为:

$$L = 128.1 + 37.6 \lg R$$

在计算了 $L$ 之后,还需加上对数正态的阴影衰落 $\lg F$ ( $F$ 为阴影衰落值,它的标准差为 10 dB)<sup>[2]</sup>,标准差为 10 dB 的对数正态阴影衰落可由下式表示:

$$\lg F = 10 \times G(0,1)$$

其中:10为阴影衰落标准差; $G(0,1)$ 为零均值单位方差的高斯随机变量。由此我们得到了宏小区的路径损耗 $L_{p,m}$ (Pathloss-macro):

$$L_{p,m} = L + \lg F = 128.1 + 37.6 \lg(R) + 10 \times G(0,1)$$

有了路径损耗公式之后,由文献[3]得到发射功率与接收功率之间关系式:

$$W_R = W_T - \max(L_{p,m} - G_T - G_R L_{p_{min}})$$

其中: $W_R$ 为信号接收功率(RX-PWR); $G_T$ 为天线发射增益(G-TX); $W_T$ 为信号发射功率(TX-PWR); $G_R$ 为天线接收增益(G-RX); $L_{p_{min}}$ 为最小路径损耗值(MCL)。在仿真当中基站天线增益取 11 dB,UE 的天线增益为 0 dB。MCL 在宏小区的取值为 70 dB。

## 2 干扰模型

在考虑来自相邻小区下行链路干扰时,根据 TD-SCDMA 系统的小区间同步要求,假设相邻小区之间时隙对准,不同时隙间的干扰不予考虑。来自相邻小区的前向链路干扰,可以分为下行导频时隙

(DwPTS)、TS0 时隙和正常业务时隙来讨论。

### 2.1 下行导频时隙(DwPTS)

来自相邻小区的干扰为相邻小区导频信道对本小区导频信道的干扰。这时,相邻小区基站的总发射功率 $P_{total} = P_{DwPTS}$ ,可以根据小区半径的不同,采用如下公式计算 DwPTS 的发射功率:

$$P_{total} = \max(L_{p,m} - G_T - G_R, L_{p_{min}}) +$$

衰落余量 + 移动台接收机灵敏度

其中: $L_{p,m} = 128.1$  dBm 为在小区边缘处的路径损耗均值, $R$ 为小区半径,为 1 km。

为了克服由阴影衰落带来的传播损耗变化,保证下行导频信道在全小区范围内的覆盖,取衰落余量为 10 dB。移动台接收机灵敏度为 -108 dBm,由此根据上述公式可计算得到:

$$P_{DwPTS} = \max(128.1 - 11, 70) + 10 - 108 = 19.1 \text{ dBm}$$

这说明下行导频信道的发射功率随小区半径增大而相应增大,但是对相邻小区造成的下行链路干扰效果相同,因为在发射功率增大的同时,距离也在增大。小区半径的取值对仿真结果没有影响。

### 2.2 TS0 时隙

来自相邻小区的干扰为相邻小区广播信道+业务信道或寻呼信道+业务信道两种信道组合对本小区的干扰。这时相邻小区基站的总发射功率为:

$$P_{total} = P_{BCH} + MP_{TCH}$$

或者

$$P_{total} = N_p P_{pag} + MP_{TCH}$$

式中 $P_{BCH}$ 为广播信道功率; $P_{pag}$ 为一个寻呼信道功率; $P_{TCH}$ 为一个业务信道功率; $N_p$ 为激活寻呼信道数(暂定 1); $M$ 为 TS0 时隙内激活的业务信道数 $\leq 14$ 。(说明:在 TD-SCDMA 当中 PCH 和 BCH 通过时分复用映射到 TS0 时隙当中的前 2 个码道,所以在 TS0 时隙存在 2 种可能的信道组合:一种为广播信道+业务信道,另一种为寻呼信道+业务信道,同时 TS0 时隙当中可容纳的最大业务信道数相应为 $16 - 2 = 14$ 。)

在仿真过程当中,对于 TS0 时隙当中包含广播信道+业务信道这种情况,因为广播信道发射功率与下行导频信道发射功率相同,即: $P_{BCH} = P_{DwPTS}$ ,所以 $P_{BCH} = 19.1$  dBm

由前面下行导频信道的功率推算可知,以上的

广播信道发射功率设置能够满足广播信道全小区覆盖的要求。

小区内业务信道发射功率的计算可采用与计算 DwPCH 相似的公式,即

$$P_{TCH} = \max(L_{P,m} - G_T - G_R, L_{P,min}) + \text{衰落余量} + \text{移动台接收机灵敏度}$$

这样,在 TS0 时隙,基站的总发射功率  $P_{total} = P_{BCH} + MP_{TCH}$ , ( $M$  为 TS0 时隙当中的激活业务信道数)。随小区业务负荷增加,  $M$  的数值相应增加。TS0 时隙当中,寻呼信道+业务信道的情况,因为寻呼信道也应该满足全小区覆盖的要求,所以在仿真当中寻呼信道的发射功率取值与广播信道相同。在这种情况下,寻呼信道+业务信道与广播信道+业务信道仿真结果相同。

### 2.3 正常业务时隙有 2 种可能的情况

下面以 TS4 为例,其就有 2 种可能的情况。

(1) 正常业务时隙内所有码道都用于传送语音,这时来自相邻小区的干扰就为相邻小区业务信道对本小区业务信道的干扰,同时考虑到一个时隙内最多容纳 16 个码道,所以在某一时刻来自相邻小区的干扰用户数最大为 16。在仿真的过程当中,小区内每个业务信道的发射功率的计算,采用与 TS0 时隙当中计算业务信道发射功率相同的公式,得到基站总发射功率为:

$$P_{total} = M \times P_{TCH}$$

$$P_{TCH} = \max(L_{P,m} - G_T - G_R, L_{P,min}) +$$

阴影衰落余量 + 移动台接收机灵敏度

其中阴影衰落余量为 10 dB;移动台接收机灵敏度为 -108 dBm;  $M$  为正常业务时隙中激活业务信道数。

(2) 正常业务时隙内包含寻呼信道+业务信道。在 TD-SCDMA 中,寻呼信道映射到物理信道 SCCPCH 中,而 SCCPCH 总是成对使用的 (SCCPCH1, SCCPCH2),即要占用一个时隙当中的 2 个码道,所以正常业务时隙中包含了寻呼信道时,可支持的业务信道数最大为  $16 - 2 = 14$ 。寻呼信道+业务信道的情况与 TS0 中寻呼信道+业务信道情况相同。基站总发射功率:

$$P_{total} = N_p P_{pch} + MP_{TCH}$$

其中  $N_p$  为激活的寻呼信道数,并暂定为 1;  $M$  为一个时隙内激活的业务信道数。

## 3 仿真结果与分析

### 3.1 仿真假设及其主要参数设置

在仿真时作了如下 7 方面的仿真假设。

(1) 邻近小区的干扰考虑来自邻近 18 个小区的下行链路干扰。

(2) 只考虑话音信道。

(3) 不同小区同步,并且不同小区之间在收发时保持时隙对准,即本小区的 TS0 时隙对准相邻小区的 TS0 时隙,本小区的 TS1 时隙对准相邻小区的 TS1 时隙,其他时隙以此类推。

(4) 考虑 TD-SCDMA 系统在对称业务的情况之下,可以有 4 个下行时隙,同时扩频因子为 16,除去 PCCPCH1 和 PCCPCH2,那么系统最多可用业务信道为 62。

(5) TD-SCDMA 下行链路考虑 4 种信道:导频信道、广播信道、寻呼信道、业务信道。

(6) TD-SCDMA 中导频信道的发射功率与广播信道的发射功率相同,它们都必须要保证对服务小区的覆盖,即  $P_{DwPCH} = P_{BCH}$ 。

(7) 对小区业务负荷的计算,所采用的公式:业务负荷 = 呼叫率 × 呼叫持续时间。在仿真当中通过改变呼叫率(单位时间内移动台发起的呼叫次数)来改变小区的业务负荷。

仿真主要参数设置见表 1。

表 1 仿真主要参数  
Tab. 1 Parameters for the downlink simulation

生成小区数	36	小区半径	1 km
移动台最大速度 (km/h)	50	移动台最低速度 (km/h)	5
呼叫最长持续时间(s)	240	呼叫最短时间(s)	30
小区最大可用信道数	62	实时测量时间间隔(s)	5
呼叫平均间隔时间(s)	0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.5, 0.8, 1.0		

### 3.2 仿真结果

根据上述仿真假设和参数设置,采用 Bones 系统仿真软件我们得到如下 3 个仿真结果。

(1) 在下行导频时隙 (DwPTS) 中,来自相邻小区的干扰值不随小区业务负荷变化而变化,保持在一个稳定的数值上,即  $I_{OC} = -81.6297$  dBm;

(2) 在 TS0 时隙中,在来自邻小区的干扰为广播信道+业务信道干扰时,仿真结果见图 2。

图2中的mean burden是以一个时隙当中最多容纳16个用户为标准,比如说图2中的mean burden为1时,表示一个时隙当中容纳了 $16 \times 1 = 16$ 个用户,Mean burden为1表示这时负荷达到100%(16个用户)。以此类推,当mean burden为0.5时,代表这时负荷达到50%,这时一个时隙当中容纳 $16 \times 0.5 = 8$ 个用户。

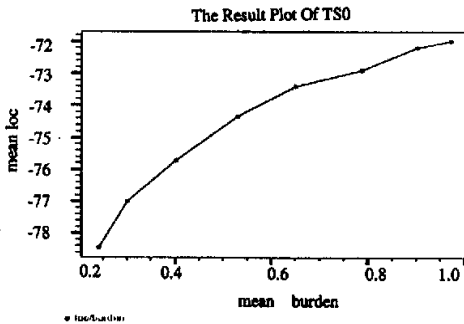


图2 TS0时隙下行干扰变化曲线  
Fig. 2 Simulation results of downlink interference in TS<sub>0</sub>

(3)在正常业务时隙中,当来自邻小区干扰为纯业务信道干扰时,得到仿真结果如图3所示。图3中的横坐标mean burden的意义与TS0时隙仿真曲线图中mean burden的意义相同。

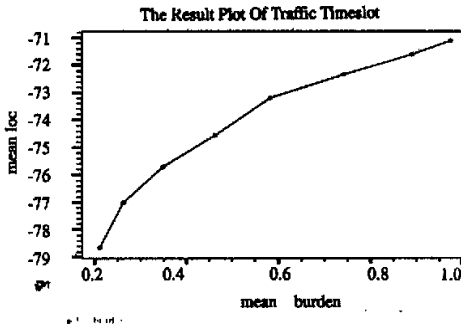


图3 正常业务时隙下行干扰变化曲线  
Fig. 3 Simulation results of downlink interference in the traffic time slot

### 3.3 仿真结果分析

综合图2和图3可以作出如下3种分析。

(1)在下行导频时隙(DwPTS)中,来自相邻小区的下行链路干扰仅由相邻小区下行导频信号引

起,且下行导频信道功率保证全小区覆盖,与小区业务负荷无关,反映在数值上 $I_{oc}$ 的值在 $-84.6297$  dBm左右,干扰较低,且在不同的小区半径条件下得到的 $I_{oc}$ 值相差不大。

(2)在TS0时隙中,来自相邻小区的下行链路干扰由相邻小区的业务信道+广播信道或业务信道+寻呼信道引起,并且随着相邻小区业务负荷的增加, $I_{oc}$ 的数值也相应地增加。这时来自相邻小区的干扰比在下行导频时隙时的干扰要大,反映在数值上, $I_{oc}$ 最大达到 $-71$  dBm左右,不同小区半径条件下得到的结果基本相同。

(3)在正常业务时隙中, $I_{oc}$ 随相邻小区负荷增加而增大,最大在 $-71$  dBm左右。

## 4 总结

本文通过仿真,分析了在3种不同时隙、不同业务负荷的条件下,TD-SCDMA系统中来自邻小区下行链路干扰数值的变化情况。对小区间干扰的分析,将为优化未来网络的容量以及性能提供了有价值的参考。

### 参考文献

- [1] TS25 123—410, 2001. Requirements for support of RRM (TDD)[S].
- [2] TR25 942—400, 2001. RF System Scenarios [S].
- [3] TR25 945—411, 2001. RF requirements for 1.28 Mcps UTRA TDD option[S].
- [4] KYOUNG Il Kim. CDMA 系统设计与优化[M]. 刘晓宇,杜志敏译.北京:人民邮电出版社,2000.
- [5] JHONG Sam Lee, LEONARD E Miller. CDMA 系统工程手册[M]. 许希斌,周世东,赵明等译.北京:人民邮电出版社,2001.

(编辑:龙能芬)