

摘要 干扰排除是移动网络优化的重要课题。TD-SCDMA 系统的干扰种类繁多，系统本身特有的干扰因素也很多。严重时将大大制约 TD-SCDMA 系统的性能。首先分析了 TD-SCDMA 系统内和系统间的各种干扰及其成因，之后讨论了各种场景下的干扰优化。

1、引言

TD-SCDMA 系统的干扰一般来自两个方面，

一方面是使用同一 CDMA 无线频带的移动台和基站造成的干扰，称为自干扰^[1]；

另一方面是 CDMA 相邻频带或模拟系统单元所造成的干扰。其中，工作在同一 TD-CDMA 无线频带的单元造成的干扰影响最大，所以一般称 TD-CDMA 系统为自干扰系统。这种自干扰正是限制 CDMA 系统的主要因素。

一个小区的全部干扰是各种干扰的总和：

$$I_{TOT}=I_{OWN}+I_{OTHER}+P_N+T$$

其中， I_{TOT} 指本小区的全部干扰， I_{OWN} 指本小区用户的自干扰， I_{OTHER} 指小区之间的干扰，即邻小区用户的干扰， P_N 指接收机的背景噪声， T 指外部其它各种干扰总和。处理干扰的办法主要有基本技术类方法和工程建设类方法。频点规避、清频、频段外的干扰排除等也是常用来处理干扰的方法。

2、TD-SCDMA 干扰分析

TD-SCDMA 的干扰分为系统内和系统外干扰。系统内干扰又分为小区内和小区间干扰。系统外干扰包括各种移动通信之间的干扰，以及由于天气气候、地理环境等众多因素造成的干扰。

2.1 TD-SCDMA 系统内干扰

系统内干扰是指 TD-SCDMA 系统中，各个无线网元之间、逻辑单元之间特有的干扰。根据 CDMA 系统的特点并结合 TDD 特点，TD-SCDMA 系统的小区内干扰主要包括：因码分多址引起的多址干扰（MAI）和符号间干扰；因帧信号不同步时，造成控制信道的同频干扰；因时隙不对称引起的交叉时隙干扰；以及上行导频信道干扰。TD-SCDMA 系统小区间干扰主要是指 UE 和基站两两之间的相互干扰。

2.1.1 MAI

MAI 的成因是由于传播多径造成的 OVSF 码道之间达不到理想的正交和同步，使当前的链路上的用户对其链路上的用户造成信号的干扰。MAI 随着用户数量和发射功率的增加而增加。MAI 在上行链路上体现在 UE 对 NB 的干扰，在下行链路上体现在 NB 对 UE 的干扰。

2.1.2 符号间干扰

符号间干扰的成因是时间间隔过小的数据将使检测输出发生时间偏斜,造成解读错误形成的干扰,以及传播多径和衰落引起的抽样失真。符号间干扰是 CDMA 系统的共有干扰。

2.1.3 帧同步失真干扰

可能造成帧同步失真的 TD-SCDMA 同步包括上下行同步、基站同步等。

上行同步失真的成因是来自不同距离的不同用户终端的每帧上行信号不能同步到达基站,用户的伪随机码在到达基站时无法同步,使得各个码道在解扩时不完全正交,从而形成多址干扰,降低了系统的容量和频谱利用率。在 CDMA 移动通信系统中,下行链路因基站的同步而总是同步的,否则系统无法工作。

当基站之间帧信号不同步时,基站之间的帧时隙将造成错位,出现同频干扰。从而引起基站工作不正常。

防止上下行失真必须提高 GPS 的灵敏度;为了保证基站之间帧的同步,需要系统实时修正无线帧的相位,以保证系统中所有基站的帧相位一致。

2.1.4 交叉时隙干扰

交叉时隙干扰的成因是在各个小区族因为业务需求而设置了不同的上下行时隙。如图 1 所示例子,两个小区设置的上下行时隙比例 $UL:DL=2:4$ 和 $UL:DL=3:3$ 。当用户在小区族的边缘切换时,相邻族之间就会造成交叉时隙干扰,损失系统容量。

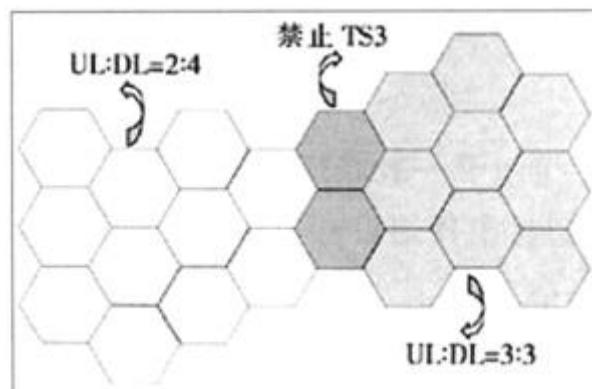


图 1 交叉时隙干扰

同频、异频组网时,交叉时隙干扰可能存在于基站与基站之间、UE 与 UE 之间。

2.1.5 码字干扰

不同码字配置下，当码字互相关性能恶化时，本小区下行业务信道的 RSCP、SNR 以及终端发射功率等测量参数将会增加，小区间的 P-CCPCH 和 DCH 信号可能存在干扰，严重时将会导致终端掉话。另外，还包括“co-PN”干扰和“adjacent-PN”干扰，称为“扰码混淆”干扰。

2.1.6 同频干扰

同频干扰的成因是无用信号的载频与有用信号的载频相同，并对接收同频有用信号的接收机造成的干扰。对于 TD-SCDMA 系统来说，当同一小区处于 N 频点状态时，主载波与辅载波之间同一扇区不同载波的终端对基站存在显著的邻道干扰，如主载波的 RTWP 测量均值明显高于辅载波 RTWP 测量均值等，则为同频干扰。

2.1.7 导频信道干扰

TD-SCDMA 系统的导频信道工作在独立的时隙方面，它的干扰情况与业务时隙不同。导频信道干扰的成因是由于传播时延引起的基站、UE 接收时间的滞后，造成 TS0 时隙超过 Up-PTS 时隙，或 Dw-PTS 时隙超过 TS1 时隙。

在图 2 中，被干扰基站在 GP 和 Up-PTS 时隙内收到了远端基站 1、2、3 的 Dw-PTS 信号（有时甚至是自己发出的 Dw-PTS 的反射信号），形成系统的自干扰。

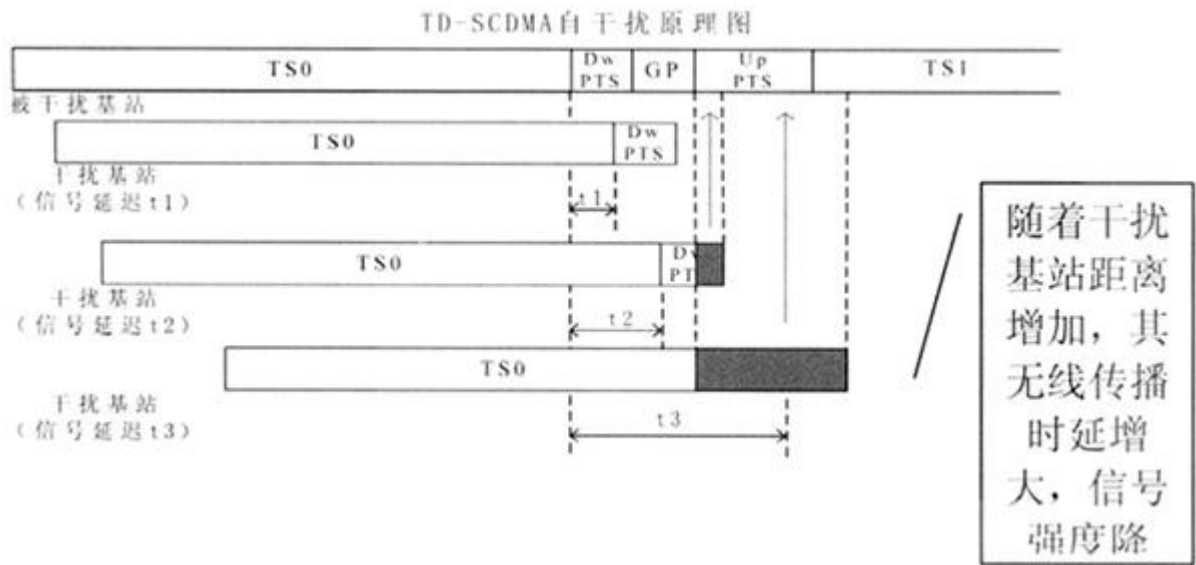


图 2 系统的自干扰

伴随着系统基站的迅速增加，如图 3 所示，小区的外围将递增 $n \times 6$ 个基站。系统的这种自干扰现象将变得非常严重。

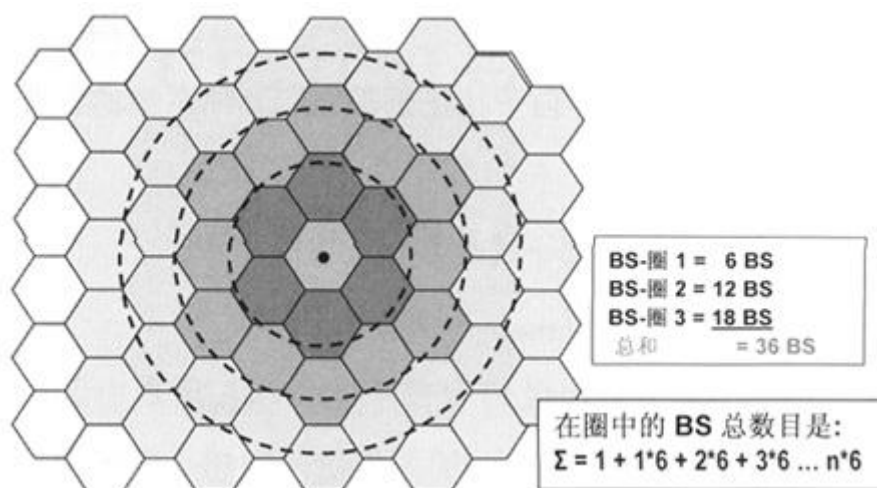


图3 外圈基站数目

2.1.8 小区间干扰

小区间干扰的成因通常是由于两个以上小区在重叠区域或小区由于频率相同、信号频繁切换、信号越区覆盖等因素造成的干扰。与系统间干扰不同之处在于小区间干扰既有系统外干扰的特征，也有小区内干扰的一切特征。当相邻小区采用同一频率时产生的干扰，对于TDD系统来说尤为严重。

2.2 TD-SCDMA 系统间干扰

TD-SCDMA 系统间干扰包括不同通信制式之间的干扰、不同运营商网络之间的干扰等。目前世界上存在的几大通信制式包括WCDMA、CDMA2000、GSM、SCDMA、PHS等，建设后将相互影响，相互干扰，各个系统之间的干扰都是一个重要的课题^[2]。另外，不同运营商同时运营TD-SCDMA网络时，两张网络之间将可能存在严重的同频干扰。

综合来说TD-SCDMA系统间干扰主要有邻频干扰、杂散干扰、互调干扰和阻塞干扰。

2.2.1 邻频干扰

邻频干扰的成因是由于收发设备滤波特性的非理想化导致相邻频道的发射机将信号泄漏到被干扰接收机的工作频带内，影响工作在相邻频道上的被干扰系统。工程上受干扰的大小采用ACIR（邻频道干扰功率比）表示： $ACIR = 1 / (1/ACLR + 1/ACS)$ 。其中ACLR指邻道泄露功率比，ACS指邻道选择性。

2.2.2 杂散干扰

杂散干扰的成因是发射机的谐波或杂散辐射在接收有用信号的接收机通带内造成的干扰。杂散干扰造成接收机噪声基底的增加，从而导致接收机灵敏度降低。杂散辐射是杂散干扰的一个重要指标。

2.2.3 互调干扰

互调干扰的成因是由于系统本身的非线性，导致多载频的合成产生的互调产物落到相邻系统的上行频段，使接收机信噪比下降，主要表现为系统信噪比下降和服务质量恶化。

2.2.4 阻塞干扰

接收弱的有用信号时，受到接收频率两旁、高频回路带内一个强干扰信号的干扰，称为阻塞干扰。前 3 种干扰都是落在被干扰系统接受带宽内，被其接收而恶化通信质量；阻塞干扰则是在被干扰系统接收带宽以外，通过将干扰信号推向饱和而阻碍通信的。

3、TD-SCDMA 干扰优化

干扰问题是 TD-SCDMA 系统中很棘手的优化问题，必须加以解决。对于不同类型的干扰，必须先进行定位，再有针对性地加以排除。

TD-SCDMA 系统内的干扰应在网络建设初期，通过 DT/CQT 等测试，并经过专门的规划和设计来达到网络的满意效果；TD-SCDMA 系统间的干扰与其它系统的排查相同，通过查找、定位外部干扰的步骤和方法来实现^[2]。

3.1 系统内干扰优化

TD-SCDMA 系统内用户的干扰情况决定了系统的容量和性能。由于 TD-SCDMA 系统采用了智能天线（SA）、联合检测（JD）、接力切换、动态信道分配（DCA）等特色技术，明显增强了系统的抗干扰能力，CDMA 系统自干扰的特点已经表现得不再显著。

在进行网络优化时，重点需要优化解决的 TD-SCDMA 系统内干扰问题主要是交叉时隙干扰、导频信道和小区之间的干扰。

3.1.1 交叉时隙干扰的优化

交叉时隙干扰实际上是小区内干扰的一种。由于基站比手机功率大的多，所以造成的干扰不可忽略，因其出现频繁并具有 TD-SCDMA 特色，交叉时隙干扰备受关注。优化时通常采用基于牺牲交叉时隙的策略和基于无线资源管理的时隙策略。更进一步，可以采用时隙互换策略和时隙间的业务交换策略^[3]。

在进行工程优化时，需要综合考虑到各小区的业务特点，尽量保持时隙比例一致。若确实有业务需要，也应该保证时隙牺牲最小，并使之处于低业务地区。

3.1.2 导频信道干扰的优化

导频信道干扰的优化是采用 UpPCH shifting 技术。UpPCH shifting 所解决的主要问题是当远端 NB 的下行发射信号对目标 NB 的干扰足够强，而且干扰持续时间能达到 UpPTS 时隙，此时该 NB 内的用户随机接入就会出现接入失败问题，即只有距离 NB 非常近的用户才有可能接入到网络中，其它用户的 SYNC-UL 都将被淹没在噪声之内，导致该小区基本上被 block 掉，既不能发起接入，也不能接受硬切换。当干扰存在时，如果可以把 UpPCH 后移到其他时隙，则可以大大缓解远端 NB 对目标 NB 的干扰，保证该小区能够正常接入和切换。

3.1.3 小区间的干扰优化

小区内干扰是系统内最复杂、最具有综合特点的干扰。目前，国内外针对小区内消除干扰的方法众多^[4~7]，基本原则是保证各小区，包括 HSDPA 独立组网或重叠组网的小区业务能和谐发展。

3.1.4 码字干扰的优化

码字干扰主要存在于 P-CCPCH 和 DCH 信号之间。解决 P-CCPCH 和 DCH 信号干扰的可行办法是进行严格的码字规划，需要借助专门规划软件进行。处理好“扰码混淆”干扰的原则其一是保证存在相关值为 0 的小区之间有足够的 PN 偏置，其二是保证存在互相关值为 1 的小区扰码之间有足够的空间距离，保证本小区的 S/I 足以满足条件。

3.1.5 其它各种系统内干扰优化

解决 MAI 通常是通过 TD-SCDMA 系统的联合检测技术和智能天线技术、动态信道分配的结合来实现。也可以在原来的正交可变扩频因子码基础上，产生另一组正交可变扩频因子码，简称 N-OVSF 码；当码资源不足，已无其他码可以分配的时候，以新变化产生 N-OVSF 码，作为新增用户的扩频码，以缓解码资源的不足。

符号间干扰的抑制主要是采用基于 Midamble 码的信道估算方法和升余选滤波器方法。

解决同频干扰的主要手段是通过频点的设置，使相邻多频点小区处于异频。对于点频点小区，通常通过降低发射功率的方式约束。

3.2 系统间干扰优化

系统之间存在干扰非常复杂，是网络优化的主要问题。为了达到一定的空间隔离度，满足施工要求，干扰站和被干扰站之间应满足一定的空间隔离距离。优化时应该从邻频干扰杂散干扰、互调干扰、阻塞干扰等角度进行详细分析。TD-SCDMA 采用 2010~2025 MHz 频段时，与其它设备的空间隔离要求，如表 1 所示。

表 1 TD-SCDMA 与其它设备的空间隔离要求

系统类型	TD-SCDMA 系统 要求其他通信 系统	其他通信系统 要求 TD-SCDMA 系统	综合数值取定
GSM/DCS	31	33/86*	33
CDMA800	37/99*	37/112*	37
WCDMA	39	39	39
CDMA2000	39	39	39
注：*表示：产品指标的一般值/规范值。			

当单纯依靠空间隔离没有办法在工程上实现时，为避免系统间干扰，在具体设计中可考虑采取以下措施：调整干扰基站发射天线的下倾角或主瓣水平方向角度；降低干扰基站的发射功率；在接收或发射端加装高性能滤波器。

在网络实际部署前，还应该对各种干扰情况和相关的保护带进行实际测试，所得到的大量数据将为实际频率规划提供参考依据和指导。同时，还应参考成熟网络运营经验，使有限的频率资源得到更充分的利用。

4、结论

论文仔细探讨了各种干扰尤其是系统内干扰的成因，并详细分析了相应优化办法。事实上，TD-SCDMA 系统的干扰优化还需要进行不断的摸索实践。通过仿真分析和实际规模网络的一步测试验证，并在长期的运营过程中分析问题，解决问题，来达到优质国产网络的目的。下一步的研究重点将是探讨引入 HSDPA/HSUPA 后的干扰影响和工程优化。

本文对从事 TD-SCDMA 网络的规划设计、网络优化等专业人员也有一定的借鉴作用。

在北京中关村区域中有一个站点，其附近的站点重选不到该扇区，然而可以切换到该扇区，最后发现该扇区的 upPCH 被调整到了 30，而默认值应该是 0。如果是 30 的话那么 upPCH 就在 TS2 上了，而目前的 TD 终端最多 upPCH 偏移到 TS1 上，因而手机无法搜索到 upPCH 而无法进行小区重选。