

TD-SCDMA 软频复用 (TFFR) 算法原理

鼎桥 TFFR 解决方案助力提升 TD-SCDMA 网络 KPI

王亮 欧阳明光

同频干扰问题是制约 TD-SCDMA 系统性能提升的关键难题。如何在有限的频率资源配置前提下,尽量减少 TD-SCDMA 系统中相邻小区间的同频干扰程度,是 N 频点 TD-SCDMA 系统组网必须考虑的关键技术之一。

目前在 N 频点组网的情况下仍然存在同频干扰,在没有引入合理的专用业务信道同频干扰抑制技术的 TD-SCDMA 系统中,同频干扰将导致的网络 KPI 的严重下降。在引入 TFFR 算法后, KPI 能够得到有效改善,尤其是在同频干扰严重的小区切换带区域, TFFR 能够通过算法降低甚至消除小区间的同频干扰带。当负载达到一定程度时,对于小范围移动或静止的用户,网络侧根据 TFFR 算法将其驻留在不同的载波,降低相互间的同频干扰;对于移动用户,通过 TFFR 算法,能够实现小区切换完全异频,有效隔离同频干扰,网络 KPI 有明显提升。

N 频点 TD 系统存在同频干扰

TD-SCDMA 系统正在走向商用,并在多个城市组网测试。所以 TD-SCDMA 系统引入了 N 频点结构很好地解决了 TD-SCDMA 系统中公共信道干扰的问题,使得系统性能得到大幅度的提高。N 频点小区即一个小区有 N 个连续载频,但其中只有一个作为主载波(具有完整的公共信道),另外的 N-1 个频点主要作为承载业务的载频,称为辅载波。主、辅载波使用相同的扰码和基本 Midamble 码,同一个用户的上下行通常配置在同一频点。各辅载波的 TS0 不使用,主、辅载波上下行切换点一致。N 频点小区实际是一个逻辑小区,但在无线资源上多了一维频率参数,在增加无线资源管理(RRM)的灵活性的同时也带来了组网技术的复杂度。

虽然 TD-SCDMA 系统引入 N 频点技术,可以解决公共信道干扰的同频干扰问题,但是该技术并没有对用户的专用信道同频干扰问题进行优化,因此理论分析和实际测试结果都表明 N 频点小区的组网存在比较严重的业务信道的同频干扰问题,在此框架下即使主载波异频,也不能避免辅载波与各个邻区的主辅载波异频,这样在小区边界处存在比较严重的同频干扰,如图 1 所示。在相邻小区间的相同频点间,终端用户的专用业务信道之间还是会存在比较严重的同频干扰问题,比如小区 A 和 B 之间的 F1 工作频点上的两个处于小区切换带的两个用户间就存在比较强的同频干扰问题,将导致用户的服务质量的严重下降和网络 KPI 指标的严重恶化。同样道理在小区 B 和小区 C 在工作频点 F2,以及小区 C 和小区 A 在工作频点 F3 都有可能存在比较强的同频干扰。

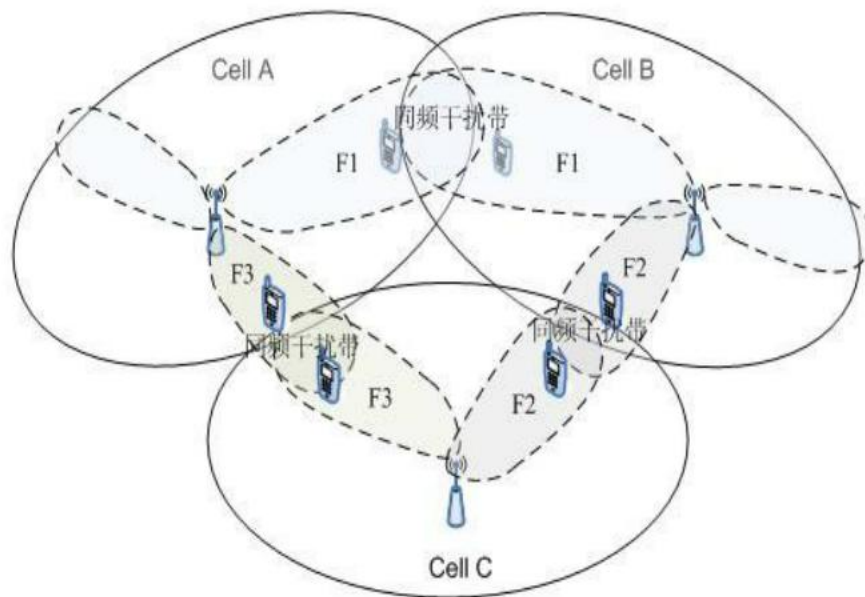


图 1 N 频点组网结构下，TD-SCDMA 系统业务信道同频干扰示意图

在 CDMA 系统中，同频干扰是一个比较关键的问题。解决了同频干扰问题，对于提升 CDMA 系统的容量、网络 KPI 水平具有重要的意义。尤其在 TD-SCDMA 系统中，同频干扰的危害更为严重，由于 TD-SCDMA 系统使用较短的伪随机码，因此小区间干扰不能被简单的看成白噪声，干扰的一致性较差，对无线链路的影响大于同等功率的白噪声，所以要提升 TD-SCDMA 网络 KPI，降低同频干扰就尤为关键。N 频点组网提供了通过无线资源分配策略调整频点间同频干扰的可能，如果充分利用将为系统带来好处。软频率复用技术（TFFR）可以达到降低同频干扰的目的。

动态频率复用技术 TFFR

对于 TD-SCDMA 系统，由于采用了下行同步、上行同步、智能天线和联合检测等增强技术，可以有效地降低和抑制小区内的同频干扰。小区间的同频干扰在现有技术基础上，却无法得到有效控制，而小区间同频干扰最严重的区域为小区的边沿，尤其是两小区之间的切换带内。基于动态频率复用的 TFFR 算法，正是为了有效抑制小区间同频干扰，尤其是小区间切换带内的同频干扰而设计的，可以有效提升 TD-SCDMA 系统的网络性能。

TFFR（TD-SCDMA Flexible Frequency Reuse，TD-SCDMA 软频率复用）算法在 N 频点的架构和有限的载波资源条件下，为了减少小区之间的同频干扰，考虑通过网络侧的算法为小区内不同终端选择不同的驻留载波。通过软频率复用技术设置小区内切换带，即主载波和辅载波间的切换带。网络侧根据终端上报的测量报告，动态调整终端的工作频率，使得处在小区边缘的终端尽量工作在主载波上，处在小区中心区域的终端尽量工作在辅载波上，因此尽量保证处于小区间的终端尽量工作在异频环境，从而起到降低同频干扰的效果。

动态频率复用技术保留 N 频点的基本特性，即将公共信道只配置在 N 频点的主载波上。N 频点主载波全网连续覆盖，是小区边缘用户的服务载波，相邻小区的主载波尽量保证相互异频。N 频点小区的其余频点为辅载波，是小区中心区域的服务载波。

如图 2 所示：

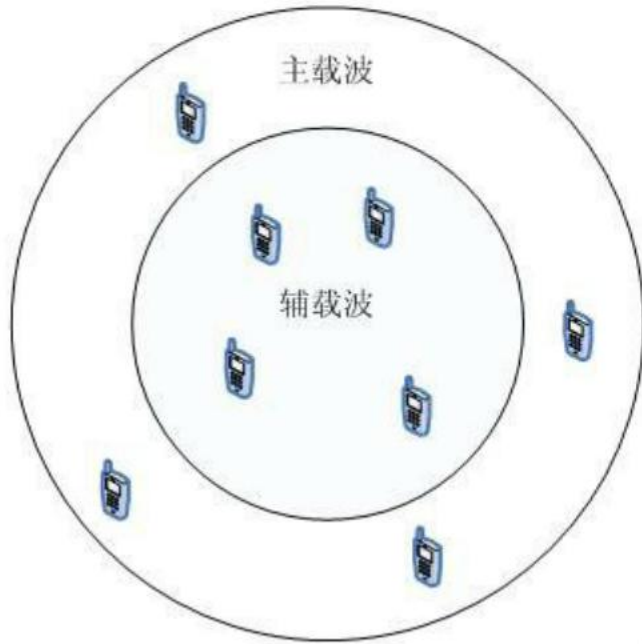


图 2 N 频点 TD_SCDMA 系统动态频率复用方案示意图

TFFR 算法通过网络侧无线资源管理算法在相邻小区的覆盖边界处实现一个“同频隔离带”，最大限度地降低同频干扰。网络侧对 UE 驻留载波进行动态选择，与邻区同频点的相互干扰大大降低；保证小区间的切换尽量是异频切换，提高切换成功率，同时能明显提高网络负载较高时的服务质量。

同时 TFFR 算法通过动态调整同频隔离度，考虑了不同载波间的负荷均匀问题，确保不出现负荷不均的问题，即力求同频干扰抑制效果和小区负荷均匀两个优化目标的均衡。当主载波负载较高时，UE 移动时 RNC 将不再将 UE 切到主载波，而是保持业务直到小区边界后，直接将其切换到邻区，所以又称为“软覆盖算法”。因此在最坏情况下，用户业务集中在主载波上时，软覆盖算法对同频干扰抑制效果最差，此时网络容量、掉话率等性能仍然与关闭 TFFR 软覆盖算法时的网络性能相当。

N 频点组网策略下的 TFFR

在 N 频点框架下采用了主载波异频，但仍然存在两个小区的辅载波同频或者某个小区的辅载波与邻区的主载波同频的情况，为了分别得出辅载波之间的同频干扰程度和辅载波与主载波之间的同频干扰程度，以及在这两种场景下 TFFR 算法所能提升的性能，可以使用以下两种频率配置方案，如图 3、图 4 所示，每个小区内第一个为主载波其余为辅载波。

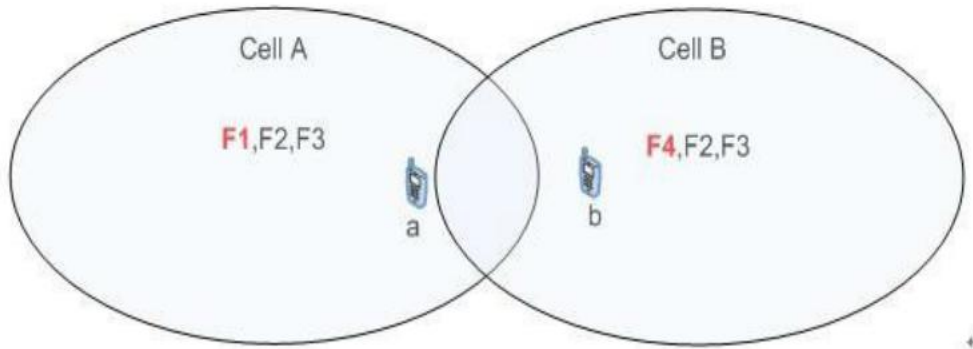


图 3 主载波异频，辅载波同频场景下 TFFR 示意图

如图 3 所示，相邻小区主载波异频，辅载波同频，可能会出现如下的情况，在 A 小区边缘的用户 a 很可能驻留在 F2 上，与此同时，B 小区边缘的用户 b 可能驻留在 F2 上。如前文描述，此时用户 a 和 b 之间构成了同频干扰，如果类似 a、b 这样的用户不止两个，则在小区边缘形成很强的同频干扰带，造成网络 KPI 急剧恶化。当打开 TFFR 功能后，网络侧根据 UE 的测量判决小区边缘的用户工作在异频载波，如用户 a 工作在 F1，用户 b 工作在 F4，同频干扰带不复存在，抑制了同频干扰。

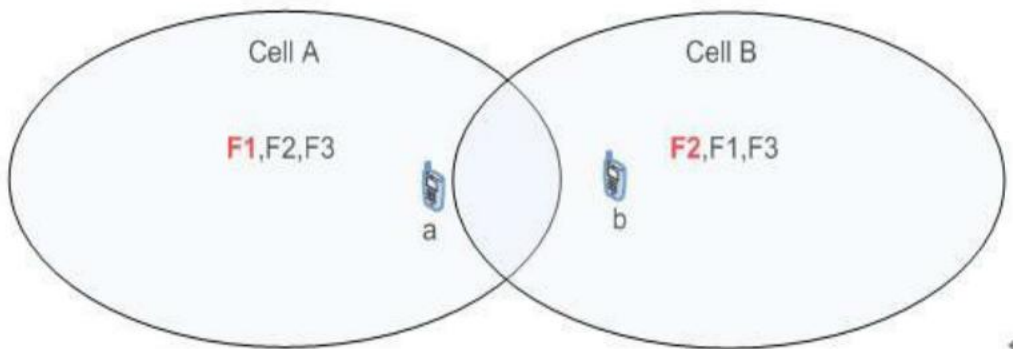


图 4 主，辅载波交替配置场景下 TFFR 示意图

如图 4 所示，相邻小区“主辅载波频点互配”，即 A 小区的主载波频点为 B 小区的辅 1 载波频点，B 小区的主载波频点为 A 小区的辅 1 载波频点，在这种频率配置下小区边缘的用户 a 和 b 很可能工作在同一个频点下，如 F1，此时同频率配置方案 1，小区边缘形成同频干扰带造成网络 KPI 恶化。当打开 TFFR 功能后，网络侧判决小区边缘的用户工作在异频载波，如用户 a 工作在 F1，用户 b 工作在 F2，起到抑制同频干扰的效果。

对于移动用户，同频干扰较强下发生小区切换时，由于切换用户发射功率的抬升引起目标小区用户发射功率抬升，对源小区用户干扰增大，使得源小区用户发射功率进一步提高，反过来又导致目标小区干扰增大，在这种相互作用下，当功率的抬升不足以补偿路损及干扰的影响就会导致切换用户掉话。当 TFFR 算法打开之后，网络侧根据算法在相同载波之间形成一个“同频隔离带”，主辅载波间的切换在小区内完成，而在小区切换发生时，只会存在异频切换，这样就避免了同频干扰带来的切换失败的隐患。

