

LTE 干扰抑制极简载波的研究

Research on LTE Lean Carrier for Interference Suppression

王科¹,杨宗林²,袁满¹(1. 中国联通山东分公司,山东 济南 250000;2. 中国联通济南分公司,山东 济南 250013)

Wang Ke¹,Yang Zonglin²,Yuan Man¹(1. China Unicom Shandong Branch,Jinan 250000,China;2. China Unicom Jinan Branch,Jinan 250013,China)

摘要:

LTE 极简载波功能可减少参考信号的发射,利用有限的频谱资源减少小区间的干扰,提升高阶调制的占比和数据传输速率,改善用户感知。同时,合理设置寻呼密度参数,使降低网络干扰和提高寻呼成功率之间达成平衡。

关键词:

干扰抑制;极简载波;寻呼容量;速率提升
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.09.015
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
文章编号:1007-3043(2019)09-0071-03

Abstract:

LTE lean carrier reduces transmission of cell reference signals. It can reduce interference between communities by using limited spectrum resources, enhance the ratio of high-order modulation and improve UE throughput users' experience. At the same time, paging density parameters are set reasonably to achieve a balance between reducing network interference and improving the paging success rate.

Keywords:

Interference suppression; Lean carrier; Paging capacity; Throughput improvement

引用格式:王科,杨宗林,袁满. LTE干扰抑制极简载波的研究[J]. 邮电设计技术,2019(9):71-73.

0 引言

国内LTE网络频谱资源有限,为了提高频谱利用率、提升网络容量,运营商在组网时一般会采用频率复用方案,由于热点区域基站密度的增加,将导致LTE同频小区间的干扰增加。传统LTE干扰抑制技术主要包括干扰随机化、干扰消除、频选调度、小区间干扰协调等方式。中国联通引入极简载波功能,将5G干扰消除理念应用到LTE网络中,并在实践中进行验证。

1 极简载波原理

LTE终端需要小区参考信号才能工作,3GPP Rel 8版本定义:即使在小区没有业务需求的情况下,参考信号在所有子帧、所有时间和所有PRB上连续发射^[1]。

过多的参考信号发射,导致同频小区间的干扰,限制了网络的性能,尤其会影响高阶调制时的下行速率。极简载波引入LTE后,参考信号只在需要的时间和PRB上发射^[1]。

但仍有3种情形,小区参考信号CRS保持发射。

- 保障UE测量CRS获得同频和异频RSRP信息,小区频域中间的6个RB上的CRS一直发射。
- UE读取SIB消息获得小区配置和控制消息,在SIB传输子帧上,全带宽的CRS保持发射。
- 在寻呼子帧和下一个子帧上,保持全频率的CRS信号发射。

2 极简载波参考信号分析

2.1 CRS映射规则

小区参考信号序列,根据3GPP TS 36.211第6.10节定义为 $r_{l,n_s}(m)$:

收稿日期:2019-06-28

$$r_{l,n_s}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2c(2m)) + j\frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2c(2m + 1)) \quad (1)$$

式中:

n_s ——1 个无线帧中的时隙索引

l ——1 个时隙内 OFDM 符号的索引

m —— $m = 0, 1, \dots, 2N_{RB}^{max,DL} - 1$

小区参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 根据公式映射到天线端口 p , 时隙 n_s 时为复值调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$, 并且依据如下公式计算:

$$a_{k,l}^{(p)} = r_{l,n_s}(m') \quad (2)$$

式中:

l ——一个时隙内 OFDM 符号的索引,

$$l = \begin{cases} 0, N_{\text{ymb}}^{DL} - 3 & p \in \{0, 1\} \\ 1 & p \in \{2, 3\} \end{cases}$$

m —— $m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB}^{DL} - 1$

m' —— $m' = m + N_{RB}^{max,DL} - N_{RB}^{DL}$

k ——子载波的偏移位置, $k = 6m + (v + v_{\text{shift}}) \bmod 6$, 变量 v 为不同参考信号在频域的位置, v_{shift} 为小区特定频域偏移:

$$v = \begin{cases} 0 & p = 0, l = 0 \\ 3 & p = 0, l \neq 0 \\ 3 & p = 1, l = 0 \\ 0 & p = 1, l \neq 0 \\ 3(n_s \bmod 2) & p = 2 \\ 3 + 3(n_s \bmod 2) & p = 3 \end{cases}$$

$$v_{\text{shift}} = N_{ID}^{\text{cell}} \bmod 6$$

在相同时隙, RE (k, l) 用作小区特定参考信号传输时, 其他天线端口的同一位置不能用作传输, 且设置为 0。

2.2 寻呼容量计算

寻呼消息所占的频域资源是由 P-RNTI 加扰的 PDCCH 指定的, 而在时域上, UE 只会在寻呼周期内的某个特定无线帧 PF 的特定子帧 PO 上去尝试接收 paging 消息^[4]。

开启 DRX 时, 不同的 UE 在每个寻呼周期内只有一个子帧是可以用来发送 paging 消息的。

与 PF 和 PO 相关的 2 个参数是 T 和 nB , 这 2 个参数由系统消息 SIB2 通知 UE, 根据式 (3) 和式 (4) 使用 IMSI 计算出 PF 和 PO 的具体位置后, UE 开始监听相应子帧的 PDCCH, 如果发现有 P-RNTI, 则根据 PDCCH 指示的 RB 和调制编码方式, 从同一个子帧的 PDSCH 上

获取寻呼消息。如果寻呼消息含有该 UE 的 UE_ID, 则发起寻呼响应, 否则, 在间隔 T 个无线帧后继续监听相应子帧的 PDCCH^[5-6]。

PF 系统帧可以通过下述公式计算:

$$\text{SFN} \bmod T = \left(\frac{T}{N}\right) \times (\text{UE_ID} \bmod N) \quad (3)$$

式中:

T ——UE 最终使用的非连续接收周期, 涉及参数为 defaultPagingCycle, 默认设置为 128 个无线帧, 如果 DRX 周期小于该值, 则覆盖替换 T 时长为 DRX 周期

nB —— $4T, 2T, T, T/2, T/4, T/8, T/16, T/32$ 。 nB 的设置表征子寻呼密度, 决定了每个 PF 无线帧中 PO 的个数和位置。 nB 的值设置的越小, 即每个无线帧中用于寻呼的子帧越少, 因此 nB 的设置决定了系统的寻呼容量^[5]

N —— $\min(T, nB)$

N_s —— $\max(1, nB/T)$

UE_ID—— $\text{IMSI} \bmod 1024$, $\text{IMSI} = 46xxxx$ ($\text{digit}1 = 4, \text{digit}2 = 6$), 46 是十进制数

PO 系统子帧可以通过如下公式计算:

$$i_s = \text{floor}(\text{UE_ID}/N) \bmod N_s \quad (4)$$

表 1 给出了 FDD 模式下寻呼子帧映射关系。

表 1 FDD 模式下寻呼子帧映射关系

N_s	当 $i_s=0$ 时 PO 值	当 $i_s=1$ 时 PO 值	当 $i_s=2$ 时 PO 值	当 $i_s=3$ 时 PO 值
1	9	-	-	-
2	4	9	-	-
4	0	4	5	9

如果每个 PO 寻呼子帧只发送一个寻呼消息, 最多携带 16 个 UE_ID, 寻呼容量为每秒可以发送的最大寻呼数目, 可以推算为每个寻呼指示中的 UE_ID × (1 个非连续寻呼周期中的无线帧 × 1 个无线帧中的寻呼指示数) / 非连续寻呼周期 = $16 \times (N \times N_s) / \text{DRX}$, 在开启极简载波功能时需要考虑寻呼密度的设置。

3 极简载波应用分析

3.1 测试效果对比

选择连片区域对比极简载波功能开启前后指标情况, 定点测试选择好、中、差点, 测试选择差点: $\text{SINR} < 5 \text{ dB}$ 、中点: $\text{SINR} > 5 \text{ dB}$ 且 $\text{SINR} \leq 15 \text{ dB}$ 、好点: $\text{SINR} > 15 \text{ dB}$ 。通过验证下行 SINR、上下行业务速率和高阶调制情况, 测试结果如图 1 所示。

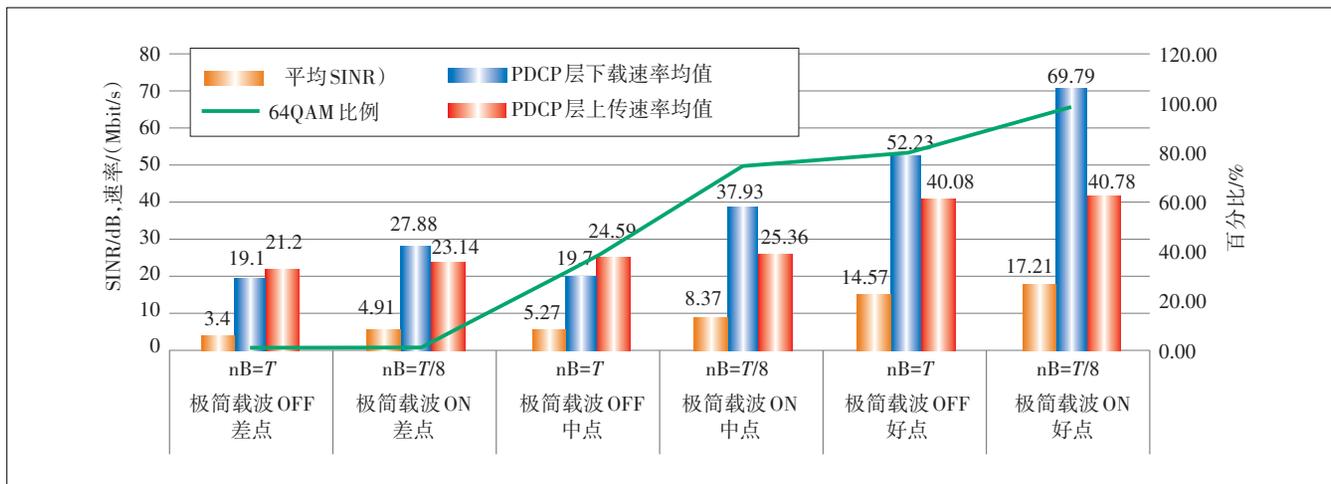


图1 极简载波开启前后指标对比

差点、中点、好点测试：SINR 分别有 44%、59%、18% 提升，下载速率分别有 46%、92%、33% 提升，上传速率分别有 9%、3%、1.7% 提升，高阶调制 64QAM 占比，差点无明显提升，中点和好点分别有 40% 和 20% 的提升。

3.2 寻呼密度分析研究

极高话务区域选择某工业园区，其中最忙小区 PRB 利用率高达 99%，属于典型极高话务场景。高话务场景开启极简载波功能时，不同 nB 参数的设置对寻呼的影响如图 2 所示，当 nB 设置为 T/8 和 T/4 时出现寻呼丢弃，nB 为 T 时，寻呼正常。因此建议高负荷区域 nB 设置为 T。

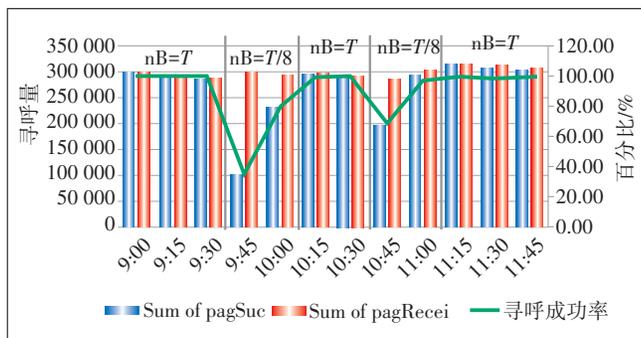


图2 极高话务 nB 设置对寻呼的影响

在中低负荷的区域，开启极简载波功能时，如图 3 所示，当 nB 设置为 T/16 时，片区出现寻呼丢弃。当 nB 设置为 T/8，寻呼正常。因此建议中低负荷区域 nB 设置为 T/8。

4 结束语

极简载波功能的应用将极大地对干扰进行抑制、

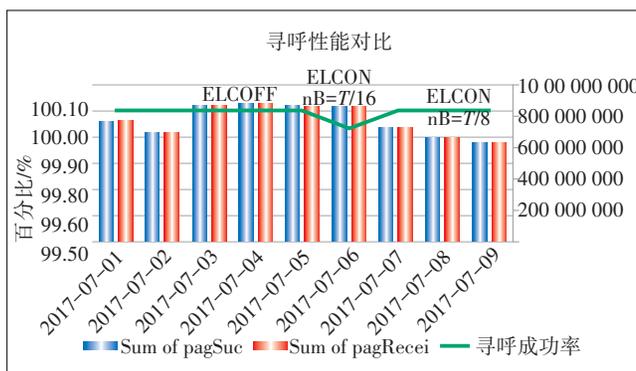


图3 中低话务 nB 设置对寻呼的影响

提升高阶调制的占比、改善整体网络性能、提高用户感知。同时，针对现网不同负荷情况对寻呼容量参数进行调整，实现了降低网络干扰和保障寻呼性能的平衡，这对高话务、高干扰区域优化有一定借鉴意义。

参考文献：

- [1] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (EUTRA); Physical channels and modulation: 3GPP TS36.211 [S/OL]. [2018-09-27]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [2] User Equipment (UE) procedures in idle mode: 3GPP TS 36.304 [S/OL]. [2018-09-07]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [3] DAHLMAN E, PARKVALL S, SKOLD J. 4G 移动通信技术权威指南[M]. 2版. 北京:人民邮电出版社, 2015.
- [4] 何二朝, 张慧丽, 刘毅. LTE 网络寻呼机制及寻呼容量分析[J]. 数据通信, 2014(1): 6-8.
- [5] 赵建军, 张光辉, 郭致毅. LTE 系统的寻呼机制及寻呼时延和容量的浅析[J]. 移动通信, 2012, 36(4): 58-62.

作者简介：

王科, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动网络优化相关工作; 杨宗林, 工程师, 硕士, 主要从事移动网络优化相关工作; 袁满, 高级工程师, 学士, 主要从事移动网络优化相关工作。