

第十六课：LTE 网络规划

一、LTE 网络规划的目标与流程

1、LTE 网络规划的目标和思想

LTE网络规划设计目标是指导工程以最低的成本建造符合近期和远期话务需求，具有一定服务等级的移动通信网络。具体地讲，就是要达到服务区内最大程度时间、地点的无线覆盖，满足所要求的通信概率；在有限的带宽内通过频率再用提供尽可能大的系统容量；尽可能减少干扰，达到所要求的服务质量；在满足容量要求的前提下，尽量减少系统设备单元、降低成本。

无线网络规划主要指通过链路预算、容量估算，给出基站规模和基站配置，以满足覆盖、容量的网络性能指标以及成本指标。网络规划必须达到服务区内最大程度无缝覆盖；科学预测话务分布，合理布局网络，均衡话务量，在有限带宽内提高系统容量；最大程度减小干扰，达到所要求的QoS；在保证话音业务的同时，满足高速数据业务的需求；优化天线参数，达到系统最佳的QoS。

网络规划是覆盖（Coverage）、服务（Service）、和成本（Cost）三要素（简称CSC）的一个整合过程，如何做到这三要素的和谐统一，是网络规划必须面对的问题。一个出色的组网方案应该是在网络建设的各个时期以最低代价来满足运营要求：网络规划必须符合国家当地的实际情况；必须适合网络规模滚动发展；系统容量以满足用户增长为衡量；要充分利用已有资源，应平滑过度；注重网络质量的控制，保证网络安全、可靠；综合考虑网络规模、技术手段的未来发展和演进方向。

规划策略指导思想是覆盖点、线、面，充分吸收话务量。对于业务量集中的“点”，为重点覆盖区域，确保这些区域的覆盖称为“点”覆盖；对于业务量流动的“线”，把重点覆盖区域通过几条主要“线”连接在一起，保证用户满意度。确保这些区域的覆盖叫做“线”覆盖；对于业务量有一定需求的地区“面”，为了进一步提高用户的满意度，同时尽量吸收更多的用户，把次要“点”和次要“线”连接起来，确保这些区域在一定程度上的覆盖，称为“面”覆盖。

2、LTE 网络规划的流程

规划流程如下图所示：

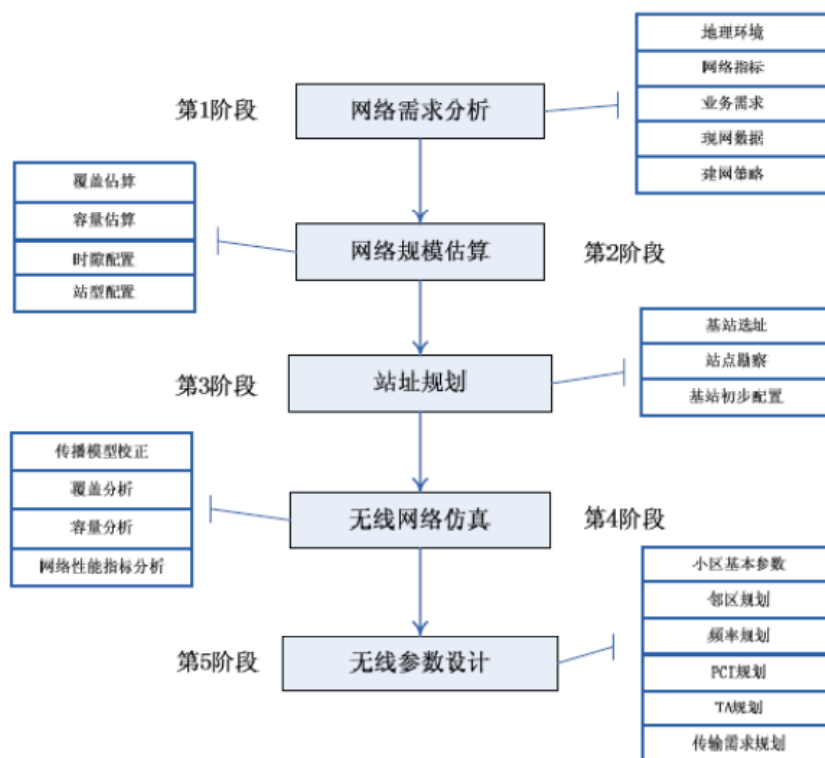


图1 LTE网络规划流程

- (1) **网络需求分析：**明确LTE网络的建设目标是展开网络规划工作的前提条件，可以从行政区划、人口经济状况、无线覆盖目标、所需容量目标和网络质量目标等几个方面入手。同时注意收集现网站点数据及地理信息数据，这些数据都是LTE 无线网络规划的重要输入，对LTE网络建设具有自导意义。
- (2) **网络规模估算：**通过覆盖和容量估算来确定网络建设的基本规模，在进行覆盖估算时首先应了解当地的传播模型，然后通过链路预算来确定不同区域的小区覆盖半径，从而估算出满足覆盖需求的基站数量。容量估算则是分析在一定时隙及站型配置的条件下，LTE网络可承载的系统容量，并计算是否可以满足用户的容量需求。
- (3) **站址规划：**通过网络规模估算，网络规划工程师估算规划区域内需要建设的基站数目及其基站位置，但实际上受各种条件的制约，理论站点并不一定可以设站，因而实际站点同理论站点并不一致，这就需要对备选站点进行实地勘察，并根据所得数据调整基站规划参数。其内容包括：基站选址、基站勘察和基站规划参数设置等。同时应注意利用原有网络站点进行共站址建LTE，可否共站址主要依据无线环境、传输资源、电源、机房条件、天面条件及工程可实施性等方面综合确定。
- (4) **无线网络仿真：**完成初步的站址规划后，需要进一步将站址规划方案输入到TD-LTE规划仿真软件中进行覆盖及容量仿真分析，仿真分析流程包括规划数据导入、传播预测、邻区规划、时隙和频率规划、用户和业务模型配置以及蒙特卡罗仿真，通过仿真分析输出结果，可以进一步评估目前规划方案是否可以满足覆盖及容量目标，

如存在部分区域不能满足要求，则需要对规划方案进行调整修改，使得规划方案最终满足规划目标。

- (5) **无线参数设计：**在利用规划软件进行详细规划评估之后，就可以输出详细的无线参数，主要包括天线高度、方向角、下倾角等小区基本参数、邻区规划参数、频率规划参数、PCI 参数等，同时根据具体情况进行TA 规划，这些参数最终将做为规划方案输出参数提交给后续的工程设计及优化使用。

3、覆盖目标的定义和多样性

在无线网络规划的前期，需要确定网络的覆盖要求和覆盖质量。对于典型的业务，速率目标是固定的，再由确定的解调门限通过链路预算的方式，获得系统的覆盖半径。而对于LTE系统，需要定义系统实现的吞吐能力需求，典型无线环境（如密集市区）容忍的调制解调方式，干扰容忍程度等，覆盖目标的定义比较丰富，可以采用如下覆盖指标。

(1) 区域边缘用户速率

在对LTE覆盖规划时，可以为边缘用户指定速率目标，即在覆盖区域边缘，要求用户的数据业务满足某一特定速率的要求，例如64kbps，128kbps，甚至根据业务需要，在某些场景可提出512kbps或1Mbps等更高的速率目标。只要不超过LTE系统的实际峰值速率，LTE系统通过系统资源的分配与配置就能满足用户不同的业务速率目标要求。

由此可见，相对于TD-SCDMA系统速率业务不同的是，LTE系统业务速率目标的指定可以更加灵活。

(2) 区域边缘用户频谱效率

除了边缘用户速率这一覆盖目标，LTE系统规划也可以采用用户的频谱效率这一指标。频谱效率定义为，通过一定传输距离的信息量与所用的频谱空间和有效传输时间之比。相对于用户的覆盖速率目标，频谱效率单位化了用户的传输时间资源和频率资源。因为LTE的速率可以通过系统资源配置来满足，而LTE系统资源是可以灵活配置的，例如时间资源可以通过设置时隙切换点来调整上下行时隙比例，频率资源可以通过资源分配算法来为用户配置带宽。因此，以频谱效率为覆盖目标，可根据系统配置算法机制，将频谱效率指标转换为用户的速率指标，然后再通过用户的速率目标来规划覆盖。

(3) 区域边缘用户调制编码方式

LTE系统支持多种调制方式，包括QPSK，16QAM和64QAM，还支持不同的编码速率。调制编码方式及编码速率也可以作为覆盖目标。因此调制编码方式与编码速率可以获得不同的用户频谱效率等级，也就体现了覆盖区域的用户速率等级。

调制编码方式不同，解调门限也不同，进而直接影响接收机灵敏度要求，导致覆盖范围发生改变。

4、系统带宽和调制方式的多样性

LTE系统进行覆盖规划时，对于边缘用户有确定的覆盖速率目标，这时需要选择合适的用户带宽和调制编码方式组合。

TD-LTE系统规范定义了6种带宽。

信道带宽 (MHz)	1.4	3	5	10	15	20
传输带宽 (RB)	6	15	25	50	75	100

图2: LTE系统规范定义的6种带宽

其中, RB表示系统可调度的频率资源单位组, 1个RB由12个子载波组成。系统带宽配置, 直接决定小区的理论峰值速率。在小区服务中, 系统需要对用户分配带宽资源, 用户带宽资源直接影响用户的数据速率。用户分配带宽由两个因素决定, 一是激活用户数目, 二是资源分配算法(如正比算法, 轮循等)。

LTE系统支持多种调制方式, 包括QPSK, 16QAM和64QAM, 支持不同的编码速率。TD-LTE系统采用自适应调制编码方式, 根据信道质量指示(Channel Quality Indicator, CQI)来选择合适的调制方式, 调制编码方式直接影响用户的数据速率。

选择的调制等级越低, 系统要求的SINR解调门限越低, 对系统接收机灵敏度要求越宽容, 这样可支持越大的小区覆盖半径。反之, 选择较高的调制等级会缩小覆盖半径。但是并非调制等级越低对系统覆盖性能影响越好, 实际上, 在进行覆盖规划时, 边缘用户都有确定的覆盖速率目标, 如果考虑较低等级的覆盖方式, 就需要增加较多的用户带宽。因为调制等级越低, 单位符号可承载的比特数越少, 只有增加可用带宽, 才能满足确定的速率目标。而带宽增加的一个直接的影响就是导致接收机底噪水平升高, 灵敏度降低, 这又使得小区覆盖半径有缩小的趋势。

所以, LTE在进行覆盖规划时, 需要选择合适的用户速率和调制编码方式组合。当载波带宽一定时, 64QAM-3/4调制方式下的基站接收机灵敏度比QPSK调制方式下的灵敏度低; 当调制方式一定时, 调制到较多带宽下的基站接收机底噪较高, 灵敏度比较少带宽下的灵敏度低。

LTE系统支持多种编码调制方式与编码速率的组合。在覆盖区域内的实际应用中, LTE采用AMC(Adaptive Modulation and Coding, 自适应调制编码), 以保证在覆盖区域内的用户能够根据无线环境的不同选择合适的调制方式, 从而成功实现业务接入。

LTE网络规划包括频率规划、覆盖规划、容量规划, 这里重点对频率规划进行讲述。

二、LTE频率规划

1、频率复用方式

部分频率复用-----FFR, FFR 只能使用部分频带。

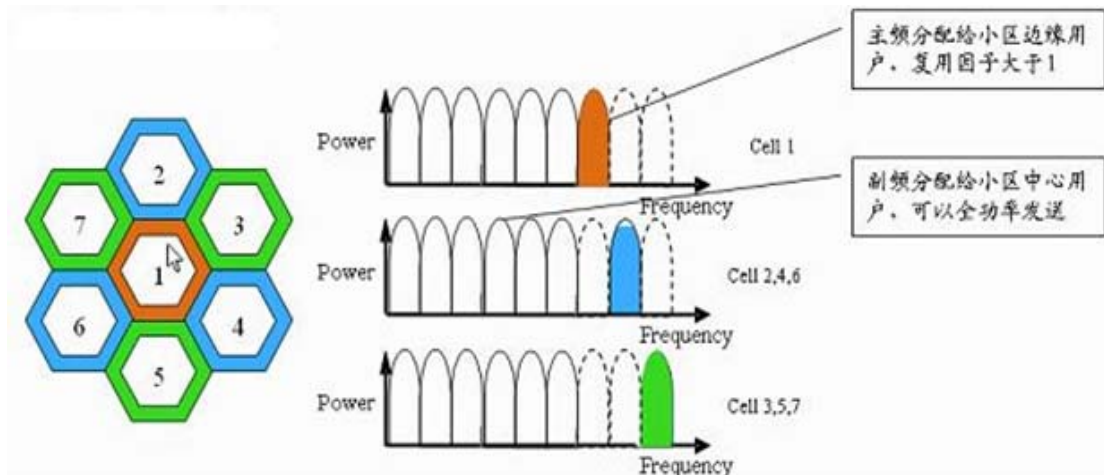


图 3：FFR(部分频率复用)

软频率复用-----SFR，SFR 可以使用全部频带。

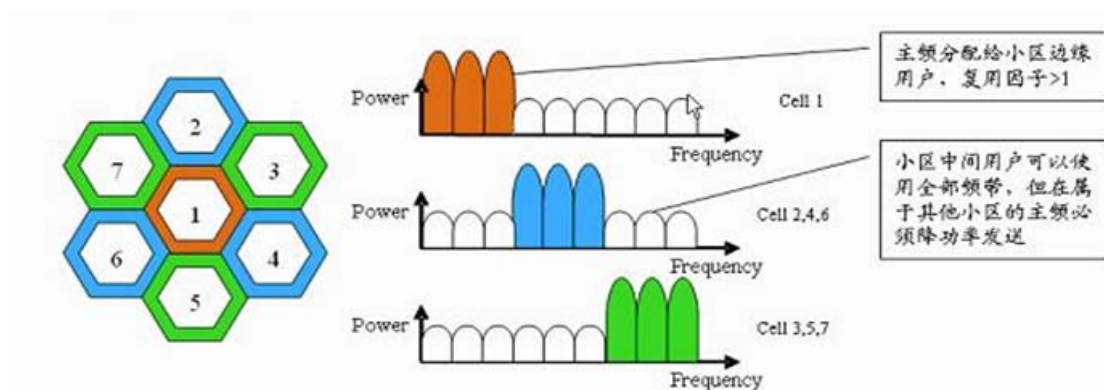


图 4：SFR(软频率复用)

频率规划参考解决方案—FSFR

Frequency Shifted Frequency Reuse (FSFR)，频率移位频率复用

方案示例：

按下图所示把 30M 频带划分为 3 组（每组 20M, 组与组之间有部分频带重叠），分别分给相邻的三个 cell 作为各自的系统带宽；

基站调度资源时

- cell A 优先使用整个带宽左边 1/3 的频带（10M）
- cell B 优先使用右边 1/3 的频带
- cell C 优先使用中间 1/3 的频带
- 当小区负载上升时，每个 cell 都可以使用各自分得的 20M 带宽

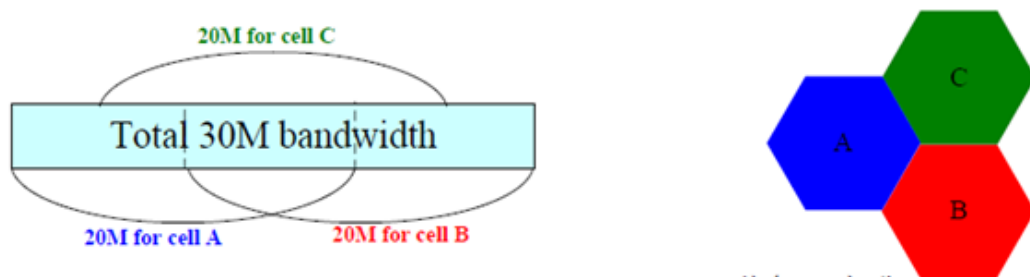


图 5：FSFR 示例

2、TD-LTE 无线网络频率规划

频率规划方面,在中国目前 TD-LTE 的频谱相对比较明确,本节以 TD-LTE 频率规划为例。

1) TD-LTE网络的频谱规划

中国分配给TD-SCDMA及TD-LTE使用的频段包括四段,分别是F频段: 1880~1920MHz; A频段: 2010~2025MHz; E频段: 2300~2400MHz, D频段: 2570~2620MHz。其中, TD-LTE可能使用FED频段, 且D频段为TD-LTE专用频段, 具体频段范围及应用场景如图6所示。

	频率范围 (MHz)	支持模式		应用场景	
		TD-LTE	TD-SCDMA	室外	室内
F 频段	1880~1920	√	√	√	
A 频段	2010~2025		√	√	√
E 频段	2300~2400	√	√		√
D 频段	2570~2620	√		√	√

图6：TD-LTE可能应用的频段

TD-LTE频段若需要与邻频FDD或其他系统共存, 还需考虑在合法使用频带内预留一定的频率隔离带, 以符合国家频率使用要求, 并保证异系统共存的性能。

由上图可见, TD-LTE与TD-SCDMA既可以同频组网, 也可以异频组网。同频组网时, TD-LTE与TD-SCDMA可以同时采用F频段, 目前; 异频组网时, TD-SCDMA采用F、A频段, 而TD-LTE可以采用D频段。目前建议采用异频组网的方式进行TD-SCDMA及TD-LTE组网。

2) TD-LTE网络的频率复用

TD-LTE系统是基于OFDM或OFDMA多载波调制技术的系统, 与TD-SCDMA系统通过码字来区分用户、让用户共享载频资源的机制不同, TD-LTE系统通过时间或频率子信道来区分用户。TD-LTE系统的频率规划需要考虑如何合理分配和复用有限的频段, 解决减少小区间的干扰这一主要问题。

网络拓扑模型中，以共站址的3个扇区为一簇，一个簇结构中的三个扇区工作于同一系统带宽下，可以采用频率复用系数为1和3两种频率复用方法。频率复用系数为1，即表示一个簇结构中的三个扇区共同使用该系统带宽下所有子载波资源，即服务小区与相邻小区之间同频。而频率复用系数为3，表示将该系统带宽分为不重叠的三组，分别由一个簇结构中的三个扇区分别调度使用，即服务小区与相邻小区之间保持异频。

下面分析异频和同频组网各自的优势：

（1）异频组网的优势

异频组网引发的干扰相对较小。相对于同频组网，异频组网的小区载干比C/I能力得到了很大提高。这意味着：

- ◆在同样覆盖的面积下，用户通信质量比较稳定，在获得同样频率资源单位的情况下，用户有更高的传输速率。同时，覆盖区域的边缘用户的峰值速率可获得提高。

- ◆覆盖范围相对较大，基于C/I能力的提高，基于边缘用户速率的提升，可使基站覆盖范围较大，相对节省网络投资。

（2）同频组网的优势

- ◆频谱利用率最高，节约频率资源：TD-LTE系统采用时分双工工作方式，无需成对的上下行频段，而且无需上下行载波之间的保护隔离频率。采用同频组网能在最大程度上发挥TD-LTE系统频谱利用率高的优势，节省运营商频率资源支出费用。

- ◆简化频率规划：在网络设计、建设、扩容时频率规划非常简单。

TD-LTE系统同频组网在实现上需要考虑组网系统的干扰问题。首先是小区内的干扰问题，基于现在已有的成熟的技术，小区内的干扰可以比较成功地消除或者避免。另外一个是小小区间的干扰问题，这在以前的系统里面，也没有得到充分验证和成功解决。

不同的频率复用方式将会影响LTE系统的频谱效率及网络容量。从各种频率复用方式来看，半静态的频率协调管理机制将是LTE系统中主要采用的频率复用方式。这种频率复用方式主要特点如下：

- ◆小区中心区域频率复用系数为1，即小区中心的用户占用整个系统带宽；

- ◆小区边缘区域频率复用系数随着网络负载情况动态进行调整，平均频率复用系数为1/3；

- ◆小区不同区域其允许的终端发射功率会有所不同，边缘区域允许终端以更高的发射功率来传输数据。

通过上面的分析，可以在网络建设初期容量低、频率资源丰富的情况下采用复用系数为3的异频的组网方案，随着容量增加可以采用复用系数为1的同频组网方案，或者采用软频率复用方式以协调小区间的干扰问题。

3) TD-LTE网络的频率干扰

（1）F频段上TD-LTE与其它系统间干扰

TD-LTE工作于F频段时，与TD-SCDMA应用于F频段是类似的，会与其它系统（包括PHS、cdma2000、GSM900/1800和3G FDD补充频段等）具有特殊的频率关系，它们之间的干扰情况较为复杂，如图7所示。

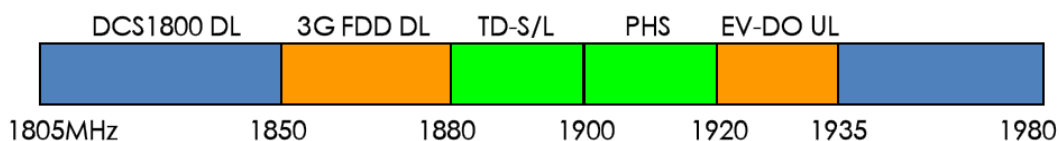


图7：频谱分配情况

a、和小灵通系统的干扰

目前小灵通名义上占用F频段中的1900~1920MHz，但实际的带外杂散非常高，对工作于邻频1880~1900MHz的TD系统造成严重的杂散和阻塞干扰；(促进国家使用行政命令等手段迫使小灵通尽快退频是目前最有效的措施)

b、对cdma2000 EV-DO系统的干扰

电信的cdma2000 EV-DO系统的上行频段为1920~1935MHz，当与F频段的TD系统共存共址时，会受到TD基站下行杂散信号的干扰；(若需满足共址要求，则需要更多的过渡带，将大大损失F频段的频谱资源，建议不做此要求)

c、和DCS1800频段系统的干扰

目前移动和联通的DCS1800下行频率为1805~1850MHz，但滤波器多为1805~1880MHz共75MHz，与F频段的TD系统邻频，它们共存共址时，会对TD基站的上行链路造成杂散和阻塞干扰；(建议TD-LTE尽量工作于F频段高端，可一定程度减小DCS1800的杂散干扰，或者利用工程手段，如空间隔离和加装滤波器来规避干扰)

d、GSM900系统的干扰

GSM900系统的二次谐波和二阶互调会落在F频段，对F频段TD系统会产生干扰，尤其是共室分情况下；(建议通过频率规划、加严合路器指标、TD-LTE末端合路以及分室分等措施来规避干扰)

e、和3G FDD补充频段系统的干扰

3G FDD补充频段的下行频率为1850~1880MHz，当与F频段的TD系统共存共址时，会对TD基站的上行链路造成邻频杂散和阻塞干扰；

(2) E频段上TD-LTE与其它系统间干扰

E频段主要用于室内覆盖，此时需注意多系统合路间的干扰。TD-LTE与各系统间的干扰隔离度要求如图8所示：

系统	GSM900 DCS1800	TD-SCDMA	WCDMA	CDMA800 cdma2000	PHS*	WLAN
室外系统所需 MCL	46dB	30dB	33dB	33dB	66dB	86dB
室外天线间距 (垂直 or 水平 隔离)	0.4m/2m	0.17m/0.4m	0.2m/0.5m	0.5m/1.6m	1.1m/20m	--
室内共用室分的 合路器要求	46dB	30dB	33dB	33dB	66dB	70dB(采 用末端合 路)
分室分天线间距	<0.1m	<0.1m	<0.1m	<0.1m	0.2m	1m

图8：干扰隔离度要求

由上图看到, 2.3G的TD-LTE与2.4G的WLAN工作频段接近, 且两者都以数据应用为主, 相互干扰较为严重。因此在共场景下部署TD-LTE应尽量配置于2.3G低端频率, 并提高TD-LTE终端的杂散和阻塞指标, 以应对WLAN的干扰。

3、LTE PCI码资源规划

在LTE的空中接口中, 物理小区标识 (Physical Cell Identity, PCI) 用于小区识别和信道同步。PCI的规划需要特别谨慎, 如果相邻小区的PCI重复的话, 这两个小区间的干扰将会大大增加, 影响小区的吞吐量和切换性能。

PCI是物理层上进行小区间多种信号和信道的随机化干扰的重要参数, 由两部分组成:

A、小区标识分组号 (N1CellID)

B、小区标识号 (N2CellID)

其中, N1CellID定义了小区所属的物理层分组, 范围为[0,167]; N2CellID定义了分组内标识号, 范围为[0,2]。因此, PCI的计算式为 $PCI=3 \times N1CellID+N2CellID$, 范围为[0,503], 共504个可用值。

小区搜索时, UE在中心频点周围尝试接收主同步信号 (Primary Synchronization Signal, PSS), PSS信号共3个, 使用长度为62的频域Zadoff-Chu序列, 每个PSS信号与一个N2CellID对应。随后UE进行辅助同步信号 (Secondary Synchronization Signal, SSS) 捕捉, SSS信号有168种组合, 与168个N2CellID对应。因此, 捕获PSS和SSS信号后, 就可以确定当前小区的 $PCI=PSS+3 \times SSS$ 。此外, SSS在每一帧的两个子帧中所填的内容是不同的, 进而可以确定是前半帧还是后半帧, 完成帧同步。同时, CP的长度也随着SSS的盲检成功而随之确定。

PCI在规划时要求两跳范围内唯一, 即某个小区的PCI与邻居的PCI不同, 并且某个特定小区的所有邻居的PCI不同。网络内504个PCI是可以重用的, 但必须保证前面的两个条件, 具体可参见TR36.902中的PCI自动重选机制。

4、邻区规划

LTE的邻区规划需综合考虑各小区的覆盖范围及站间距、方位角等信息进行规划。同时LTE与GSM等异系统间的邻区规划也需要关注。

在进行邻小区设置时, 需要考虑多个方面的因素: 一是服务质量, 二是系统的负荷。如果定义过多的邻小区, 将会导致信令负荷加重, 而且受UE测试能力的限制, 会导致测量的精度、测量的周期变大。邻小区过少会导致UE错过最佳目标小区, 造成信号变差, 通信质量下降。

(1) 初始小区列表设置建议

最初的邻小区设置, 应该在仿真的基础上进行 (最好借助于最佳小区覆盖)。当一个小区与服务小区具有共同地理边界时, 即可将其加入到邻小区列表中。该项功能一般的仿真软件都可以自动生成。如图8-13所示, 对于服务小区S而言, 其中邻小区有1、3、4、5。而小区2由于没有和服务小区S具有共同的边界, 所以自动生成的服务小区邻小区列表中没有小区2。

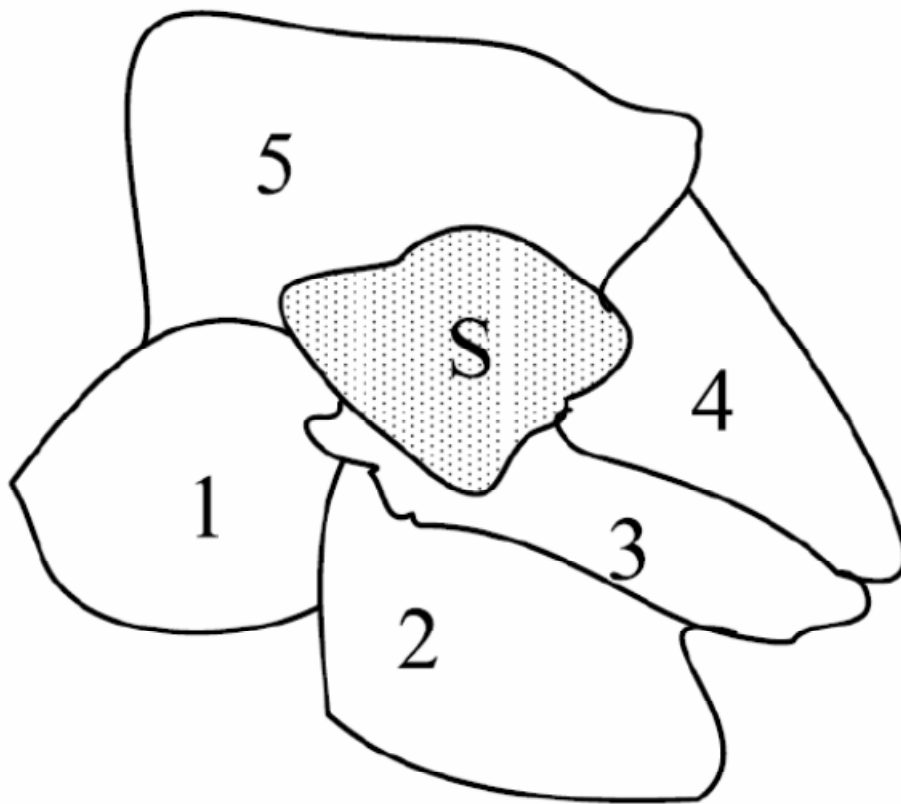


图9 小区S的邻小区示意图

在图9中，服务小区S和小区2之间虽然没有共同边界，但是由于二者之间小区3的服务距离较小，所以在实际的网络中，应该把小区2作为小区S的邻小区进行配置。所以小区S最后的邻小区列表应为1，2，3，4，5。

（2）对于丘陵公路类型的邻小区设置建议

在进行邻小区规划时，对于丘陵地带或者公路等地形需要认真考虑。例如虽然有些小区信号是相邻的，但是由于UE根本不可能在二者之间跨越，即使配置了邻小区，切换几乎是不发生的，即可在邻小区列表中删除掉。不过这些都需要在性能统计和实际测试的基础上进行调整。

（3）开阔地带邻小区设置建议

在城区的广场、公园等开阔地带，无线传播特性较好，如果服务小区较近，可把该地带周围的小区都加入到邻小区列表中。当然如果该地带距离服务小区较远，被多个小区分割时，该地带即按照通用方式进行邻小区配置，不再作为一个小区来考虑。同时要注意避免“乒乓切换”效应的产生。

《LTE 每天一课》由移动通信网发起，在 2013 年 6 月份每天发送到微信，欢迎添加 MSCBSC 官方微信为好友（微信号：mscbssc888，或直接扫描下面二维码）



MSCBSC 官方微信账号:mscbssc888

最新动态，微信通知；
有问题微信反馈，超快捷回复；

关注方法：

打开微信右上角“魔法棒”，选择
“扫一扫”功能，对准左边的二维码即可

2013-06-27



LTE网络规划的目标与流程



LTE频率规划

