

## 小区搜索过程 (cell search procedure)

本文介绍小区搜索过程。主要涉及 PSS/SSS 以及 UE 通过 PSS/SSS 能够得到哪些有用的信息。

UE 要接入 LTE 网络，必须经过小区搜索、获取小区系统信息、随机接入等过程。

小区搜索的主要目的：1) 与小区取得频率和符号同步；2) 获取系统帧 timing，即下行帧的起始位置；3) 确定小区的 PCI (Physical-layer Cell Identity)。

UE 不仅需要在开机时进行小区搜索，为了支持移动性 (mobility)，UE 会不停地搜索邻居小区、取得同步并估计该小区信号的接收质量，从而决定是否进行切换 (handover，当 UE 处于 RRC\_CONNECTED 态) 或小区重选 (cell re-selection，当 UE 处于 RRC\_IDLE 态)。

LTE 一共定义了 504 个不同的 PCI (对应协议 36.211 中的  $N_{ID}^{cell}$ ，取值范围 0 ~ 503)，且每个 PCI 对应一个特定的下行参考信号序列。所有 PCI 的集合被分成 168 个组 (对应协议 36.211 中的  $N_{ID}^{(1)}$ ，取值范围 0 ~ 167)，每组包含 3 个小区 ID (对应协议 36.211 中的  $N_{ID}^{(2)}$ ，取值范围 0 ~ 2)。即有

$$N_{ID}^{cell} = 3 N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$$

为了支持小区搜索，LTE 定义了 2 个下行同步信号：PSS (Primary Synchronization Signal，主同步信号) 和 SSS (Secondary Synchronization Signal，辅同步信号)。

对于 TDD 和 FDD 而言，这 2 类同步信号的结构是完全一样的，但在帧中时域位置有所不同。

- 对于 FDD 而言，PSS 在子帧 0 和 5 的第一个 slot 的最后一个 symbol 中发送；SSS 与 PSS 在同一子帧同一 slot 发送，但 SSS 位于倒数第二个 symbol 中，比 PSS 提前一个 symbol；
- 对于 TDD 而言，PSS 在子帧 1 和 6 (即 DwPTS) 的第三个 symbol 中发送；而 SSS 在子帧 0 和 5 的最后一个 symbol 中发送，比 PSS 提前 3 个 symbol。

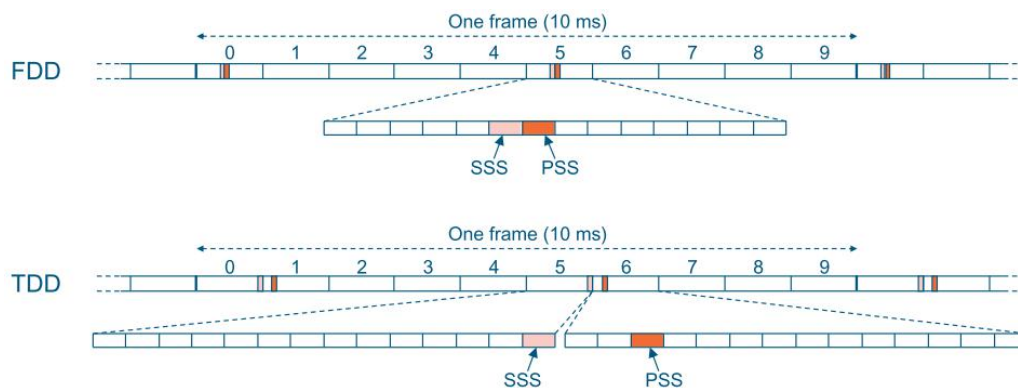


图 1: FDD 或 TDD 中, PSS/SSS 的时域位置

UE 开机时并不知道系统带宽的大小, 但它知道自己支持的频带和带宽 (见 36.101)。为了使 UE 能够尽快检测到系统的频率和符号同步信息, 无论系统带宽大小, PSS 和 SSS 都位于中心的 72 个子载波上 (即中心的 6 个 RB 上, 不包含 DC)。实际只使用了频率中心 DC 周围的 62 个子载波, 两边各留了 5 个子载波用作保护波段)。UE 会在其支持的 LTE 频率的中心频点附近去尝试接收 PSS 和 SSS。

关于 PSS/SSS 在时频上的位置, 详见 36.211 的 6.11.1.2 节和 6.11.2.2 节。公式比较简单, 这里就不做介绍了。

PSS 使用长度为 63 的 Zadoff-Chu 序列 (中间有 DC 子载波, 所以实际上传输的长度为 62), 加上边界额外预留的用作保护频段的 5 个子载波, 形成了占据中心 72 个子载波 (不包含 DC) 的 PSS。

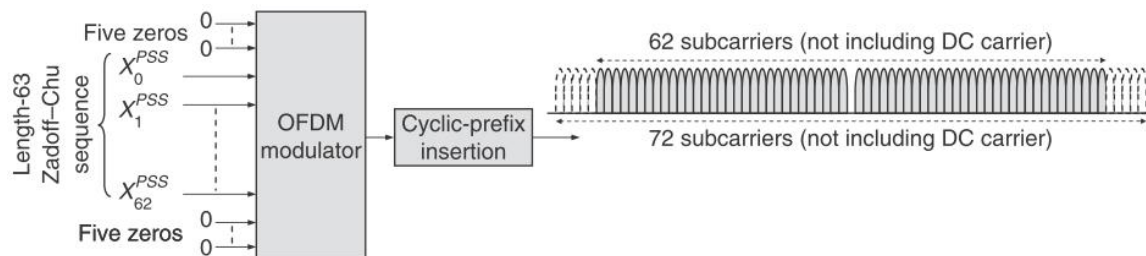


图 2: PSS 的结构

PSS 有 3 个取值, 对应三种不同的 Zadoff-Chu 序列, 每种序列对应一个  $N_{ID}^{(2)}$ 。某个小区的 PSS 对应的序列由该小区的 PCI 决定, 即  $N_{ID}^{cell} \% 3$ 。从 36.211 的 6.11.1.1 可以看出, 不同的  $N_{ID}^{(2)}$  对应不同的 Root index  $u$ , 进而决定了不同 Zadoff-Chu 序列 (见图 3)。

$N_{ID}^{(2)}$	Root index $u$
0	25
1	29
2	34

图 3:  $N_{ID}^{(2)}$  与 Root index  $u$  的对应关系 (36.211 的 Table 6.11.1.1-1)

UE 为了接收 PSS, 会使用 36.211 中 Table 6.11.1.1-1 指定的 Root index  $u$  来尝试解码 PSS, 直到其中某个 Root index  $u$  成功解出 PSS 为止。这样, UE 就知道了该小区的  $N_{ID}^{(2)}$ 。又由于 PSS 在时域上的位置是固定的 (见图 1), 因此 UE 又可以得到该小区的 5 ms timing (一个系统帧内有两个 PSS, 且这两个 PSS 是相同的, 因此 UE 不知道解出的 PSS 是第一个还是第二个, 所以只能得到 5 ms timing)。

**综上所述, 通过 PSS, UE 可以得到如下信息:**

- $N_{ID}^{(2)}$
- 5 ms timing

与 PSS 类似, SSS 也使用长度为 63 的 Zadoff-Chu 序列 (中间有 DC 子载波, 所以实际上传输的长度为 62), 加上边界额外预留的用作保护频段的 5 个子载波, 形成了占据中心 72 个子载波 (不包含 DC) 的 SSS。且从图 1 可以看出, 无论是 FDD 还是 TDD, SSS 都在子帧 0 和 5 上传输。

LTE 中, SSS 的设计有其特别之处:

- 2 个 SSS ( $sss_1$  位于子帧 0,  $sss_2$  位于子帧 5) 的值来源于 168 个可选值的集合, 其对应 168 个不同  $N_{ID}^{(1)}$ ; (见 36.211 的 Table 6.11.2.1-1,  $N_{ID}^{(1)} = N_{ID}^{cell} / 3$ )
- $sss_1$  的取值范围与  $sss_2$  是不同的, 因此允许 UE 只接收一个 SSS 就检测出系统帧 10 ms 的 timing (即子帧 0 所在的位置)。这样做的原因在于, 小区搜索过程中, UE 会搜索多个小区, 搜索的时间窗可能不足以让 UE 检测超过一个 SSS。

SSS 的结构如图 4,  $sss_1$  是由 2 个长度为 31 的 m-sequence X 和 Y 交织而成的, 每个都可以取 31 个不同的值 (实际上是同一 m-sequences 的 31 种不同的偏移, 对应 36.211 的 Table 6.11.2.1-1 的  $m_0$  和  $m_1$ )。在同一个小区中,  $sss_2$  与  $sss_1$  使用的是相同的 2 个 m-sequence, 不同的是, 在  $sss_2$  中, 这 2 个 sequence (X 和 Y) 在频域上交换了一下位置, 从而保证了  $sss_1$  和  $sss_2$  属于不同的集合。(36.211 的 6.11.2.1 中计算  $d(2n)$  和  $d(2n+1)$  的那个公

式，可以很好地说明  $sss_1$  和  $sss_2$  的不同。对于  $sss_1$  而言，偶数位偏移  $m_0$  位，奇数位偏移  $m_1$  位；对于  $sss_2$  而言，偶数位偏移  $m_1$  位，奇数位偏移  $m_0$  位。而从 Table 6.11.2.1-1 可以看出， $(m_0, m_1)$  组成一个取值，且  $m_0$  一定小于  $m_1$ ，因此， $sss_1$  和  $sss_2$  的取值范围必定不同)

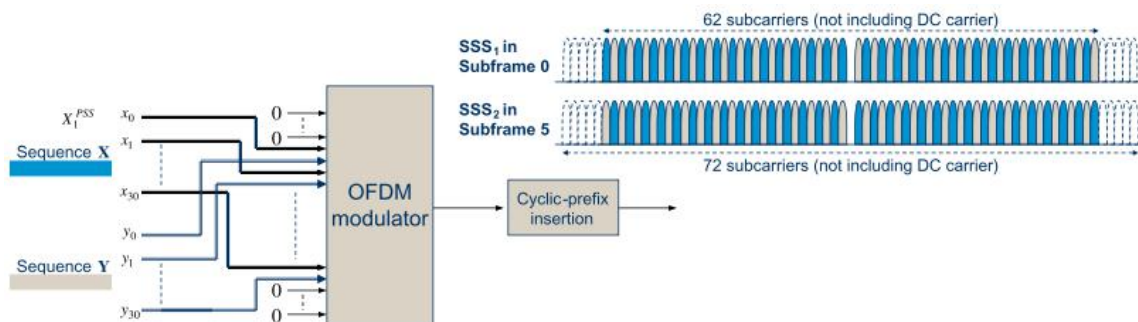


图 4: SSS 的结构

下面介绍 UE 是如何解码 SSS 的。

**步骤一：** UE 知道 PSS 后，就知道了 SSS 可能的位置。为什么说是可能呢？

首先，UE 在检测到 SSS 之前，还不知道该小区是工作在 FDD 还是 TDD 模式下。如果 UE 同时支持 FDD 和 TDD，则会在 2 个可能的位置上（见图 1）去尝试解码 SSS。如果在 PSS 的前一个 symbol 上检测到 SSS，则小区工作在 FDD 模式下；如果在 PSS 的前 3 个 symbol 上检测到 SSS，则小区工作在 TDD 模式下。如果 UE 只支持 FDD 或 TDD，则只会在相应的位置上去检测 SSS，如果检测不到，则认为不能接入该小区。

**（通过检测 SSS，UE 知道小区是工作在 FDD 模式还是 TDD 模式下）**

其次，SSS 的确切位置还和 CP (Cyclic Prefix) 的长度有关（如图 5、图 6 所示）。在此阶段，UE 还不知道小区的 CP 配置（Normal CP 还是 Extended CP），因此会在这两个可能的位置去盲检 SSS。**（通过检测 SSS，UE 知道小区的 CP 配置）**

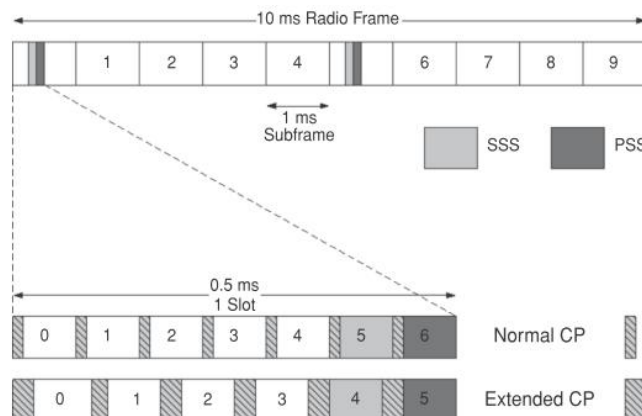


图 5: FDD 模式下, PSS/SSS 的帧和 slot 在时域上的结构

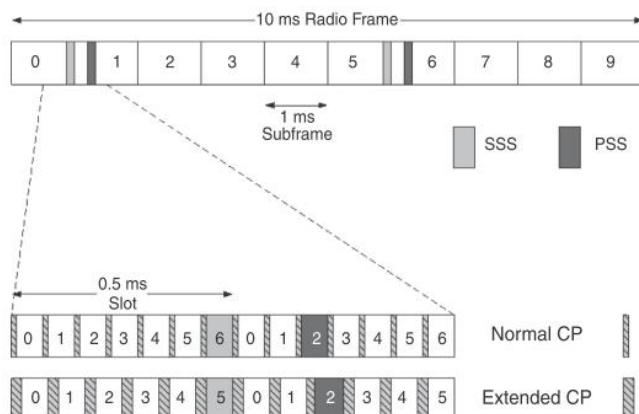


图 6: TDD 模式下, PSS/SSS 的帧和 slot 在时域上的结构

步骤二: UE 会在 SSS 可能出现的位置 (如果 UE 同时支持 FDD 和 TDD, 则至多有 4 个位置), 根据 36.211 中 6.11.2.1 节里的公式、Table 6.11.2.1-1 中可能出现的 168 种取值、以及 X 与 Y 交织的顺序 (以便确定是  $ss_{S_1}$  还是  $ss_{S_2}$ , 其实都能体现在公式里) 等, 盲检 SSS。

如果成功解码出 SSS (当然也知道了该 SSS 是  $ss_{S_1}$  还是  $ss_{S_2}$ ), 就确定了 168 种取值之一 (Table 6.11.2.1-1 中的  $m_0$  和  $m_1$ ), 也就确定了  $N_{ID}^{(1)}$ 。确定了 SSS 是  $ss_{S_1}$  还是  $ss_{S_2}$ , 也就确定了该 SSS 是位于子帧 0 还是子帧 5, 进而也就确定了该系统帧中子帧 0 所在的位置, 即 10 ms timing。

综上所述, 通过 SSS, UE 可以得到如下信息:

- $N_{ID}^{(1)}$ , 加上检测 PSS 时得到的  $N_{ID}^{(2)}$ , 也就得到了小区的 PCI;
- 由于 cell-specific RS 及其时频位置与 PCI 是一一对应的, 因此也就知道了该小区的下行 cell-specific RS 及其时频位置;
- 10 ms timing, 即系统帧中子帧 0 所在的位置 (此时还不知道系统帧号, 需要进一步解码 PBCH);
- 小区是工作在 FDD 还是 TDD 模式下;
- CP 配置: 是 Normal CP 还是 Extended CP。

在多天传输的情况下, 同一子帧内, PSS 和 SSS 总是在相同的天线端口上发射, 而在不同的子帧上, 则可以利用多天增益, 在不同的天线端口上发射。

如果是初始同步 (此时 UE 还没有驻留或连接到一个 LTE 小区), 在检测完同步信号之后, UE 会解码 PBCH, 以获取最重要的系统信息。

如果是识别邻居小区，UE 并不需要解码 PBCH，而只需要基于最新检测到的小区参考信号来测量下行信号质量水平，以决定是进行小区重选（UE 处于 RRC\_IDLE 态）还是 handover（UE 处于 RRC\_CONNECTED 态。此时 UE 会通过 RSRP 将这些测量结果上报给服务小区，决定是否进行 handover）。

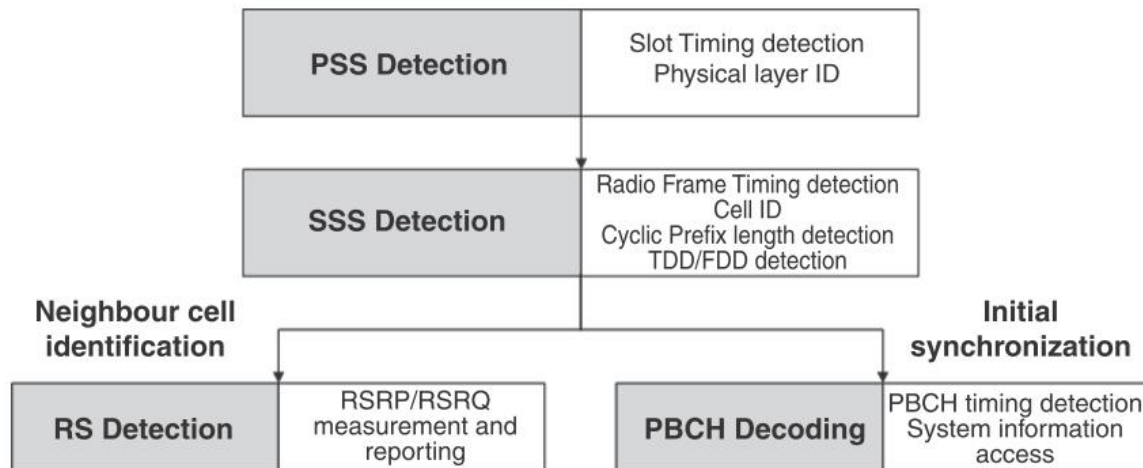


图 7：小区搜索过程的每一阶段所获取到的信息

### 【参考资料】

- [1] TS 36.211 的 6.11 节 Synchronization signals
- [2] 《4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband》的 14.1 节
- [3] 《LTE - The UMTS Long Term Evolution, 2nd Edition》的第 7 章
- [4] [LTE 中的小区搜索过程](#)
- [5] [LTE 小区搜索过程学习总结](#)
- [6] 3GPP TDocs：《[R1-060516](#)》----- TDD 模式下，初始同步过程中的小区搜索过程

注：更多内容，请参见我的博客：<http://blog.sina.com.cn/ilte>。如需转载，请标明出处。

作者：温金辉