

TD-LTE 系统的 RRM 组成

RRM 提供空中接口的无线资源管理的功能，目的是能够提供一些机制保证空中接口无线资源的有效利用，实现最优的资源使用效率，从而满足系统所定义的无线资源相关的需求。

在 LTE 的 E-UTRAN 系统中，RRM 功能的定义参考了现有 3G 系统 RRM 的基本功能，并基于 LTE 的 E-UTRAN 架构和需求特性对 RRM 功能进行了扩展。LTE 系统中所进行的无线资源管理包括对单小区无线资源的管理，同时也包括对多小区无线资源的管理。

(1) RBC

RBC 用于配置无线承载相关的资源，包括无线承载的建立、保持、释放。当为一个服务连接建立无线承载时，无线承载控制需要综合考虑 E-UTRAN 中无线资源的整体状况、正在进行中的会话的 QoS 需求以及该新建服务连接的 QoS 需求。

(2) RAC

RAC 功能用于判断是否需要建立新的无线承载接入。为得到合理、可靠的判决结果，在进行接入判决时，无线接纳控制需要考虑 E-UTRAN 中无线资源状态的总体情况、QoS 需求、优先级、正在进行中的会话 QoS 情况以及该新建无线承载的 QoS 需求[6]。

(3) CMC

CMC 功能用于管理空闲模式及连接模式下的无线资源。在空闲模式下，CMC 不仅为小区重选算法提供一系列参数（如门限值、滞后量等），还提供用于配置 UE 测量控制以及测量报告的 E-UTRAN 广播参数，同时还能配合网关对 UE 进行寻呼；在连接模式下，支持无线连接的移动性，并基于 UE 与 eNB 的测量结果进行切换决策，将连接从当前服务小区切换到另一个小区。

(4) DRA

DRA 又可称为分组调度(PS)，该功能用于分配和释放控制面与用户面数据包的无线资源，包括缓冲区、进程资源、资源块等。动态资源分配主要考虑无线承载 QoS 需求、信道质量信息及干扰状态等信息。

(5) ICIC

ICIC 功能是指通过对无线资源进行管理，将小区间的干扰水平保持在可控的状态下。尤其是在小区边界地带，更需要对无线资源做些特殊的管理。

(6) LB

LB 功能用于处理多个小区间不均衡的业务量，通过均衡小区间的业务量分配，提高无线资源的利用率，将正在进行中的会话的 QoS 保持在一个合理的水平上，降低掉话率。负载均衡算法可能会导致部分终端进行切换或小区重选，以均衡小区间负载状况。

TD-LTE 系统的切换技术

(1) 切换技术

切换技术大致可分为：硬切换和软切换。

硬切换的特点是先中断源小区的链路，后建立目标小区的链路，这时通话会产生“缝隙”。硬切换机制使得切换不够健壮，会出现“掉话”的现象。因此，硬切换多用于由于覆盖、负载、业务等引起的频率间的切换，如宽带码分多址(WCDMA)系统内的频率之间的硬切换和系统之间的硬切换。

软切换的特点是 CDMA 系统所特有的。在采用频分多址(FDMA)或时分多址(TDMA)的系统中，相邻小区采用不同的频率，所以小区之间的切换只能采用硬切换；而在 CDMA 系统中，相邻小区采用相同的频率，这就使得软切换的使用成为可能。

在进行软切换时，要先建立目标小区的链路，后中断与源小区的链路，这样可以避免通话的“缝隙”，有效地提高切换成功率，减少上行链路干扰，提高系统容量并扩大小区覆盖范围。但同时也存在一些缺点，如要比硬切换占用更多的信道资源、信令复杂导致系统负荷增加、增加了下行链路烦扰等。

(2) TD-SCDMA 系统接力切换

TD-SCDMA 特有的接力切换技术，克服了软切换浪费信道资源的缺点，不仅具有软切换的功能，而且可用于不同载波频率甚至其他移动通信系统的基站间，实现不丢失信息、不中断通信的理想越区切换。

TD-SCDMA 系统的接力切换概念不同于硬切换与软切换，在切换之前，目标基站已经获得移动台比较精确的位置信息，因此在切换过程中 UE 断开与源基站的连接之后，能迅速切换到目标基站。移动台比较精确的位置信息，主要是通过智能天线技术从而获得。

(3) TD-LTE 切换理论

作为 TD-SCDMA 演进技术的 TD-LTE 系统，可以采用快速硬切换方法实现不同频段之间以及各系统间的切换，从而更好地实现地域覆盖和无缝切换，并且实现与现有 3GPP 和非 3GPP 的兼容。软切换由于设备复杂度高、定时难度大，会带来较高处理能力的需求，因而未被采用。核心网的设计也发生了相应的改变，增加了系统架构演进(SAE)和 3GPP 模块，实现了 LTE 系统与 3GPP 和非 3GPP 系统切换的兼容。

切换过程都会被分为 4 个步骤：测量、上报、判决和执行。接收功率、误比特率和链路距离都能够作为测量标准从而进行理论上的估计和相应的处理。TD-LTE 系统的切换是 UE 辅助的硬切换，他和 FDD-LTE 硬切换的最大区别在于：在 TD-LTE 中导频信号是在一个特殊的时隙上进行传输，而 FDD-LTE 系统中导频信道则占用一整个帧长度，所以基于导频信道的测量标准对于 TD-LTE 来说并不是那么精确。所以对于 TD-LTE 的测量，还需要结合信道质量、UE 的位置和导频信号强度来进行。

(a) 切换原理

在连接模式下的 E-UTRAN 内切换是终端辅助网络控制的切换。切换主要分成切换准备、切换执行和切换完成 3 个部分，这 3 个部分在文章的信令交互部分有详细的说明。其中 eNB 包括以下几种切换：

- 基于无线质量的切换
通常进行此类切换的原因是：UE 的测量报告显示出存在比当前服务小区信道质量更好的邻小区。
- 基于无线接入技术覆盖的切换
此类切换是在 UE 丢失当前无线接入技术 (RAT) 覆盖从而连接到其他 RAT 的情况下产生的。例如，一个 UE 远离了城市区域从而丢失 TD-LTE 覆盖，网络就会切换到 UE 检测到的质量次好的 RAT，如通用移动通信系统 (UMTS) 或者全球移动通信系统 (GSM)。
- 基于负载情况的切换
此类切换用于当一个给定小区过载时，尽量平衡属于同一操作者的不同 RAT 间的负载状况。例如，如果当一个 TD-LTE 小区非常拥挤，一些用户就需要转移到相邻 TD-LTE 小区或是相邻 UMTS 小区中。

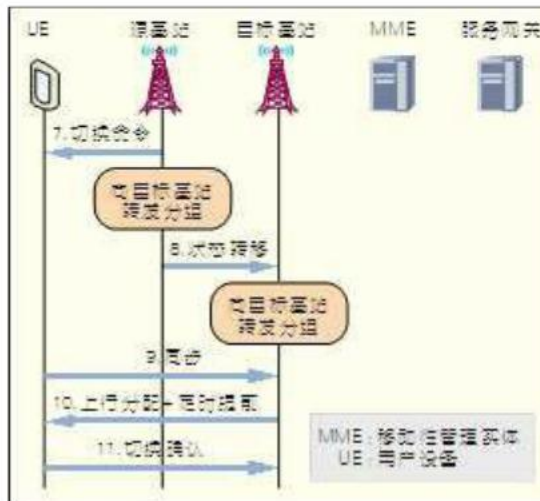
(b) 切换过程中的信令交互

- 如图 2 所示，源 eNB 根据漫游限制配置 UE 的测量报告，UE 根据预定的测量规则发送报告；源 eNB 根据报告及 RRM 信息决定 UE 是否需要切换。当需要切换时，源 eNB 向目标 eNB 发送切换请求；目标 eNB 根据收到的 QoS 信息执行接纳控制，并返回至 ACK。



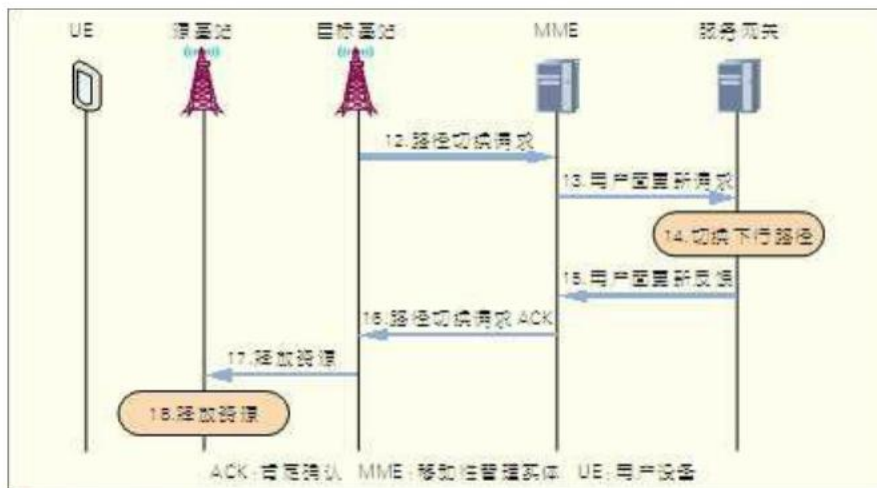
▲ 图 2 切换准备过程

如图 3 所示，源 eNB 向 UE 发送切换指令，UE 接到后进行切换并同步到目标 eNB；网络对同步进行响应，当 UE 成功接入目标 eNB 后，向目标 eNB 发送切换确认消息。



▲ 图3 切换执行过程

图4所示MME向S-GW发送用户面更新请求,用户面切换下行路径到目标侧;目标eNB通知源eNB释放原先占用的资源。切换过程完成。



▲ 图4 切换完成过程

(c) 切换测量与判决标准

切换测量在切换算法中占有重要的地位, UE 的测量报告对 eNB 的切换决策具有关键作用, 在 LTE 标准[6-9]中定义的切换测量和判决的相应标准为:

- 参考信号接收功率(RSRP): 即对于需要考虑的小区, 在需要考虑的测量频带上, 承载小区专属参考信号的电磁波干扰(RE)功率贡献(以W为单位)的线性平均值。
- 切换滞后差值(HOM): 即当前服务小区与相邻小区的 RSRP 差值, 该值可根据通信环境不同而自行设定, 其大小决定了切换时延长短。
- 触发时长(TTT): 即在此段时间内必须持续满足某一 HOM 条件才能进行切换判决, TTT 可以有效防止切换中“乒乓效应”的发生。

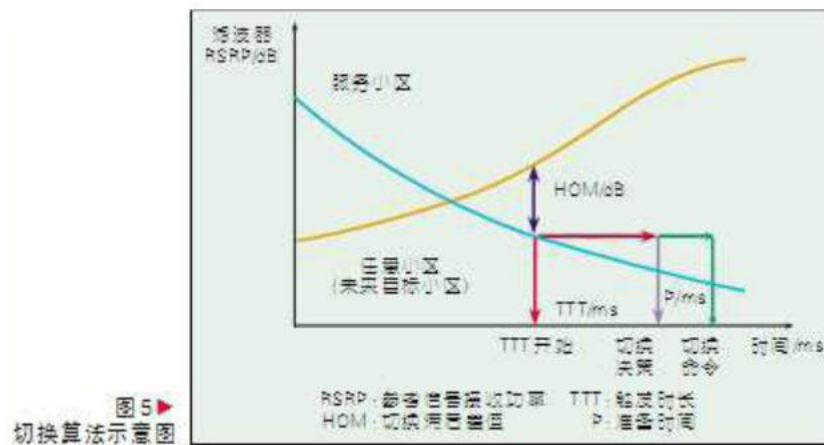
下面将详细介绍 LTE 中的切换算法:

UE 监测所有被测小区经过滤波器后的 RSRP, 并给服务小区的 eNB 发送测

量报告。当下面的条件在给定的 TTT 内持续被满足时，eNB 将对 UE 进行切换。UE 根据他的速度来设定 TTT 参数。RSRPT 是目标小区的参考信号接收功率，而 RSRPS 是服务小区的参考信号接收功率。

$$RSRPT > RSRPS + HOM$$

图 5 中描述了该切换算法的一个重要实例。

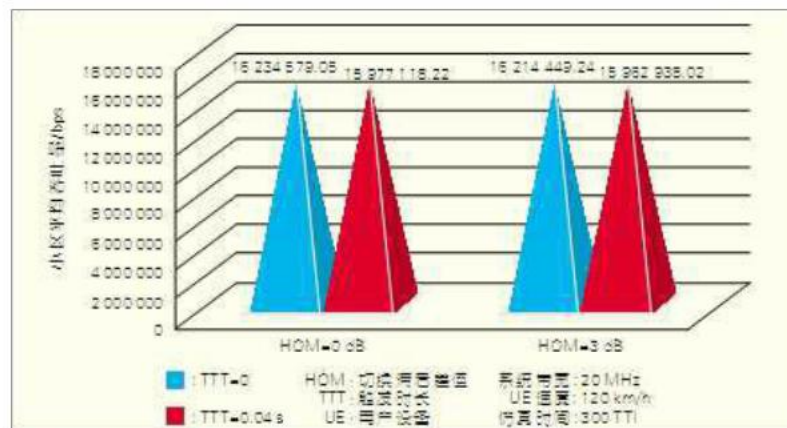


在接收到测量报告之后，当前服务的 eNB 使用网络内部程序开始准备将 UE 切换到新的目标小区。假设目标小区总有足够的资源给将要切换过来的 UE。准备时间被建模为一个常数协议延迟，在图中表示为 P。准备完成之后，服务小区在下行向 UE 发送切换命令消息。

很多文献都在此算法的基础上对切换测量、决策等算法进行了改进与创新，避免了“乒乓效应”，从而完善了系统的整体性能。

(4) 切换仿真结果分析

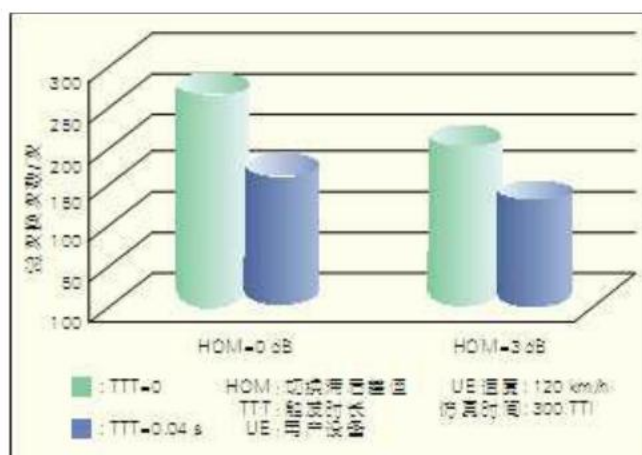
图 6 给出了不同 HOM (0 dB 和 3 dB) 和 TTT (0 s 和 0.04 s) 下小区平均总吞吐量的对比，图 7 中给出了不同的 HOM (0 dB 和 3 dB) 和 TTT (0 s 和 0.04 s) 下总切换次数的对比。



▲ 图 6 不同 HOM 和 TTT 值下小区平均吞吐量对比

两幅图的结果均由动态系统级仿真平台得出，仿真环境主要参数如下：场景为单入单出(SISO)，带宽 20 MHz，UE 速度为 120 km/h，仿真时长 300 TTI，撒点用户 570 个，测量间隔 30 TTI。

从图 7 可以看出当固定 TTT 时，随着 HOM 的增加，小区平均总吞吐量几乎没有变化，然而总切换次数却减少 62 次 (TTT=0 s) 和 35 次 (TTT=0.04 s)；当固定 HOM 时，随着 TTT 的增加，小区平均总吞吐量相应有了较小幅度的下降，但是总切换次数分别却减少了 103 次 (HOM=0 dB) 和 76 次 (HOM=3 dB)。



仿真结果显示：使用基于 RSRP、HOM 和 TTT 的切换算法后，不仅系统的整体性能没有大幅降低，而且总切换次数也有了明显下降，从而减少了系统信令交互的开销，提高了切换效率。但是，这并不意味着 HOM 和 TTT 的值越大越好，因为增大 HOM 和 TTT 的取值会增加系统的切换时延，导致用户服务质量的降低。