

# 第十一课：LTE 小区选择、重选、切换

## LTE移动性管理相关概念

**移动性管理**是蜂窝移动通信系统必备的机制，能够辅助LTE系统实现负载均衡、提高用户体验以及系统整体性能。移动性管理主要分为两大类：空闲状态下的移动性管理和连接状态下的移动性管理。空闲状态下的移动性管理主要通过小区选择/重选来实现，由UE控制；连接状态下的移动性管理主要通过小区切换来实现，由eNodeB控制。

### 1、跟踪区（TA）

跟踪区（Tracking Area）是LTE/SAE系统为UE的位置管理新设立的概念。

跟踪区设计要求：

- 1) 对于LTE的接入网和核心网保持相同的位置区域的概念
- 2) 当UE处于空闲状态时，核心网能够知道UE所在的跟踪区
- 3) 当处于空闲状态的UE需要被寻呼时，必须在UE所注册的跟踪区的所有小区进行寻呼
- 4) 在LTE系统中应尽量减少因位置改变而引起的位置更新信令。

### 2、多注册TA

- 多个TA组成一个TA列表，同时分配给一个UE，UE在该TA列表内移动时不需要执行TA更新。
- 当UE进入不在其所注册的TA列表中的新TA区域时，需要执行TA更新，MME给UE重新分配一组TA，新分配的TA也可包含原有TA列表中的一些TA。
- 每个小区只属于一个TA

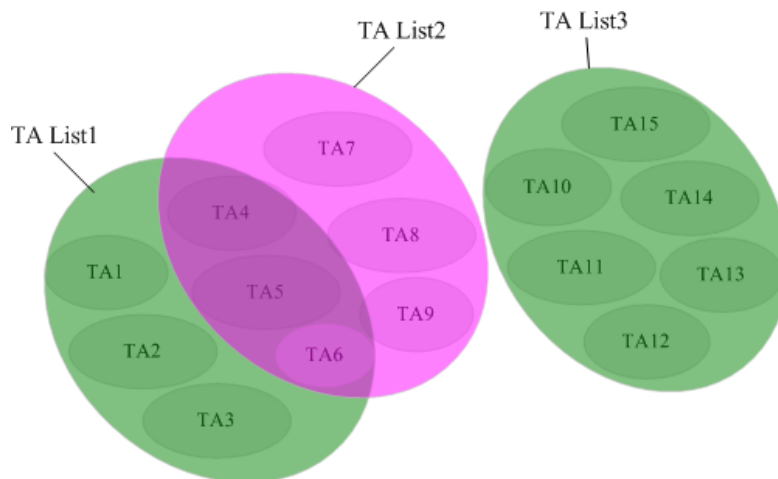


图1：多注册TA

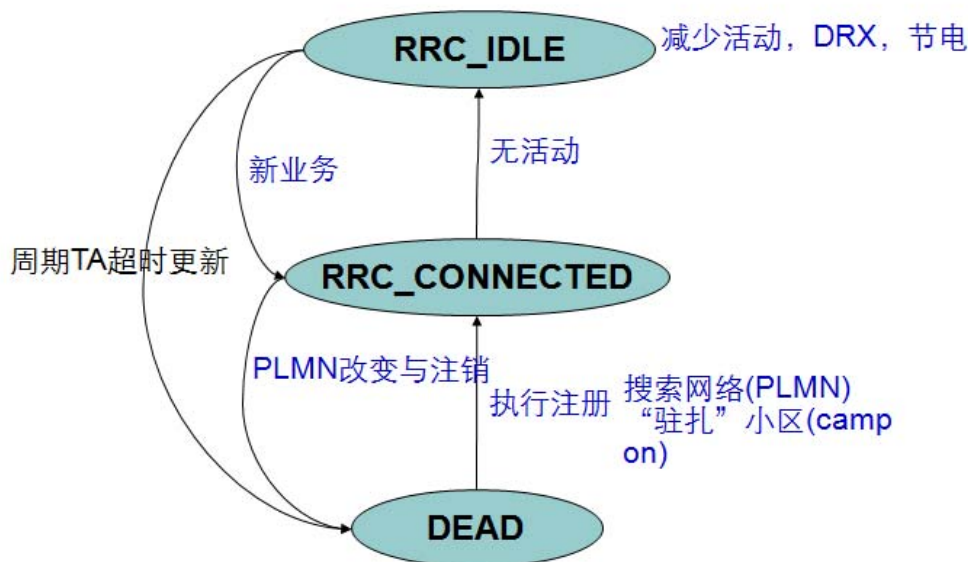


图2：UE的RRC状态及迁移

### 3、LTE测量

- RSRP，参考信号接收功率（对应TD-SCDMA / WCDMA的RSCP）
  - 每个RB上RS的接收功率
  - 提供了小区RS信号强度度量
  - 根据RSRP对LTE候选小区排序，作为切换和小区重选的输入
- RSSI，载波接收信号强度指示
  - UE对所有信号来源观测到的总接收带宽功率
- RSRQ，参考信号接收质量（对应WCDMA的 $E_c/N_o$ ）
  - $RSRQ = N \times RSRP / RSSI$ ，N为RSSI测量带宽的RB个数
  - 反映了小区RS信号的质量
  - 当仅根据RSRP不能提供足够的信息来执行可靠的移动性管理时，根据RSRQ对LTE候选小区排序，作为切换和小区重选的输入

## LTE小区选择/重选

UE处于空闲状态时会驻留在某个小区上。由于UE会在驻留小区内发起接入，因此，为了平衡不同频点之间的随机接入负荷，需要在UE进行小区驻留时尽量使其均匀分布，这是空闲状态下移动性管理的主要目的之一。为了达到这一目的，LTE引入了基于优先级的小区重选过程。

空闲状态下的UE需要完成的过程包括公共陆地移动网络（PLMN）选择、小区选择/重选、位置登记等。一旦完成驻留，UE可以进行以下操作。

- ✚ 读取系统信息（例如，驻留、接入和重选相关信息，位置区域信息等）；

- ✚ 读取寻呼信息；
- ✚ 发起连接建立过程。

一般来说，UE开机后会首先进行PLMN选择，然后进行小区选择/重选、位置登记等。由于PLMN选择和位置登记主要是NAS的功能，本节不做过多的涉及，下面将介绍小区选择和重选过程。

## 1、LTE小区选择

### 空闲状态

空闲状态指ECM-IDLE状态，其主要特征如下：

- a) UE和网络之间没有信令连接，在E-UTRAN中不为UE分配无线资源并且没有建立UE上下文；
- b) UE和网络之间没有S1-MME和S1-U连接；
- c) UE在有下行数据到达时，数据应终止在S-GW，并由MME发起寻呼；
- d) 网络对UE位置所知的精度为TA级别；
- e) 当UE进入未注册的新TA时，应执行TA更新；
- f) 应使用DRX等具有节省电力的功能。

### 小区选择类型

不同场景

- 1) 初始小区选择
- 2) 存储信息的小区选择

不同时机

- 1) UE开机
- 2) 从RRC\_CONNECTED返回到RRC\_IDLE模式
- 3) 重新进入服务区

### 小区选择相关概念

Idle模式下的服务类型

- 1) 受限服务：在一个可接受的小区上进行紧急呼叫
- 2) 正常服务：合适小区上普通使用
- 3) 操作人员服务：在一个保留小区上用于操作人员使用

小区分类，按可提供的服务

- 1) 可接受小区：可获得受限服务（紧急呼叫）
- 2) 合适的小区：UE可驻留并获得正常服务
- 3) 禁止的小区：系统信息中指示小区为barred
- 4) 保留的小区：系统信息中指示小区为reserved

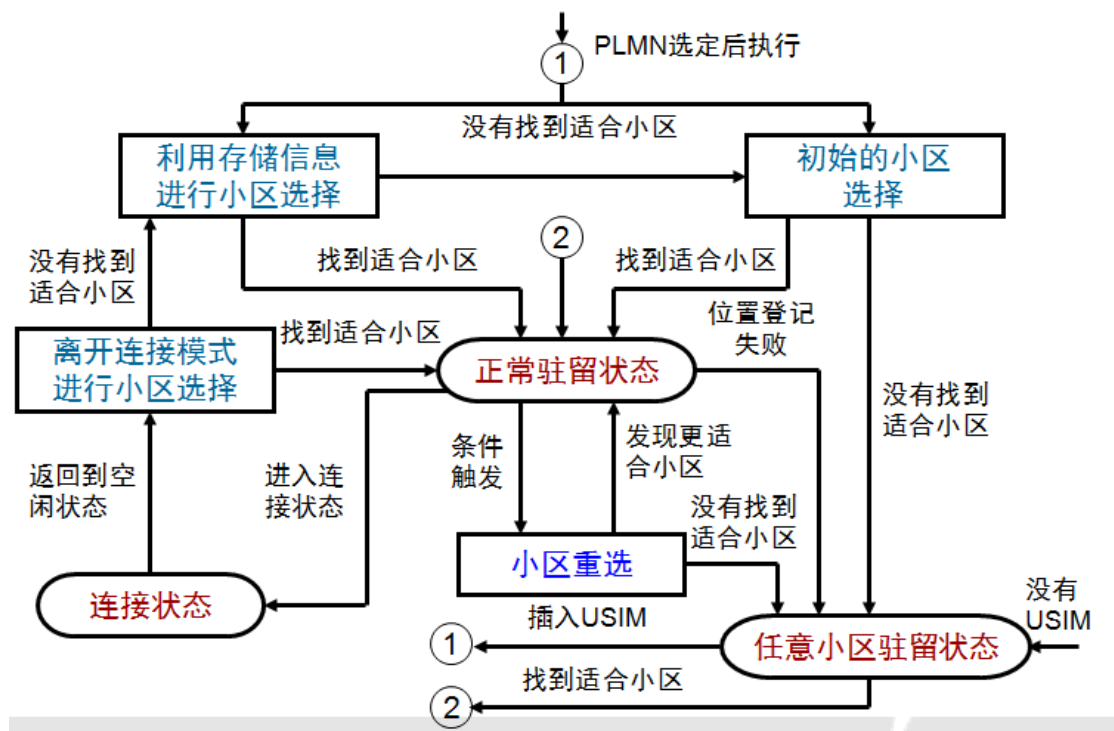


图3: Idle模式下的状态和状态转移

小区选择一般发生在PLMN选择之后，它的目的是使UE在开机后可以尽快选择一个信道质量满足条件的小区进行驻留，小区选择主要包括两大类。

#### (1) 初始小区选择

这种情况下，UE没有储存任何先验信息可以帮助其辨识具体的TD-LTE系统频率，因此，UE需要根据其自身能力扫描所有的TD-LTE频带，以便找到一个合适的小区进行驻留。在每一个频率上，UE只需用搜索信道质量最好的小区，一旦一个合适的小区出现，UE会选择它并进行驻留。

#### (2) 基于存储信息的小区选择

这种情况下，UE已经储存了载波频率相关的信息，同时也可能包括一些小区参数信息。UE会优先选择有相关信息的小区，一旦一个合适的小区出现，UE会选择它并进行驻留。如果储存了相关信息的小区都不合适，UE将发起初始小区选择过程。

小区选择过程中，UE需要对将要选择的小区进行测量，以便进行信道质量评估，判断其是否符合驻留的标准。小区选择的标准被称为S准则。当某个小区的信道质量满足S准则时，就可以被选择为驻留小区。S准则的具体内容如下：

$$S_{rxlev} > 0$$

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset}) - P_{compensation}$$

各参数的含义见下列图4表格：

$S_{rxlev}$	小区选择 S 值, 单位 $dB$
$Q_{rxlevmeas}$	测量小区的 RSRP 值, 单位 $dBm$
$Q_{rxlevmin}$	小区中 RSRP 最小接收强度要求, 单位 $dBm$ , 从广播消息中获得
$Q_{rxlevminoffset}$	当驻留在 VPLMN 上搜索高优先级 PLMN 的时候, 采用 $S_{rxlev}$ 评估小区质量, 需要对 $Q_{rxlevmin}$ 进行的偏移, 用于防止乒乓响应
$P_{compensation}$	$Max(P_{EMax} - P_{UMax}, 0)$ , 单位 $dB$
$P_{EMax}$	UE 在小区中允许的最大上行发送功率, 单位 $dBm$ , 广播消息中获得
$P_{UMax}$	由 UE 能力决定的最大上行发送功率, 单位 $dBm$

图4: 小区选择参数含义

UE在进行小区选择时, 通过测量 $Q_{rxlevmeas}$  得到小区的 $S_{rxlev}$ 值, 通过小区的系统信息及自身能力等级获取 $S_{rxlev}$ 公式中的其他参数, 计算得到 $S_{rxlev}$ , 然后与0进行比较。如果 $S_{rxlev} > 0$ , 则UE认为该小区满足小区选择的信道质量要求, 可以选择其作为驻留小区。如果该小区的系统信息中指示其允许驻留, 那么UE将选择在此小区上驻留, 进入空闲状态。

## 2、LTE小区重选

小区重选时机:

- 1) 开机驻留到合适小区即开始小区重选
- 2) 处于RRC\_IDLE状态下UE移动

小区重选的原则:

- 1) UE通过测量服务小区和邻小区的属性来使能小区重选过程
- 2) 服务小区的系统信息指示UE搜索和测量邻小区的信息
- 3) 小区重选准则涉及服务小区和邻小区的测量
- 4) 小区重选参数可以适用于小区中的所有UE, 但有可能对某个UE或UE组配置特定的重选参数。

小区重选过程:

- 1) UE评估基于优先级的所有RAT频率

- 2) UE用排序的准则并基于无线链路质量来比较所有相关频率上的小区
- 3) 一旦重选目标小区，UE验证该小区的可接入性
- 4) 无接入受限，重选到目标小区

小区重选优先级考虑：

eUTRAN不同频率或IRAT频率的绝对优先级获取

- a) 系统信息
- b) RRCConnectionRelease消息

当UE处于空闲状态，在小区选择之后它需要持续地进行小区重选，以便驻留在优先级更高或者信道质量更好的小区。网络通过设置不同频点的优先级，可以达到控制UE驻留的目的；同时，UE在某个频点上将选择信道质量最好的小区，以便提供更好的服务。

小区重选可以分为同频小区重选和异频小区重选。同频小区重选，可以解决无线覆盖问题；异频小区重选，不仅可以解决无线覆盖问题，而且还可以通过设定不同频点的优先级来实现负载均衡。

### (1) 同频小区重选

测量准则：

为了最大化UE电池寿命，UE不需要在所有时刻都进行频繁的邻小区监测（测量），除非服务小区质量下降为低于规定的门限值。具体来说，仅当服务小区的参数 $S$ （ $S$ 值的计算方法与小区选择时一致）大于系统广播参数 $S_{intrasearch}$ 时UE才启动同频测量。

小区排序：

对候选小区根据信道质量高低进行 $R$ 准则排序，选择最优小区。 $R$ 准则表述如下：

服务小区  $R_s = Q_{meas,s} + Q_{Hyst}$

邻小区  $R_n = Q_{meas,n} - Q_{offset}$

$R_s$	服务小区的 R 值 (dB)
$R_n$	邻小区的 R 值 (dB)
$Q_{meas,s}$	用于小区重选的小区 RSRP 值 (dBm)
$Q_{offset}$	对于同频重选, 该参数等于小区间的 $Q_{offset}$ (系统广播中存在小区间 $Q_{offset}$ ) 或者 0 (系统广播中没有小区间 $Q_{offset}$ );  对于异频重选, 该参数等于“频率间 $Q_{offset}$ 和小区间 $Q_{offset}$ ” (系统广播中存在小区间 $Q_{offset}$ ) 或者频率间 $Q_{offset}$ (系统广播中没有小区间 $Q_{offset}$ )

图5：同频小区重选参数含义

小区重选准则：同频小区重选的对象可以是邻小区列表中的小区，也可以是通过重选过程中检测到的小区。排队及选择过程需要满足如下的约束条件。

- 1) 新目标小区的信道质量在排序中要比当前服务小区质量好的持续时间不短于  $T_{reselction}$ ;
- 2) 如果UE处于非普通移动状态（中速或高速），则需要考虑对参数  $T_{reselction}$  与  $Q_{hyst}$  进行缩放。
- 3) UE驻留原小区时间超过1s。

## (2) 异频小区重选

在异频小区重选过程中，eNodeB可以通过对各频点设置不同的优先级参数来实现不同频点小区的负载均衡。异频小区重选主要包括以下几个步骤。

测量准则：

对于系统信息指出的优先级高于当前频率优先级的频率，UE总是执行对这些高优先级频率的测量；对于系统信息指出的优先级等于或低于当前频率优先级的频率，UE的测量准则如下。

- 1) 如果服务小区的S值大于门限值  $S_{nonintrasearch}$ ，不执行测量；
- 2) 如果服务小区的S值小于或等于门限值  $S_{nonintrasearch}$ ，执行测量。



优先级处理：

UE可以通过广播消息获取频点的优先级信息（公共优先级），或者通过RRC连接释放消息获取频点的优先级信息（公共优先级）。如果提供了专用优先级，UE将忽略所有的公共优先级。如果系统信息中没有提供UE当前驻留小区的优先级信息，UE将把该小区所在的频点优先级设置为最低。UE只在系统信息中出现的并提供了优先级的频点之间，按照优先级策略进行小区重选。

小区重选准则：

对于高优先级频点的小区重选，在满足以下条件后进行。

- 1) 高优先级频率小区的S值大于预设的门限，且持续时间超过 $T_{reselction}$ ；
- 2) UE驻留原小区时间超过1s。

如果最高优先级上多个相邻小区符合标准，则选择最高优先级频率上的最优小区。对于同等优先级频点/同频，采用同频小区重选的R准则。

对于低优先级频率的小区重选，在满足以下条件后进行。

- 1) 没有高优先级频率的小区符合重选要求；
- 2) 没有同等优先级频率的小区符合重选要求；
- 3) 服务小区的S值小于预设的门限，并且低优先级频率小区的S值大于预设的门限，且持续时间超过 $T_{reselction}$ ；
- 4) UE驻留原小区时间超过1s。

异频小区重选的对象可以是邻小区列表中的小区，也可以是小区重选过程中检测到的小区。如果对UE速率的检测结果表明该小区处于非普通（中速或高速）移动状态，在重选过程中应该使用经过缩放的参数 $T_{reselction}$ 。

## LTE小区切换

### 1、切换概述

LTE系统是蜂窝移动通信系统，当用户从一个小区移动至另一个小区时，与其连接的小区将发生变化，执行切换操作。按照源小区和目标小区的从属关系和位置关系，可以将切换做如下的分类。

- 1) LTE系统内切换：包括eNodeB内切换、通过X2的eNodeB间切换、通过S1的eNodeB间切换。
- 2) LTE与异系统之间的切换：由于LTE系统与其他系统在空口技术上的根本不同，从LTE小区切换到其他系统的小区，UE不仅需要支持LTE的OFDM接入技术，还需要支持其他系统的空口接入技术，可能出现的情形包括但不限于以下几类：LTE与GSM



之间的切换、LTE与UTRAN之间的切换、LTE与WiMAX之间的切换。

## 连接状态

连接状态指ECM-CONNECTED状态，其主要特征如下：

- 1) UE和网络之间有信令连接，这个信令连接包括RRC连接和S1-MME连接两部分；
- 2) 网络对UE位置所知精度为小区级；
- 3) UE移动性管理由切换过程控制；
- 4) S1释放过程将使UE从ECM-CONNECTED状态迁移到ECM-IDLE状态。

## 切换的目的

- 基于当前网络服务质量的切换：切换的基本目标
  - ✓ 指示UE可与比当前服务小区信道质量更好的小区通信
  - ✓ 为UE提供连续的无中断的通信服务
  - ✓ 同频切换和异频切换
- 基于当前网络覆盖的切换：
  - ✓ UE失去当前RAT的覆盖，异系统切换
- 基于当前网络负荷的切换
  - ✓ 覆盖当前区域小区负载不平衡时
  - ✓ 资源共享，同频/异频/异系统切换

硬切换——先断开，再连接

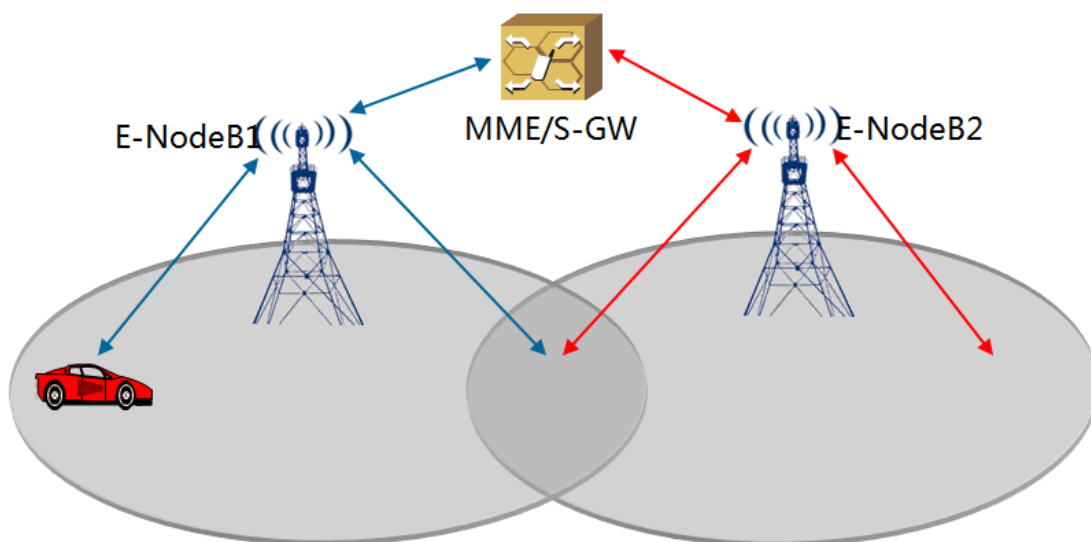


图6：硬切换

## 2、切换测量

切换三部曲

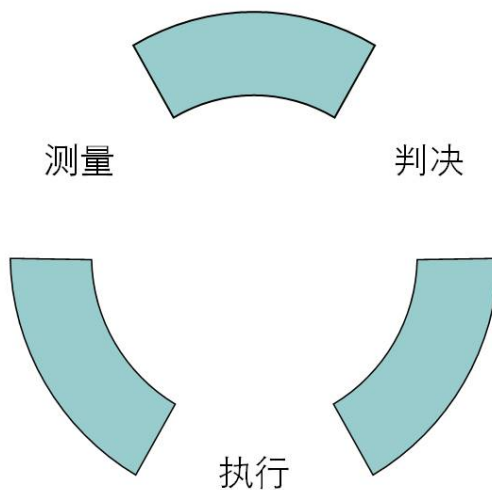


图7：切换三部曲

- **测量**
  - ✓ 测量控制
  - ✓ 测量的执行与结果的处理
  - ✓ 测量报告
  - ✓ 主要由UE完成
- **判决**
  - ✓ 以测量为基础
  - ✓ 资源申请与分配
  - ✓ 主要由网络端完成
- **执行**
  - ✓ 信令过程
  - ✓ 支持失败回退
  - ✓ 测量控制更新

测量控制

通知UE需要测量的对象、小区列表、报告方式、测量标识、事件参数等  
测量条件改变时，eNB通知UE新的测量条件

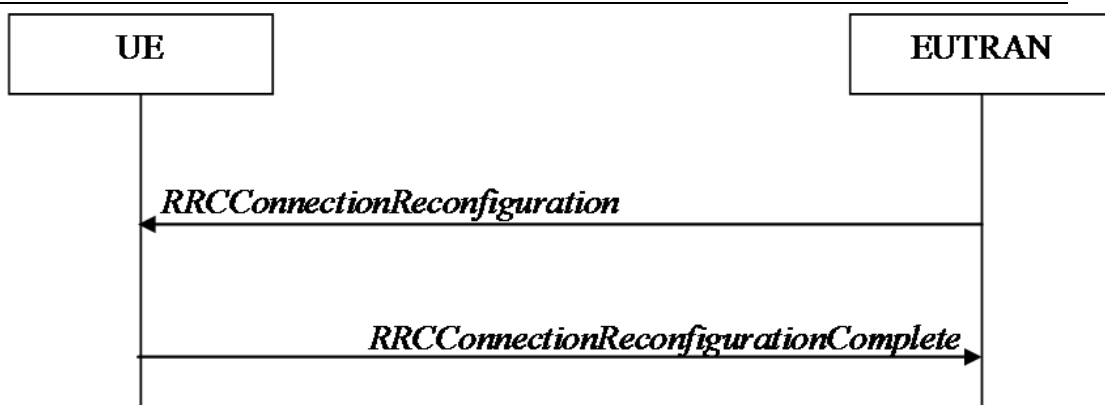


图8：测量控制

测量控制：eUTRAN下发的测量配置参数

- ✓ 测量对象：LTE同频或异频、UTRA的一组同频小区、GERAN的一组频率、CDMA2000的一组同频小区
- ✓ 测量上报配置：周期或事件报告；报告格式包含测量量和相关信息
- ✓ 测量标识：测量ID的列表，Measurement ID
- ✓ 测量间隙：UE使用这个间隙执行测量，此时不进行上下行调度

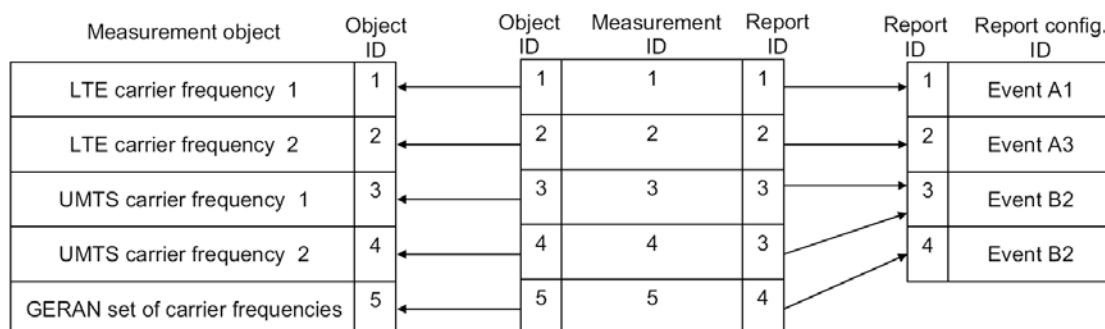


图9：测量控制配置参数

测量对象及测量值

● 切换的测量对象及测量值

1) 同频测量

RSRP、RSRQ、Pathloss

2) 异频测量

RSRP、RSRQ、Pathloss

3) 异系统测量

PCCPCH RSCP

CPICH RSCP、CPICH Ec/No

GSM Carrier RSSI, BSIC Identification, BSIC Reconfirmation

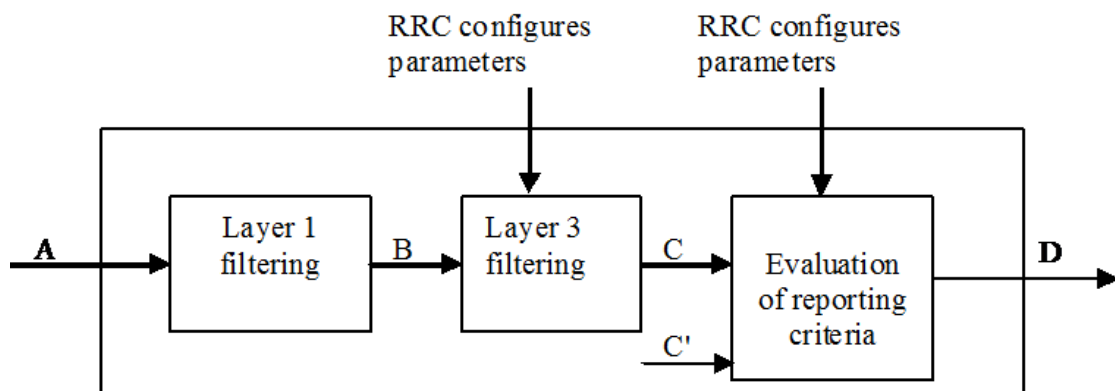


图9：测量模型

- 层一的滤波方法由厂家决定
- 层三滤波系数可以配置
- 符合上报条件时进行上报

#### 测量模型——层三滤波

UE对测量值的滤波，按下式进行计算：

$$F_n = (1 - \alpha) F_{n-1} + \alpha M_n$$

$$F_1 = M_1$$

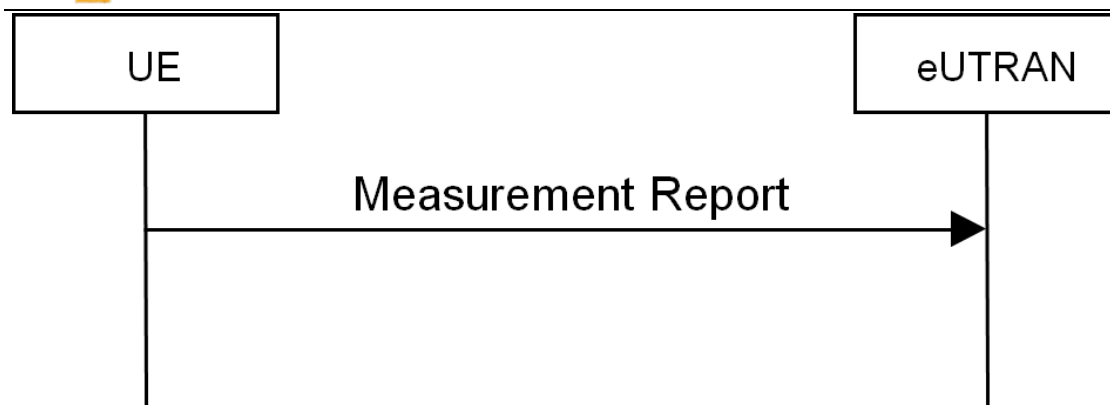
- ✓  $F_n$  ——本次测量过滤后更新的测量结果
- ✓  $F_{n-1}$  ——上一次测量过滤后的测量结果
- ✓  $M_n$  ——最近一次来自物理层UE的测量结果
- ✓  $\alpha = 0.5^{k/4}$ ，K是在测量控制消息的测量数量配置中，Filter coefficient中收到的参数。若该参数被设置为0，则无L3滤波

K越大，滤波效果越大，但对快速变化的信号反应不灵敏；

K越小，滤波效果越小，但对快速变化的信号反应灵敏。

#### 测量报告

- 满足测量报告条件时，通过事件报告eUTRAN
- 内容包括：测量ID、服务小区的测量结果（RSRP和RSRQ的测量值）、邻小区的测量结果（可选）



## Measurement Report, normal case

图11：测量报告

- 事件报告  
满足报告条件时，发送测量报告
- 周期报告  
周期性发送测量报告  
事件转周期报告：部分事件报告后，eUTRAN未进行相应的切换控制，则转周期报告；  
报告的间隔与总次数受参数控制

同系统内的测量事件采用 AX 来标识，同系统内事件报告种类

- A1：服务小区比绝对门限好。用于停止正在进行的异频/IRAT测量，在RRC控制下去激活测量间隙。
- A2：服务小区比绝对门限差。指示当前频率的较差覆盖，可以开始异频/IRAT测量，在RRC控制下激活测量间隙。
- A3：邻小区比（服务小区+偏移量）好。用于切换。
- A4：邻小区比绝对门限好。可用于负载平衡，与移动到高优先级的小区重选相似。
- A5：服务小区比绝对门限1差，邻小区比绝对门限2好。可用于负载平衡，与移动到低优先级的小区重选相似。

异系统测量事件用 BX 来标识。

- B1：邻小区比绝对门限好。用于测量高优先级的RAT小区。
- B2：服务小区比绝对门限1差，邻小区比绝对门限2好。用于相同或低优先级的RAT小区的测量。

测量间隙

- 同频测量：测量和数据接收没有冲突，不用任何调节就能执行测量。
- 异频异RAT测量：若UE无多个接收机，无法同时进行服务小区的收发。为使UE进行切换准备，服务小区需要安排一个gap进行测量。

Gap索引	发射Gap长度 (ms)	发射Gap重复周期 (ms)	测量目的
0	6	40	异频eUTRAN FDD/TDD、 UTRAN FDD、GERAN、 CDMA2000 1x等
1	6	80	

图12：两种Gap

部分事件报告控制参数

相对门限 (Reporting Range)

两个测量值之间的单向差值，如A3事件的相对门限

绝对门限 (Threshold)

测量值达到一个绝对值，如A1、A2事件的绝对门限

磁滞门限 (Hysteresis)

两个测量值比较时的双向差值

延迟触发时间 (Time to trigger)

达到上述门限并必须维持的时间

偏移量 (Offset)

小区偏移量 $O_c$

频率偏移量 $O_f$

根据判决不等式判决

例：A1事件判决不等式

1、进入该事件的条件：

2、离开该事件的条件：

$M_s$ ：服务小区测量值，RSRP单位dBm，RSRQ单位dB

Thresh：绝对门限值，单位同 $M_s$

Hys：磁滞值，单位dB

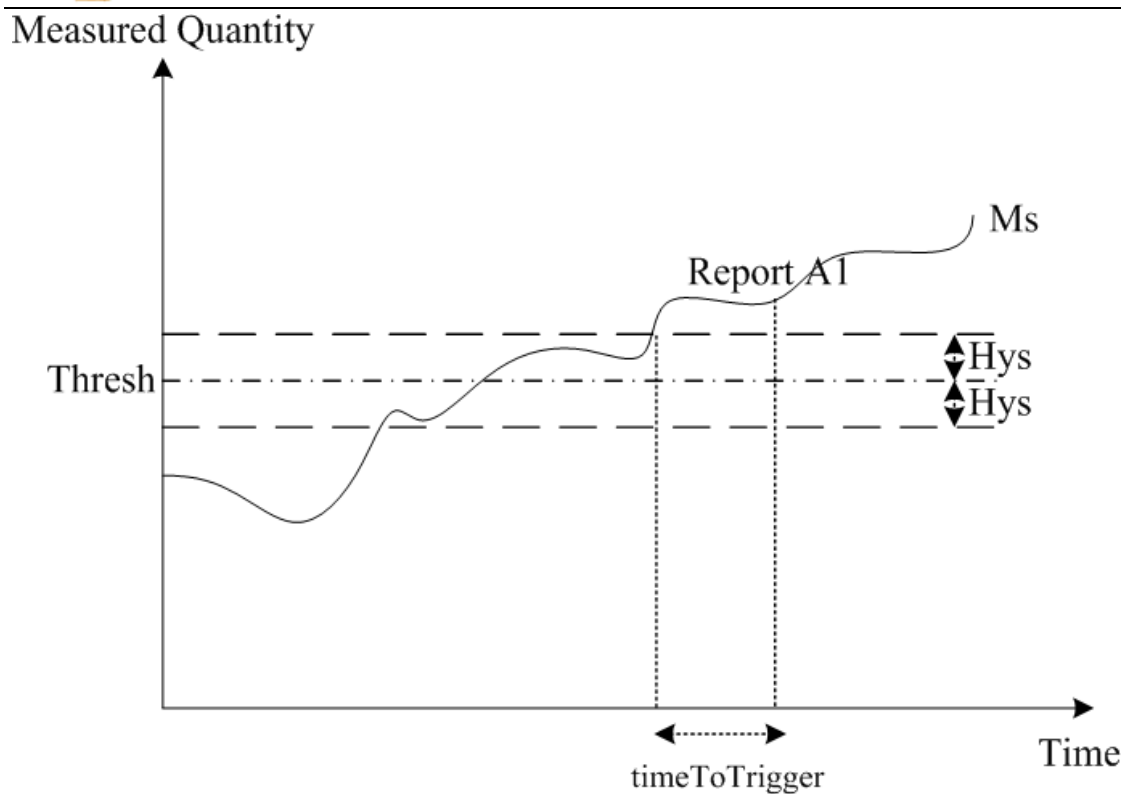


图13: A1事件报告示意图

### 3、切换信令流程

- LTE系统内连接状态下的移动性管理，包括EPC节点的重定位和UE切换过程。EPC节点重定位包括MME重定位和S-GW重定位。
- 切换的发起总是由源侧决定，源侧的eNodeB控制并评估UE和eNodeB的测量结果，并考虑UE的区域限制情况，判定是否发起切换。
- 在目标系统中预留切换后所需的资源，待切换命令执行后再为UE分配这些预留的资源。
- 当UE同步到目标系统后，网络控制释放源系统中的资源。



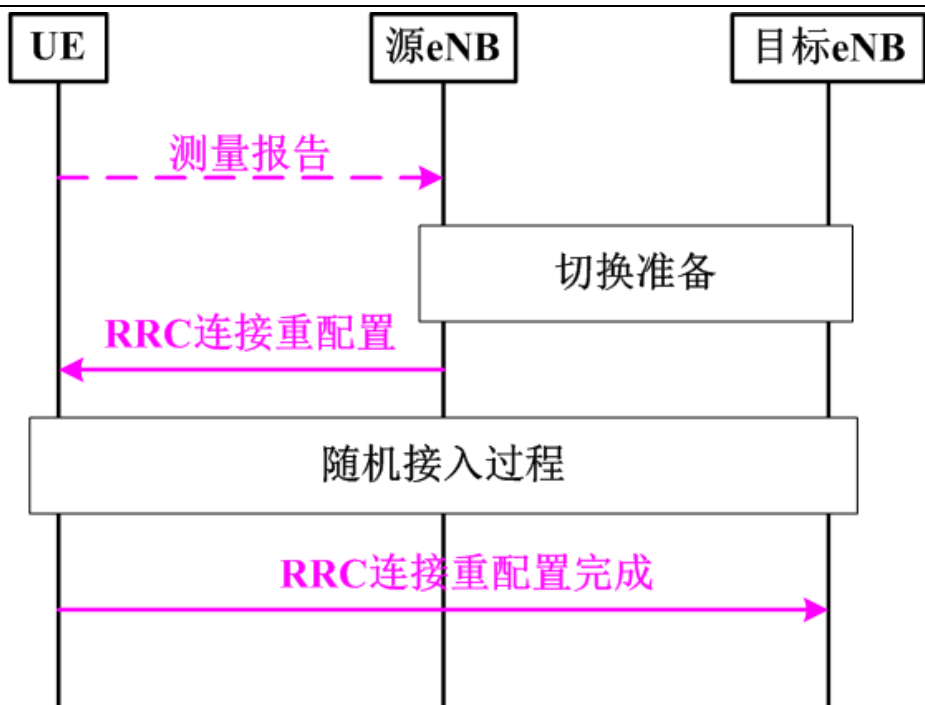


图14: 切换简单流程

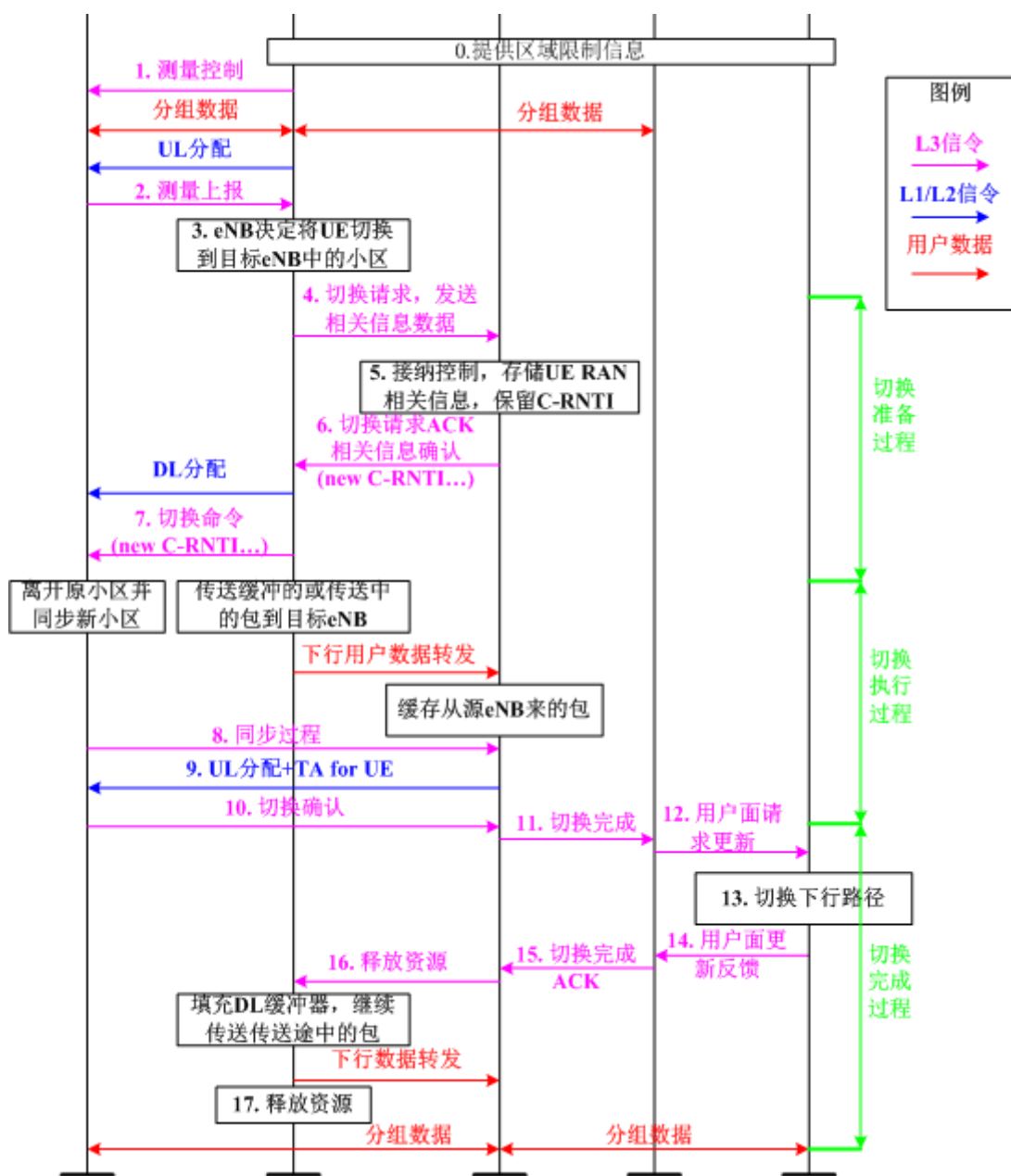


图15：不涉及EPC节点重定位的切换流程

基于竞争的后向切换：UE在第8步同步过程使用竞争资源获取上行同步。

无竞争的后向切换：UE在第8步同步过程使用专用资源获取上行同步。

- ✓ 切换UE所使用的接入资源（接入序列和无线资源块）是目标基站分配的。
- ✓ 可以降低切换过程中的数据中断时延（切换时延）。
- ✓ 用于发送接入序列的信道为RACH信道，需要预留一部分Preamble专门用于切换UE的无竞争切换过程。

切换信令的分析将在下一课中详细描述。

《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

2013-06-19



### 第十一课：LTE小区选择、重选、切换

LTE移动性管理相关概念



LTE小区选择/重选



LTE小区切换

