

目 录

1	TDD-LTE 网络结构概述	1
2.1	EPC 与 E-UTRAN 功能划分	1
2.2	E-UTRAN 接口的通用协议模型	3
2.3	S1 接口	3
2.4	X2 接口	5
2	典型信令流程分析.....	8
3.1	开机附着流程	10
3.2	UE 发起的 service request 流程	错误！未定义书签。
3.3	网络发起的 paging 流程	错误！未定义书签。
3.4	关机去附着	错误！未定义书签。
3.5	切换流程	错误！未定义书签。
3.6	空口 RRC 信令	37

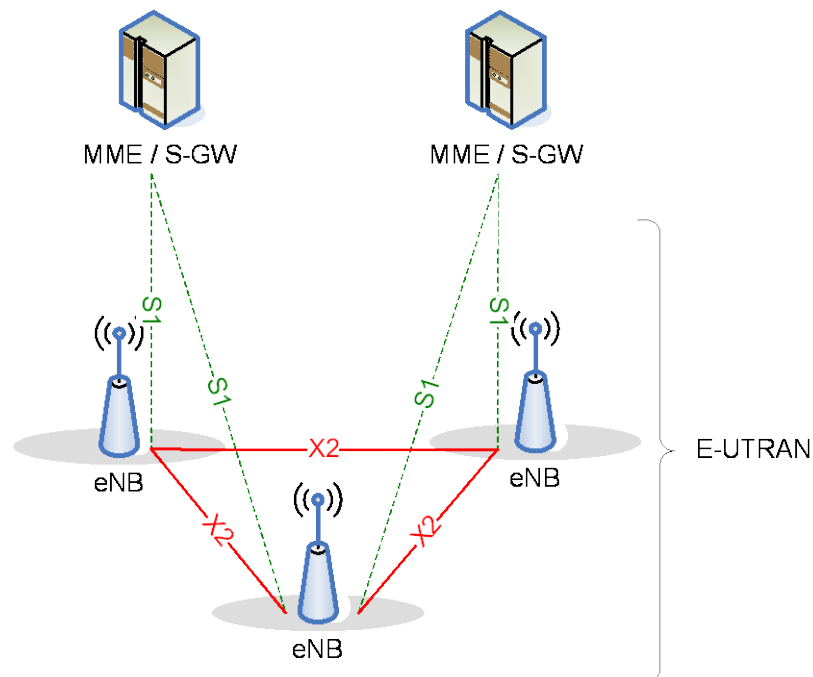
1 TDD-LTE 网络结构概述

LTE 的系统架构分成两部分，包括演进后的核心网 EPC（MME/S-GW）和演进后的接入网 E-UTRAN。演进后的系统仅存在分组交换域。

LTE 接入网仅由演进后的节点 B（evolved NodeB）组成，提供到 UE 的 E-UTRA 控制面与用户面的协议终止点。eNB 之间通过 X2 接口进行连接，并且在需要通信的两个不同 eNB 之间总是会存在 X2 接口。LTE 接入网与核心网之间通过 S1 接口进行连接，S1 接口支持多—多联系方式。

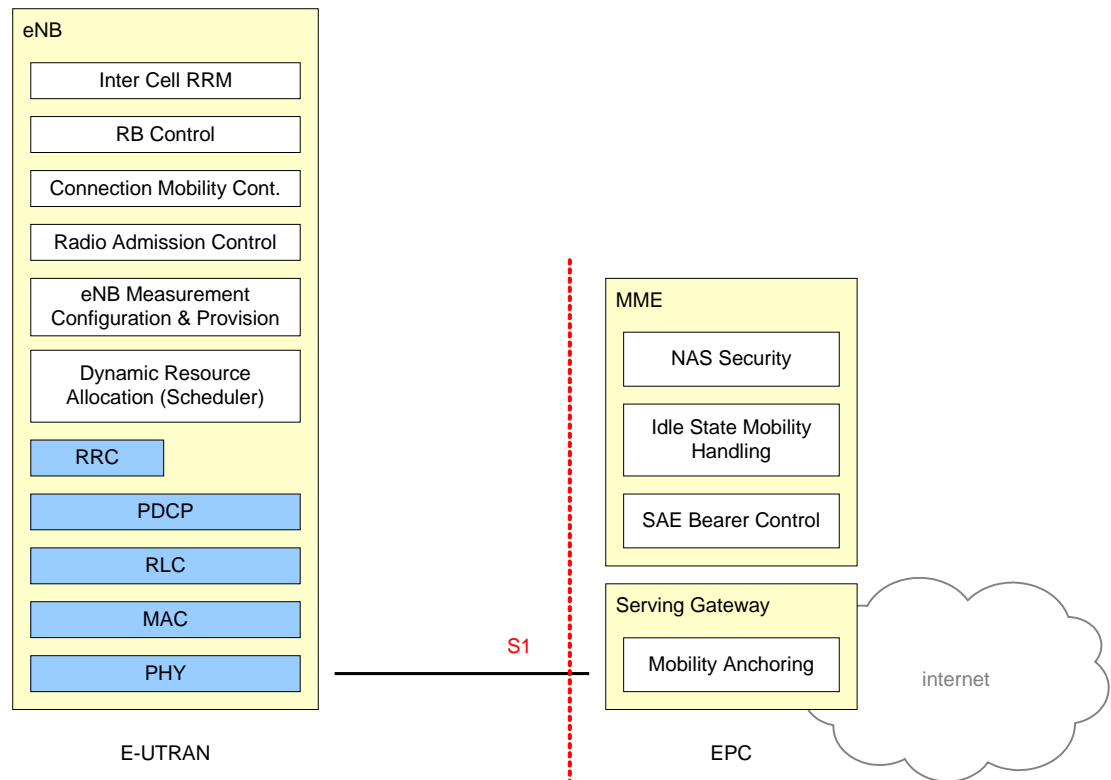
与 3G 网络架构相比，接入网仅包括 eNB 一种逻辑节点，网络架构中节点数量减少，网络架构更加趋于扁平化。扁平化网络架构降低了呼叫建立时延以及用户数据的传输时延，也会降低 OPEX 与 CAPEX。

由于 eNB 与 MME/S-GW 之间具有灵活的连接（S1-flex），UE 在移动过程中仍然可以驻留在相同的 MME/S-GW 上，有助于减少接口信令交互数量以及 MME/S-GW 的处理负荷。当 MME/S-GW 与 eNB 之间的连接路径相当长或进行新的资源分配时，与 UE 连接的 MME/S-GW 也可能会改变。



1.1 EPC 与 E-UTRAN 功能划分

与 3G 系统相比，由于重新定义了系统网络架构，核心网和接入网之间的功能划分也随之有所变化，需要重新明确以适应新的架构和 LTE 的系统需求。针对 LTE 的系统架构，网络功能划分如下图：



eNB 功能:

- 1) 无线资源管理相关的功能，包括无线承载控制、接纳控制、连接移动性管理、上/下行动态资源分配/调度等；
- 2) IP 头压缩与用户数据流加密；
- 3) UE 附着时的 MME 选择；
- 4) 提供到 S-GW 的用户面数据的路由；
- 5) 寻呼消息的调度与传输；
- 6) 系统广播信息的调度与传输；
- 7) 测量与测量报告的配置。

MME 功能:

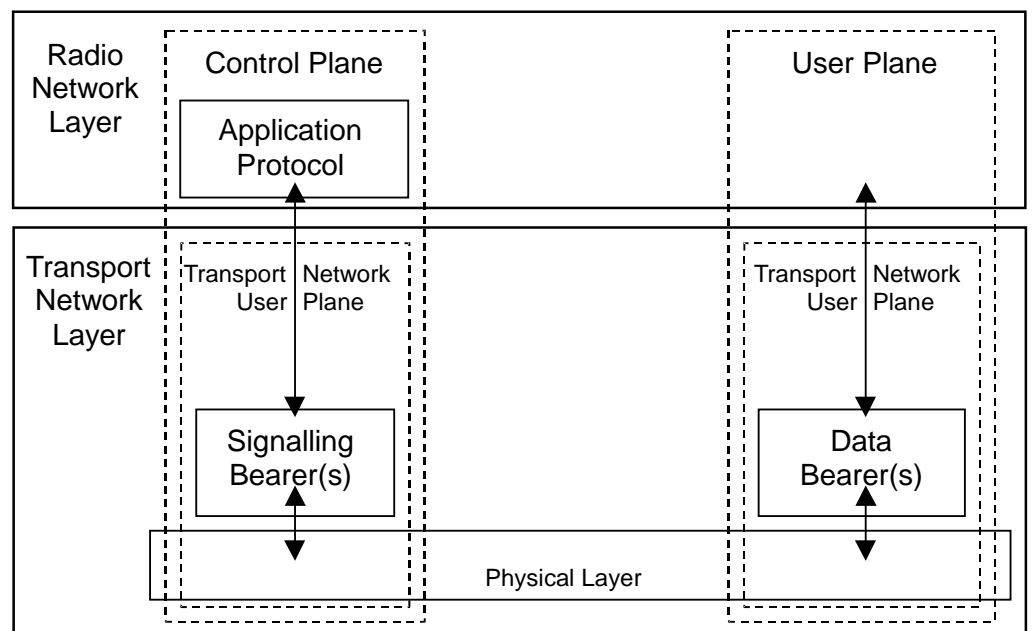
- 1) 寻呼消息分发，MME 负责将寻呼消息按照一定的原则分发到相关的 eNB；
- 2) 安全控制；
- 3) 空闲状态的移动性管理；
- 4) SAE 承载控制；
- 5) 非接入层信令的加密与完整性保护。

服务网关功能：

- 1) 终止由于寻呼原因产生的用户平面数据包；
- 2) 支持由于 UE 移动性产生的用户平面切换。

1.2 E-UTRAN 接口的通用协议模型

E-UTRAN 接口的通用协议模型如下图所示，适用于 E-UTRAN 相关的所有接口，即 S1 和 X2 接口。E-UTRAN 接口的通用协议模型继承了 UTRAN 接口的定义原则，即控制面和用户面相分离，无线网络层与传输网络层相分离。继续保持控制平面与用户平面、无线网络层与传输网络层技术的独立演进，同时减少了 LTE 系统接口标准化工作的代价。

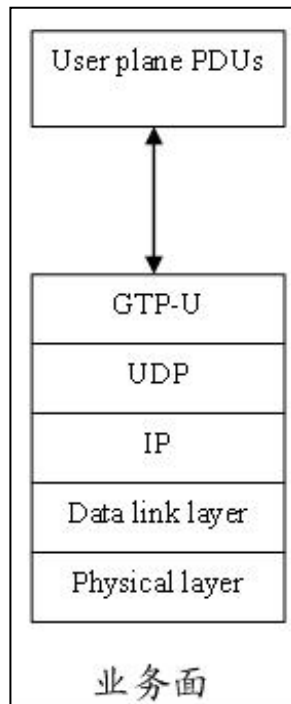


1.3 S1 接口

S1 接口是 MME/S-GW 网关与 eNB 之间的接口，S1 接口与 3G UMTS 系统 Iu 接口的不同之处在于，Iu 接口连接包括 3G 核心网的 PS 域和 CS 域，S1 接口只支持 PS 域。

1.3.1 S1 接口的用户平面

用户平面接口位于 E-NodeB 和 S-GW 之间，S1 接口用户平面（S1-UP）的协议栈如下图所示。S1-UP 的传输网络层基于 IP 传输，UDP/IP 之上的 GTP-U 用来传输 S-GW 与 eNB 之间的用户平面 PDU。



GTP-U 协议具备以下特点：

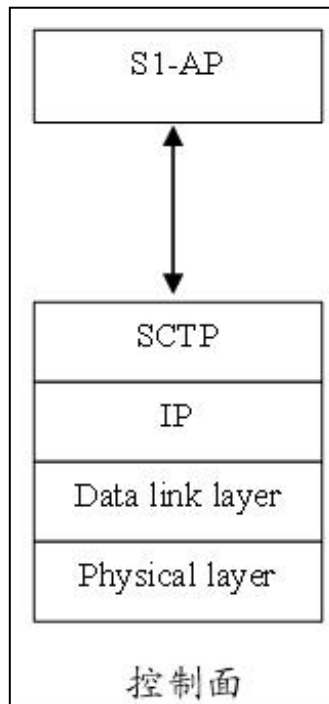
- 1) GTP-U 协议既可以基于 IPv4/UDP 传输，也可以基于 IPv6/UDP 传输；
- 2) 隧道端点之间的数据通过 IP 地址和 UDP 端口号进行路由；
- 3) UDP 头与使用的 IP 版本无关，两者独立。

S1 用户面无线网络层协议功能：

- 1) 在 S1 接口目标节点中指示数据分组所属的 SAE 接入承载；
- 2) 移动性过程中尽量减少数据的丢失；
- 3) 错误处理机制；
- 4) MBMS 支持功能；
- 5) 分组丢失检测机制；

1.3.2 S1 接口控制面

S1 控制平面接口位于 E-NodeB 和 MME 之间，传输网络层是利用 IP 传输，这点类似于用户平面；为了可靠的传输信令消息，在 IP 层之上添加了 SCTP；应用层的信令协议为 S1-AP。S1 接口控制面协议栈如下图所示：



S1 控制面功能：

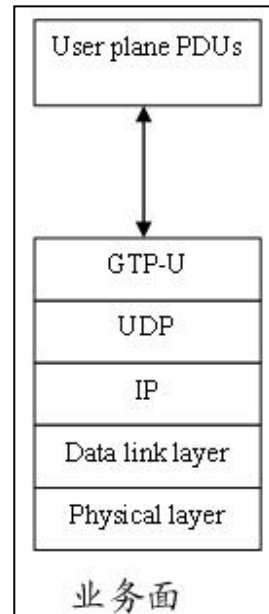
- 1) SAE 承载服务管理功能（包括 SAE 承载建立、修改和释放）；
- 2) S1 接口 UE 上下文释放功能；
- 3) LTE_ACTIVE 状态下 UE 的移动性管理功能（包括 Intra-LTE 切换和 Inter-3GPP-RAT 切换）；
- 4) S1 接口的寻呼；
- 5) NAS 信令传输功能；
- 6) S1 接口管理功能（包括复位、错误指示以及过载指示等）；
- 7) 网络共享功能；
- 8) 漫游于区域限制支持功能；
- 9) NAS 节点选择功能；
- 10) 初始上下文建立过程；
- 11) S1 接口的无线网络层不提供流量控制和拥塞控制功能。

1.4 X2 接口

X2 接口是 eNB 与 eNB 之间的接口。X2 接口的定义采用了与 S1 接口一致的原则，体现在 X2 接口的用户平面协议结构与控制平面协议结构均与 S1 接口类似。

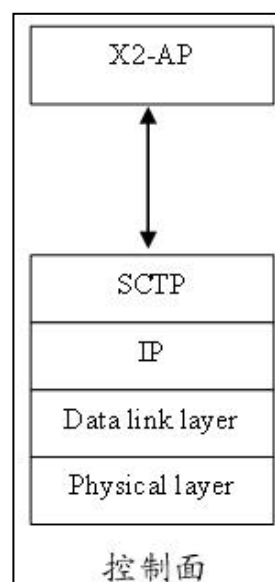
1.4.1 X2 接口用户平面

X2 接口用户平面提供 eNB 之间的用户数据传输功能。X2-UP 的协议栈结构如下图所示，X2-UP 的传输网络层基于 IP 传输，UDP/IP 协议之上采用 GTP-U 来传输 eNB 之间的用户面 PDU。



1.4.2 X2 接口控制平面

X2 接口控制平面协议栈如下图所示，LTE 系统 X2 接口的定义采用了与 S1 接口一致的原则，其传输网络层控制平面 IP 层的上面也采用了 SCTP，为信令提供可靠的传输。应用层信令协议表示为 X2-AP。



X2 接口应用层协议功能：

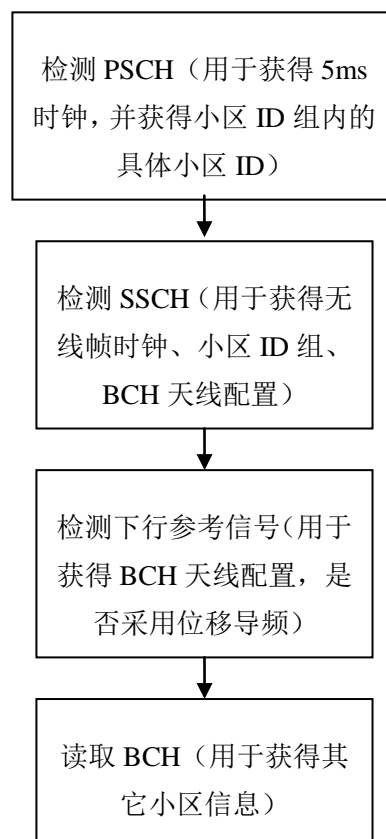
- 1) 支持 LTE_ACTIVE 状态下 UE 的 LTE 接入系统内的移动性管理功能；

- 2) X2 接口自身的管理功能，如错误指示等；
- 3) 上行负荷管理功能。

2 典型信令流程分析

2.1 小区搜索

小区搜索过程是 UE 和小区取得时间和频率同步，并检测小区 ID 的过程。E-UTRA 系统的小区搜索过程与 UTRA 系统的主要区别是她能够支持不同的系统带宽（1.4~20MHz）。小区搜索通过若干下行信道实现，包括同步信道（SCH）、广播信道（BCH）和下行参考信号（RS）。SCH 又分成主同步信道（PSCH）和辅同步信道（SSCH），BCH 又分成主广播信道（PBCH）和动态广播信道（DBCH）。除 PBCH 是以正式“信道”出现的；PSCH 和 SSCH 是纯粹的 L1 信道，不用来传送 L2/L3 控制信令，而只用于同步和小区搜索过程；DBCH 最终承载在下行共享传输信道（DL-SCH），没有独立的信道。下图为小区搜索流程：

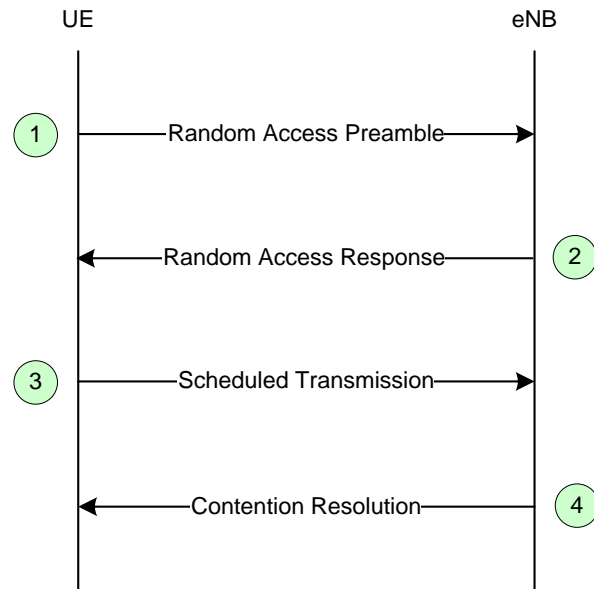


2.2 随机接入流程

随机接入分为基于冲突的随机接入和基于非冲突的随机接入两个流程。其区别为针对两种流程其选择随机接入前缀的方式。前者为 UE 从基于冲

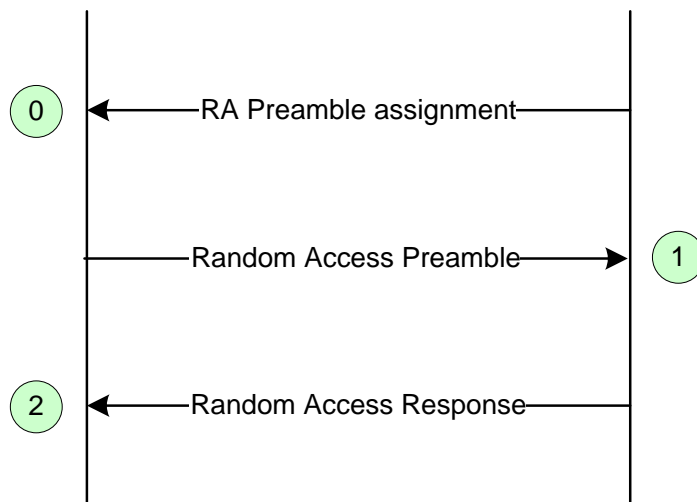
突的随机接入前缀中依照一定算法随机选择一个随机前缀；后者是基站侧通过下行专用信令给 UE 指派非冲突的随机接入前缀。具体流程如下：

基于冲突的随机接入：



- 1) UE 在 RACH 上发送随机接入前缀；
- 2) ENb 的 MAC 层产生随机接入响应，并在 DL-SCH 上发送；
- 3) UE 的 RRC 层产生 RRC Connection Request 并在映射到 UL-SCH 上的 CCCH 逻辑信道上发送；
- 4) RRC Contention Resolution 由 ENb 的 RRC 层产生，并在映射到 DL-SCH 上的 CCCH or DCCH(FFS)逻辑信道上发送。

基于非冲突的随机接入

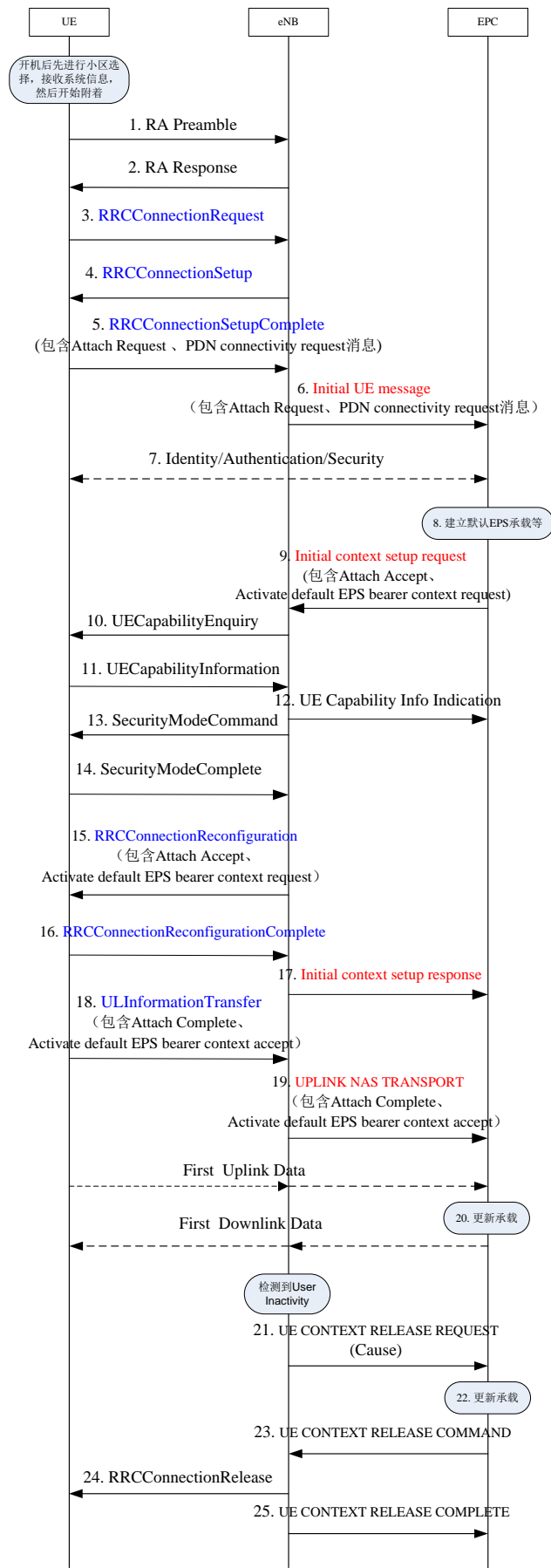


- 1) ENb 通过下行专用信令给 UE 指派非冲突的随机接入前缀 (non-contention Random Access Preamble), 这个前缀不在 BCH 上广播的集合中。
- 2) UE 在 RACH 上发送指派的随机接入前缀。
- 3) ENb 的 MAC 层产生随机接入响应, 并在 DL-SCH 上发送。

2.3 开机附着流程

2.3.1 正常流程

UE 刚开机时, 先进行物理下行同步, 搜索测量进行小区选择, 选择到一个 suitable 或者 acceptable 小区后, 驻留并进行附着过程。附着流程图如下:



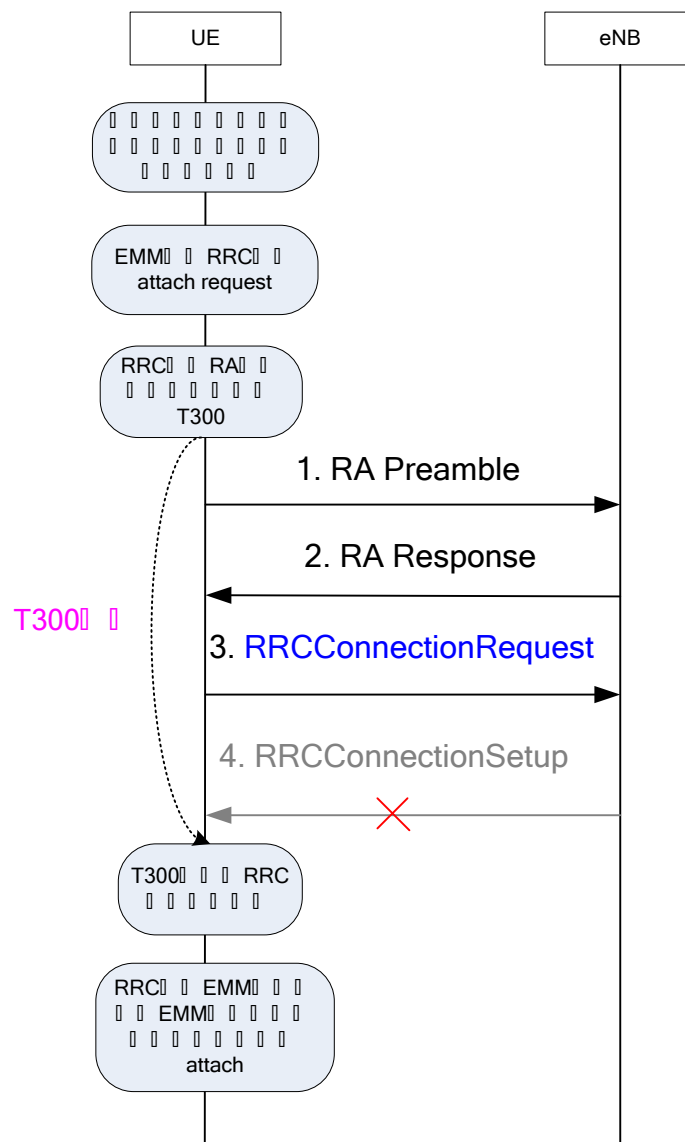
说明：

- 1) 步骤 1~5 会建立 RRC 连接，步骤 6、9 会建立 S1 连接，完成这些过程即标志着 NAS signalling connection 建立完成，见 24.301。
- 2) 消息 7 的说明：UE 刚开机第一次 attach，使用的 IMSI，无 Identity 过程；后续，如果有有效的 GUTI，使用 GUTI attach，核心网才会发起 Identity 过程（为上下行直传消息）。
- 3) 消息 10~12 的说明：如果消息 9 带了 UE Radio Capability IE，则 eNB 不会发送 UE Capability Enquiry 消息给 UE，即没有 10~12 过程；否则会发送，UE 上报无线能力信息后，eNB 再发 UE Capability Info Indication，给核心网上报 UE 的无线能力信息。
 - 为了减少空口开销，在 IDLE 下 MME 会保存 UE Radio Capability 信息，在 INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST 消息会带给 eNB，除非 UE 在执行 attach 或者 "first TAU following GERAN/UTRAN Attach" or "UE radio capability update" TAU 过程（也就是这些过程 MME 不会带 UE Radio Capability 信息给 eNB，并会把本地保存的 UE Radio Capability 信息删除，eNB 会问 UE 要能力信息，并报给 MME。注："UE radio capability update" TAU is only supported for changes of GERAN and UTRAN radio capabilities in ECM-IDLE.）。
 - 在 CONNECTED 下，eNB 会一直保存 UE Radio Capability 信息。
 - UE 的 E_UTRAN 无线能力信息如果发生改变，需要先 detach，再 attach。
- 4) 发起 UE 上下文释放（即 21~25）的条件：
 - eNodeB-initiated with cause e.g. O&M Intervention, Unspecified Failure, User Inactivity, Repeated RRC signalling Integrity Check Failure, Release due to UE generated signalling connection release, etc.; or
 - MME-initiated with cause e.g. authentication failure, detach, etc.
- 5) eNB 收到 msg3 以后，DCM 给 USM 配置 SRB1，配置完后发送 msg4 给 UE；eNB 在发送 RRCConnectionReconfiguration 前，DCM 先给 USM 配置 DRB/SRB2 等信息，配置完后发送 RRCConnectionReconfiguration 给 UE，收到 RRCConnectionReconfigurationComplete 后，控制面再通知用户面资源可用。
- 6) 消息 13~15 的说明：eNB 发送完消息 13，并不需要等收到消息 14，就直接发送消息 15。

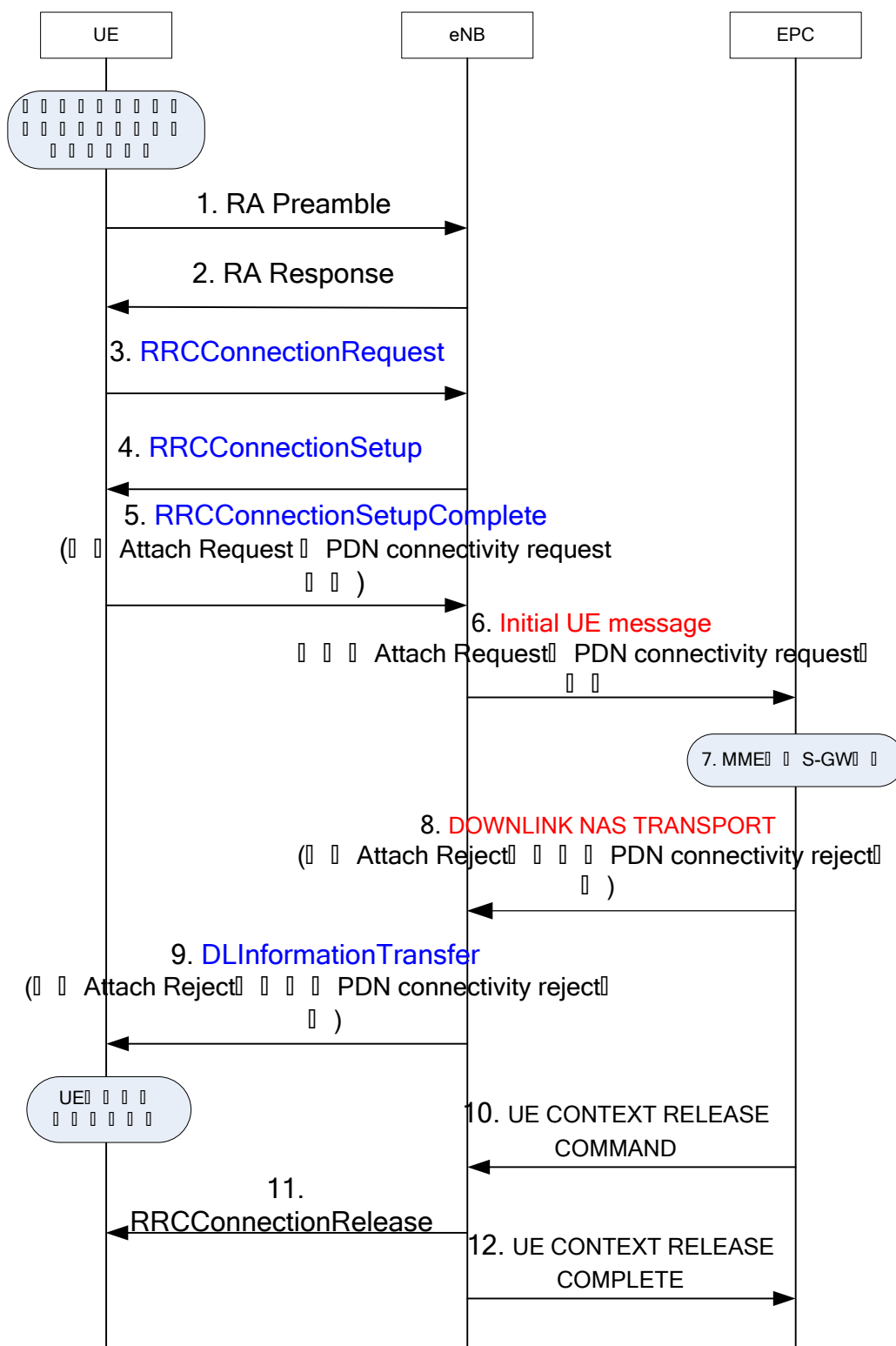
- 7) 如果发起 IMSI attach 时，UE 的 IMSI 与另外一个 UE 的 IMSI 重复，并且其他 UE 已经 attach，则核心网会释放先前的 UE。如果 IMSI 中的 MNC 与核心网配置的不一致，则核心网会回复 attach reject。
- 8) 消息 9 的说明：该消息为 MME 向 eNB 发起的初始上下文建立请求，请求 eNB 建立承载资源，同时带安全上下文，可能带用户无线能力、切换限制列表等参数。UE 的安全能力参数是通过 attach request 消息带给核心网的，核心网再通过该消息送给 eNB。UE 的网络能力（安全能力）信息改变的话，需要发起 TAU。

2.3.2 异常流程

2.3.2.1 RRC 连接建立失败



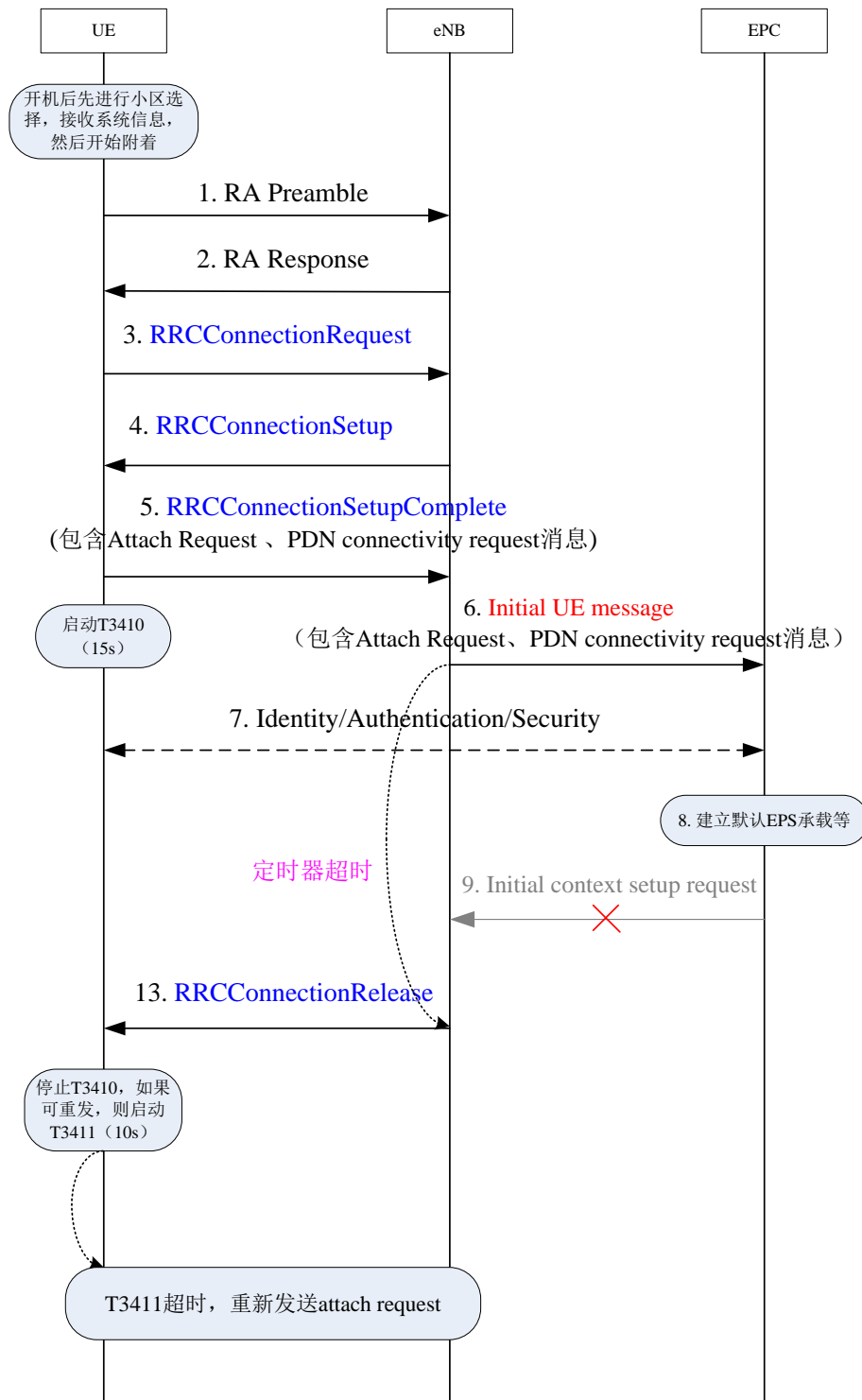
2.3.2.2 核心网拒绝



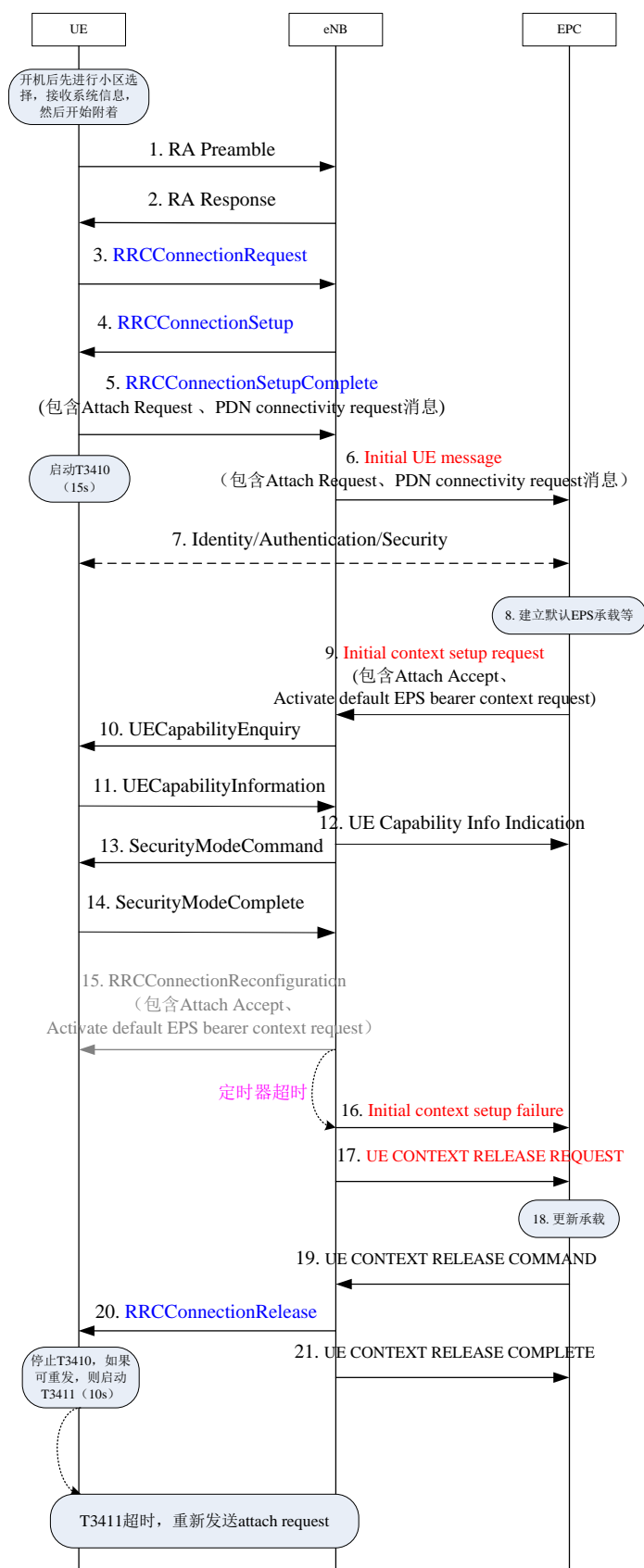
- 1) 如果是 ESM 过程导致的拒绝(比如默认承载建立失败),才会带 PDN CONNECTIVITY REJECT 消息; EMM 层拒绝,只有 ATTACH REJECT 消息。

2) 常见的拒绝原因有：IMSI 中的 MNC 与核心网配置的不一致。

2.3.2.3 eNB 未等到 Initial context setup request 消息



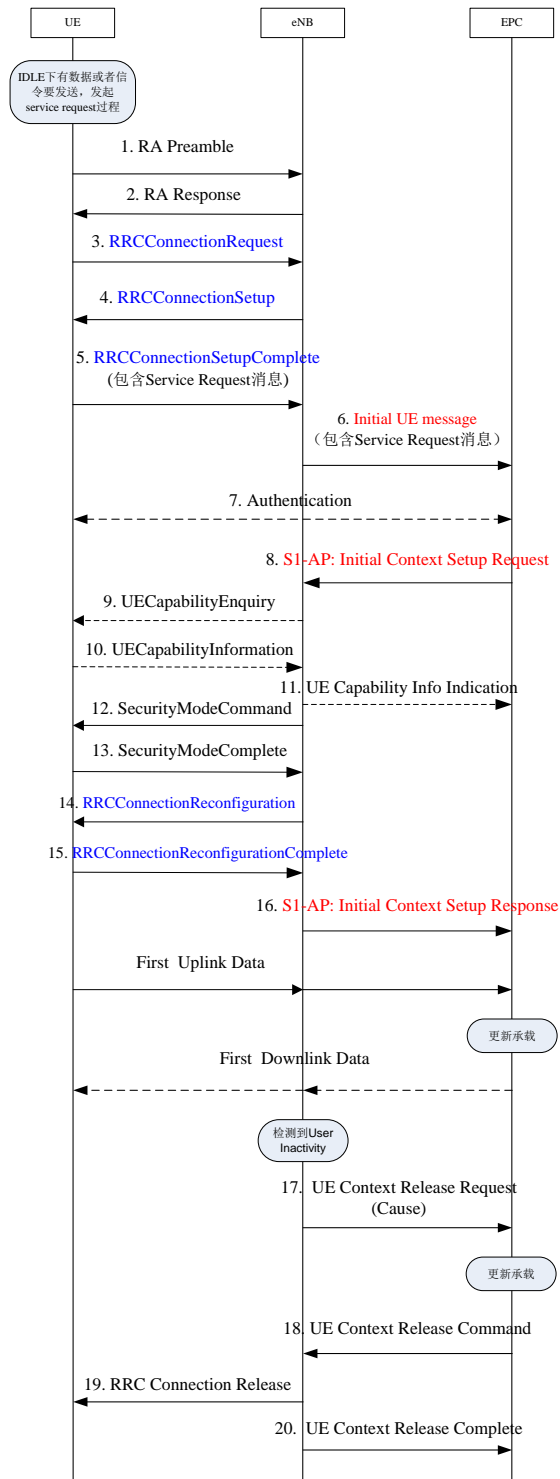
2.3.2.4 RRC 重配消息丢失或者没收到 RRC 重配完成消息或者 eNB 内部配置 UE 的安全参数等失败



2.4 UE 发起的 service request 流程

2.4.1 正常流程

UE 在 IDLE 模式下，需要发送业务数据时，发起 service request 过程，流程图如下：

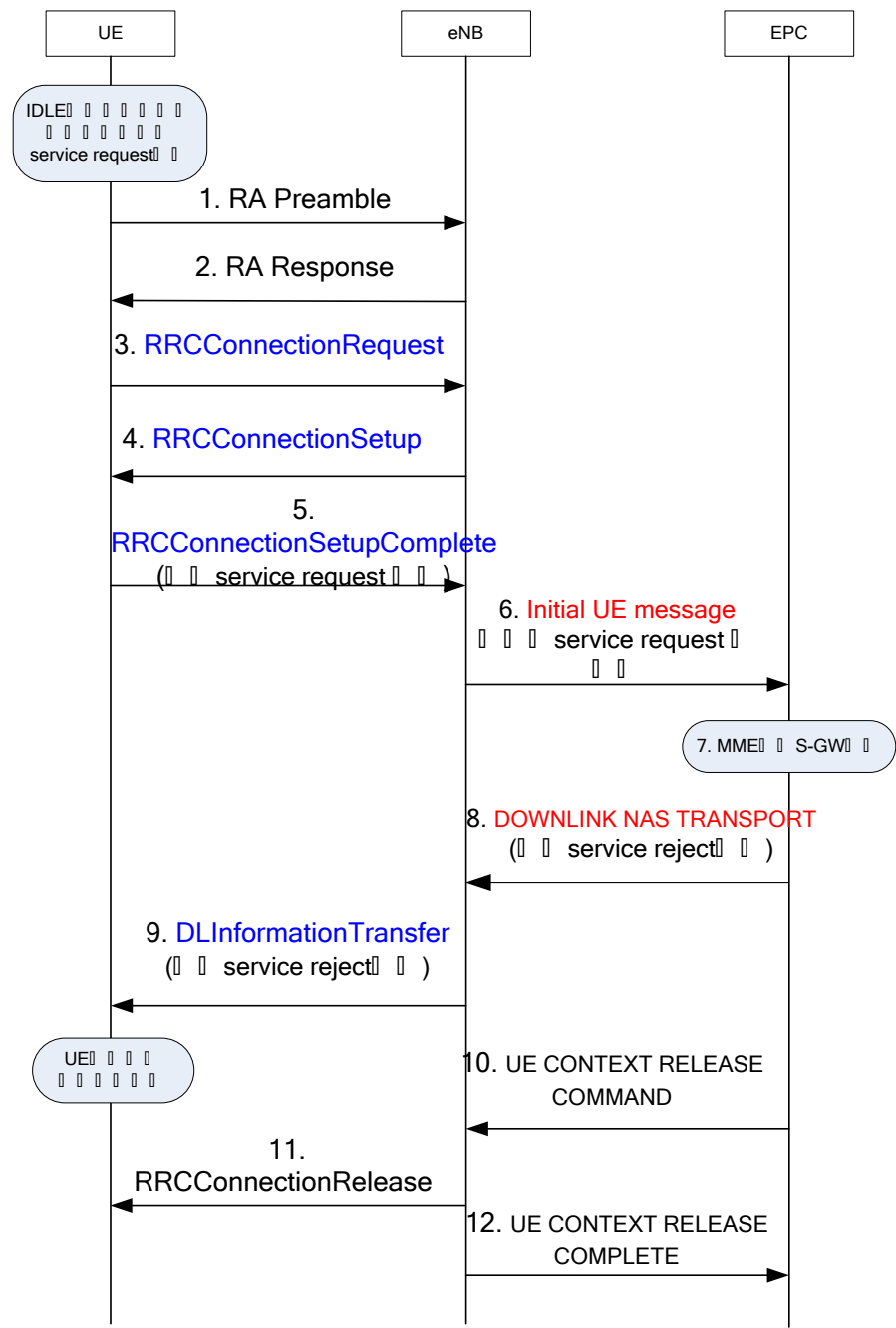


2.4.2 异常流程

2.4.2.1 RRC 连接建立失败

处理同 3.3.2.1。

2.4.2.2 核心网拒绝



2.4.2.3 eNB 未等到 Initial context setup request 消息

处理同 3.3.2.3， 区别在于 service request 过程失败没有重发。

2.4.2.4 RRC 重配消息丢失或者 eNB 内部配置 UE 的安全参数失败或者没有建立起来一个非 GBR 承载

同 3.3.2.4， 区别在于 service request 过程失败没有重发。

2.4.2.5 eNB 建立专用承载失败

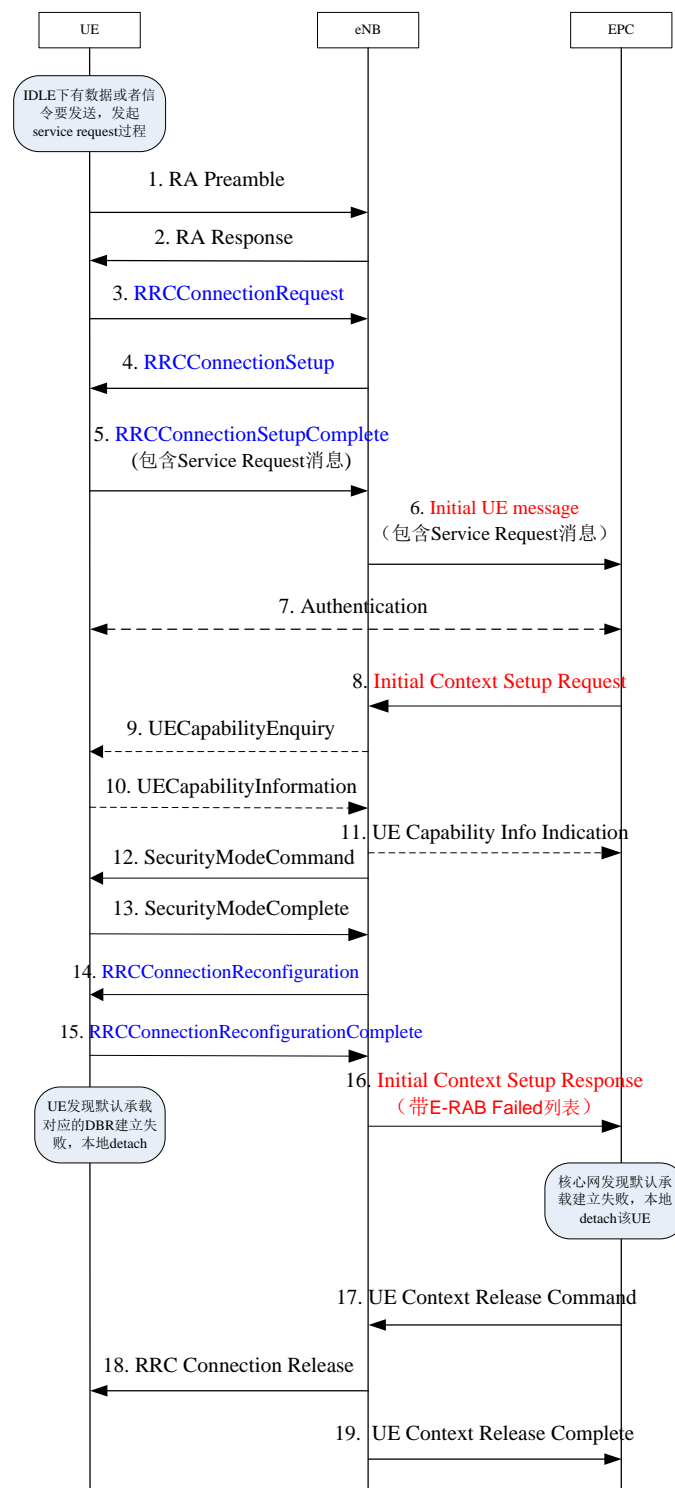
当 attach 成功，建立一个专用承载后，如果 RRC 连接释放进入了 IDLE，下次 UE 发起数据时会发起 service request，该过程会为默认承载和专用承载建立对应的 DRB 等参数。如果 eNB 建立专用承载失败，则回复给核心网 Initial context setup response，带失败列表，告知核心网专用承载建立失败，核心网会本地去激活该专用承载；同时 RRCConnectionReconfiguration 消息也不会带该专用承载的 DRB，UE 收到后发现该专用承载对应的 DRB 没有建立起来，也会本地去激活该承载，这样 UE 和核心网承载保持一致。

流程图同 3.4.1 正常流程。

2.4.2.6 eNB 建立默认承载失败

场景同上，当建立的这个专用承载也为非 GBR 承载时，eNB 可能会成功建立该专用承载，而失败建立默认非 GBR 承载，这样回复给核心网 Initial context setup response，带失败列表，核心网发现默认承载建立失败时，会本地 detach 该 UE；同时 RRCConnectionReconfiguration 消息也不会带该默认承载的 DRB，UE 收到后发现默认承载对应的 DRB 没有建立起来，也会本地去激活该默认承载，以及关联的专用承载，从而本地 detach（只有一个默认承载时），这样 UE 和核心网承载保持一致。

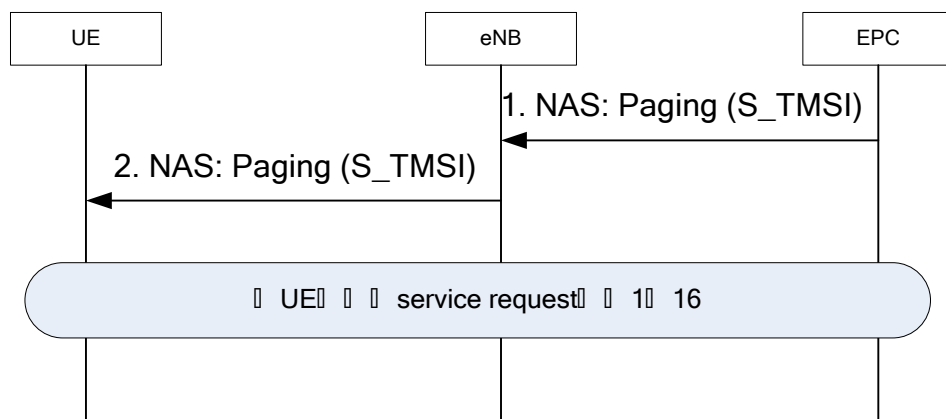
流程图如下：



2.5 网络发起的 paging 流程

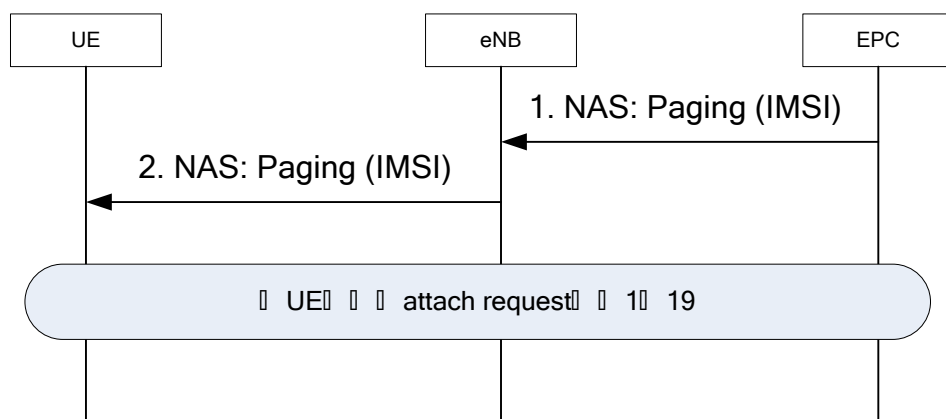
2.5.1 S-TMSI 寻呼

UE 在 IDLE 模式下，当网络需要给该 UE 发送数据（业务或者信令）时，发起寻呼过程，流程图如下：



2.5.2 IMSI 寻呼

当网络发生错误需要恢复时（例如 S-TMSI 不可用），可发起 IMSI 寻呼，UE 收到后执行本地 detach，然后再开始 attach。



2.6 TAU 流程

当 UE 进入一个小区，该小区所属 TAI 不在 UE 保存的 TAI list 内时，UE 发起正常 TAU 流程，分为 IDLE 和 CONNECTED（即切换时）下。如果 TAU accept 分配了一个新的 GUTI，则 UE 需要回复 TAU complete，否则不用回复。

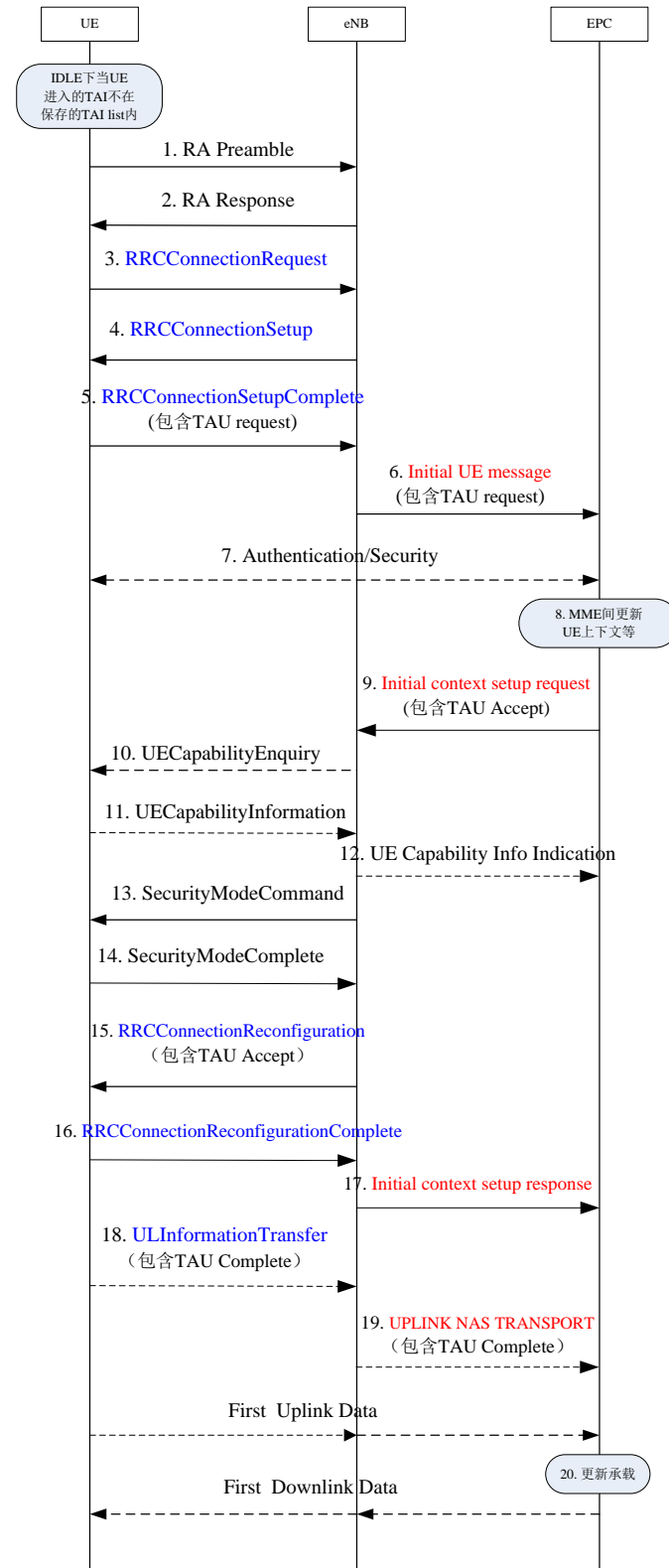
2.6.1 正常流程

2.6.1.1 IDLE 下发起的

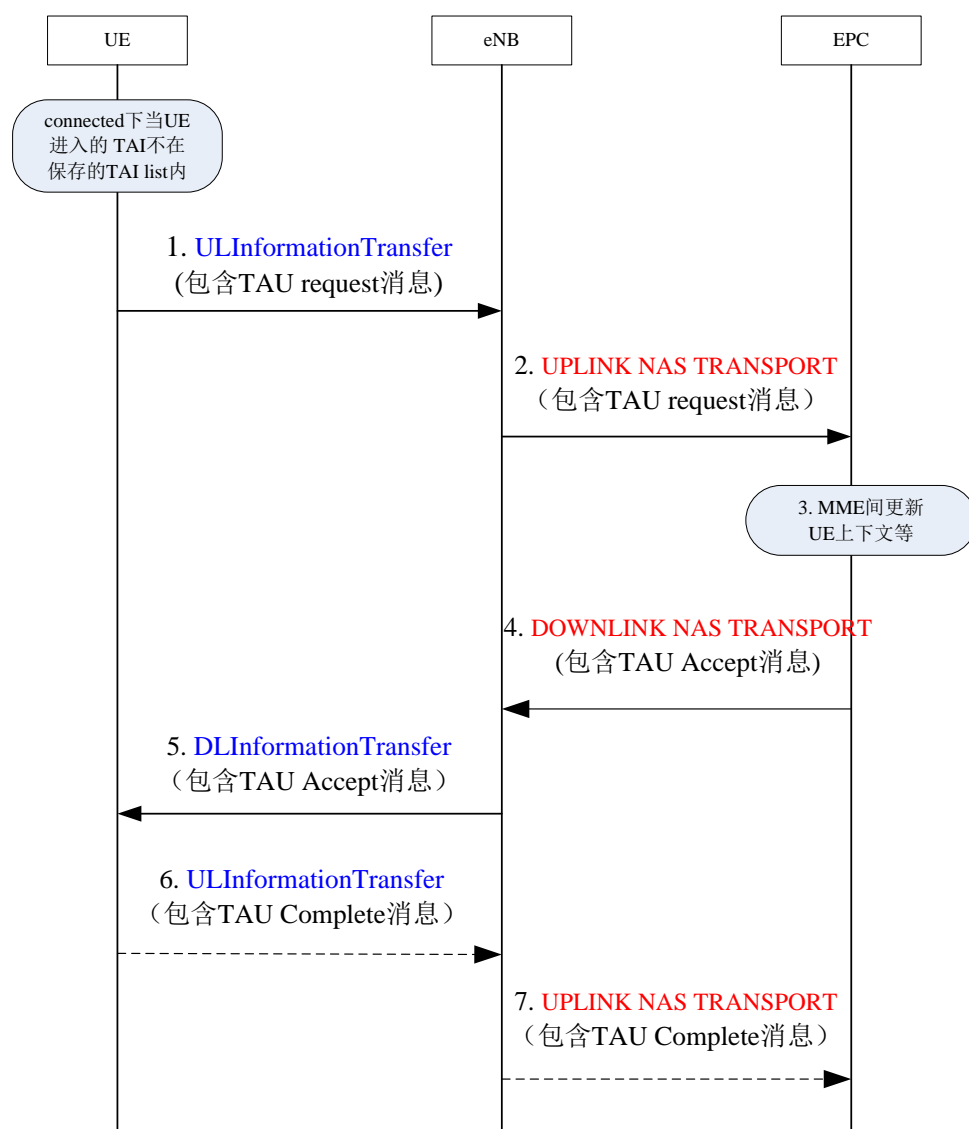
IDLE 下，如果有上行数据或者上行信令（与 TAU 无关的）发送，UE 可以在 TAU request 消息中设置 an "active"标识，来请求建立用户面资源，并且 TAU 完成后保持 NAS 信令连接。如果没有设置"active"标识，则 TAU 完成后释放 NAS 信令连接。

IDLE 下发起的也可以带 EPS bearer context status IE，如果 UE 带该 IE，MME 回复消息也带该 IE，双方 EPS 承载通过这个 IE 保持同步。

➤ IDLE 下发起的不设置"active"标识的正常 TAU 流程图如下：



2.6.1.2 CONNECTED 下发起的



说明:

- 1) 如果 TAU accept 未分配一个新的 GUTI, 则无过程 6、7;
- 2) 切换下发起的 TAU, 完成后不会释放 NAS 信令连接;
- 3) CONNECTED 下发起的 TAU, 不能带"active"标识。

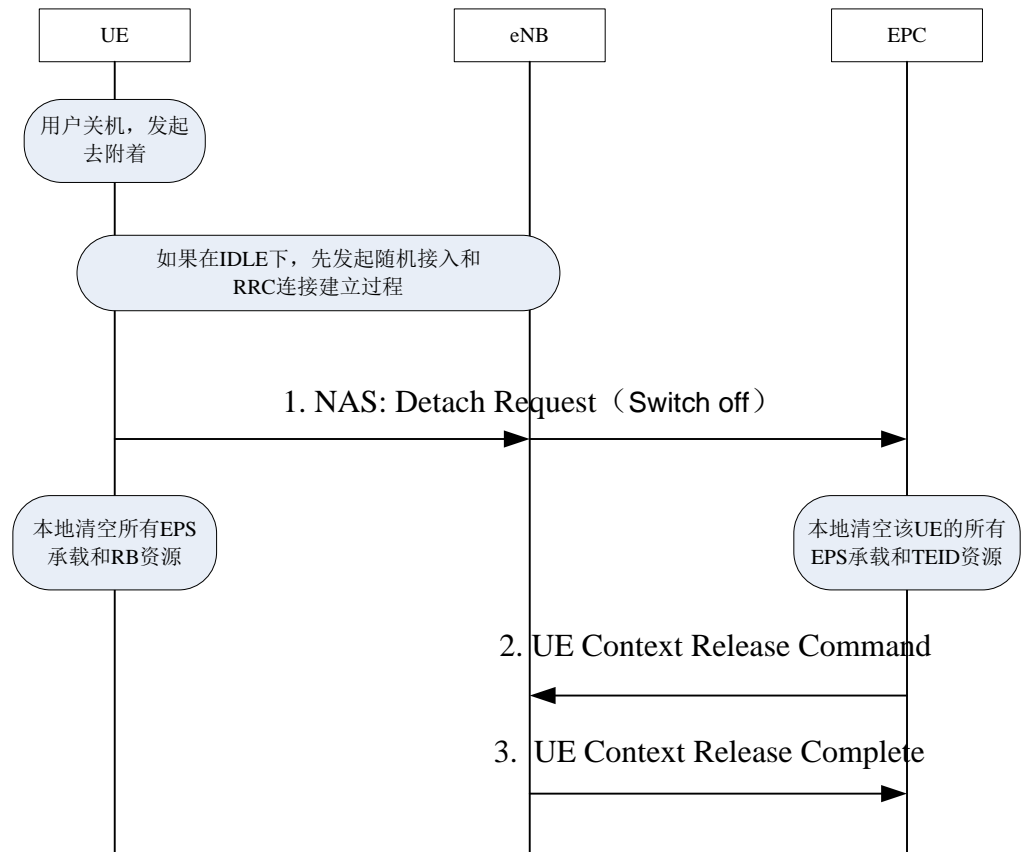
2.6.2 异常流程

异常流程同 3.4.2。

2.7 去附着

2.7.1 关机去附着

UE 关机时，需要发起去附着流程，来通知网络释放其保存的该 UE 的所有资源，流程图如下：

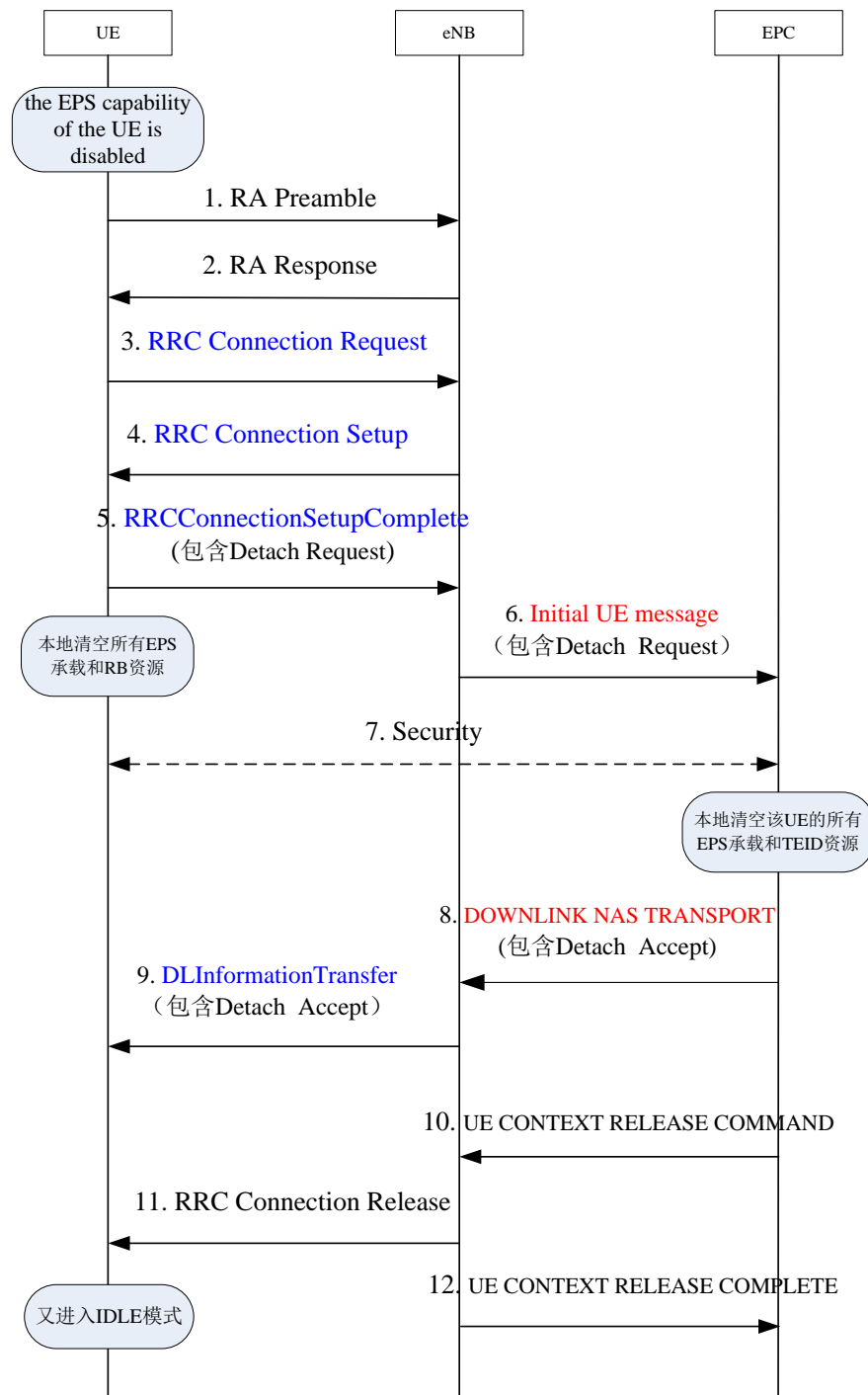


说明：

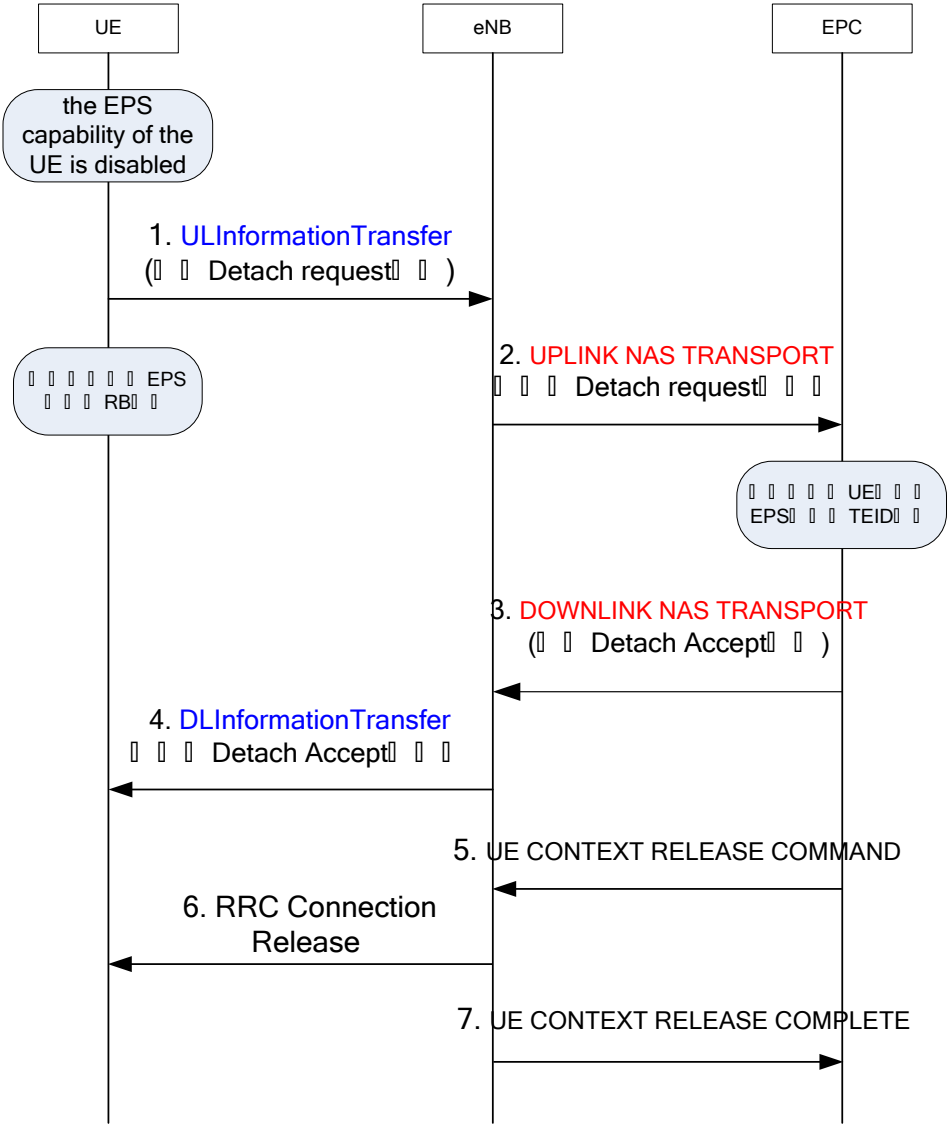
- 1) IDLE 和 CONNECTED 下发起的区别同上面 TAU 的区别；
- 2) 如果是非关机去附着，则会收到 MME 的 Detach Accept 响应消息和 eNB 的 RRC Connection Release 消息。

2.7.2 非关机去附着

2.7.2.1 IDLE 下发起的非关机去附着

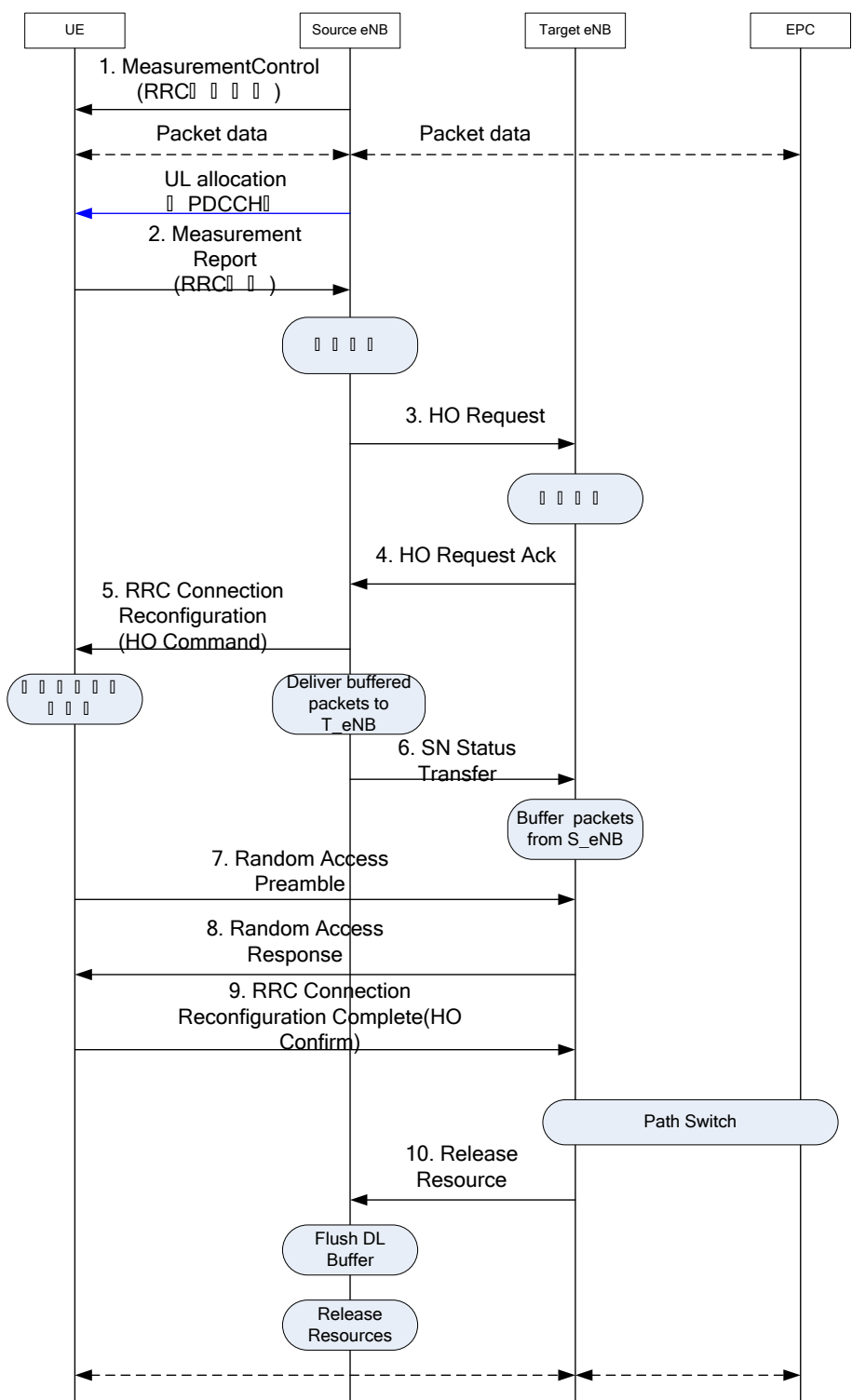


2.7.2.2 CONNECTED 下发起的非关机去附着



2.8 切换流程

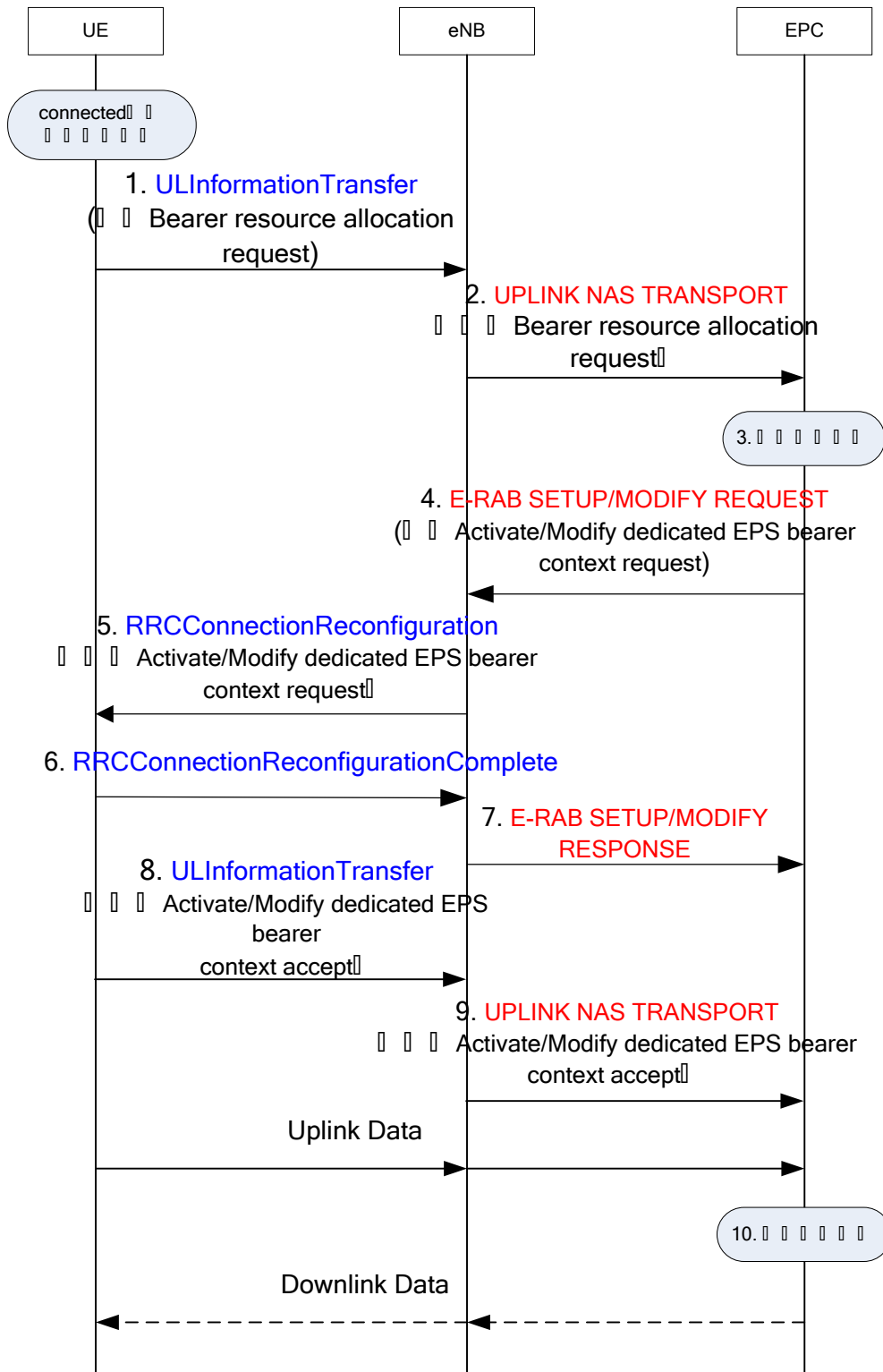
当 UE 在 CONNECTED 模式下时，eNodeB 可以根据 UE 上报的测量信息来判决是否需要执行切换，如果需要切换，则发送切换命令给 UE，UE 不区分切换是否改变了 eNodeB。非竞争切换流程图如下：



2.9 专用承载建立流程

2.9.1 正常流程

专用承载建立可以由 UE 或者 MME 主动发起，eNB 不能主动发起，并且只能在 connected 下发起该流程。

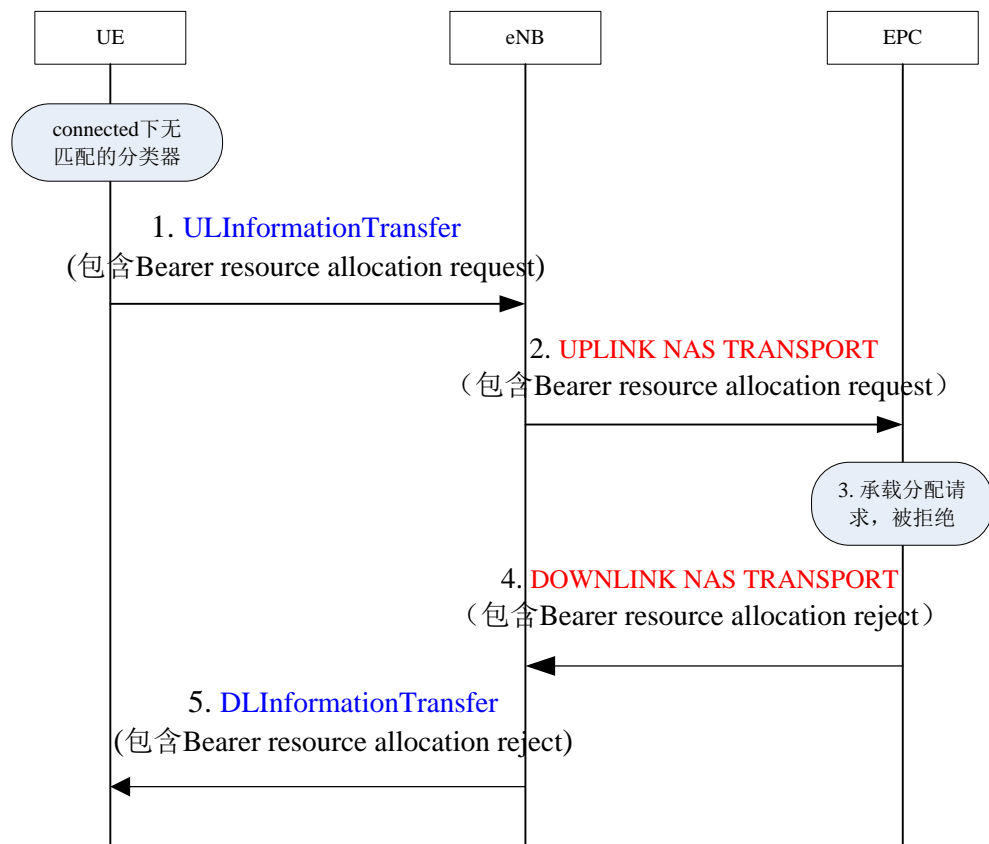


说明:

- 1) 如果是 MME 主动发起的承载建立流程，则无步骤 1、2;
- 2) UE 发起的承载建立流程，核心网可以回复承载建立、修改流程;
- 3) 可以同时建立多个专用承载，但目前还不支持。

2.9.2 异常流程

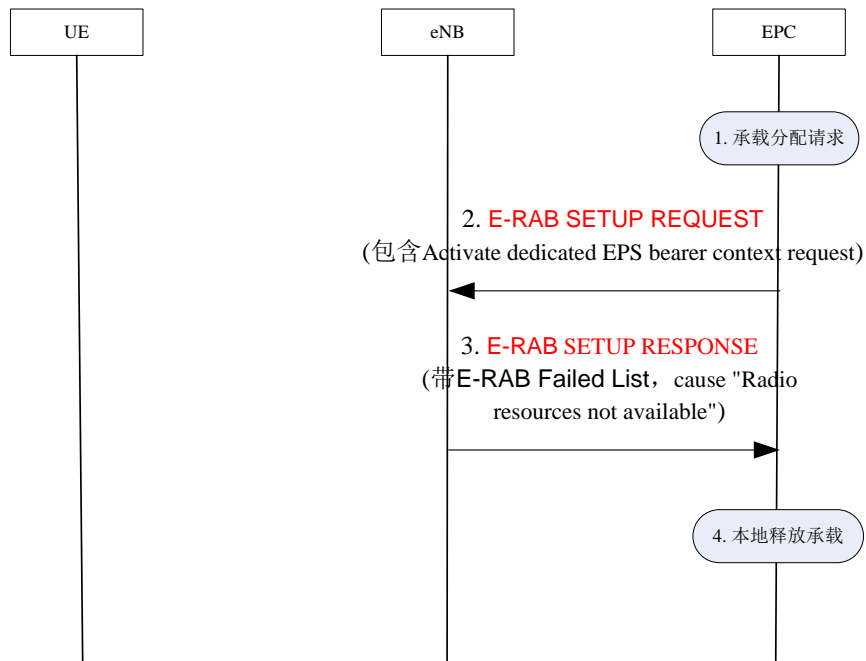
2.9.2.1 核心网拒绝



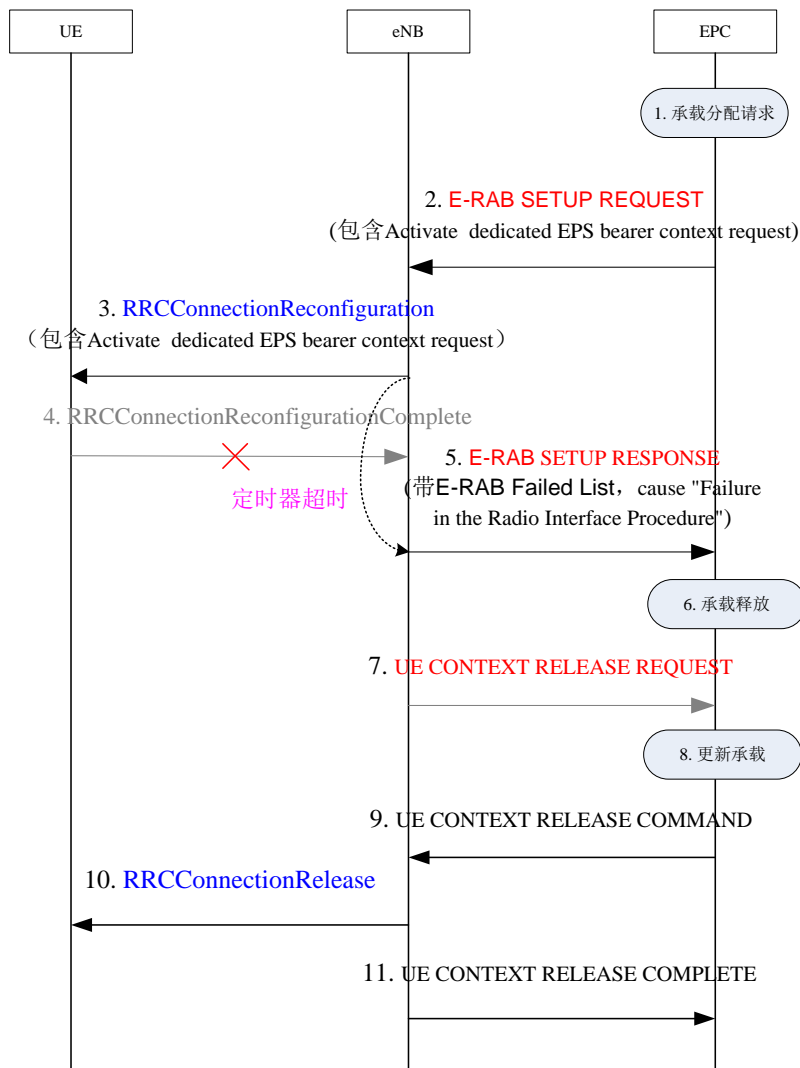
如果拒绝原因值是"unknown EPS bearer context", UE 会本地去激活存在的默认承载。

2.9.2.2 eNB 本地建立失败（核心网主动发起的建立）

如果 eNB 建立失败，会回复 E-RAB SETUP RESPONSE，带失败建立的承载列表，并带原因值，核心网应该根据原因值处理（[目前 eNB 的实现是](#)：如果 eNB 本地建立失败，即还没有给 UE 发送 RRC 重配消息，这时 eNB 会发送 NAS NON DELIVERY INDICATION 给 MME）。但目前核心网没有查看原因值，都给 UE 下发了 Deactivate EPS bearer context request 消息（与协议不符），UE 查找不到该承载，也回复 Deactivate EPS bearer context accept。



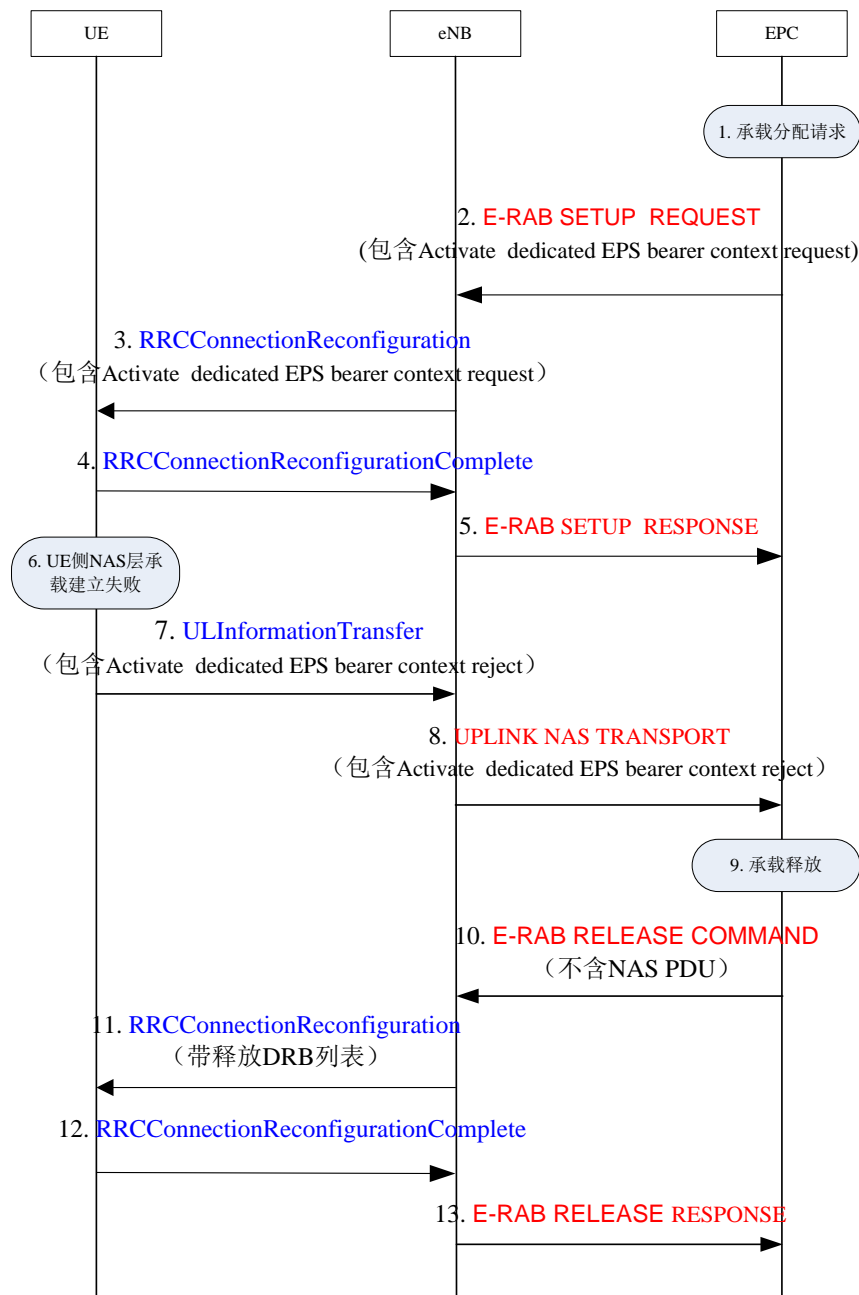
2.9.2.3 eNB 未等到 RRC 重配完成消息，回复失败



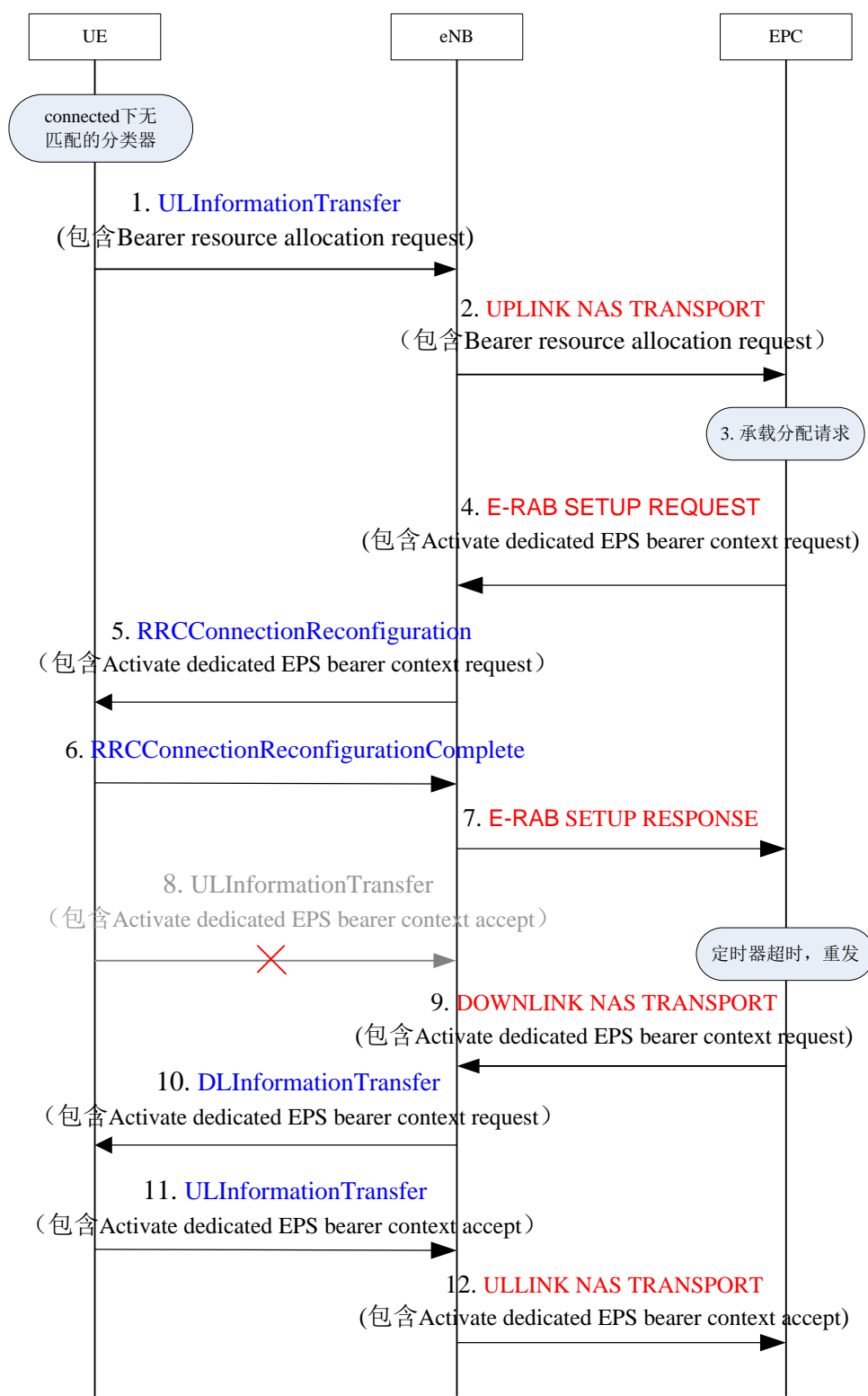
eNB 未收到 RRC 重配完成消息时，会给核心网发 UE 上下文释放请求消息。

2.9.2.4 UE NAS 层拒绝

如果是 UE 的 NAS 层拒绝，则核心网收到后会给 eNB 发送 E-RAB 释放消息，来释放刚刚建立的 S1 承载，此时不带 NAS PDU。eNB 收到消息后，发 RRC 重配给 UE 来释放刚建立的 DRB 参数。



2.9.2.5 上行直传 NAS 消息丢失



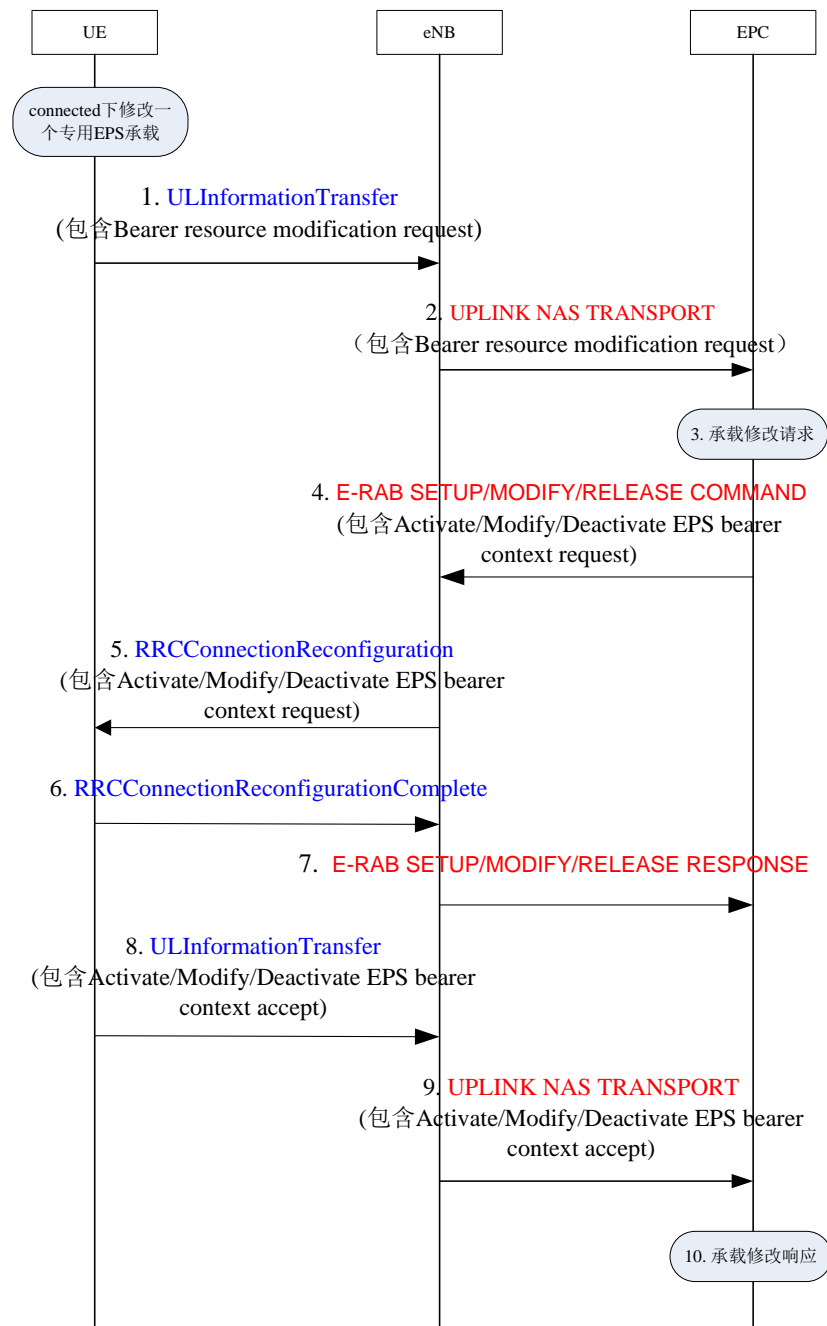
说明：如果核心网没有收到 UE 回复的 NAS 消息，会重发请求消息，重发 4 次后，如果还没收到应答则放弃。

2.10 专用承载修改流程

2.10.1 正常流程

专用承载修改可以由 UE 、MME 主动发起，不能由 eNB 主动发起，只能在 connected 下发起该流程。流程图如下：

2.10.1.1 修改 QoS



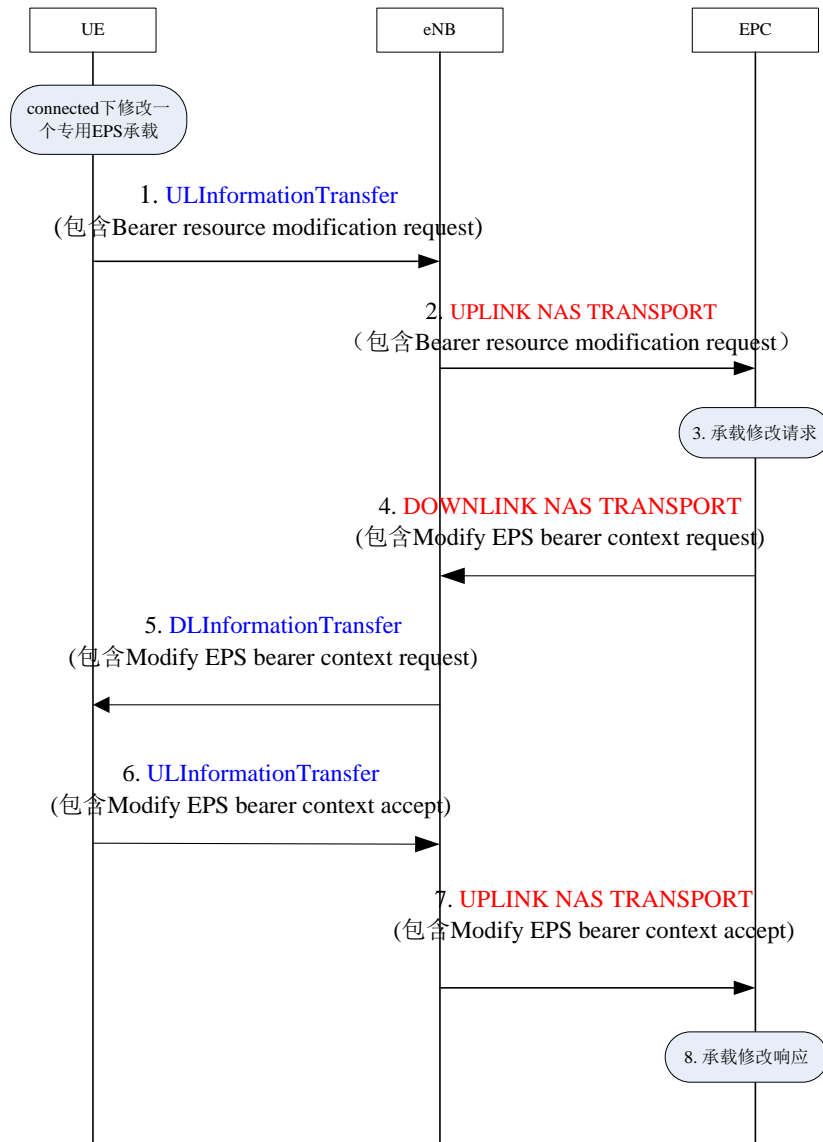
说明：

1) MME 主动发起的承载建立/修改/释放无步骤 1、2；

2) eNB 主动发起的释放，无步骤 1，步骤 2 改为发送 E-RAB RELEASE INDICATION 消息给 MME；

3) UE 发起的承载修改流程，核心网可以回复承载建立、修改、释放流程。

2.10.1.2 不修改 QoS, 只修改 TFT

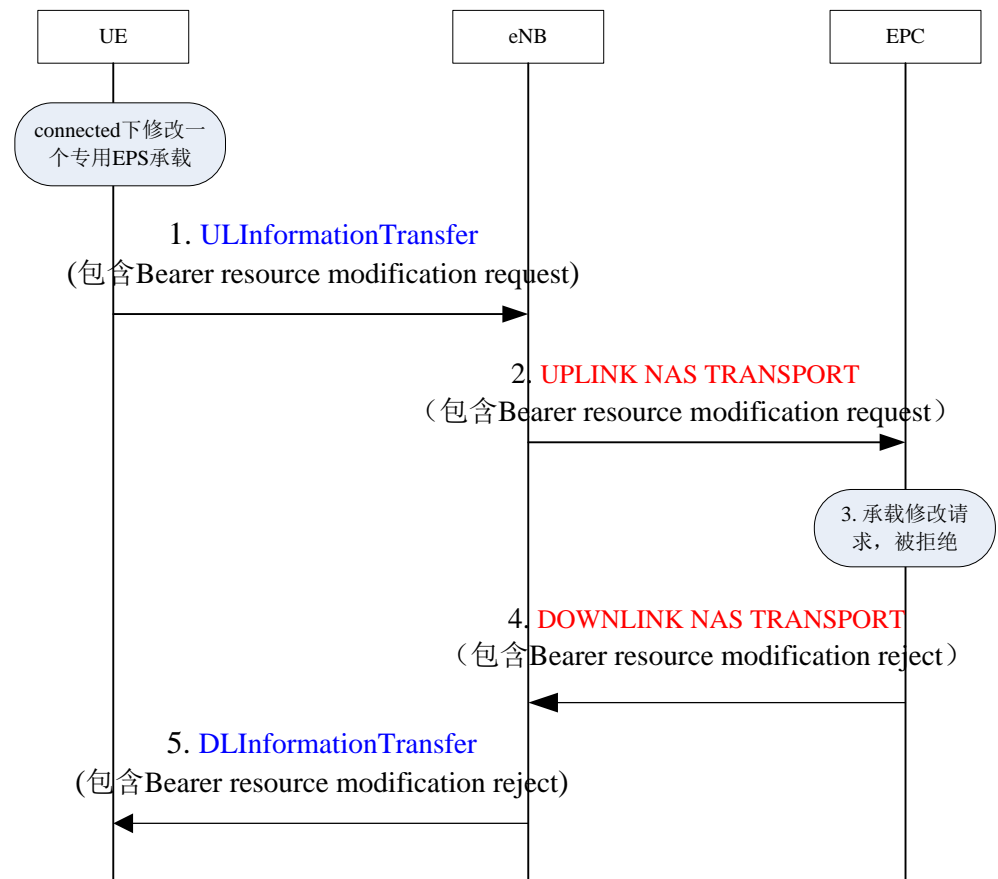


说明：

不修改 QoS, 只修改 TFT 参数时，为上下行直传消息，与 eNB 无关。

2.10.2 异常流程

2.10.2.1 核心网拒绝



如果拒绝原因值是"unknown EPS bearer context", UE 会本地去激活存在的专用承载。

2.10.2.2 eNB 回复失败

eNB 回复失败区分为:

eNB 本地失败, 没有给 UE 发送 RRC 重配消息;

eNB 未收到 RRC 重配完成消息, 回复失败。

以上过程同 3.9.2.2 和 3.9.2.3。

2.10.2.3 UE NAS 层拒绝

同 3.9.3.4。

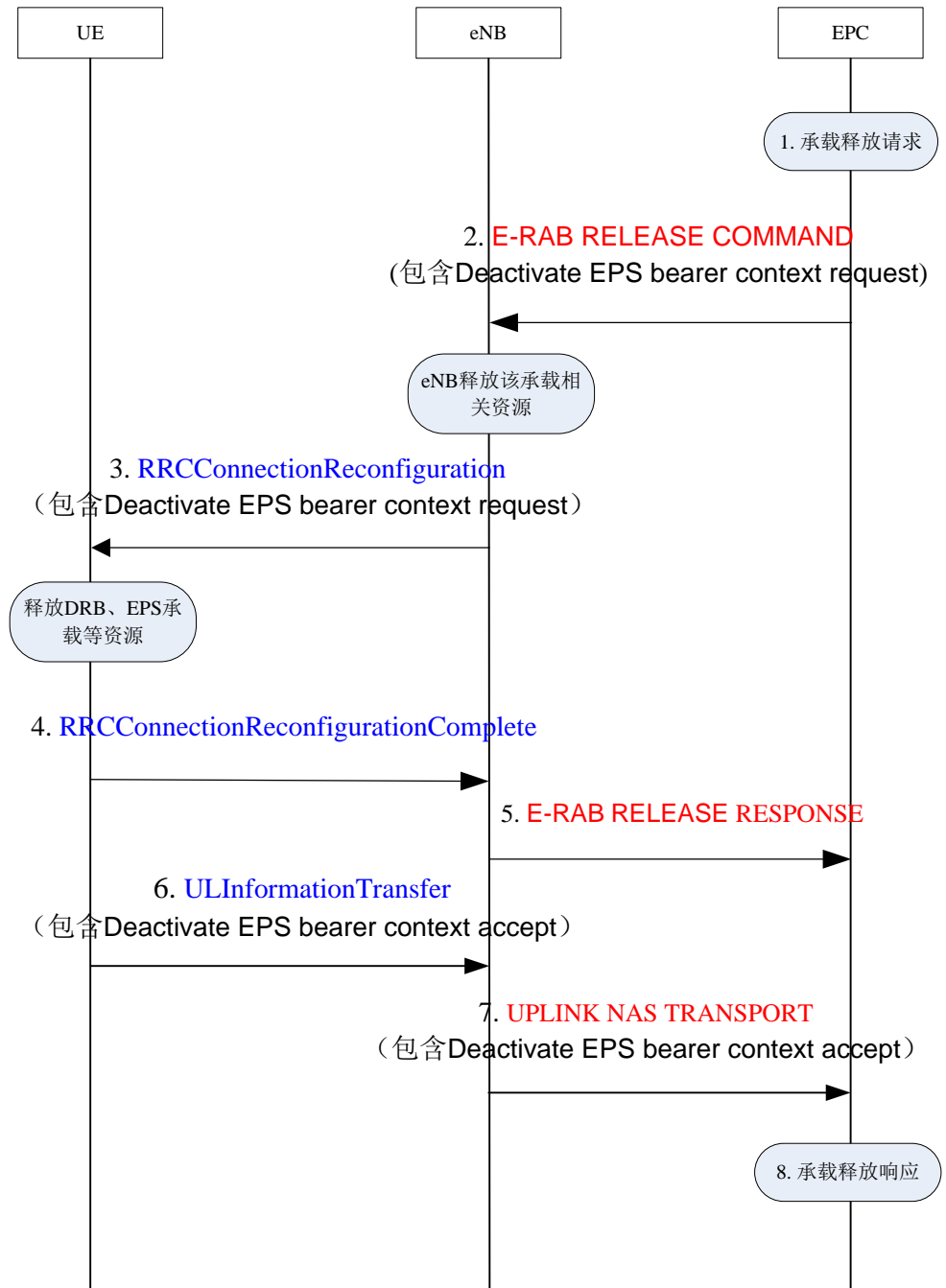
2.10.2.4 上行直传 NAS 消息丢失

同 3.9.2.5。

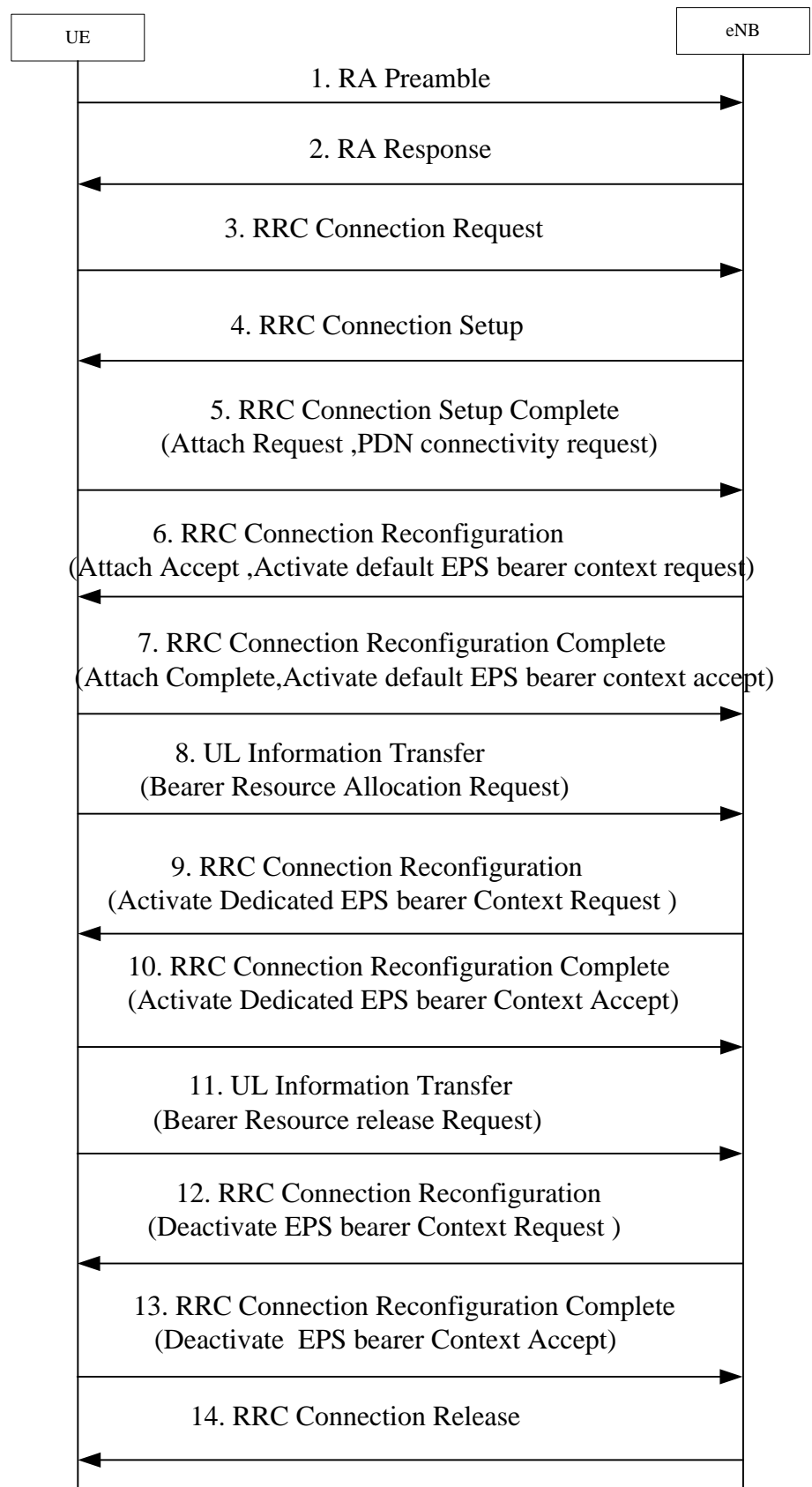
2.11 专用承载释放流程

专用承载释放可以由 eNB 、MME 主动发起，只能在 connected 下发起该流程。

流程图如下：



2.12 空口 RRC 信令



开机 attach、建立专用承载、释放专用承载、释放 RRC 连接的空口 RRC 信令见上图（与 EPC 的信令没画出）。其中，1~4 是 RA 过程（UE 底层收到 Msg4 以后，通过带的 UE Contention Resolution Identity MAC control element 与 Msg3 码流匹配，如果一样，则认为 RA 过程成功，把 Msg4 送给 RRC 层）；1~5 是 RRC 连接建立过程（收到消息 4 以后，RRC 从 IDLE 转为 CONNECTED 模式）；5~7 是 attach 过程（attach 过程完成后，UE 成功注册到网络，网络有该 UE 信息，UE 获得 GUTI、TAI list，并且默认 EPS 承载建立成功）；8~10 是专用 EPS 承载建立过程（如果默认 EPS 承载的 QoS 不能满足业务需求，UE 可以发起专用承载建立过程）；11~13 是 EPS 承载释放过程（用来释放某一个专用 EPS 承载，或者 UE 对应的一个 PDN 下的所有 EPS 承载）；14 是 RRC 连接释放过程（UE 收到该消息后从 CONNECTED 转为 IDLE 模式）。