

第五章 5G信令流程

www.huawei.com

版权所有 © 浙江华为通信技术有限公司





前言

- 信令是一种消息机制。通过这种机制，构成通信网的用户终端以及各个业务节点之间可以互相交换各自的状态信息，还能提出对其他设备的接续要求，从而使网络作为一个整体运行。
- 信令系统是通信网的神经系统，是通信网必不可少、非常重要的组成部分。本章主要介绍了5G信令流程概述、NSA和SA组网接入流程、移动性管理流程。在介绍具体信令流程的时候，对其中具体的每条信令步骤进行了解读，进而加深对NR工作原理的理解。



目标

- 学完本课程后，您将能够：
 - 掌握5G信令流程基础知识
 - 掌握5G接入流程
 - 掌握5G移动性管理流程
 - 掌握5G释放流程



目录

- 5.1 5G信令流程基础
- 5.2 NR接入流程
- 5.3 NR移动性管理流程
- 5.4 NR释放流程

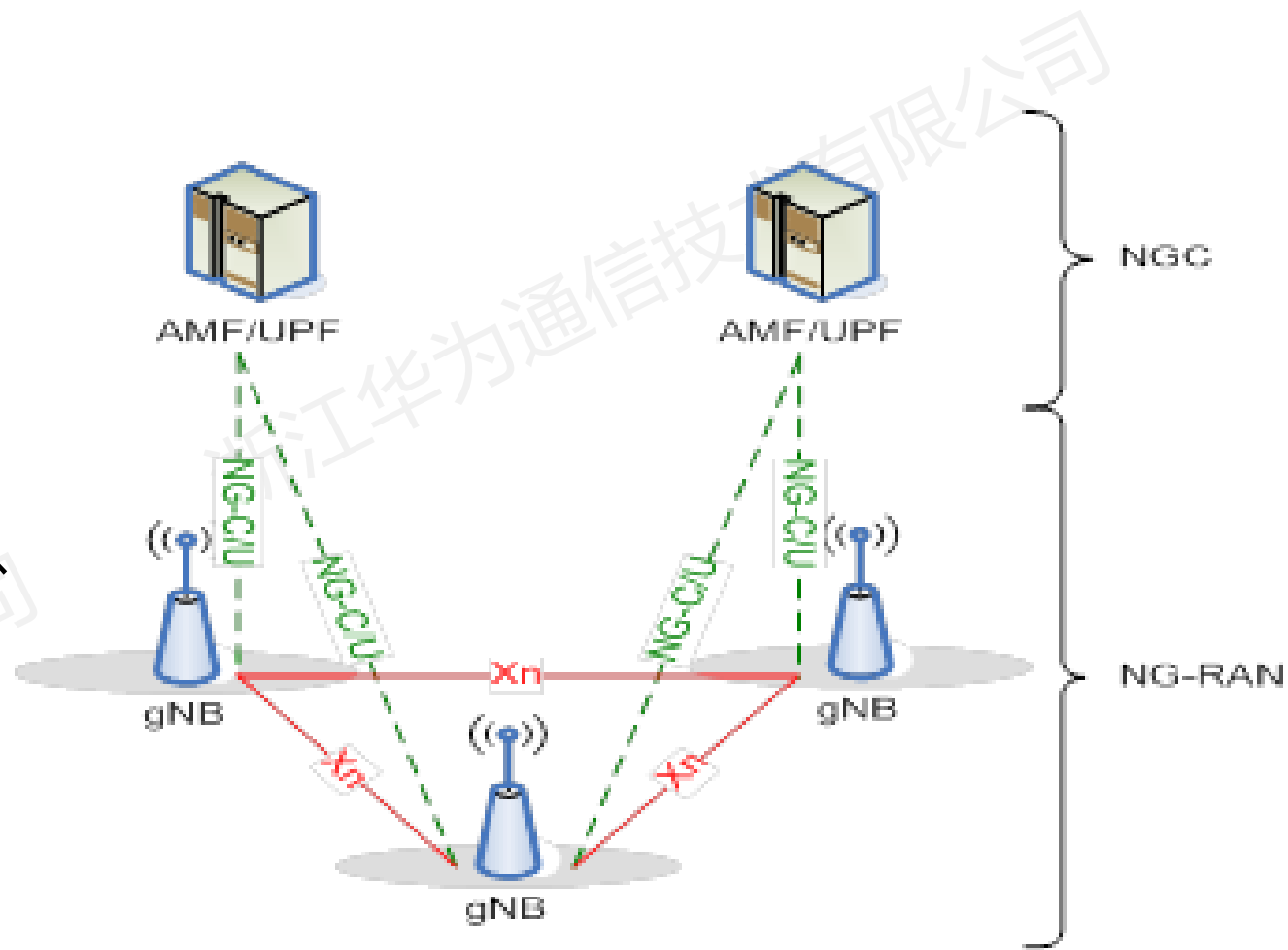
浙江华为通信技术有限公司

浙江华为通信技术有限公司

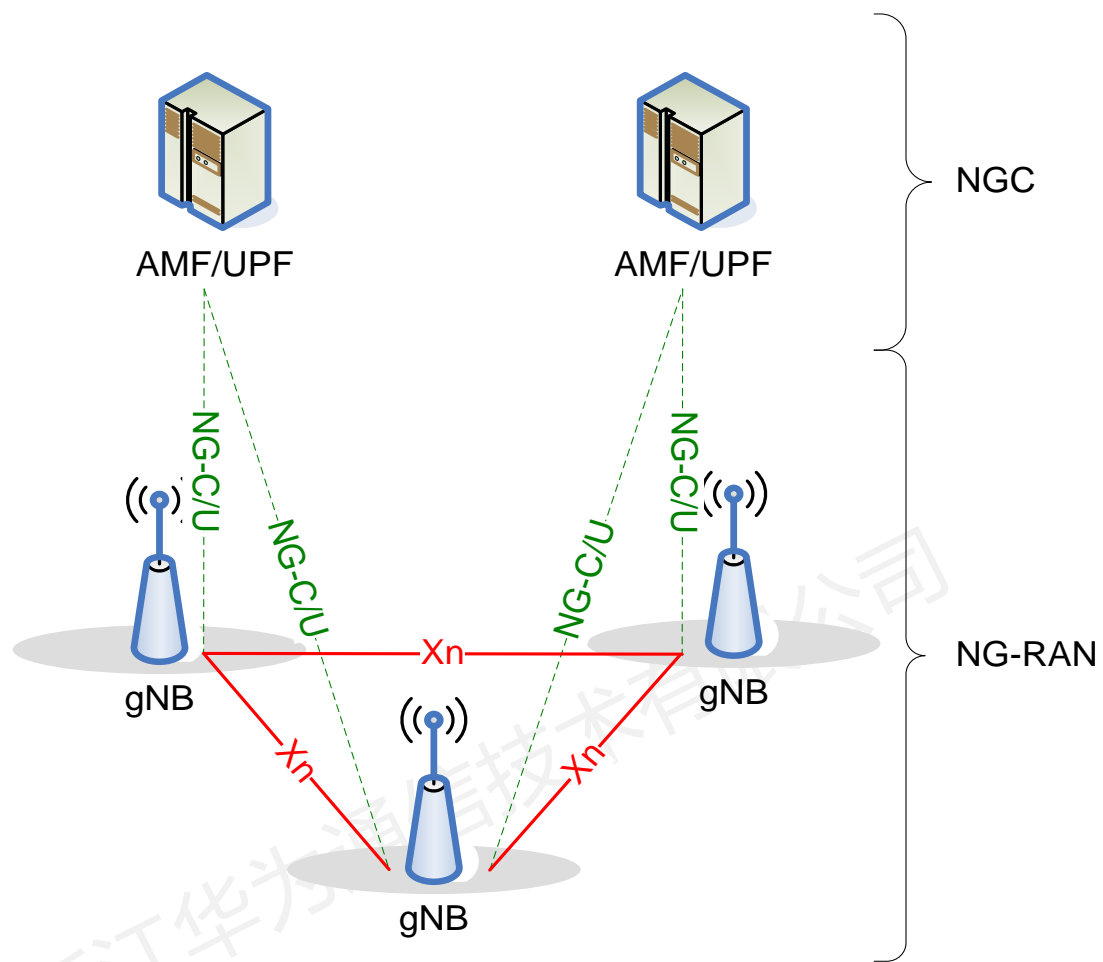
5.1 5G信令流程基础

5.1.1 5G网络的基本架构

5G的无线网络被称为NR-RAN，对应的网元是gNodeB，主要功能和eNodeB基本类似，包括无线资源管理、无线承载控制、无线准入控制、移动性控制、调度等，5G的核心网被称为5GC网，其包含AMF、UPF、SMF等网元。



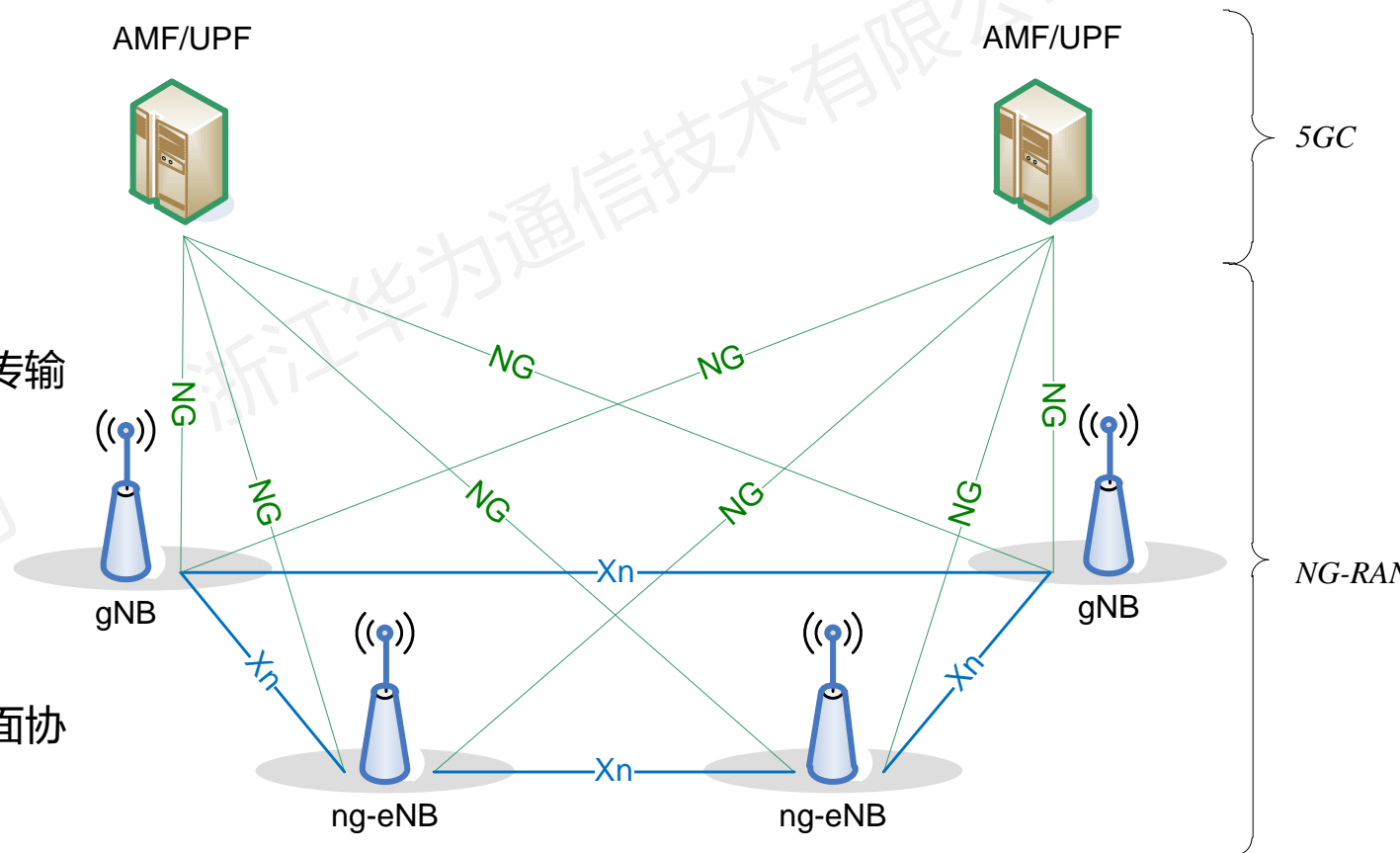
5G网络的基本架构



- 5G网络组成包括
 - 无线网络：NR (New RAN)
 - 核心网：NGC (Next Generation Core)
- 5G无线网络接口包括：
 - Xn
 - NG-C (控制面板)
 - NG-U (用户面)
 - Uu (无线空口)

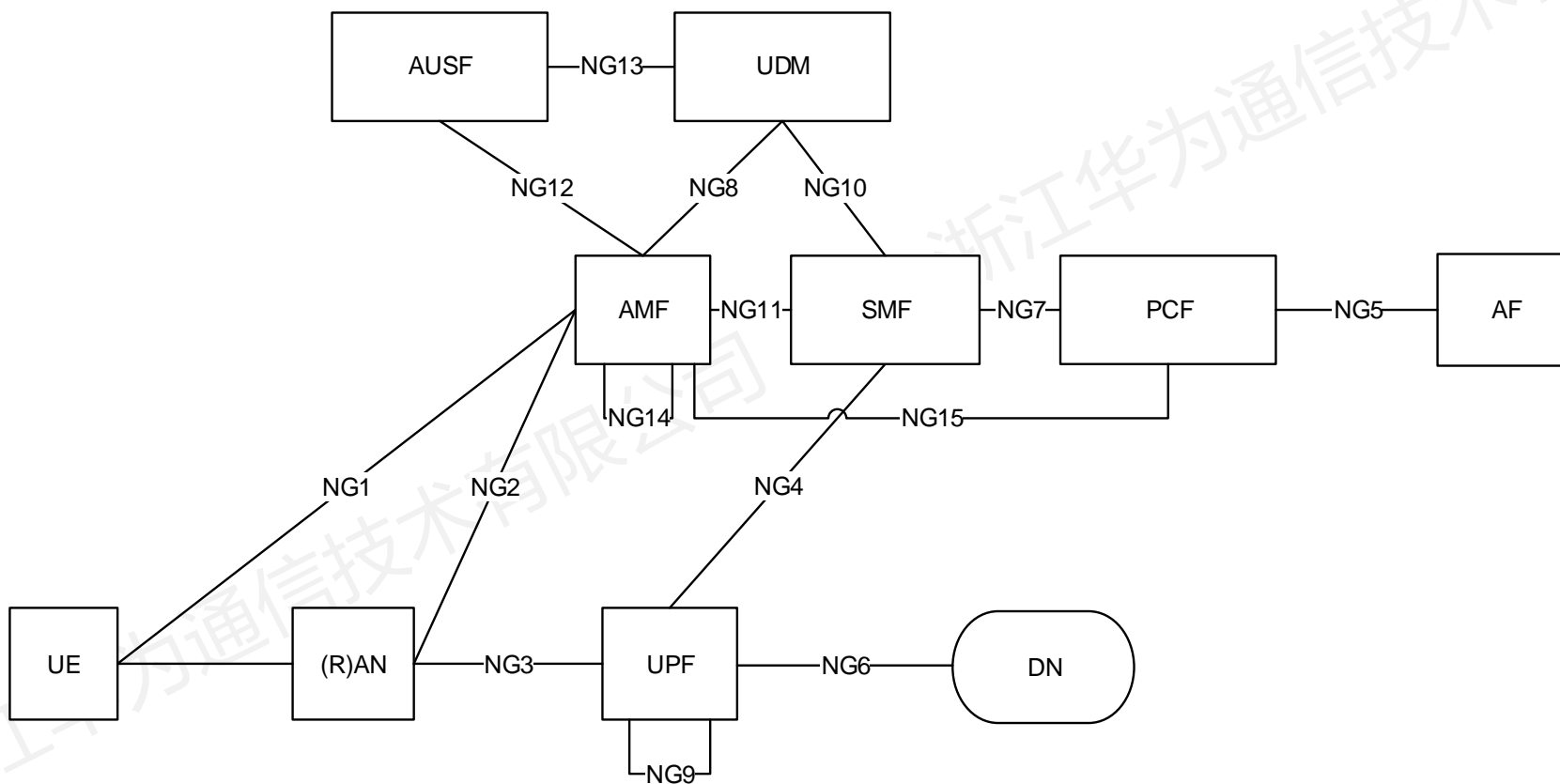
5G网络的基本架构

- 5G的主要网元
 - NG-RAN (接入网)：gNB组成
 - 5GC (核心网)：AMF (控制面)，UPF (用户面)
- 5G的网络接口
 - Xn接口：gNB之间的接口，支持数据和信令传输
 - NG接口：NG2连接AMF，NG3连接UPF的接口
- 有两种NG-RAN节点
 - gNB 和UE之间使用NR 控制面和用户面协议
 - ng-eNB和UE之间使用e-UTRA 控制面和用户面协议



网络架构： 5G网络基本架构

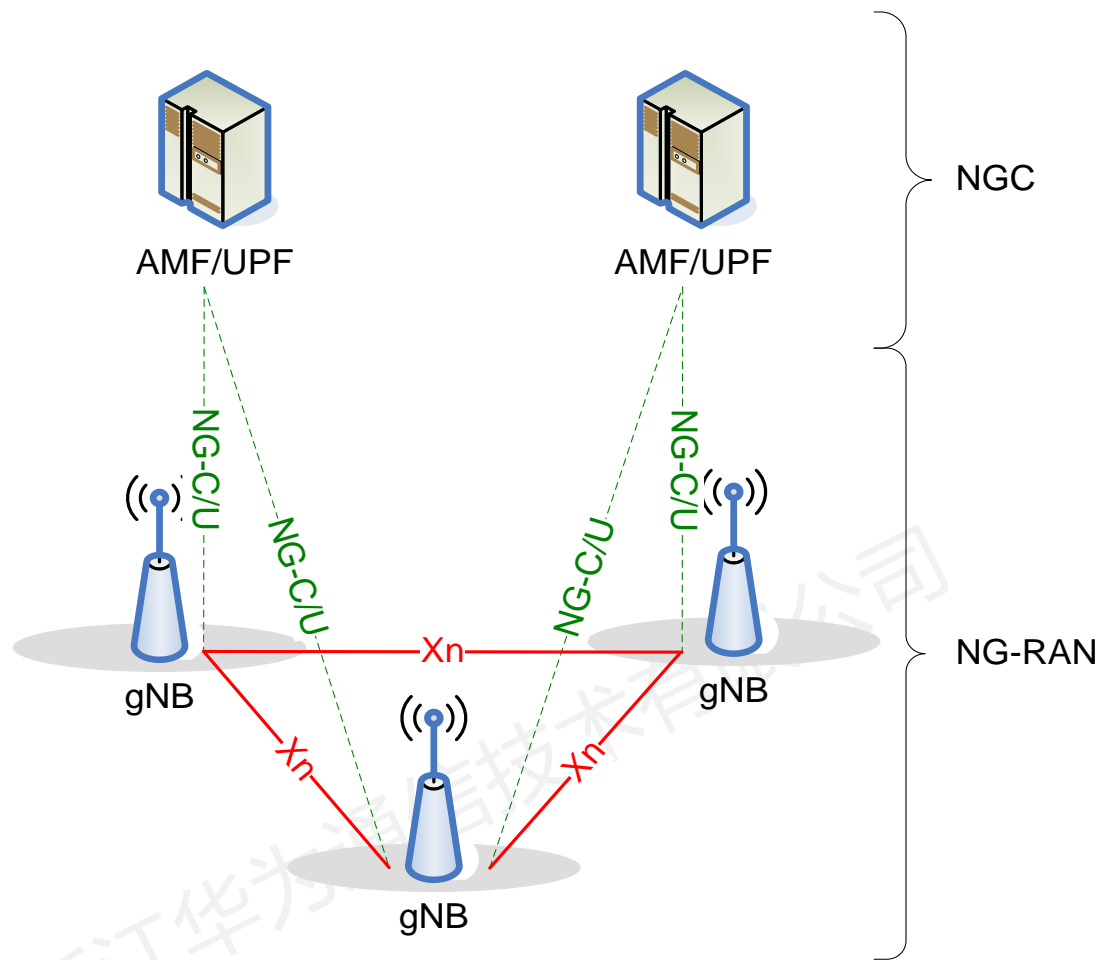
- 与LTE相比，5G核心网控制面的逻辑功能进行了细分，AMF和SMF分离为两个逻辑节点



网络架构： NGC Vs EPC

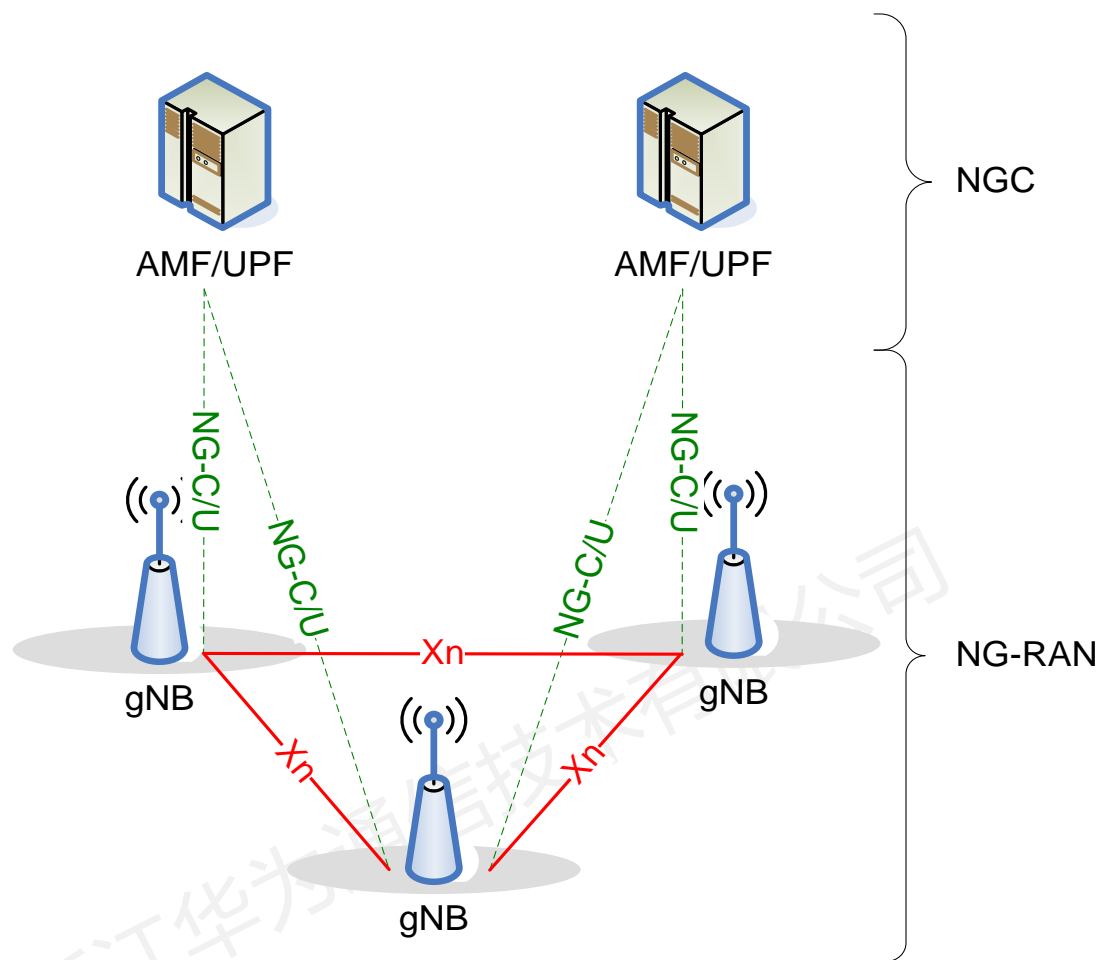
EPC网元功能		对应NGC网络功能
MME	移动性管理	AMF
	鉴权管理	AUSF
	PDN会话管理	SMF
PDN-GW	PDN会话管理	
SGW	用户面数据转发	UPF
PCRF	计费及策略控制	
HSS	用户数据库	UDM

5G网络的基本架构



- (1) AMF: 注册管理, 连接管理, 可达性管理, 移动性管理, 接入鉴权, 合法监听, 转发UE和SMF间会话管理的消息。
- (2) SMF: 会话管理, UE IP地址分配和管理, 选择和控制UPF, 配置UPF的流量定向, 转发至合适的目的网络中, 策略控制和QoS, 合法监听, 计费数据搜集, 下行数据到达通知。
- (3) UPF: 数据面锚点, 连接数据网络的PDU会话点, 报文路由和转发, 报文解析和策略执行, 流量使用量上报, 合法监听。

5G网络的基本架构



- (4) UDM: 签约数据管理, 用户服务NF注册管理, 产生3GPP AKA鉴权参数, 基于签约数据的接入授权, 保证业务/会话连续性。
- (5) AUSF: 支持鉴权服务功能。
- (6) PCF: 支持统一策略管理网络行为, 提供策略规则给控制面功能, 访问UDR中与策略决策相关的签约信息。

5.1.2 NR用户标识

- 1、UE 标识 (AS 层)

无线网络临时标识 (Radio Network Temporary Identifier, RNTI)，是无线侧 RRC连接中用户的临时身份标识，长度固定为 32 bit。其中，RA-RNTI 和 Temporary CRNTI 是随机接入过程中的临时标识，当手机进入 RRC Connect 状态以后，临时标识变成 C-RNTI，该标识实际值等于 Temporary CRNTI, SPS-CRNTI 用于半静态调度场景, P-RNTI 和 SI-RNTI 固定用于寻呼和系统广播消息的调度，在全网范围内拥有固定值。

标识类型	应用场景	获得方式
RA-RNTI	随机接入中，用于指示接收随机接入响应消息	根据PRACH时频资源位置获取
Temporary CRNTI	随机接入中，没有进行竞争裁决前的CRNTI	gNodeB在随机接入响应消息中下发给终端
C-RNTI	用于标识RRC Connected状态的UE	初始接入时获得
CS-CRNTI	半静态调度标识	gNodeB在调度UE进入SPS时由RRC分配
P-RNTI	寻呼消息调度	FFFE (固定标识)
SI-RNTI	系统广播消息调度	FFFF (固定标识)
SP-CSI-RNTI	用于指示半静态CSI的资源	通过RRC消息中的PhysicalCellGroupConfig信元携带

5.1.2 NR用户标识

- 2、UE 标识 (NAS 层)

手机和核心网交互信令的非接入层用户身份标识。其中，SUPI和SUCI都是手机的私有身份标识；5G-GUTI是由AMF分配的。GUTI用于替代用户的IMSI标识，保证用户私有信息的安全性。

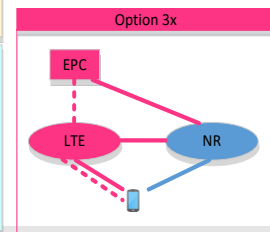
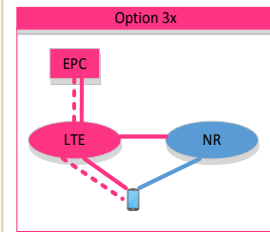
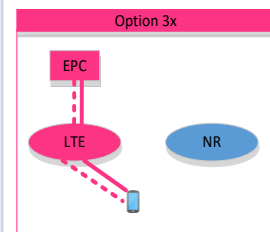
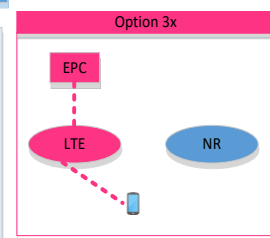
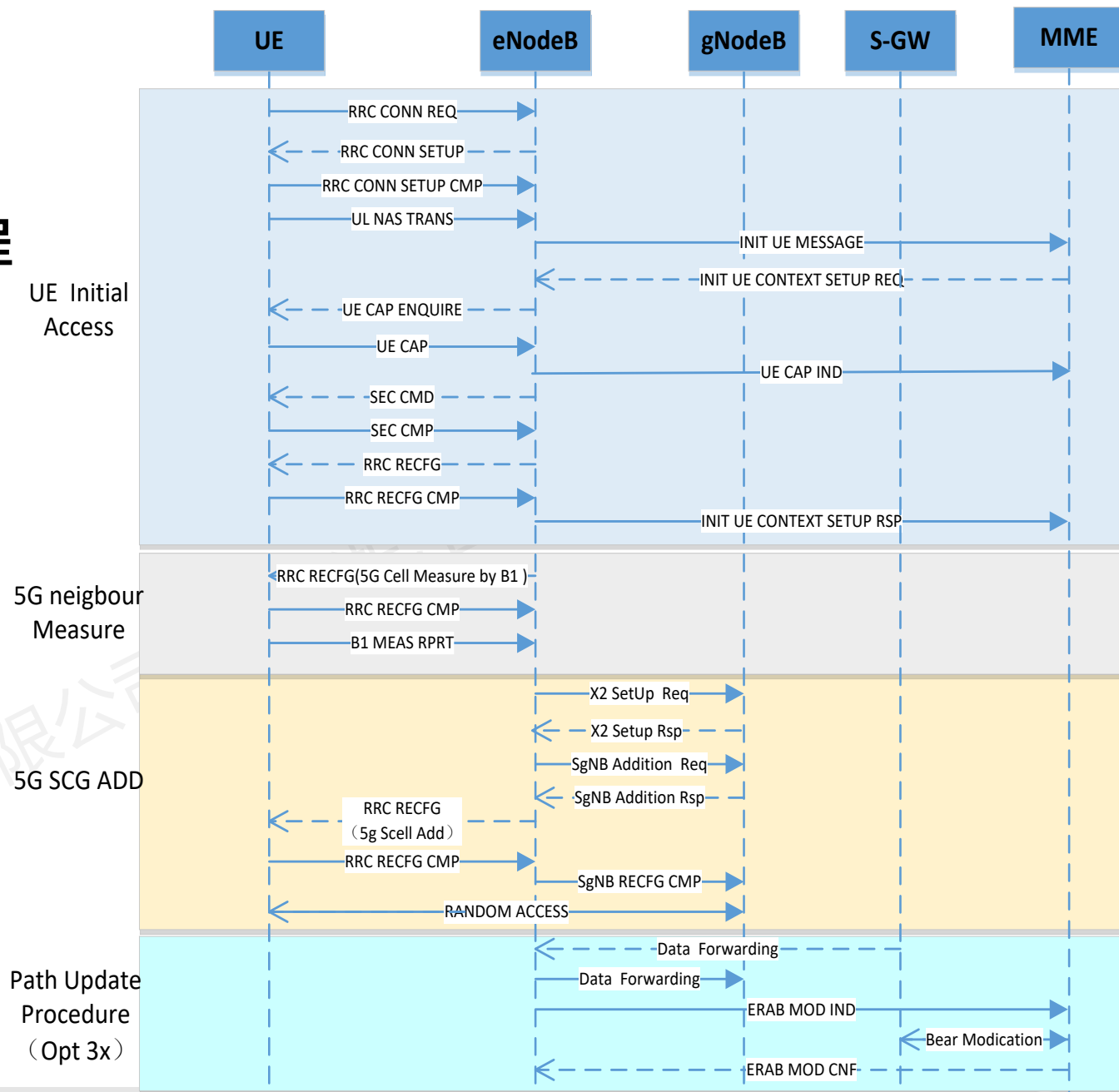
用户标识	名称	来源	作用
SUPI	Subscription Permanent Identifier	SIM卡	作为用户的身份标识，类似于4G的IMSI，当前协议定义的格式主要有两种：取值0表示IMSI，取值1表示NAI (Network Access Identifier)，如SIP地址
SUCI	Subscription Concealed Identifier	SIM卡	用于隐藏SUPI的一种临时标识，可对SUPI加密而避免SUPI在空口中传输，用于鉴权过程
PEI	Permanent Equipment Identifier	终端	国际移动台设备标识，唯一标识UE设备，类似于4G的IMEI，当前R15协议仅支持IMEI格式的PEI
5G-GUTI	5G Globally Unique Temporary Identifier	由AMF分配	取代IMSI作为用户的临时ID，提升安全性

非接入层用户身份标识

5.2 NR接入流程

5.2.1 NSA组网接入流程

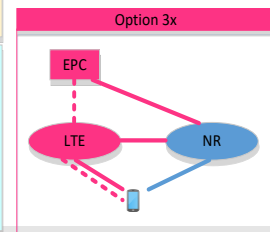
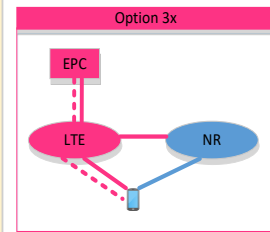
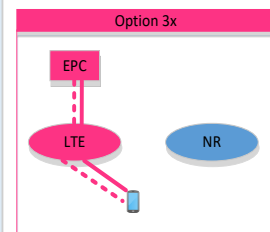
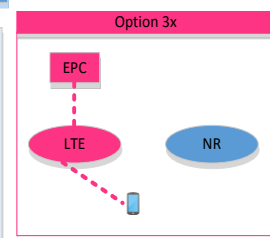
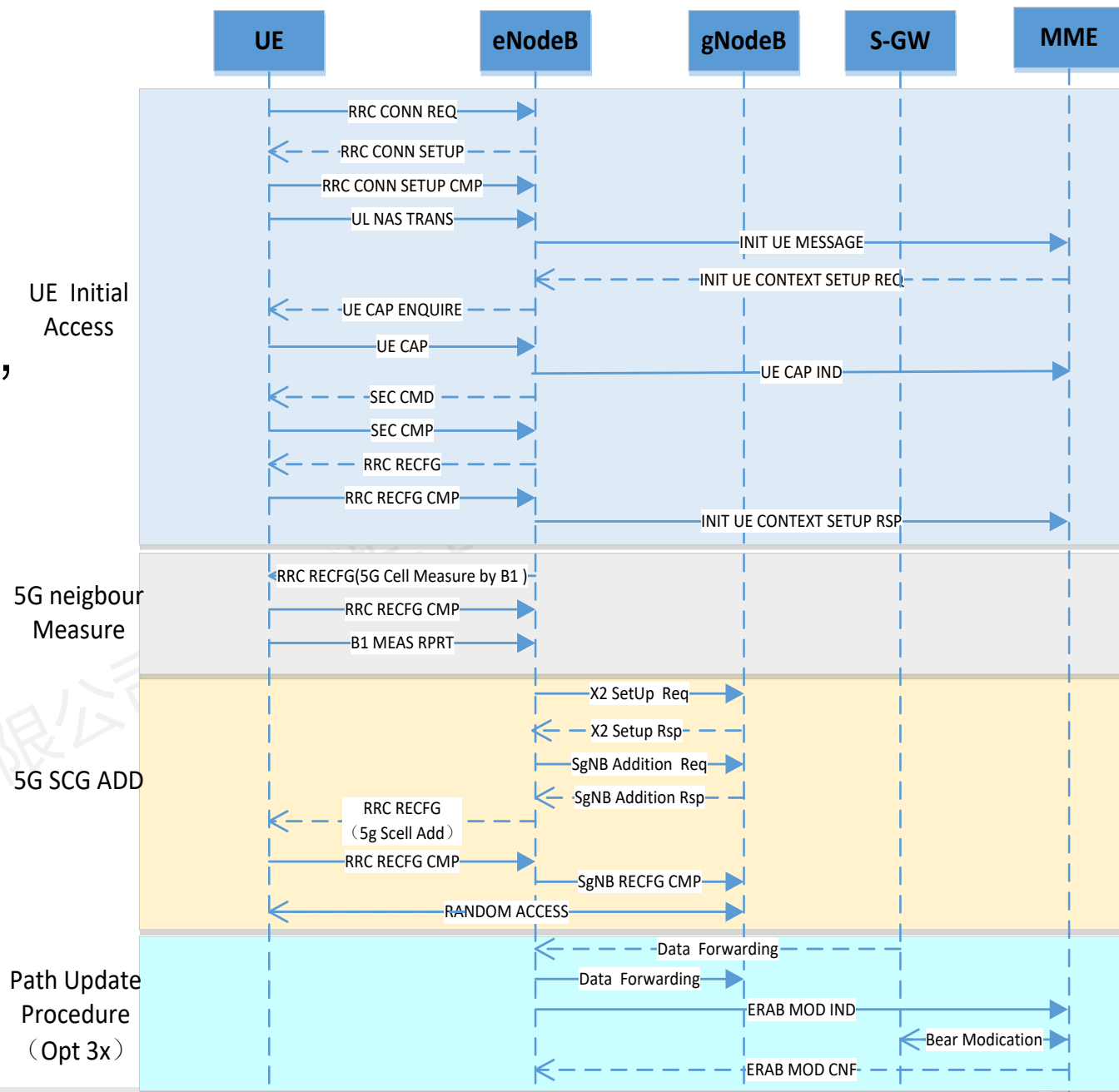
- (1) 4G初始接入流程
- (2) 5G邻区测量流程
- (3) 5G辅站添加流程
- (4) 路径转换流程



5.2.1 NSA组网接入流程

(1) 4G初始接入流程

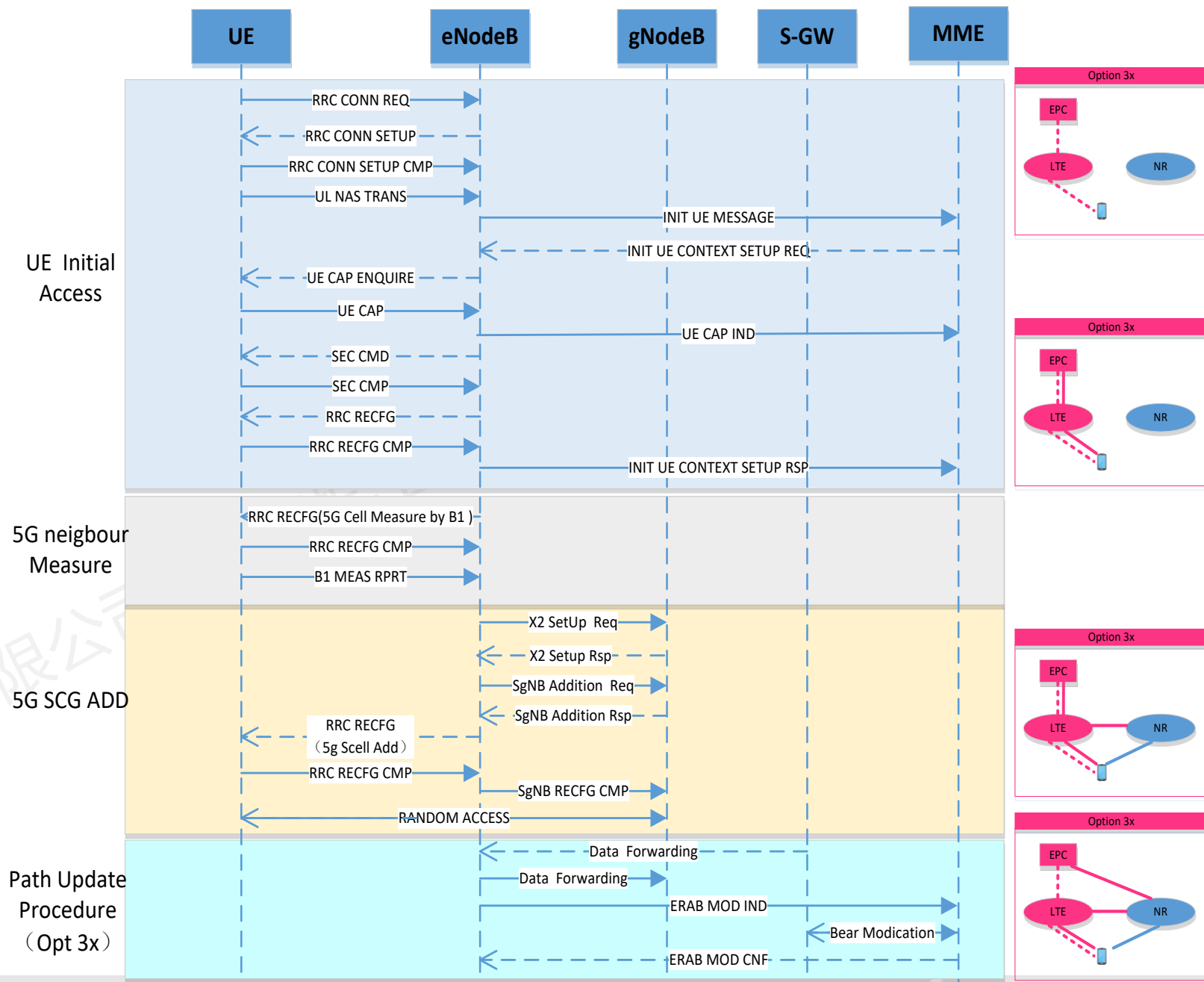
UE在LTE网络中完成上下行同步后，向4G基站发起RRC建立流程、鉴权加密流程、手机能力查询流程、无线加密流程、空口承载建立流程。



5.2.1 NSA组网接入流程

(2) 5G邻区测量流程

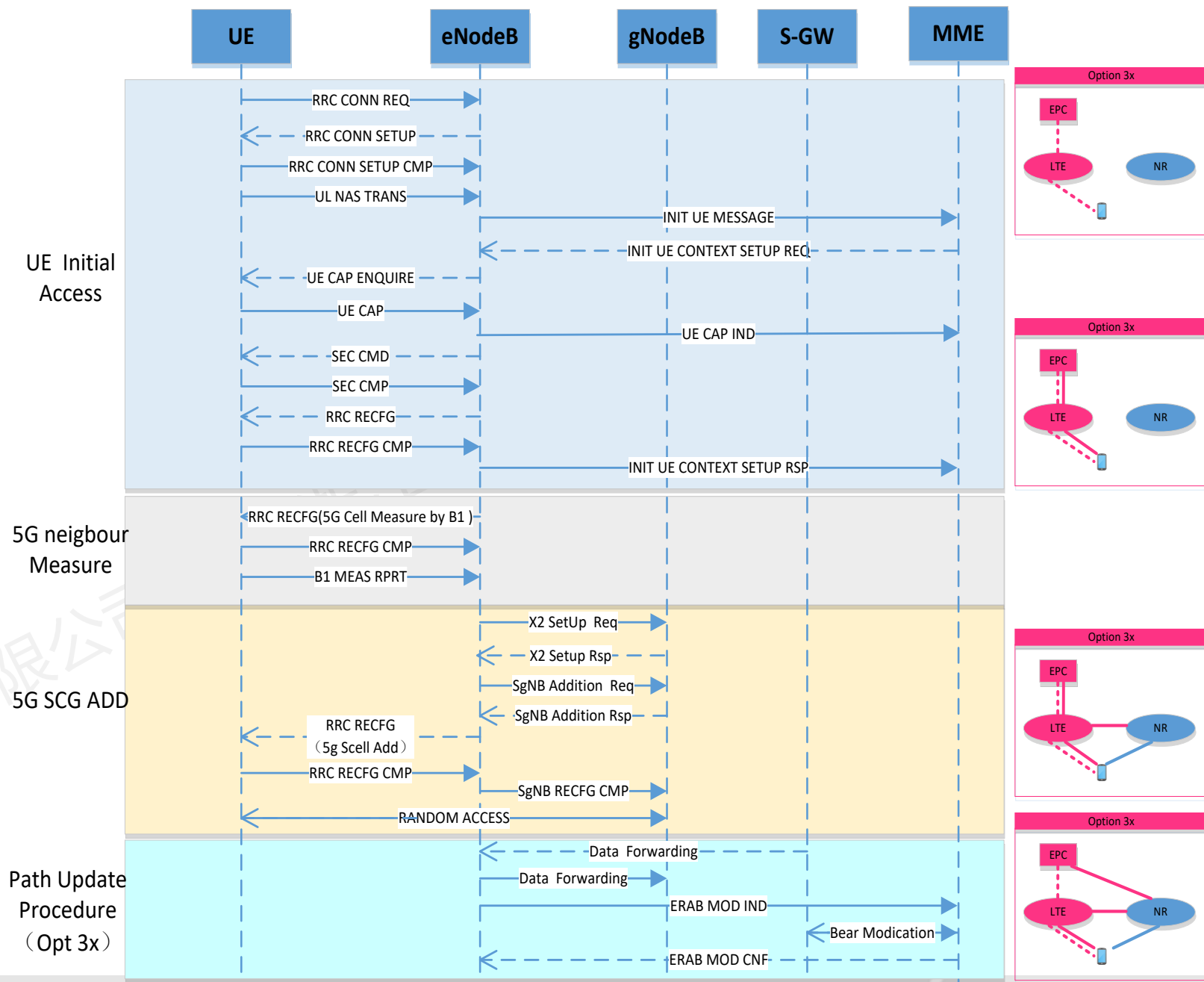
在LTE网络接入成功之后，eNodeB会发送测量控制信令使手机测量NR信号电平，测量控制信令中携带测量事件B1及相关门限、NR的绝对频点号等，手机测量到NR信号满足异系统测量B1事件后，会上报B1测量报告，UE启动测量NR，当发现满足条件的NR小区后，通过测量报告上报NR小区的PCI及RSRP。



5.2.1 NSA组网接入流程

(3) 5G辅站添加流程

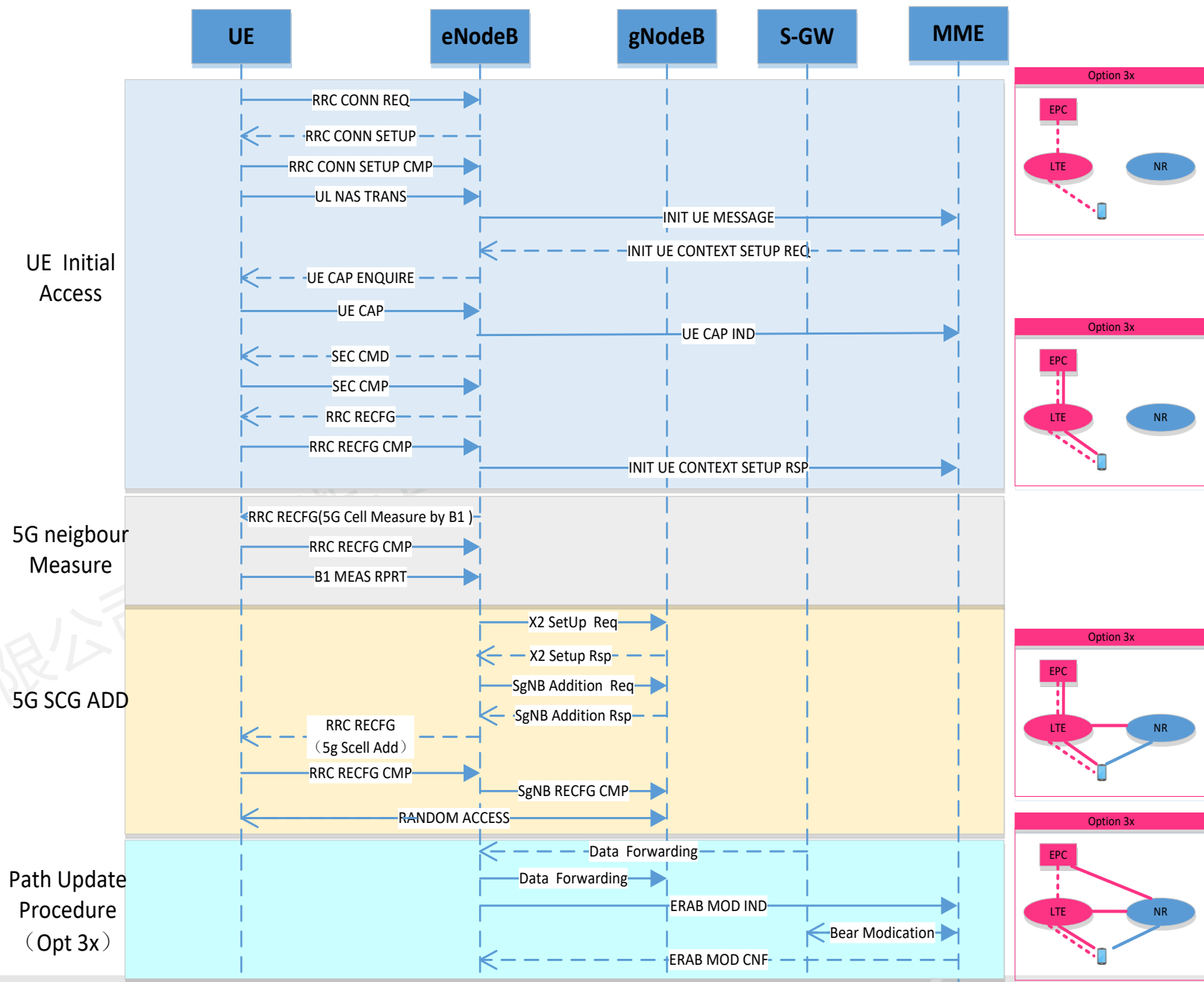
LTE基站在收到B1测量报告之后，根据B1测量报告中的5G邻区消息，LTE向5G基站发起辅站添加流程。



5.2.1 NSA组网接入流程

(4) 路径转换流程

- 在NSA Option 3x场景中，起初S-GW到无线侧的用户面还在4G侧，因此在5G辅站添加成功之后，需要将UE的用户面切换至NR侧。
- MeNB根据SgNB反馈的响应信息，向核心网发起路径转换流程。



5.2 NR接入流程

5.2.2 SA组网接入流程

- SA网络中终端直接在5G中完成初始接入。

UE搜索SSB，完成下行同步，获得PCI，解调MIB消息，完成下行帧同步

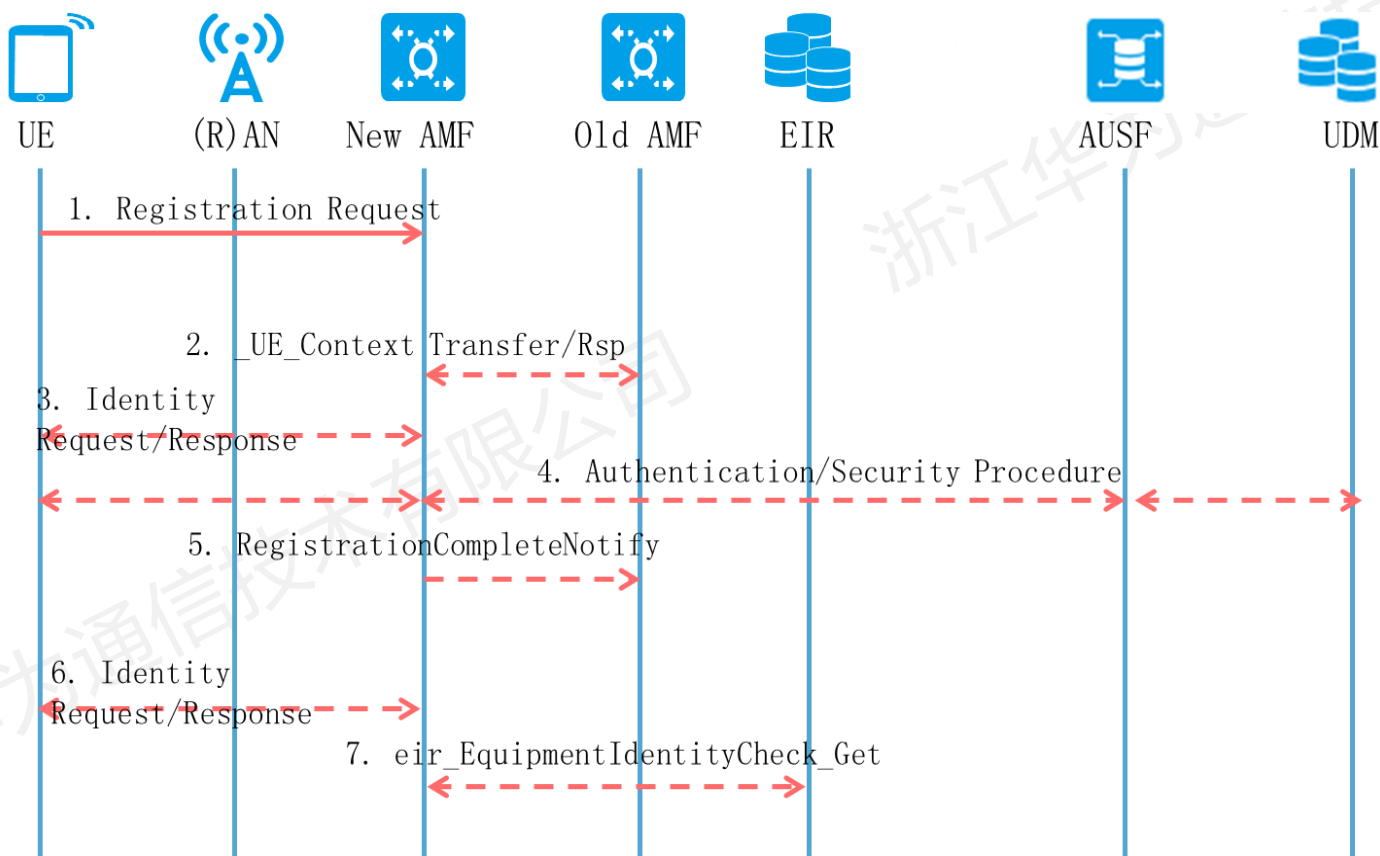
根据MIB消息中的参数，继续获得其他的必要系统消息（RMSI），完成下行小区驻留

在当前小区发起随机接入流程，完成上行同步

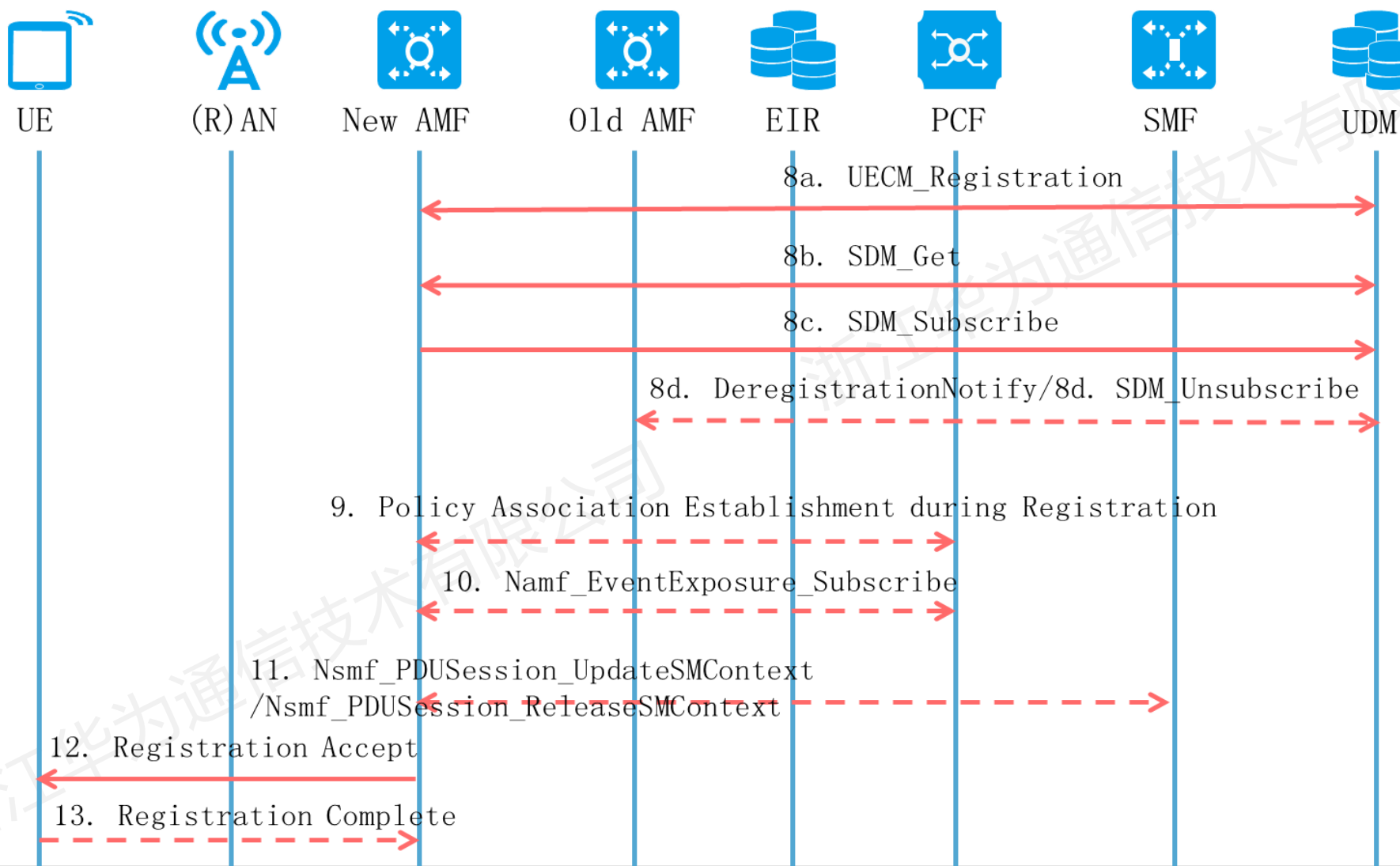
UE初始接入流程

5.2.2 SA组网接入流程

- SA组网时, 终端在NR接入后向NGC发起注册流程。整体注册流程和4G类似, 包括鉴权/加密等流程, 但5G中注册和会话建立是独立的流程。

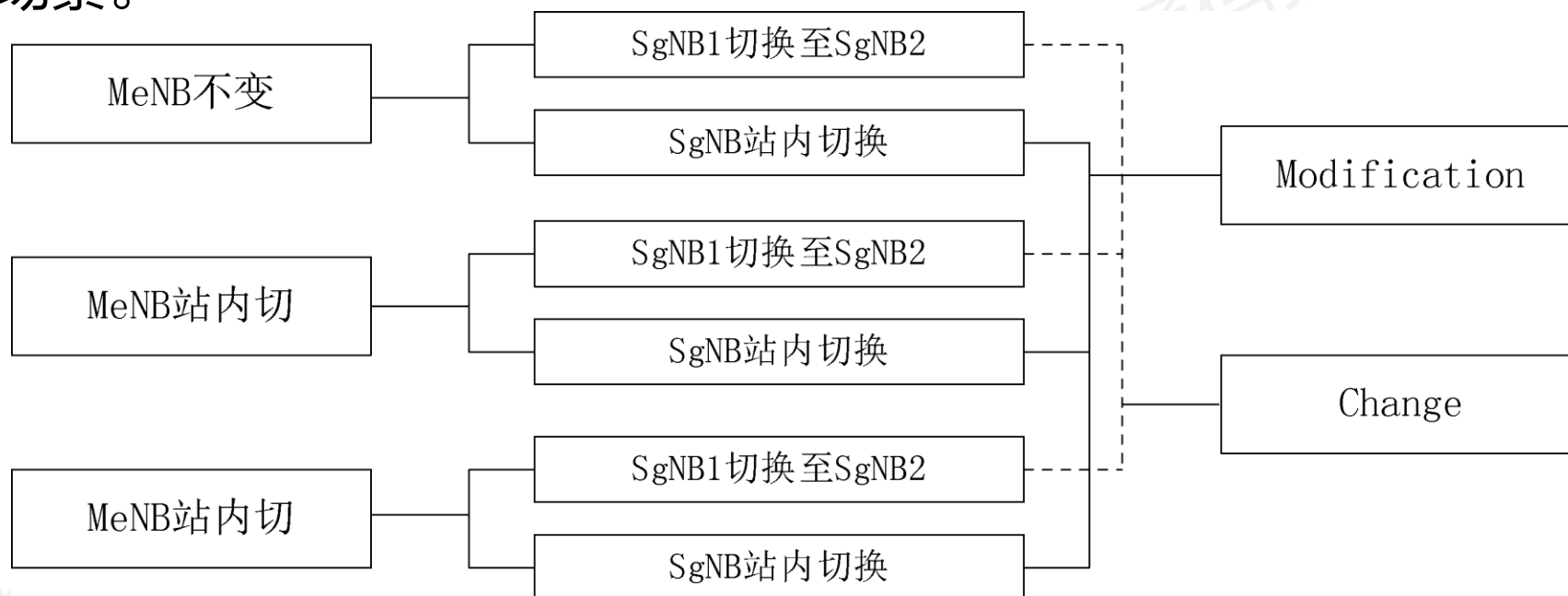


5.2.2 SA组网接入流程



5.3 NR移动性管理流程

- 移动性管理流程是UE在连接态下的切换流程，切换是指 UE 在连接状态下，在不同的小区移动，完成 UE 上下文的更新的过程。NSA组网中的移动性管理流程可分为6种场景。



- sgNodeB站内切换，称之为sgNodeB modification流程；sgNodeB站间切换，称之为sgNodeB change流程。

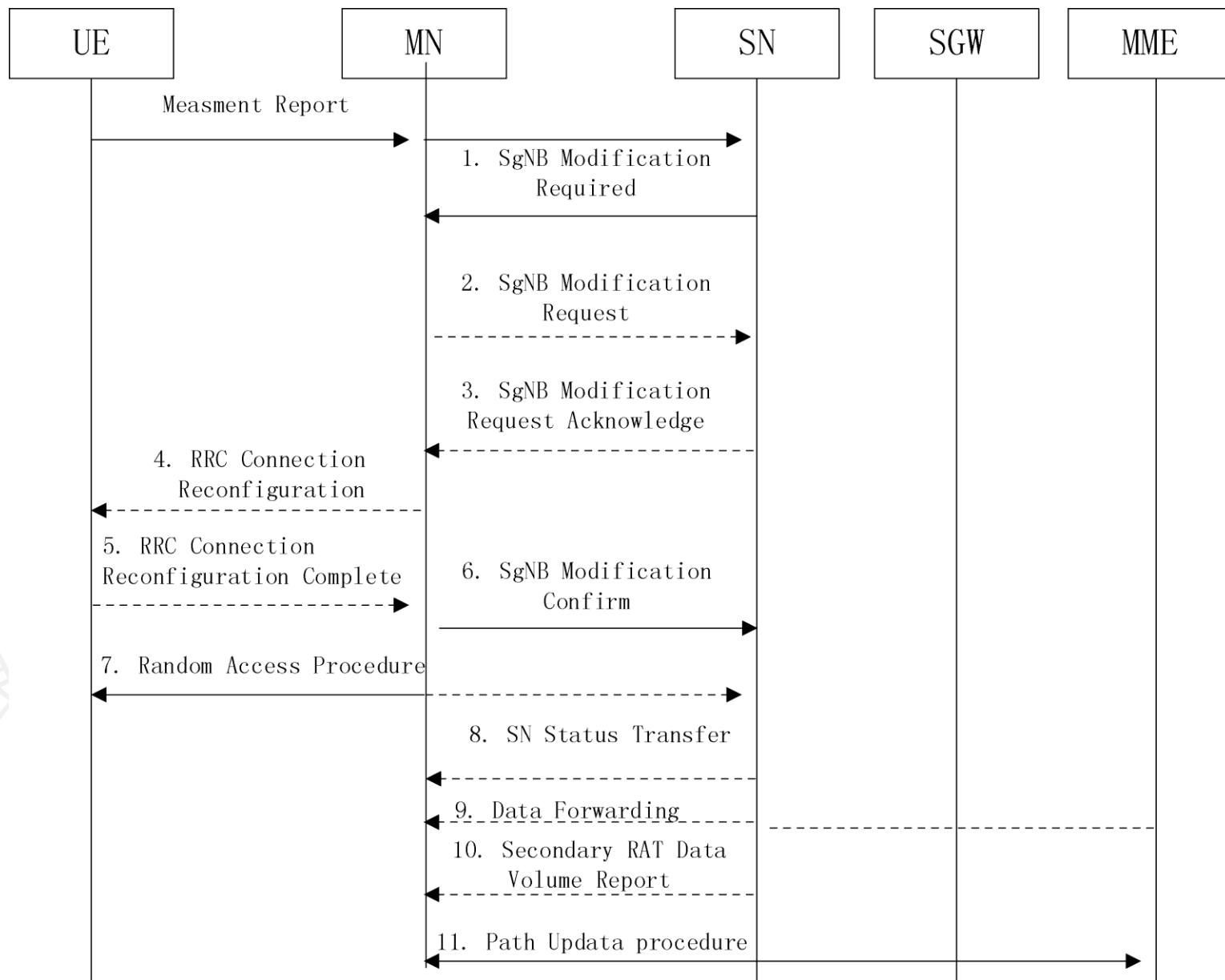
SgNodeB Modification流程

(1) SgNB根据MeNB的A3测量报告，向MeNB发送SgNB Modification Required消息，消息中携带目标5G小区标识和NR RRC配置消息等。

(2) 若MeNB决定重配MCG Bearer，则MeNB会触发SgNB Modification流程。

(3) SgNB确认后，会反馈SgNB Modification Request Acknowledge消息。

(4) MeNB向UE发送RRC Connection Reconfiguration消息，包括NR RRC配置消息。



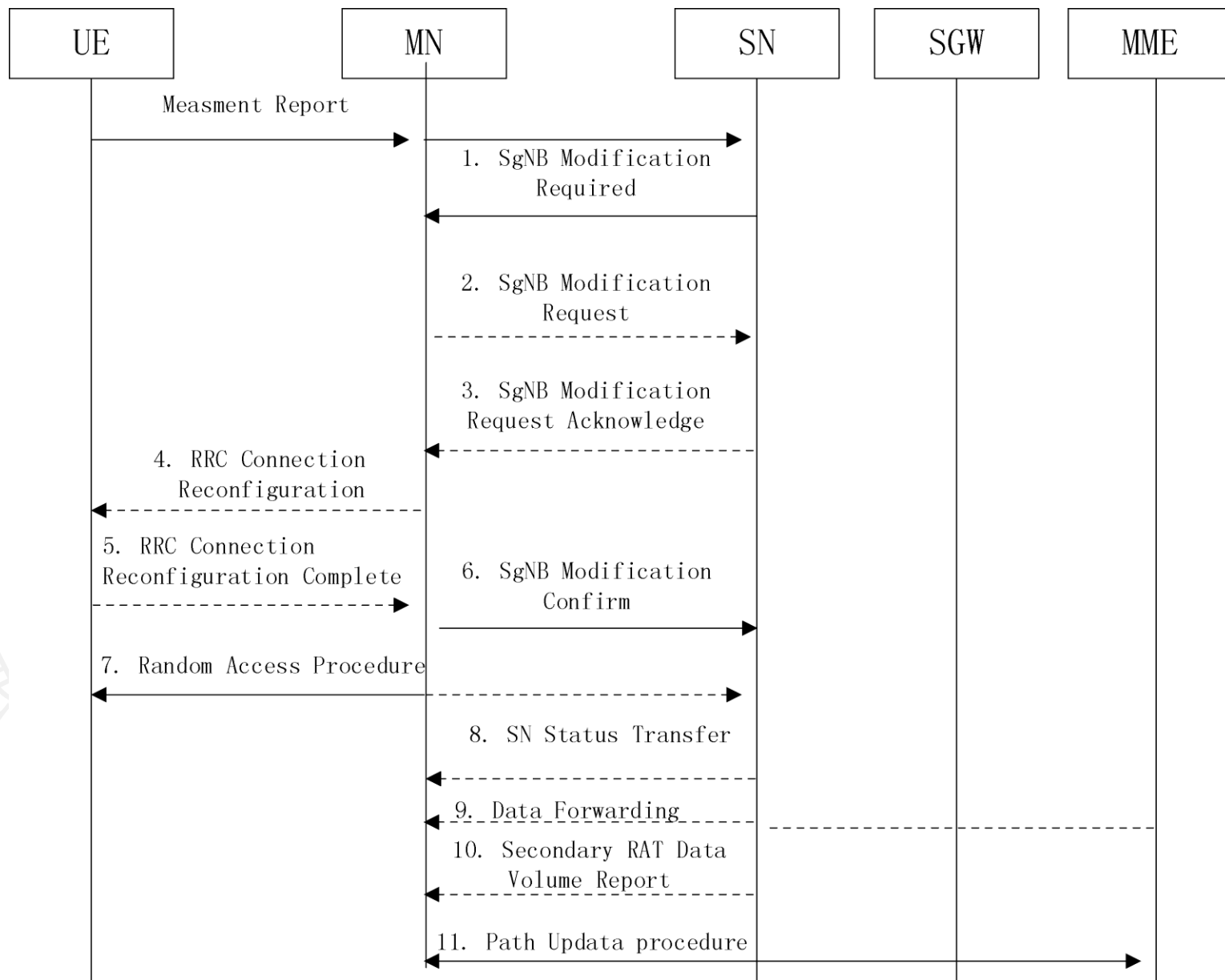
SgNodeB Modification流程

(5) UE接收到RRC重配置消息后完成重配置，并向MeNB反馈RRC Connection Reconfiguration Complete消息，包括NR RRC响应消息。

(6) UE成功完成重配置后，MeNB向SgNB发送SgNB Modification Confirm确认消息。

(7) UE执行到SgNB的同步时，发起向SgNB的随机接入流程。

(8) 可选流程，对于承载类型变更场景，为减少当前服务中断时间，需要进行MeNB和SgNB间的数据转发准备。

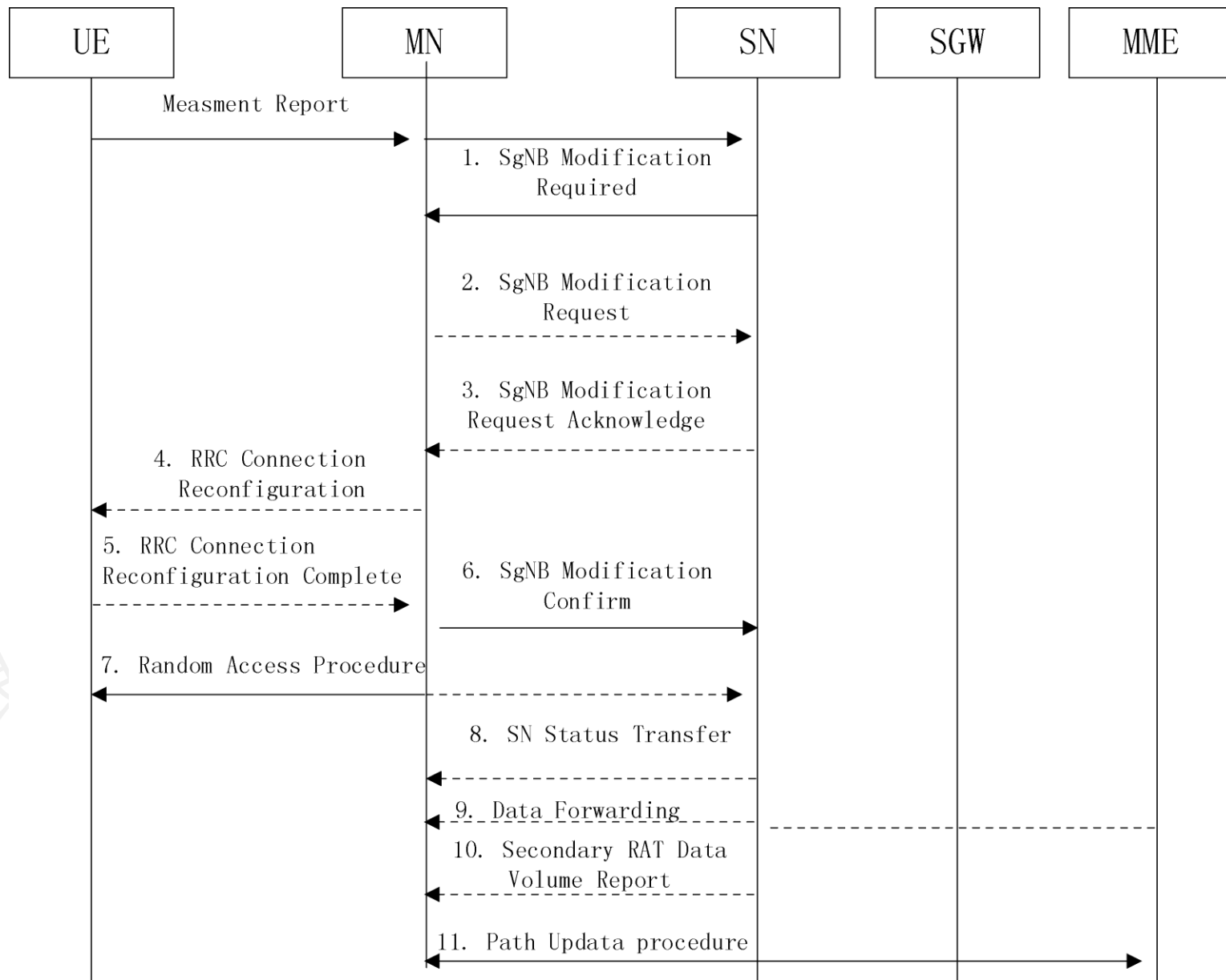


SgNodeB Modification流程

(9) 数据转发。

(10) 可选流程，SgNB上报NR流量给MeNB。

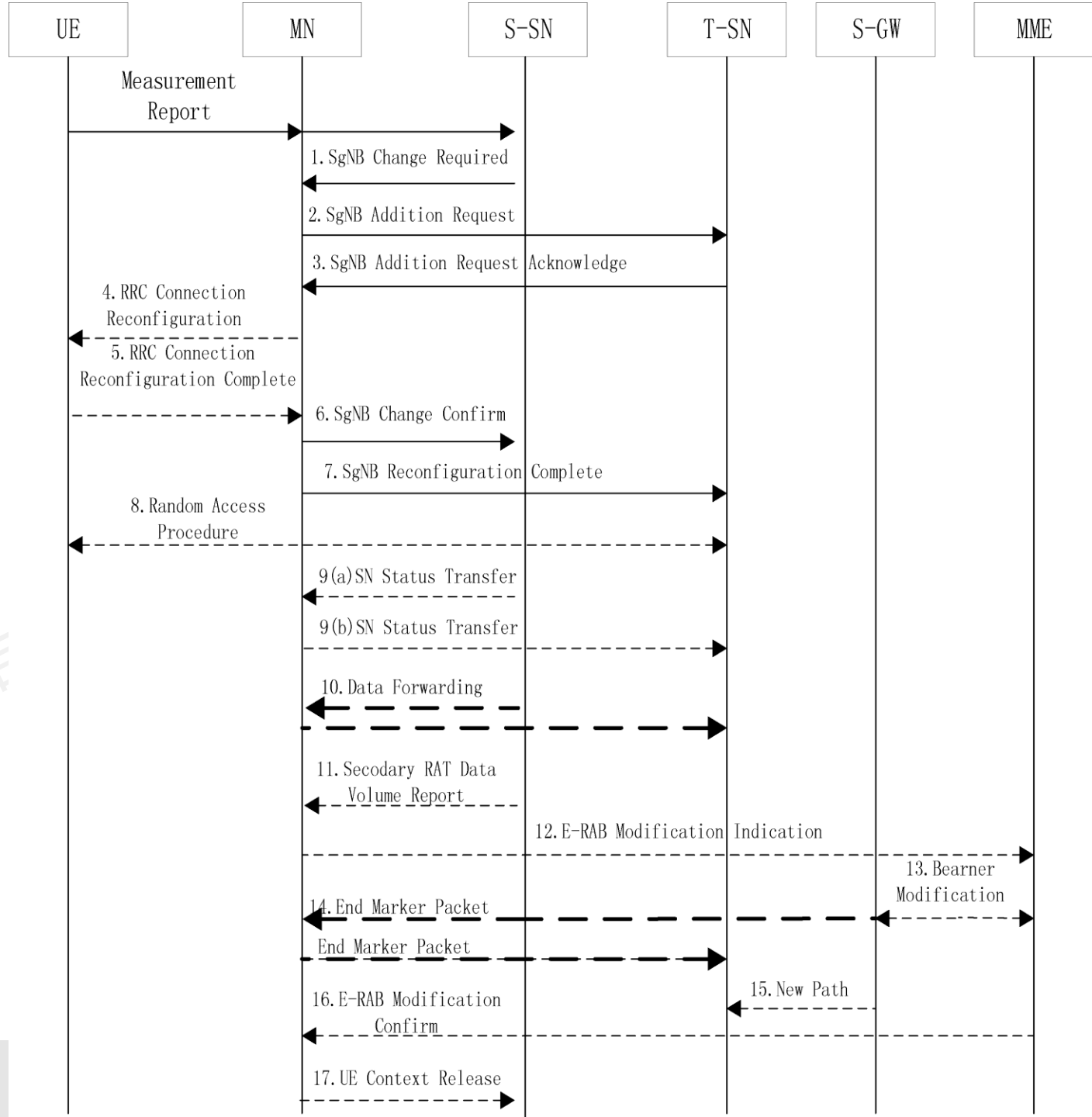
(11) 可选流程，当分流模式变更时，执行SgNB和EPC之间的用户面路径更新操作，即通过E-RAB Modification Indication指示核心网将E-RAB的S1-U接口切换到SgNB。



SgNB Change流程

(1) 当SgNB收到A3测量报告后，选择报告中RSRP最强NR小区作为目标NR切换小区；源SgNB通过向MeNB发送SgNB Change Required消息触发SgNB Change流程，消息中包括目标SgNB ID信息和测量结果等。

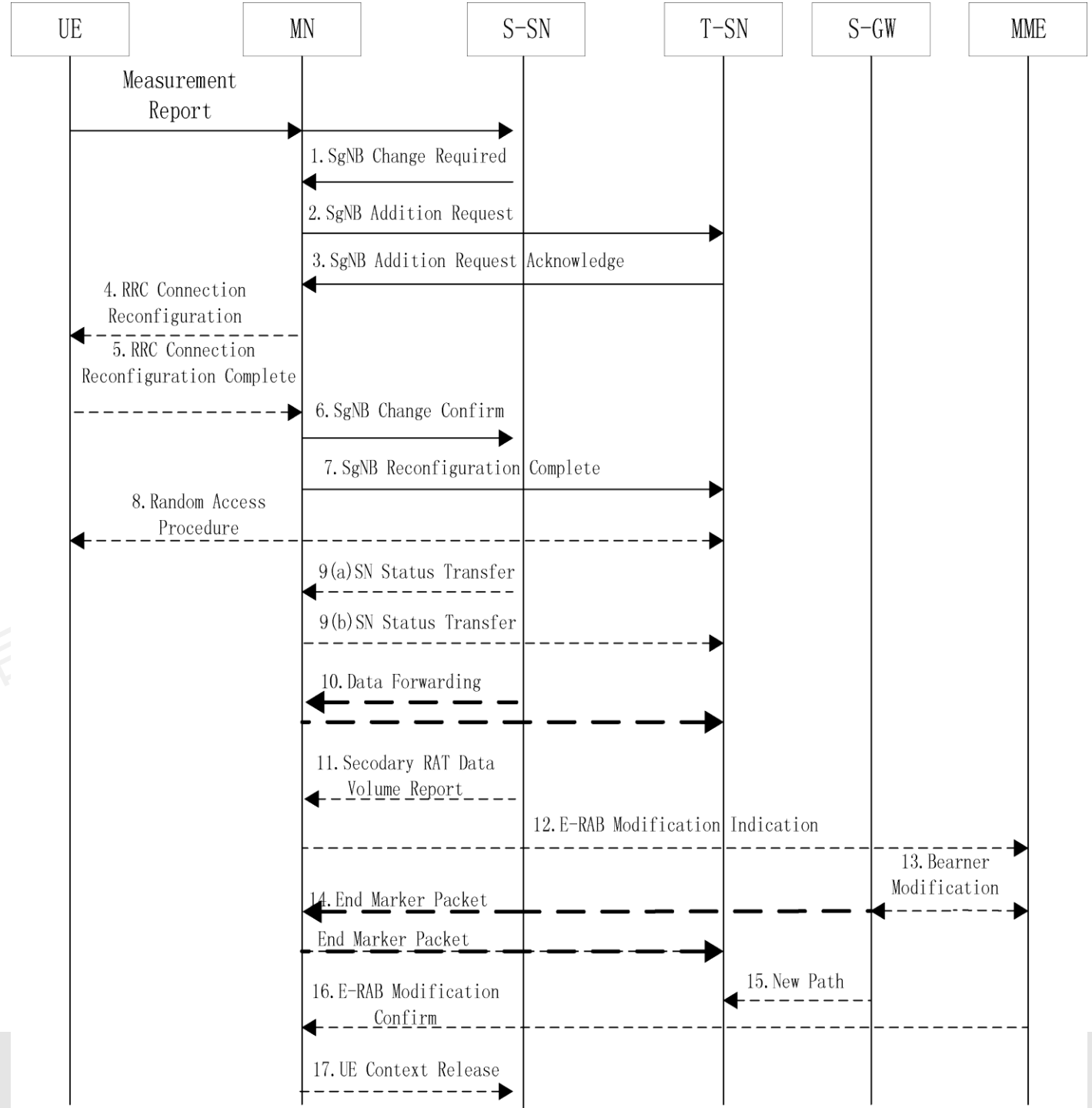
(2) MeNB通过向目标SgNB发送SgNB Addition Request消息，向目标SgNB请求为UE分配资源，消息中包括源SgNB测量得到的目标SgNB的测量结果。



SgNB Change流程

(3) SgNB对MeNB的请求进行响应，在响应消息中携带和承载及接入相关的RRC配置信息。

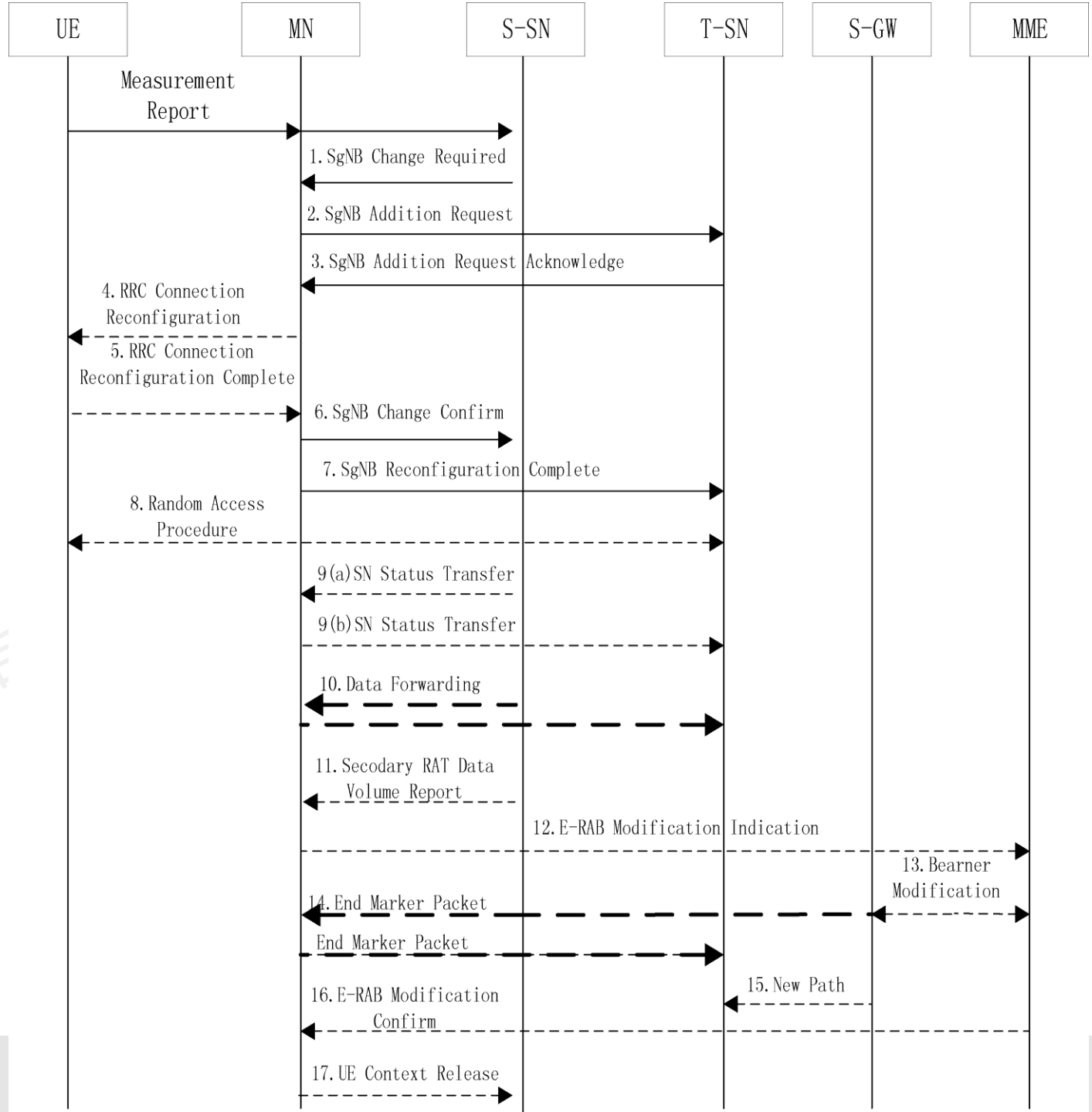
(4) MeNB向UE发送RRC Connection Reconfiguration消息，包括NR RRC配置消息。



SgNB Change流程

(5) UE接收到RRC重配置消息后完成重配置，并向MeNB反馈RRC Connection Reconfiguration Complete消息，包括NR RRC响应消息。若UE未能完成包括在RRC Connection Reconfiguration消息中的配置，则启动重配置失败流程。

(6) 若目标SgNB成功分配资源，则MeNB确认源SgNB资源的释放，向源SgNB发送SgNB Change Confirm消息。

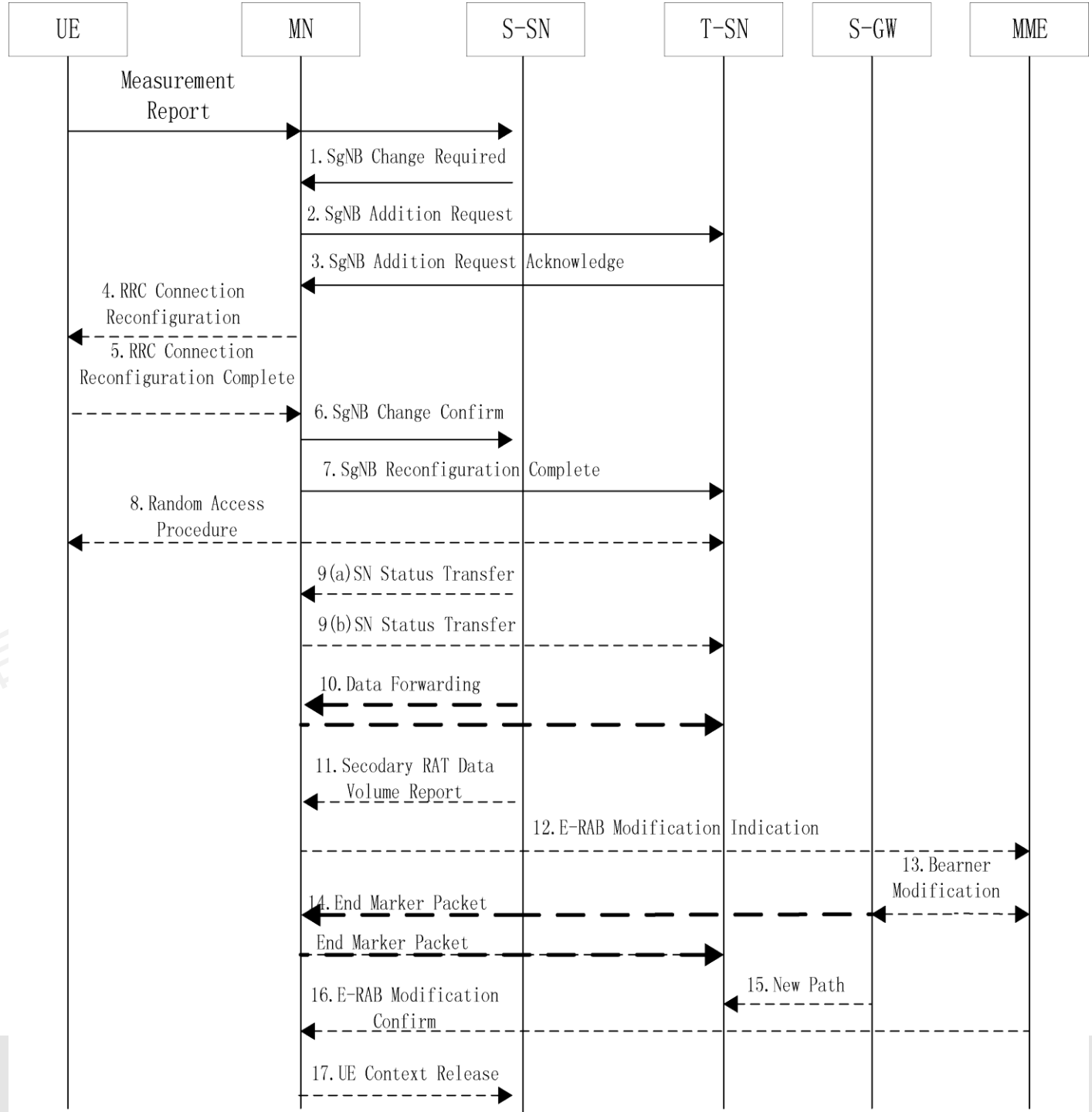


SgNB Change流程

(7) 若RRC连接重配置流程完成，则MeNB通过向目标SgNB发送SgNB Reconfiguration Complete消息确认重配置完成。

(8) 若为UE配置的承载需要SCG无线资源，则UE执行到SgNB PSCell的同步，发起向SgNB的随机接入流程。

(9) 可选流程，对于承载类型变更场景，为减少当前服务中断时间，需要进行MeNB和SgNB间的数据转发准备。



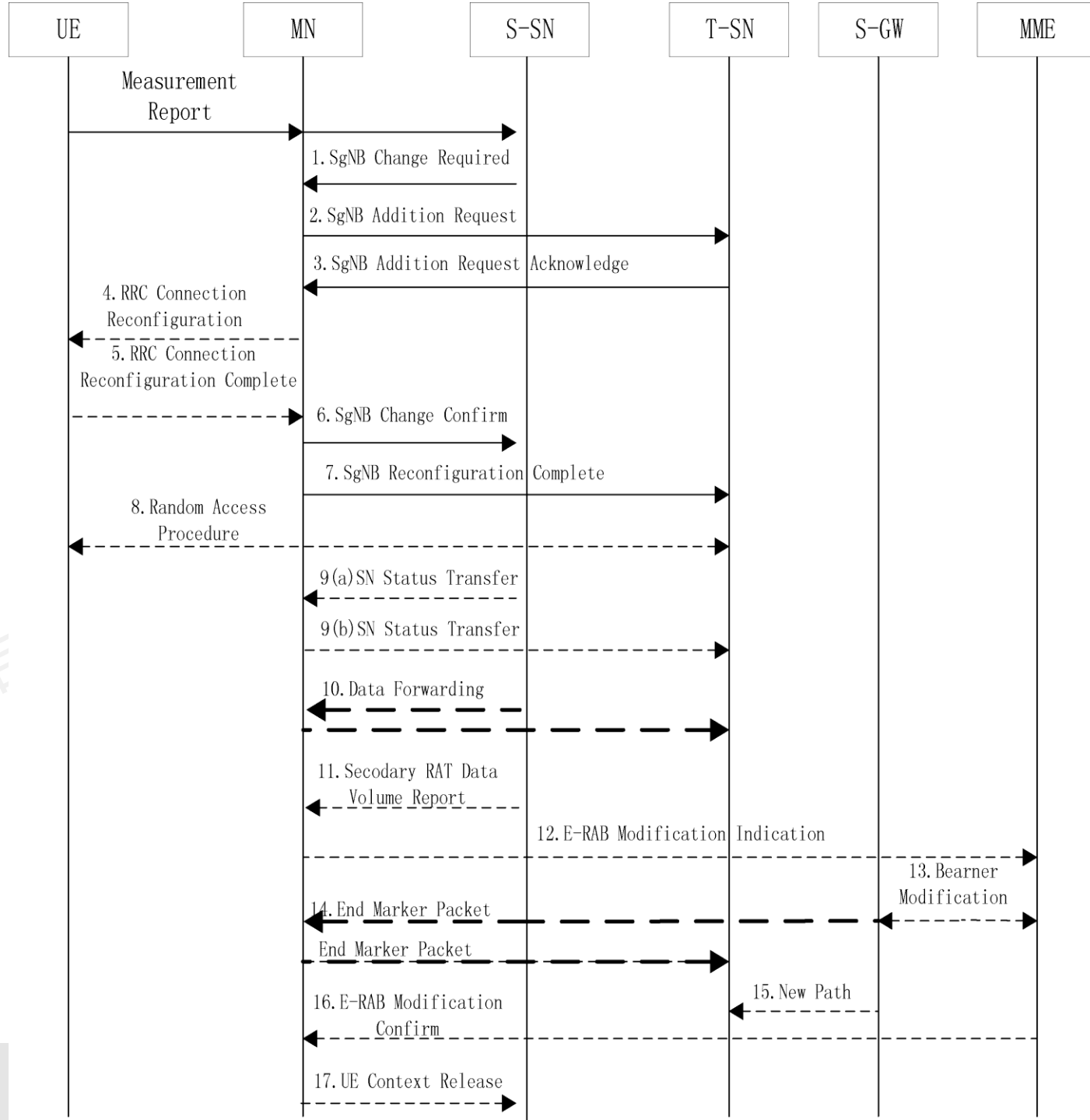
SgNB Change流程

(10) 数据转发。

(11) 可选流程， SgNB上报NR流量给 MeNB。

(12) 步骤12 ~ 步骤16， 路径转换流程， 对于相关分流模式， 执行SgNB和EPC之间的用户面路径更新操作， 即通过E-RAB Modification Indication指示核心网将 E-RAB的S1-U接口切换到SgNB。

(13) 源SgNB收到UE Context Release 消息后， 释放UE上下文。



5.3 NR移动性管理流程

5.3.2 SA组网移动性管理流程

在SA组网移动性管理流程中，站内切换流程如，Xn切换流程，NG切换流程，切换使用的事件主要是A3、A4、A5事件。

(1) A3事件：表示邻区信号质量比服务小区信号质量好，触发条件如下。

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - H_{ys} > M_p + O_{fp} + O_{cp} + O_{ff}$$

其中， M_p 表示邻区测量结果， M_n 表示服务小区测量结果， O_{fp} 和 O_{fn} 分别表示服务小区的频率偏置和其他频点对应的频率偏置， O_{cp} 表示服务小区偏置， O_{cn} 表示邻小区偏移量， H_{ys} 表示切换幅度迟滞，5G小区之间切换时，可以通过调整以上参数来控制切换的难易程度。

5.3 NR移动性管理流程

5.3.2 SA组网移动性管理流程

在SA组网移动性管理流程中，站内切换流程如，Xn切换流程，NG切换流程，切换使用的事件主要是A3、A4、A5事件。

(2) A4事件：表示邻区信号质量比一个固定门限质量好，Thresh表示固定门限，其他参数和A3事件一致，触发条件如下。

$$Mn+Ofn+Ocn-Hys>Thresh$$

5.3 NR移动性管理流程

5.3.2 SA组网移动性管理流程

(3) A5事件：表示邻区信号质量比一个固定门限2质量好，且服务小区信号质量低于固定门限1，其他参数和A3事件一致，触发条件如下。

- ① 服务小区低于固定门限1。

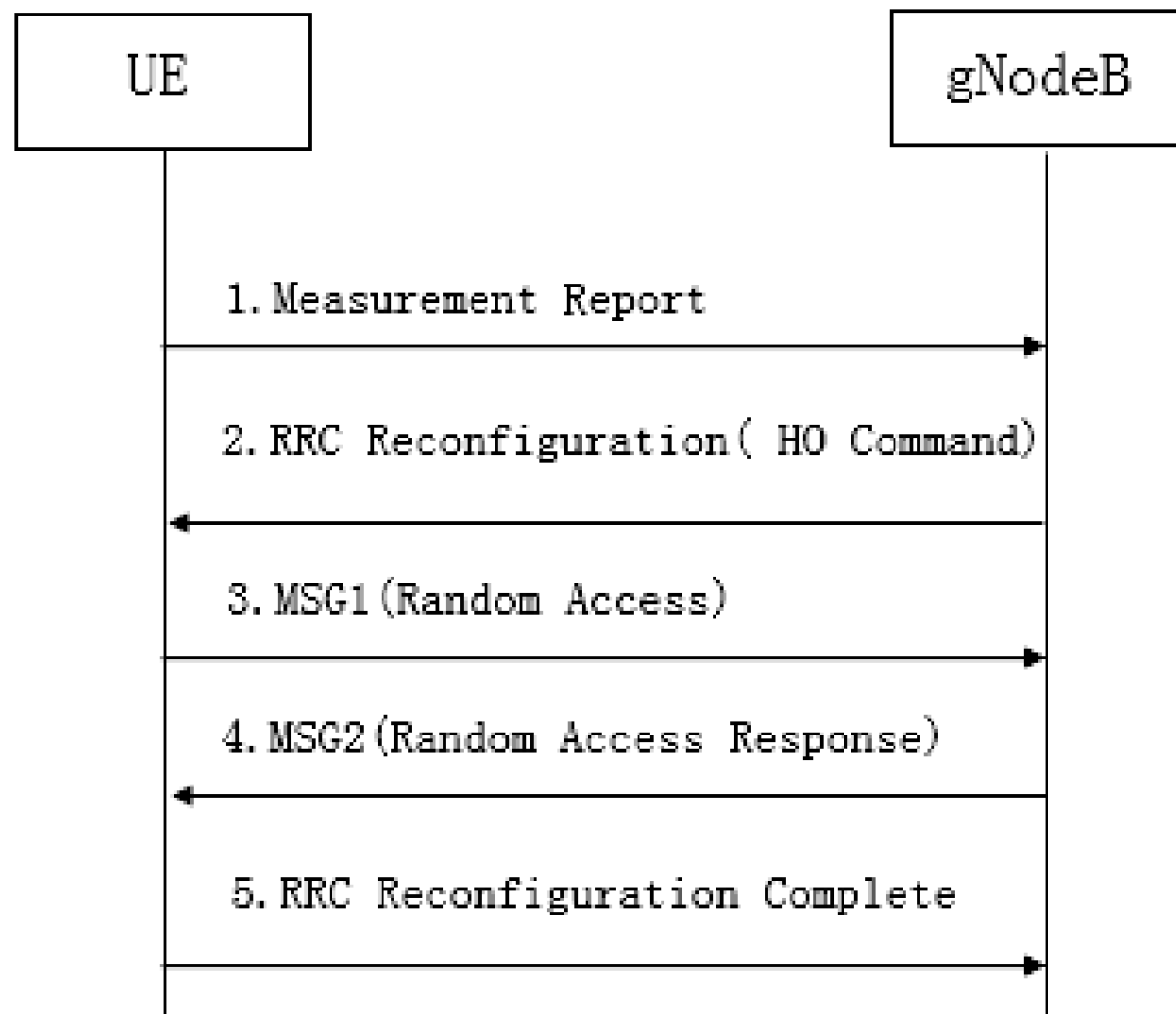
$$M_p + H_{ys} < \text{Thresh1}$$

- ② 邻区高于信号质量2。

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - H_{ys} < \text{Thresh2}$$

SA移动性管理流程——站内切换流程

- (1) UE上报邻区测量报告。
- (2) gNodeB根据测量报告携带的PCI，判断切换的目标小区与服务小区同属一个gNodeB并启动站内切换流程，基站下发切换命令。
- (3) UE在目标小区发起非竞争的随机接入MSG1，携带专用导言。
- (4) gNodeB-DU侧回复MSG2 RAR消息。
- (5) UE为gNodeB回复RRC Reconfiguration Complete消息，UE接入到目标小区中。



SA移动性管理流程—— Xn切换流程

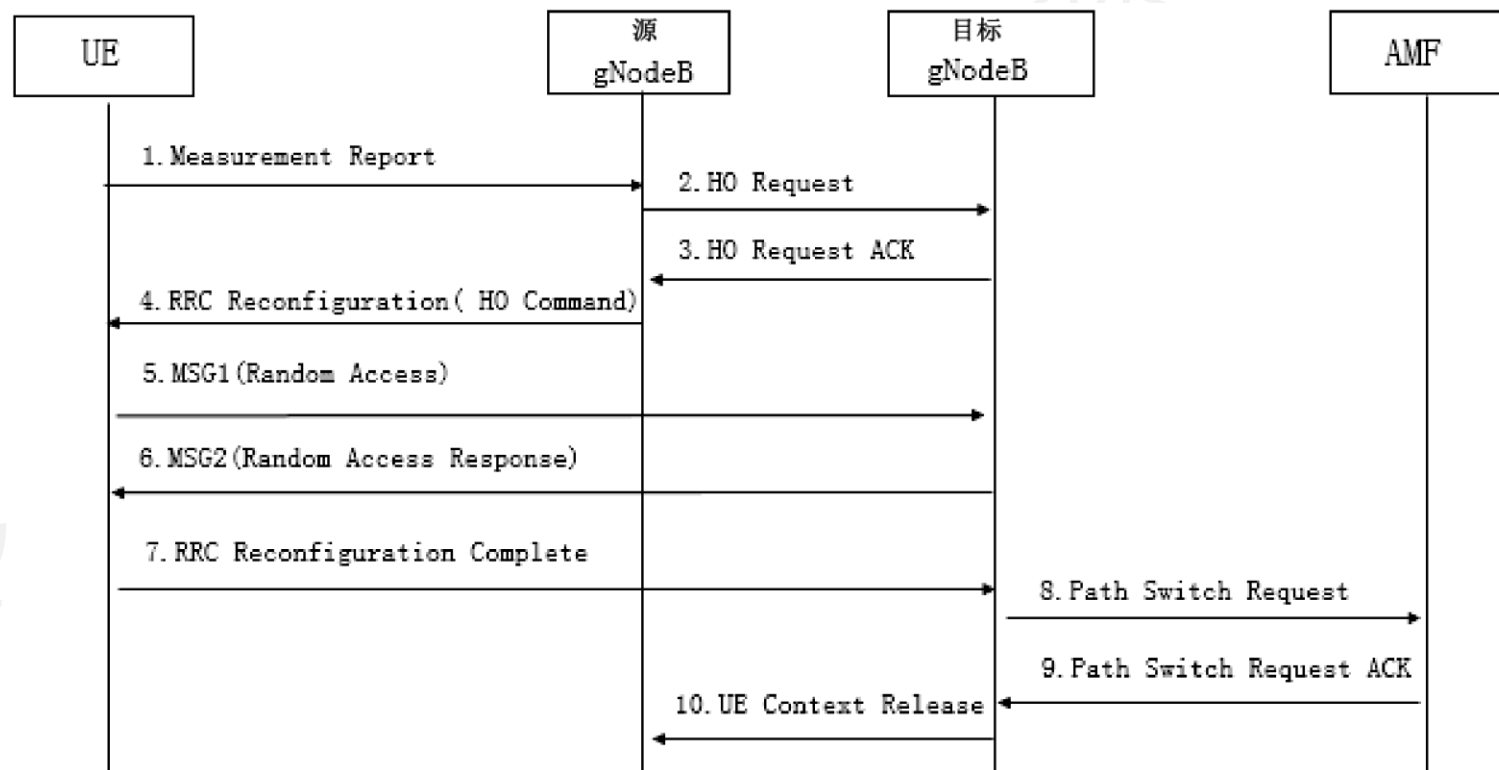
(1) UE测量邻区并判定达到判决事件条件后，上报测量报告给源gNodeB。

(2) 源gNodeB收到测量报告后，根据测量结果向选择的目标小区所在的gNodeB发起切换请求。

(3) 目标gNodeB收到切换请求后，进行准入控制，允许准入后分配UE资源并回复HO Request ACK给源gNodeB，允许切换。

(4) 源gNodeB发送RRC Reconfiguration给UE，要求UE执行切换到目标小区操作。

(5) UE在目标小区中发起随机接入请求。



SA移动性管理流程—— Xn切换流程

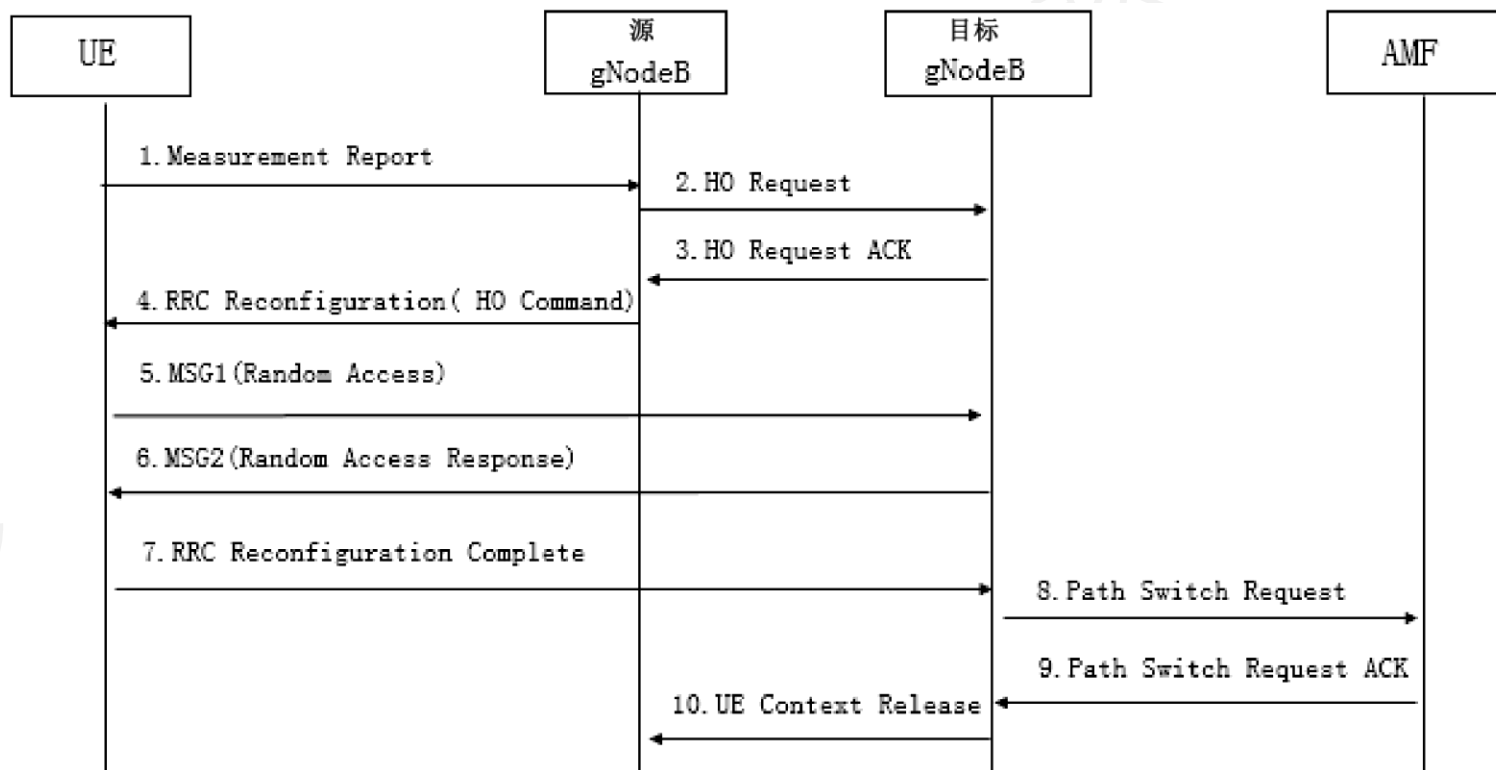
(6) 目标小区回复随机接入响应消息RAR，为UE分配资源。

(7) UE发送RRC Reconfiguration Complete给目标gNodeB，完成UE空口切换到目标小区操作。

(8) 目标gNodeB向AMF发送Path Switch Request消息通知UE已经改变小区，核心网收到消息后，更新下行GTPU数据面，将RAN侧的GTPU地址修改为目标gNodeB。

(9) AMF向目标gNodeB响应Path Switch Request ACK消息。

(10) 目标gNodeB向源gNodeB发送UE Context Release消息，源gNodeB释放已切换的用户。



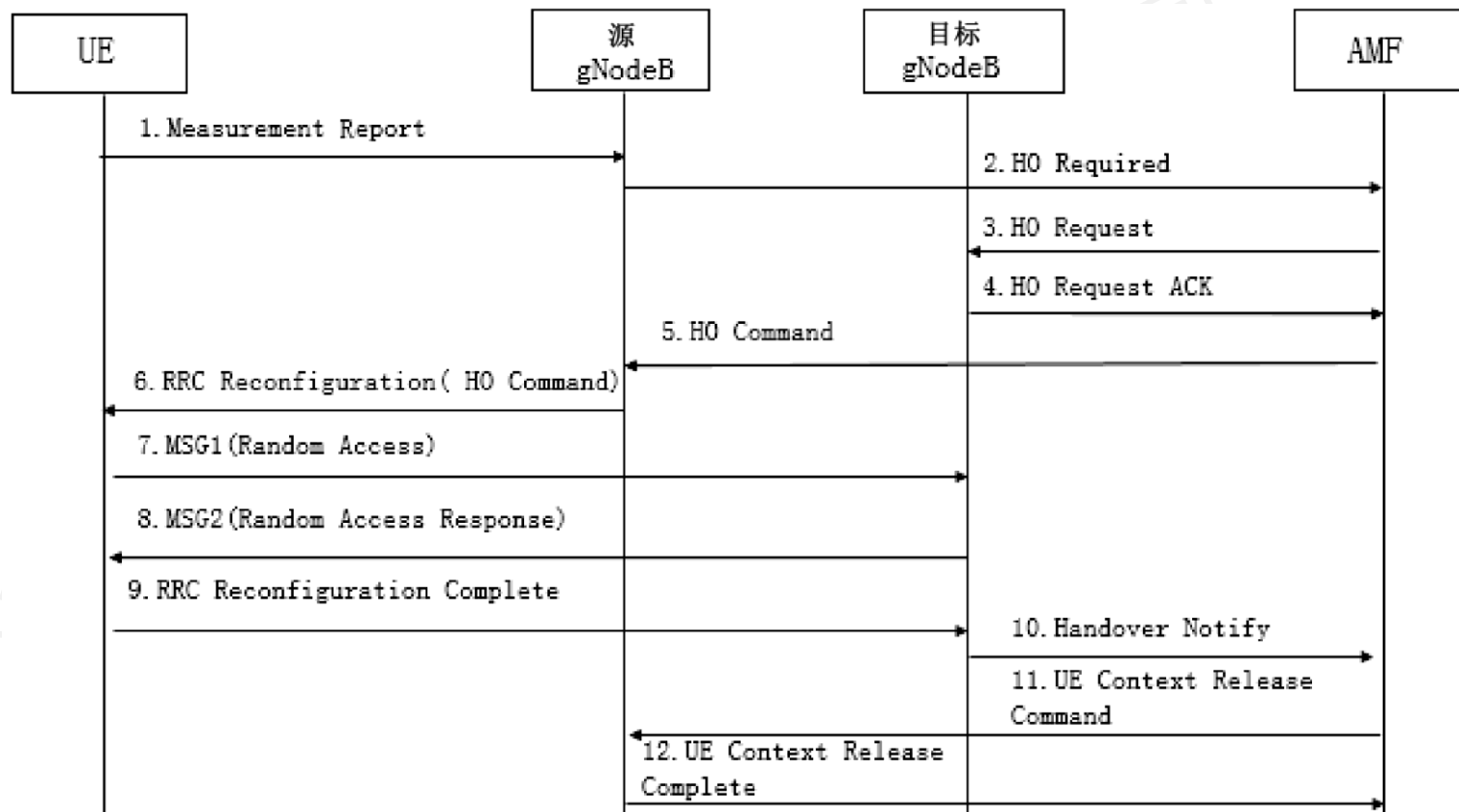
SA移动性管理流程—— NG切换流程

(1) UE根据收到的测量控制消息执行测量。UE测量并判定达到事件条件后，上报测量报告给gNodeB。

(2) 源gNodeB收到测量报告后，根据测量结果向AMF发送HO Required消息请求切换，消息包含目标gNodeBId。

(3) AMF向指定的目标小区所在的gNodeB发起HO Request切换请求，gNodeB根据消息中的TraceID、SPID识别用户。

(4) 目标gNodeB回复HO Request ACK给AMF，允许切换。



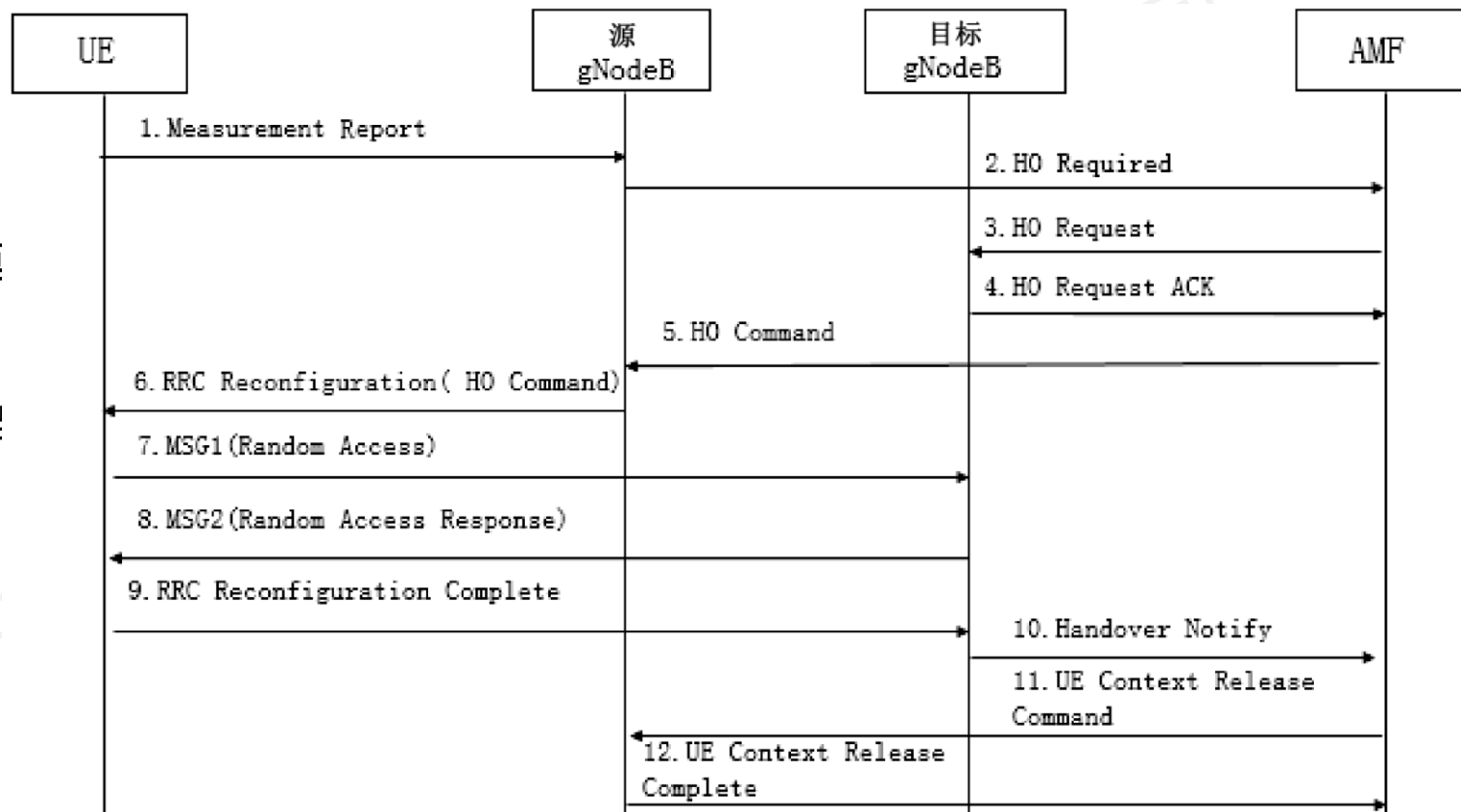
SA移动性管理流程—— NG切换流程

(5) AMF向源gNodeB发送HO Command消息，消息中包含地址和用于转发的TEID列表，包含需要释放的承载列表。

(6) 源gNodeB发送RRC Reconfiguration消息给UE，要求UE执行切换到目标小区操作。

(7) UE在目标小区中发起随机接入请求。

(8) 目标小区回复随机接入响应消息RAR，为UE分配资源。



SA移动性管理流程—— NG切换流程

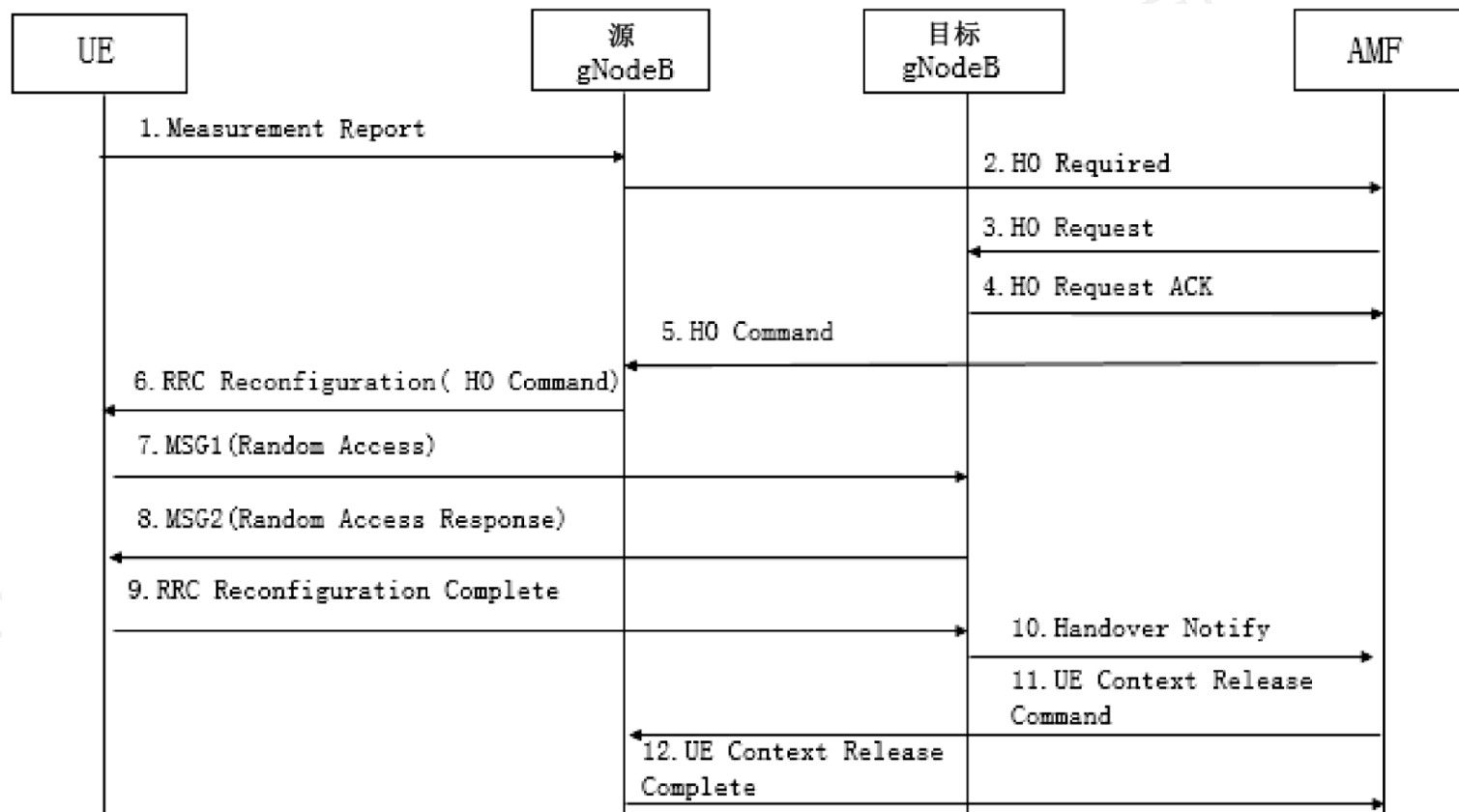
(9) UE发送RRC Reconfiguration Complete消息给目标gNodeB, 完成UE空口

切换到目标小区操作。

(10) 目标gNodeB发送Handover Notify消息给AMF, 通知UE已经接入到目标小区中, 基于NG的切换已经完成。

(11) AMF向源gNodeB发送UE Context Release Command消息, 源gNodeB释放切换的用户。

(12) 源gNodeB向AMF回复UE Context Release Complete, 切换流程完成。



5.4 NR释放流程

5.4.1 NSA组网辅站释放流程

1. MeNB触发的SgNB释放

MeNB触发的SgNB释放流程如图5-12所示，可能触发的原因如下。

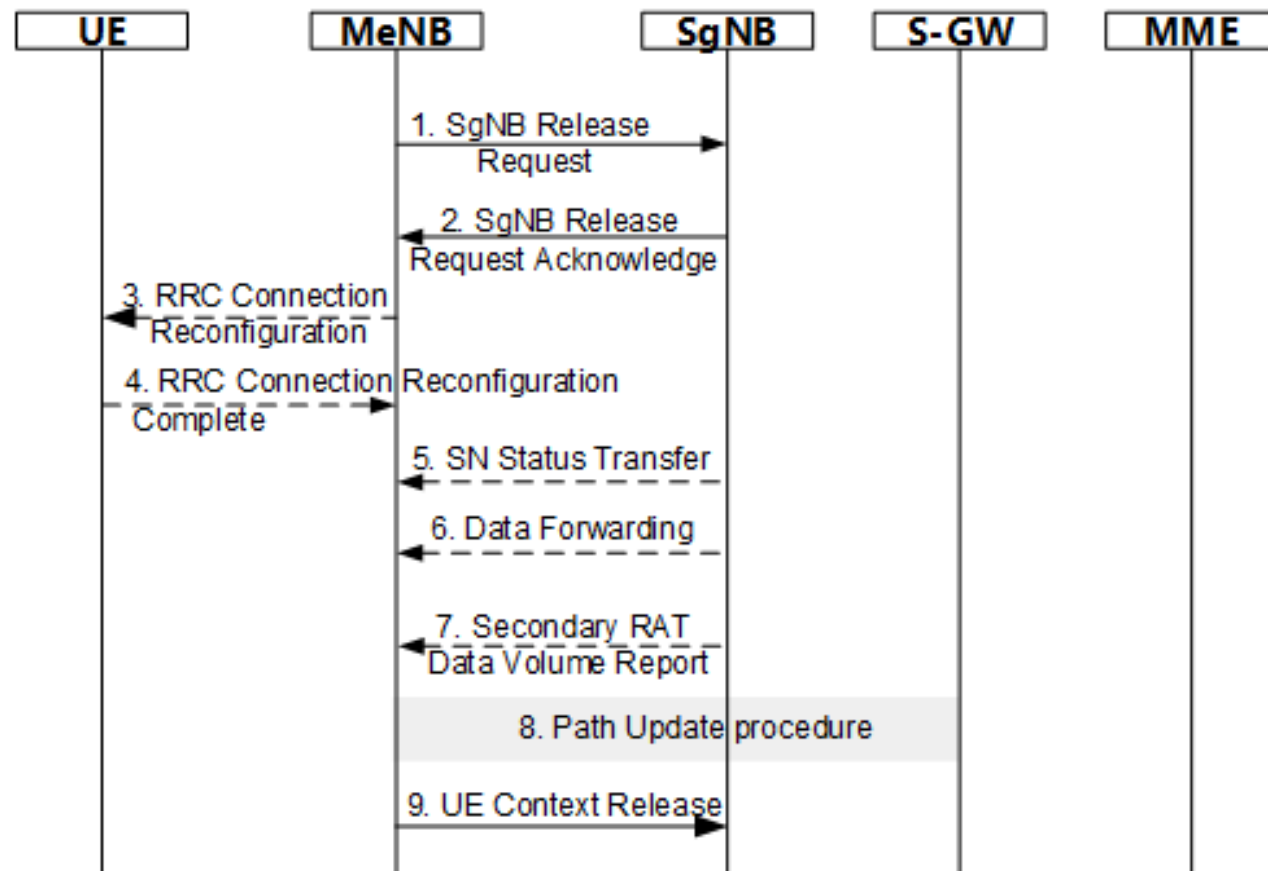
- (1) 锚点eNodeB (MeNB) 切换到非锚点eNodeB。
- (2) SCG链路故障。
- (3) GTPU控制面数据丢包。

MeNB触发的SgNB释放流程

(1) MeNB 通过发送 SgNB Release Request消息触发SgNB释放流程。

(2) SgNB 向 MeNB 发送 SgNB Release Request Acknowledge 消息确认开始 SgNB释放流程。

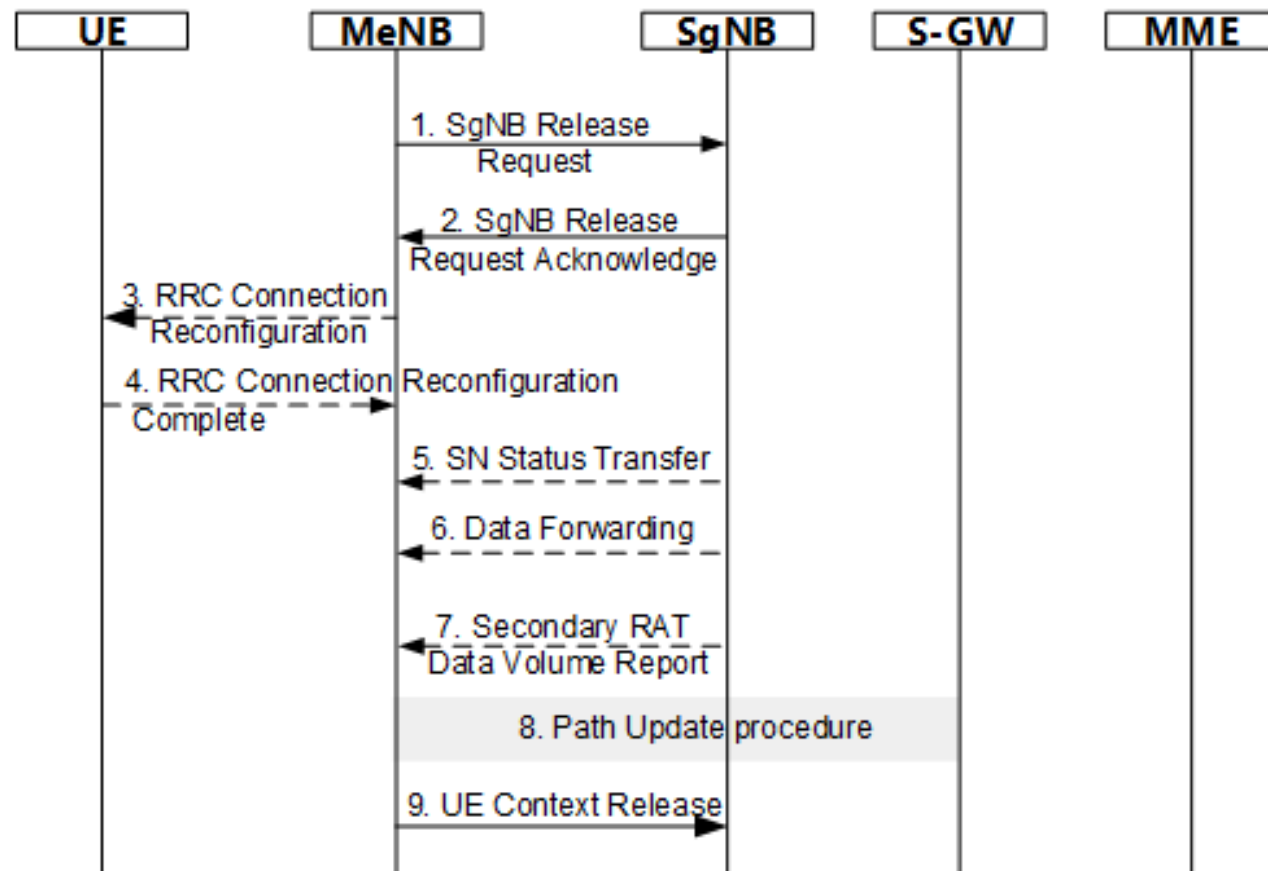
(3) MeNB 向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration消息，包括NR RRC配置消息。



MeNB触发的SgNB释放流程

(4) UE接收到RRC重配置消息后完成重配置，并向MeNB反馈RRC Connection Reconfiguration Complete消息，包括NR RRC响应消息。若UE未能完成包含在RRC Connection Reconfiguration消息中的配置，则启动重配置失败流程。

(5) 步骤5-6，对于承载类型变更场景，为减少当前服务中断时间，需要进行MeNB和SgNB间的数据转发操作。

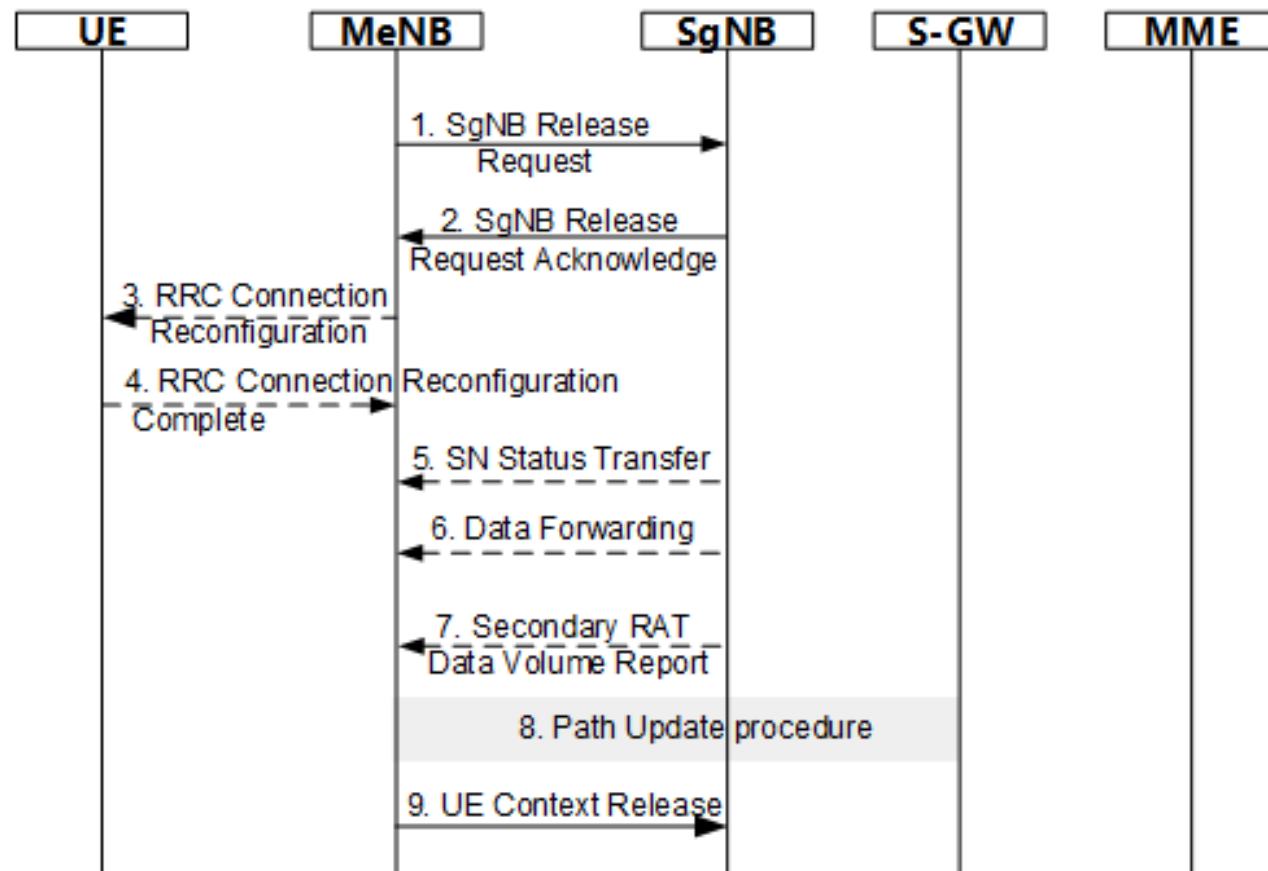


MeNB触发的SgNB释放流程

(6) SgNB上报NR流量给MeNB。

(7) 启动路径更新过程，核心网需要进行路径更新操作。

(8) SgNB收到UE Context Release消息后，释放UE上下文。



5.4 NR释放流程

5.4.1 NSA组网辅站释放流程

2. SgNB触发的SgNB释放

SgNB触发的SgNB释放流程如图5-13所示，可能触发的原因如下。

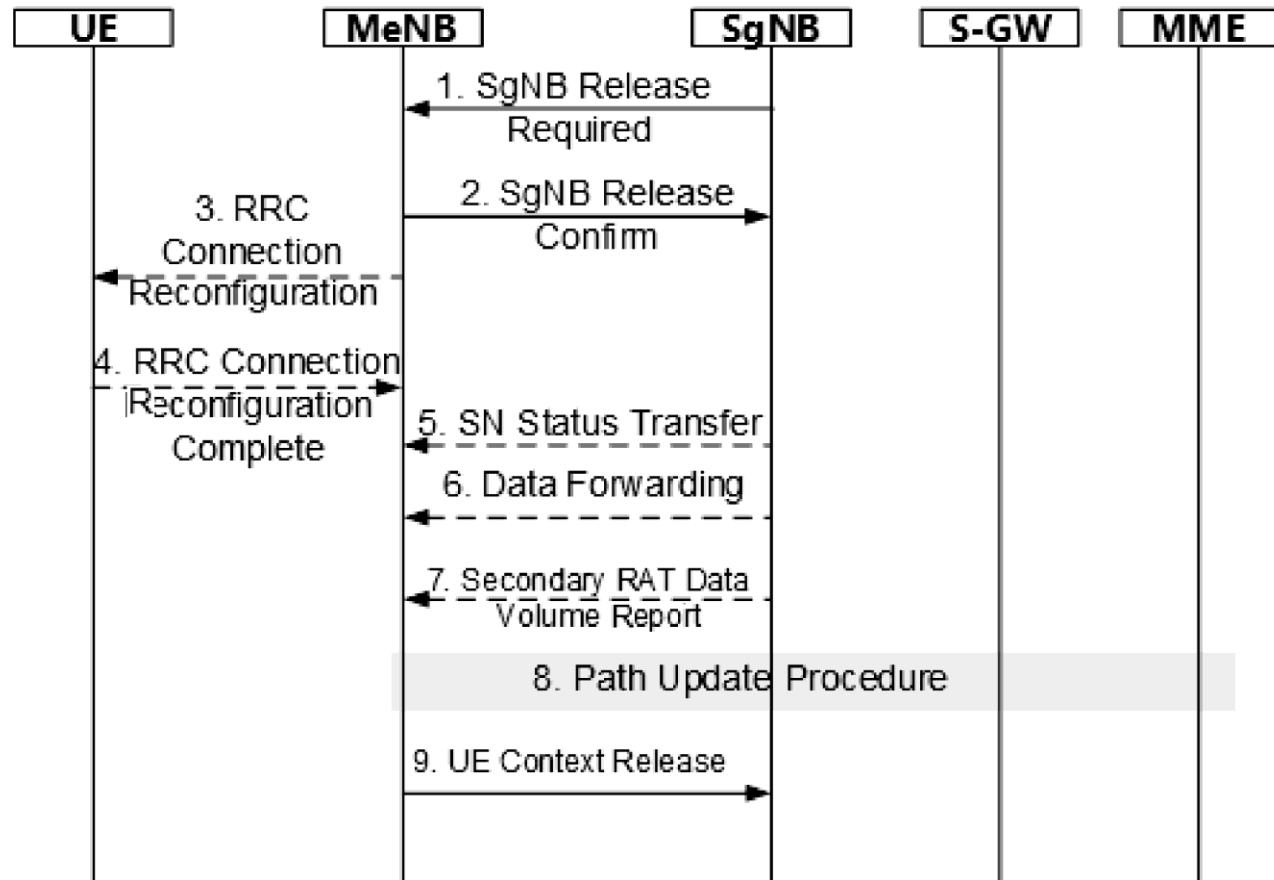
- (1) 当PSCe11的信号质量持续下降，且没有合适的邻区进行PSCe11的切换时，根据A2测量事件删除PSCe11。
- (2) GTPU控制面数据丢包。

SgNB触发的SgNB释放流程

(1) SgNB 通过发送 SgNB Release Required消息触发SgNB释放流程。

(2) MeNB 向 SgNB 发送 SgNB Release Confirm消息确认开始SgNB释放流程；SgNB收到该消息后，立即停止向UE发送数据。

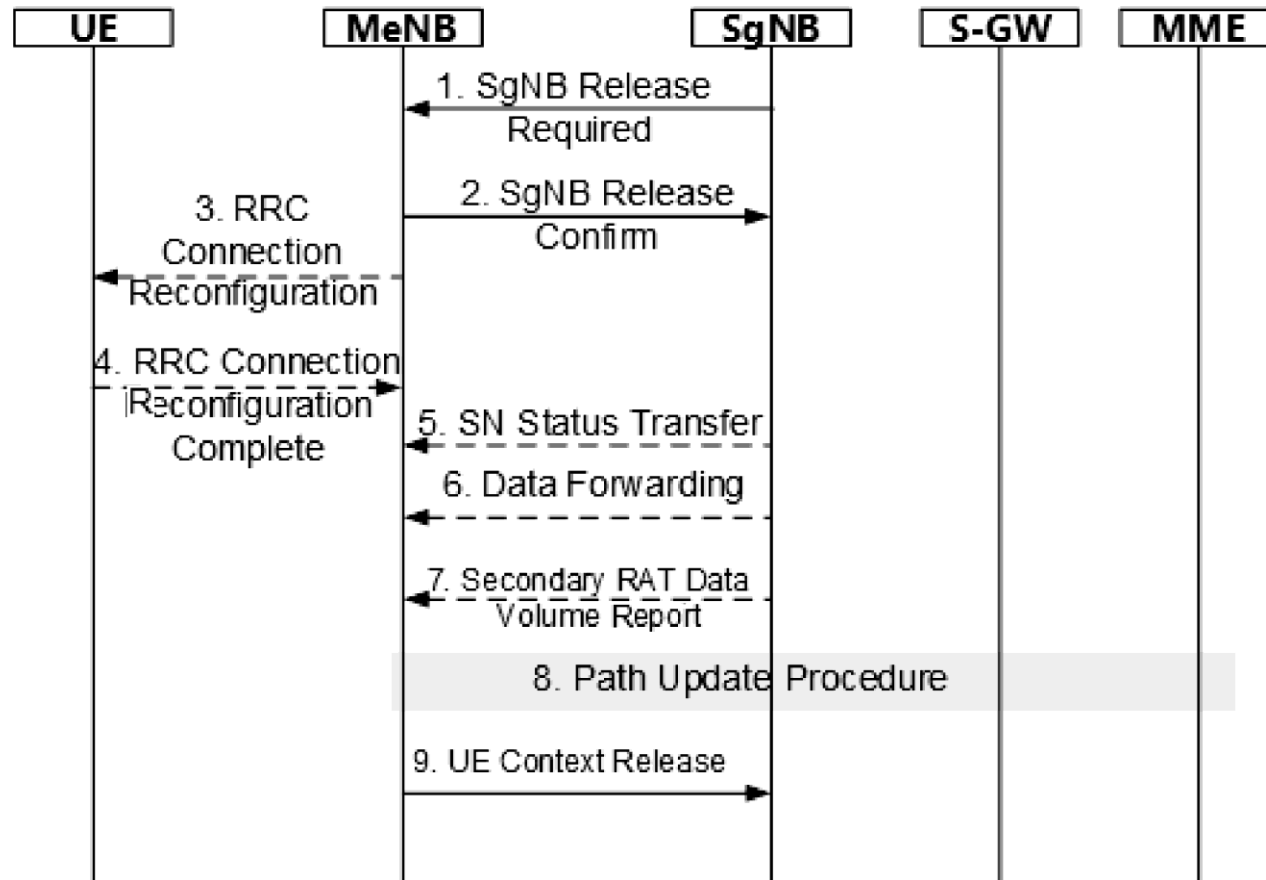
(3) MeNB 向 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration消息，包括NR RRC配置消息。



SgNB触发的SgNB释放流程

(4) UE接收到RRC重配置消息后完成重配置，并向MeNB反馈RRC Connection Reconfiguration Complete消息，包括NR RRC响应消息。若UE未能完成包含在RRC Connection Reconfiguration消息中的配置，则启动重配置失败流程。

(5) 步骤5-6对于承载类型变更场景，为减少当前服务中断时间，需要进行MeNB和SgNB间的数据转发操作。

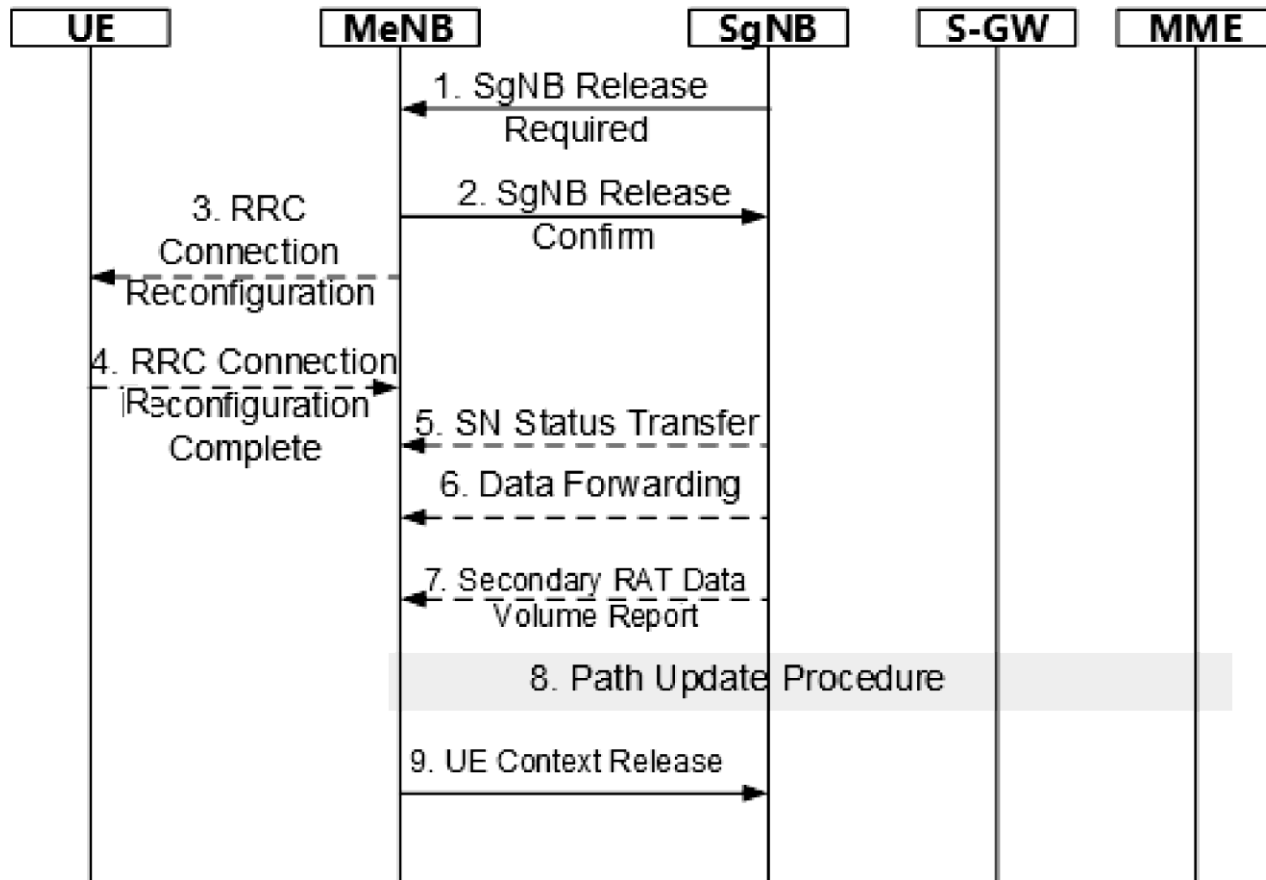


SgNB触发的SgNB释放流程

(6) SgNB上报NR流量给MeNB。

(7) 启动路径更新过程，核心网需要进行路径更新操作。

(8) SgNB收到UE Context Release消息后，释放UE上下文。



5.4 NR释放流程

5.4.2 SA组网释放流程

信令连接的释放包括NG-C连接释放和RRC连接释放。RRC连接释放包含UE和gNodeB之间的信令连接及全部无线承载的释放。

启动信令连接释放有以下两种情况。

- ① gNodeB触发：当gNodeB检测到UE连接异常（如检测到UE不活动）时，向AMF发送UeContextReleaseReq消息，请求释放信令连接。
- ② AMF触发：当AMF决定终止该UE的业务，或者UE决定终止该项业务并通过NAS信令通知AMF时，AMF向gNodeB发送UeContextReleaseCmd消息，触发信令连接释放。

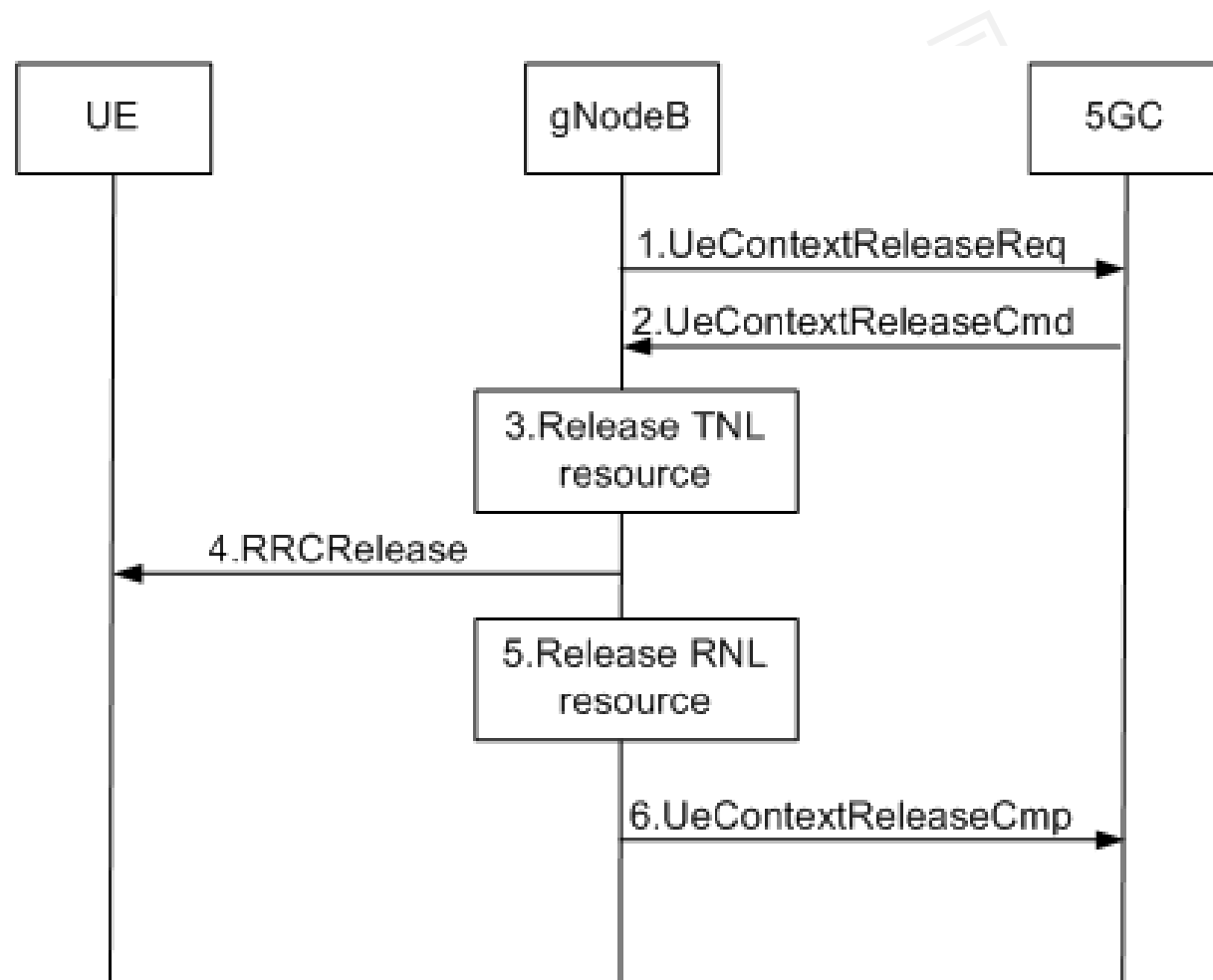
SA组网中的NR释放流程

(1) gNodeB检测到UE连接异常，向AMF发送UeContextReleaseReq消息，请求释放信令连接。

(2) AMF决定终止该UE的业务，AMF向gNodeB发送UeContextReleaseCmd消息，触发信令连接释放。

(3) gNodeB释放传输资源。

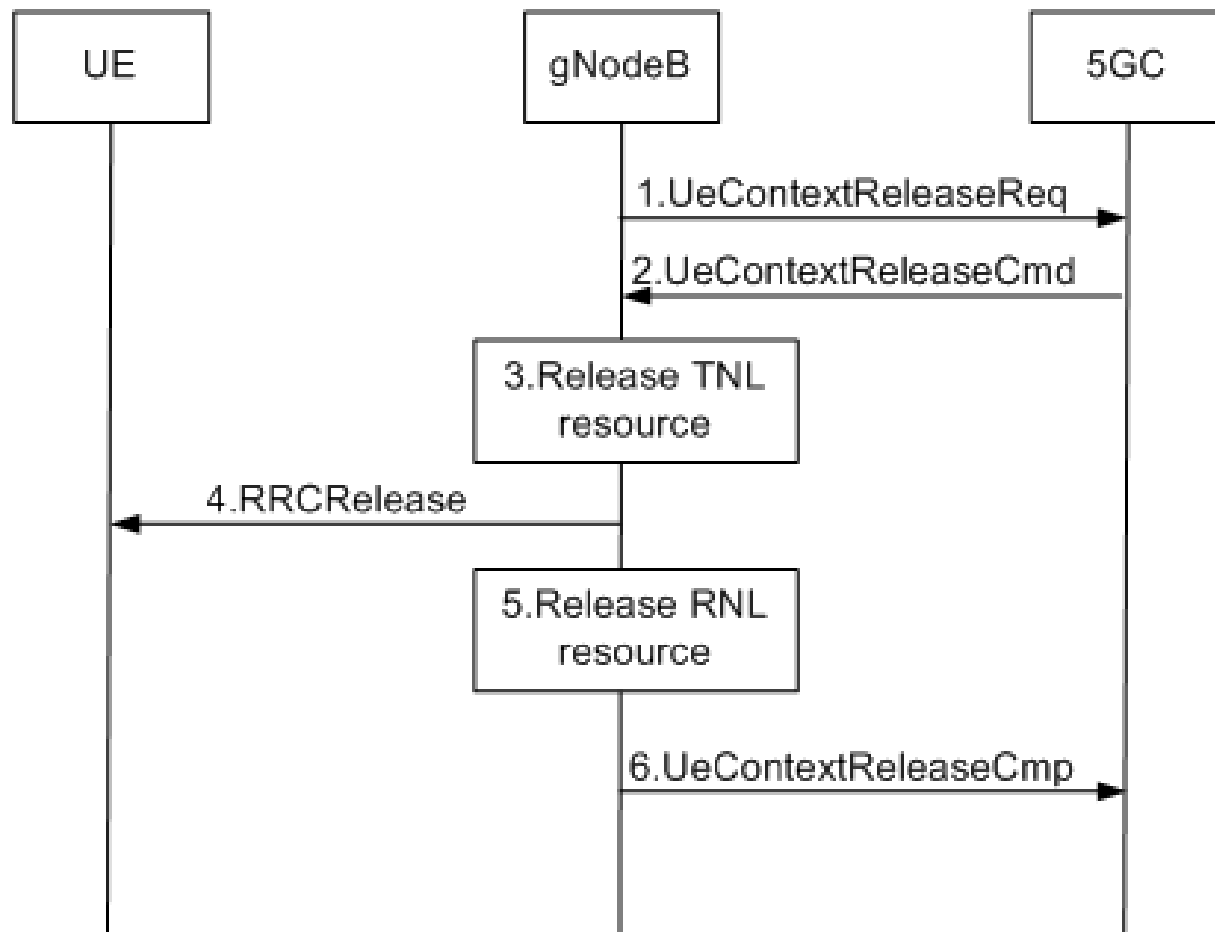
(4) gNodeB向UE发送RRCRelease消息，通知UE释放RRC连接。



SA组网中的NR释放流程

(5) gNodeB释放无线资源。

(6) gNodeB 向 AMF 发送 UeContextReleaseCmp 消息，表示资源释放完成。AMF 接收到该消息后，释放 UE 对应的 NAS 层上下文信息。同时，gNodeB 释放 UE 对应的 AS 层上下文信息。至此，UE 从连接态转换为空闲态。





缩略语

- EN-DC: E-UTRAN-NR Dual Connectivity
- MeNB: Master eNodeB
- NR: New Radio
- NSA: Non-Standalone
- PCell: Primary Cell
- PSCell: Primary SCell
- SA: Standalone
- SgNB: Secondary gNodeB



本章总结

- 本章先介绍了5G网络架构及相关用户标识和终端标识，包含AS层标识RNTI和NAS层标识5G-GUTI、IMSI、IMEI，又讲解了5G接入信令流程，包括NSA和SA组网接入流程，最后重点讲解了NSA和SA组网模式下的移动性管理流程和释放流程，包括站内切换流程、Xn切换流程、NG切换流程、NSA组网中的辅站释放流程、SA组网中的释放流程。
- 通过本章的学习，对5G信令流程有一定的了解，能够充分理解接入信令和移动性信令的触发场景和流程，掌握NSA和SA组网中信令流程的区别。



学习推荐

- 华为Learning网站
 - <http://support.huawei.com/learning/Index!toTrainIndex>
- 华为Support案例库
 - <http://support.huawei.com/enterprise/servicecenter?lang=zh>

谢谢

www.zj-huawei.com

浙江华为通信技术有限公司