

一 VoLTE 介绍

1.定义：VoLTE(Voice over Long Term--Evolution)，3GPP标准定义的，基于IMS网络的LTE语音解决方案。即，在LTE覆盖区域内提供基于IP的高清晰语音业务。

1.1 LTE 语音解决方案演进



SvLTE(Simultaneous Voice and LTE)，即双待手机方式。手机同时工作在LTE和CS，前者提供数据业务，后者提供语音业务。是纯粹基于手机的方案。对网络无特别要求，不需要部署IMS，缺点是手机成本高、耗电高。目前已经有CDMA1x和LTE的双待手机，被一些CDMA运营商采用作为IMS部署前的过渡方案，而GSM/UMTS和LTE的双待手机目前还没有推出。

CSFB(Circuit Switched Fall Back),LTE只提供数据业务，当发起或者接受语音呼叫时，回落到CS域进行处理。运营商无需部署IMS，只需要升级MSC就可

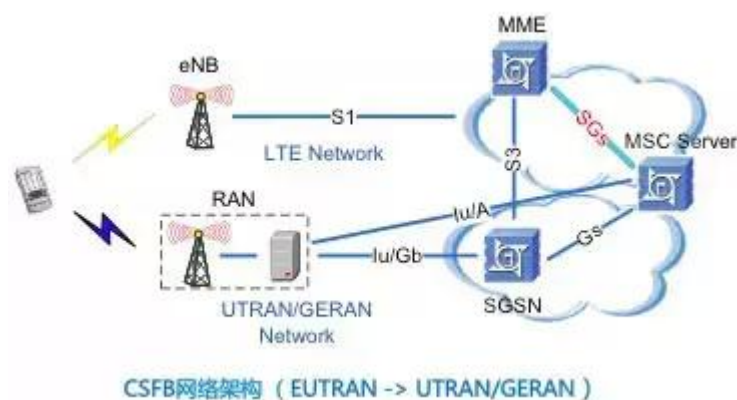
以支持。这是一种快速提供业务的方案，但缺点是呼叫接续速度慢。CSFB 适合作为 IMS 部署之前的过渡方案，另外还可以用来解决 LTE 手机漫游场景的语音呼叫问题，在拜访地网络没有部署 IMS，或者 IMS 漫游协议尚未应用的情况下，CSFB 可以为漫游的 LTE 用户提供语音业务。

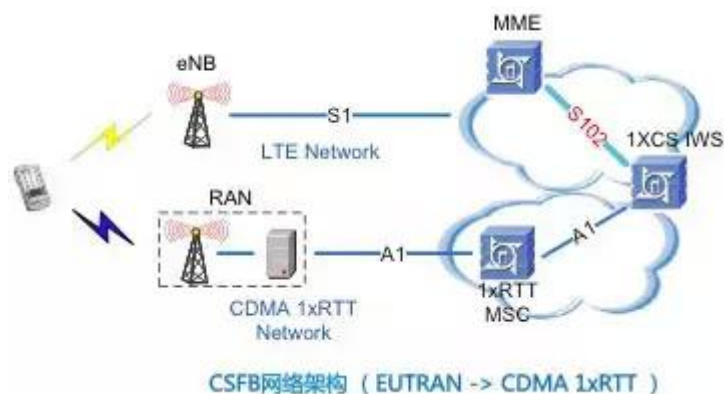
SRVCC(Single Radio Voice Call Continuity), 解决语音控制和移动到 CS 网络切换时的语音连续性问题。

为基于 IMS 的 VOIP 呼叫解决方案，利用 IMS 核心网络提供 LTE VoIP 语音业务的路由、控制和业务触发，并提供 LTE 向 2G/3G 切换时的语音连续性保证。SRVCC 的实现过程实质上就是一个切换过程，在 LTE 网络中 终端是通过 IMS 来实现语音功能的，当终端离开 LTE 网络后，则通过 MSC server(Mobile Switching Center server)切换到 2G/3G 网络中从而实现 z 在 2G/3G 网络中的语音功能。

VoLTE(Voice over Long Term Evolution), 实现 LTE 网络中的 IMS 域提供高清晰的语音服务。IMS 由于支持多种接入和丰富的多媒体业务，成为全 IP 时代的核心网标准架构。经历了过去几年的发展成熟后，如今 IMS 已经跨越裂谷，成为固定话音领域 VoBB、PSTN 网改的主流选择，而且也被 3GPP、GSMA 确定为移动语音的标准架构。

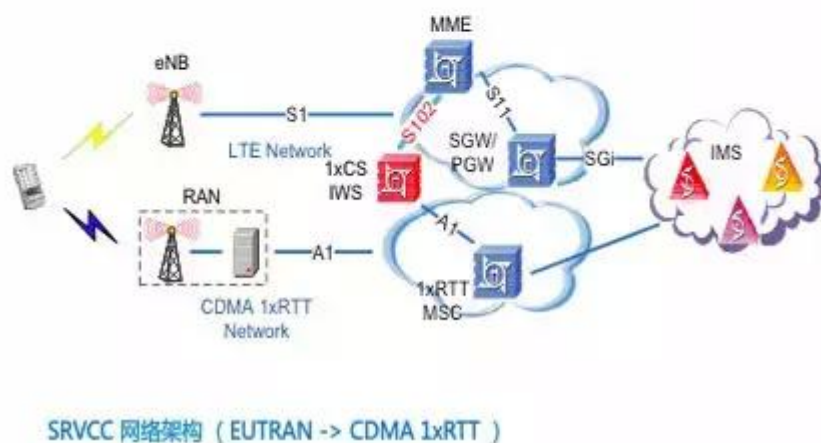
1.2 LTE 语音解决方案(CSFB)





LTE 部署的初期，LTE 只处理数据业务，语音业务回落到 CS 域处理。作为部署 IMS 前的过渡方案，可以快速提供语音业务，但是接续速度慢。CSFB 快速回落方案，可以在 2s 内回落。

1.3 LTE 语音解决方案 (SRVCC)

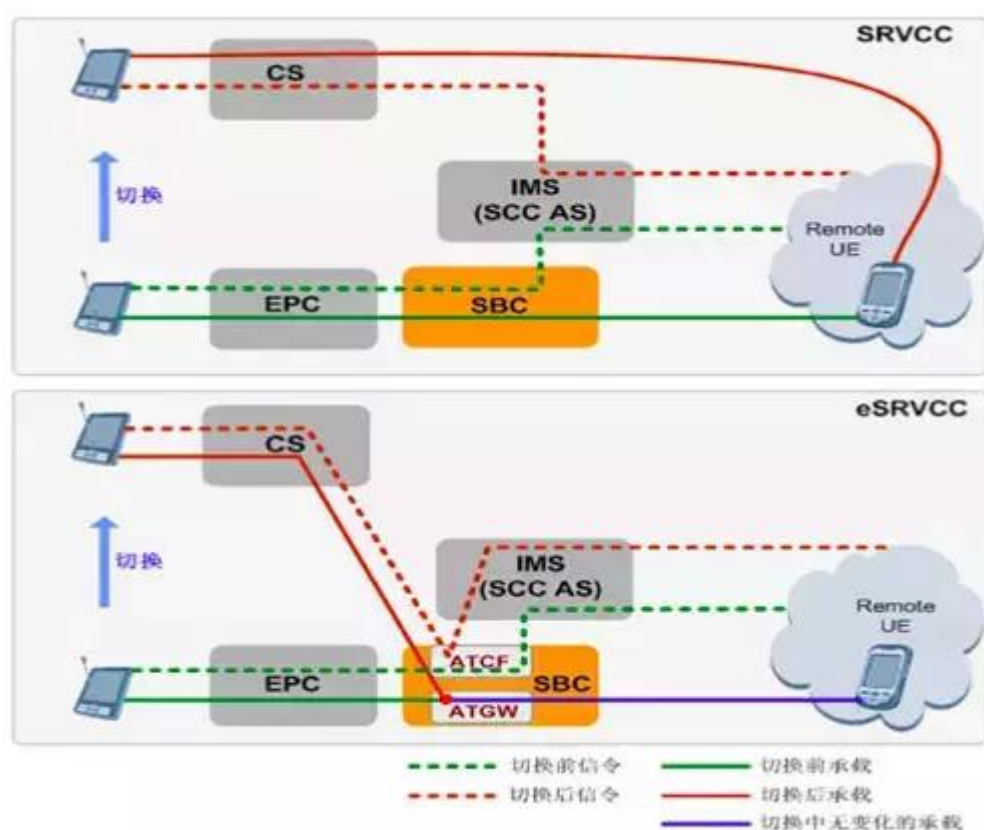


●在 LTE 覆盖区内提供基于 IP 的高清晰语音和视频业务，在 LTE 覆盖区外仍通过 CS 域提供语音业务

●SRVCC 实现 LTE 网络中的 IMS 域语音到 2G/3G 网络中的 CS 域语音的无缝切换

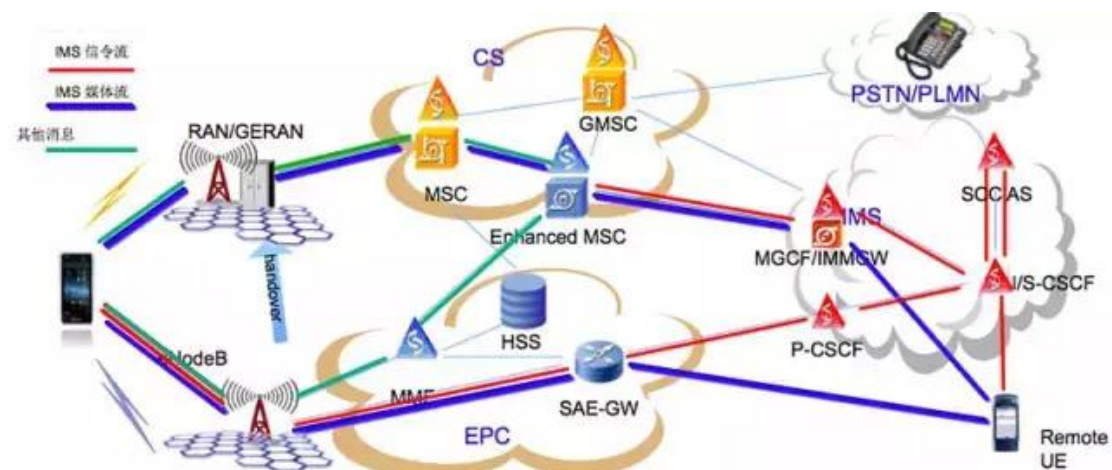
1.4 LTE 语音解决方案(eSRVCC)

eSRVCC 方案相对于 SRVCC 方案的增强在于减少了切换时长（切换时长小于 300ms），使用户获得更好的通话体验。



●SRVCC：媒体的切换点是对端网络设备（如对端 UE），影响切换时长的主要因素是会话切换后需要在 IMS 网络中创建新的承载。

●eSRVCC：相比于 SRVCC，媒体切换点改为更靠近本端的设备。具体方案就是增加 ATCF/ATGW 功能实体作为媒体锚定点，无论是切换前还是切换后的会话消息都要经过 ATCF/ATGW 转发。后续在发生 eSRVCC 切换时，只需要创建 UE 与 ATGW 之间的承载通道，对端设备与 ATGW 之间的媒体流还是通过原承载通道传输。这样其创建新承载通道的消息交互路径明显短于 SRVCC 方案，减少了切换时长。



1. eNodeB 根据测量报告发起向 RAN/GERAN 的 SRVCC 切换过程
2. MME 发送 PS to CS 的切换请求到 Enhanced MSC (eMSC)
3. eMSC 发送切换请求到 MSC
4. MSC 向 RAN/GERAN 发送切换请求，接受响应
5. 建立 eMSC 和 MSC 之间的承载
6. eMSC 发送 会话请求，并路由到 SCC AS
- 7-1. SCC AS 发起新会话到远端用户，并将媒体流切换 到 MGW 上
- 7-2. SCC AS 释放旧会话
8. eMSC 返回切换响应给 eNodeB，eNodeB 发送给切换响应给用户

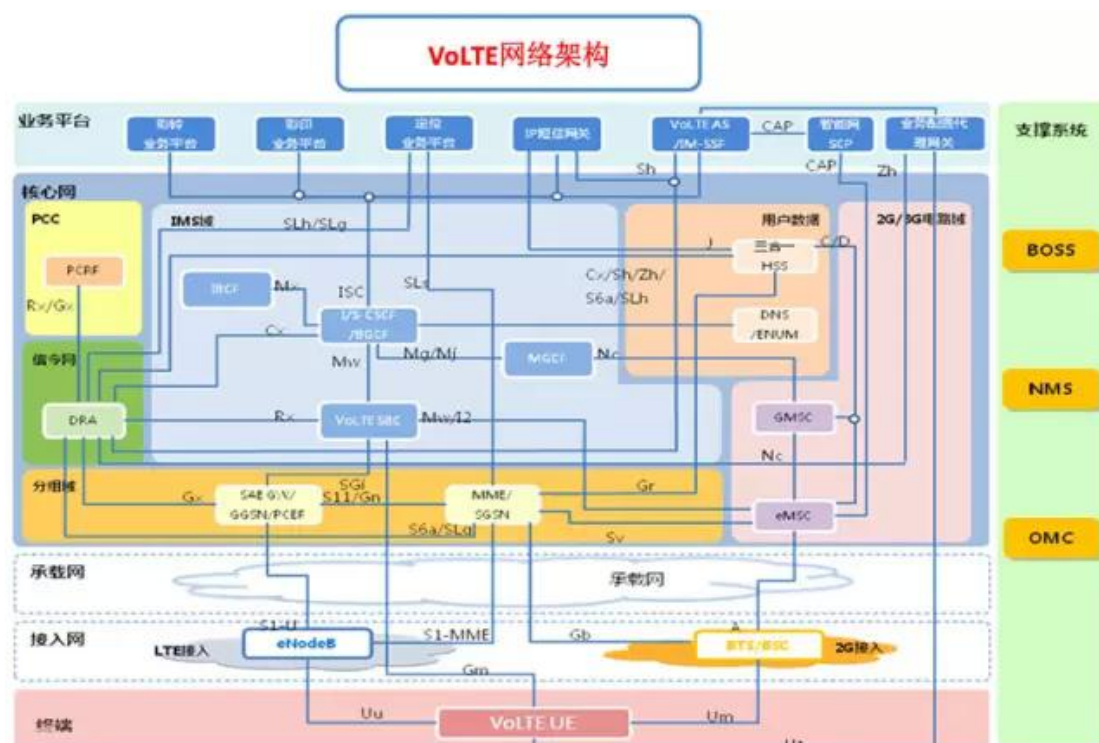
1.5 LTE 语音解决方案(CSFB 与 SRVCC 对比)

	优点	缺点
CSFB	1. 不引入 IMS, 重用现有的 CS 网络 2. 终端产业链较成熟 3. 3GPP 标准化	1. 现网需要改造 2. 呼叫接续时间增加 3. 语音通话期间，不能体验 LTE 高速数据业务

SRVCC	<p>1. 丰富的多媒体业务体验 2. 高清语音和视频编解码明显提升用户感受 3. 接续时间百毫秒级 4. 提升频谱利用率，降低网络成本 5. 3GPP 标准化</p>	<p>1. 需要建设 IMS 2. 终端产业链待成熟</p>
-------	--	--------------------------------

SRVCC 接续时间优于 CSFB

1.6 VoLTE 网络架构



从整体上看，VOLTE 网络分为终端、接入网、承载网、核心网、业务平台。

其中，较为复杂的是核心网，主要分为分组域(接入核心网)、策略控制单元、信令网、IMS 域、CS 域、用户域 。

策略控制单元（PCC）

PCC（Policy and Charging Control 策略与计费控制）：提供策略控制、计费控制功能、业务数据流的事件报告等功能。

包括：PCEF (Policy and Charging Enforcement Function 策略和计费执行功能)：主要包含业务数据流的检测、策略执行和基于流的计费功能。

PCRF (Policy and Charging Rule Function 策略和计费规则功能)：包含策略控制决策和基于流计费控制的功能，PCRF 接受来自 PCEF、SPR 和 AF 的输入，向 PCEF 提供关于业务数据流检测、门控、基于 QoS 和基于流计费的网络控制功能。并结合 PCRF 的自定义信息做出 PCC 决策。

信令网(DRA)

DRA (Diameter Routing Agent 路由代理)：下一代信令网，可以真正实现未来核心网逐步的扩展，简化网络，实现快速部署、高效维护及增强网络安全。

部署 DRA 的好处：解决移动用户漫游到其他网络时，用户的鉴权、认证、位置登记、计费策略等信息在漫游网络与归属网络之间的传递。在一些业务应用场景中，保证对于同一个用户，AF 和 PCEF 能够寻址到同一个 PCRF，通过部署 Diameter 代理来实现 IP 地址和 IMSI 的动态绑定以完成寻址。

IMS 域

SBC (Session Border Control 会话边界控制器)：IMS 网络中一个重要的网络节点，其位于 IMS 网络的边界，起着将终端用户接入到 IMS 核心网的重要作用。它的主要功能包括接入许可控制，网络拓扑隐藏，NAT 以及 NAT 穿越，QoS 及带宽策略，和网络安全机制等。

S-CSCF (Serving Call Session Control Function 服务会话控制功能)：是 IMS 的核心所在，它位于归属网络，为 UE 进行会话控制和注册请求，但当 UE 处于会话中时，S-CSCF 处理网络中的会话状态。在同一个运营商的网络中，可以有多个 S-CSCF。

P-CSCF (Proxy Call Session Control Function 代理会话控制功能)：是 IMS 中用户的第一个联系点（在信令平面），从 SIP 的角度来看，它是一个出站/入站的 SIP 代理服务器，所有的 SIP 信令，无论是来自用户设备 UE，还是发送给 UE 的，都必须经过 P-CSCF。UE 使用本地 CSCF 发现机制可以获得 P-CSCF 的地址。P-CSCF 负责验证请求，将它转发给指定的目标，并且处理和转发响应。

I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function 协商会话控制功能) : I-CSCF 是一个运营商网络内部的接触点, 所有与这个网络运营商的用户连接都要经过这个实体。在一个网络中可以有多多个 I-CSCF。

MGCF (Multimedia Gateway Control Function 多媒体网关控制功能) : 在 IP 多媒体子系统(IMS)的一个组成部分, 与 CSCF 通信和控制媒体信道在一个 IMS-MGW 中的连接。它在 ISDN 部分(ISUP)和 IMS 呼机控制协议之间执行协议转换。

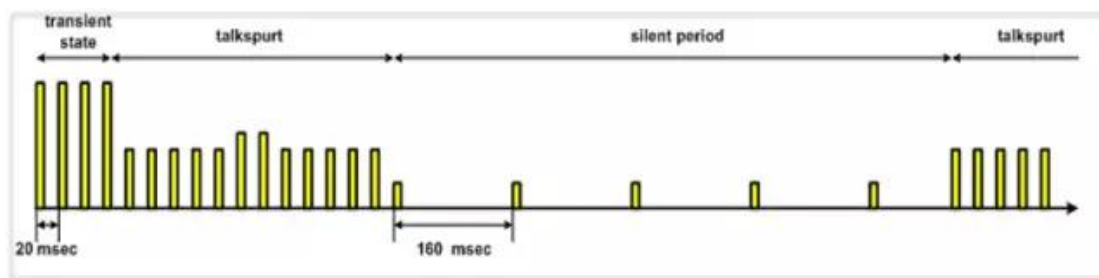
IM-MGW (IP Multimedia Gateway IP 多媒体网关) : IM-MGW 负责 IMS 与 PSTN/CS 域之间的媒体流互通, 提供 CS CN 网络和 IMS 之间的用户面链路, 支持 PSTN/电路域 TDM 承载和 IMS 用户 IP 承载的转换。主要功能是承载和媒体处理。在 IMS 终端不支持 CS 端编码时 IM-MGW 完成编解码的转换工作。IM-MGW 也可以在 MGCF 的控制下完成呼叫的连续。

VoLTE 网络架构接口列表

功能域	接口名称	接口类型	连接网元	承载协议
分组域	S1-MME	信令	MME-eNodeB	GTP-C
	S1-U	数据	SAE GW-eNodeB	GTP-U
	S11	信令	MME-SAE GW	GTP-C
	SGi	数据	SAE GW-VoLTE SBC	应用层协议
	SLg	信令	MME-LSP (GMLC)	Diameter
	SLs	信令	MME-LSP (eSMLC)	SCTP
	Sv	信令	MME-eMSC	GTP
PCC	Rx	信令	PCRF-VoLTE SBC	Diameter
	Gx	信令	PCRF-SAE GW	Diameter
IMS 域	Gm	信令	VoLTE UE-VoLTE SBC	SIP
	Mw	信令	VoLTE SBC-xCSCF	SIP

	Mx	信令	xCSCF-IBCF	SIP
	Mg	信令	I-CSCF/S-CSCF-M GCF	SIP
	Mj	信令	BGCF-MGCF	SIP
	Mw/I2	信令	xCSCF-eMSC	SIP
	ISC	信令	xCSCF-IMS AS	SIP
	Ut	信令	VoLTE UE/VoLTE AS-业务配置代理网关	XCAP
用户数据	Cx	信令	三合一 HSS-xCSCF	Diameter
	Sh	信令	三合一 HSS-IMS A S	Diameter
	Zh	信令	三合一 HSS-业务 配置代理网关	Diameter
	SLh	信令	三合一 HSS-LSP	Diameter
	S6a	信令	三合一 HSS-MME	Diameter
	C/D	信令	三合一 HSS-eMSC/ GMSC	MAP
	J	信令	三合一 HSS——IP -SM-GW	MAP
2G/3G 电路域	Nc	信令	MSC-MSC	BICC
	CAP	信令	IMS SSF/MSC-智 能网 SCP	Camel
	Gr	信令	SGSN-三合一 HSS	MAP

VoLTE 特性参数



参数特性

序号	参数	参数值
1	时间周期	语音包传输时间间隔：~20ms 语音静默期：~160ms
2	速率	AMR-NB :12.2kbps AMR-WB: 23.65kbps
3	负载净荷 (非压缩)	语音包大小：~32 bytes+ IP 包头(IPV4 40 bytes, IPV6 60bytes)

VoLTE QoS 要求

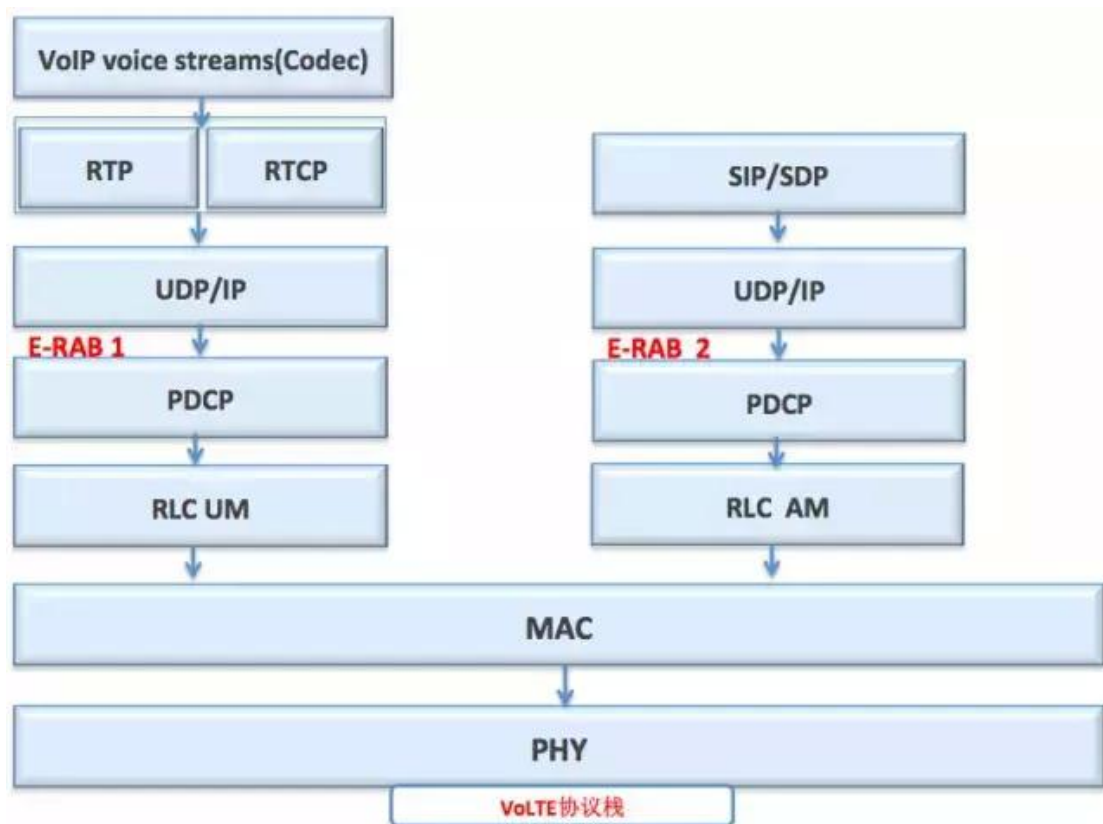
NGMN 关于 VoLTE QoS 的要求

序号	参数	参数值
1	带宽	NGSN 推荐值： AMR-NB 12.2 kbps NGSN 优选值： AMR-WB 23.65kbps

2	MOS 值	ØAMR-NB @12.2kbps MOS: ~3.6 desired, ~3.8 preferred ØAMR-WB @23.85kbps MOS: ~3.8 desired, ~4preferred Ø
3	丢包率	丢包率 < 0.5%
4	抖动	抖动 < 50 ms / reception point
5	时延	端到端时延 < 250ms

QCI 等级	资源类型	优先级	数据包时延预算	数据包丢失率	典型业务
1	GBR	2	100 ms	10^{-2}	会话语音
2		4	150 ms	10^{-3}	会话视频（直播流媒体）
3		3	50 ms	10^{-3}	实时游戏
4		5	300 ms	10^{-6}	非会话视频（缓冲流媒体）
5	Non-GBR	1	100 ms	10^{-6}	IMS 信令
6		6	300 ms	10^{-6}	视频（缓冲流媒体） 基于 TCP 的业务（如 www\email\chat\ftp\ p2p 文件共享\逐行扫描视频）
7		7	100 ms	10^{-3}	语音 视频（直播流媒体） 互动游戏
8		8	300 ms	10^{-6}	视频（缓冲流媒体）
9		9			基于 TCP 的业务（如 www\email\chat\ftp\ p2p 文件共享\逐行扫描视频）

二 VoLTE 协议栈



从无线角度来看：VoLTE 需要建立的承载

语音业务承载组合：SRB1+SRB2+2xAM DRB
+1xUM DRB，其中，UM DRB的QCI=1，2个
AM DRB的QCI分别为QCI=5和QCI=8/9

视频业务承载组合：SRB1+SRB2+2xAM DRB
+2xUM DRB，其中，2个UM DRB的QCI=1和
QCI=2，2个AM DRB的QCI分别为QCI=5和
QCI=8/9

QoS承载：
QCI=1：语音承载； QCI=2：视频承载；
QCI=5：SIP/SDP传输IMS信令承载；
QCI=8/9：一般上网业务承载

要实现语音或视频业务需要 UE 同时建立三个数据承载外，还需要 UE 建立 RRC 链接信令承载：SRB1 和 SRB2。

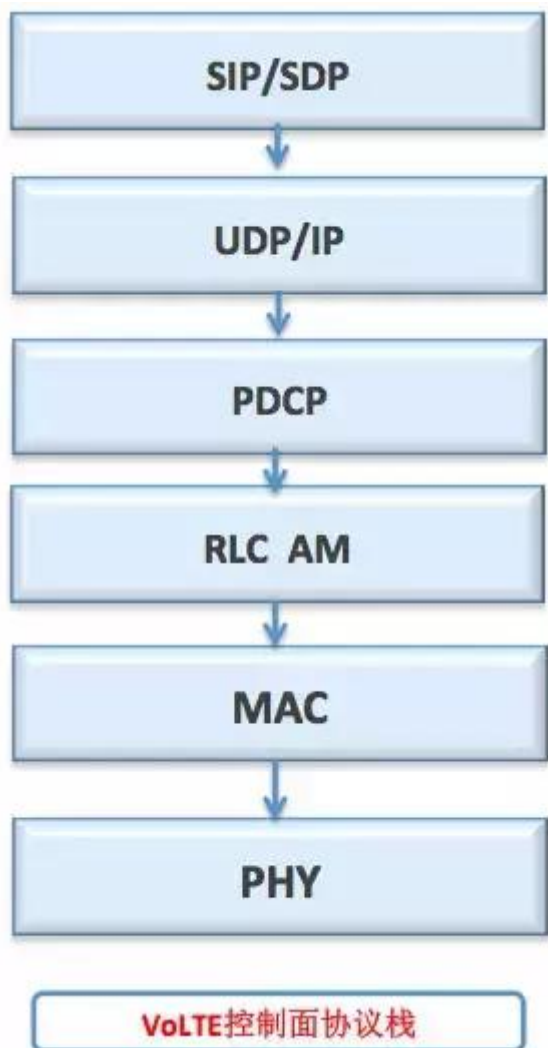
VoLTE 用户注册：

VoLTE 用户在体验高质量通话之前，必须先进行 VoLTE 的注册流程，从无线角度来看，注册分为两个步骤：

(1) LTE 无线的无线注册：由于 VoLTE 实质上对于无线来说只是一种数据业务，所以，E-UTRAN 网络需要为 VoLTE 提供数据发送的通道。即，建立 QCI=8/9 的承载。

(2) IMS 注册：支持 VoLTE 的终端在完成 LTE 的注册后，会通过 LTE 的承载向 IMS 网元发起注册（类似于高层应用的注册），即，建立 QCI=5 的承载；在该注册完成后，用户就可以使用 VoLTE 进行语音通话了。即，会触发核心网建立一条 QCI=1 的专用承载用于传输 IMS 语音包。

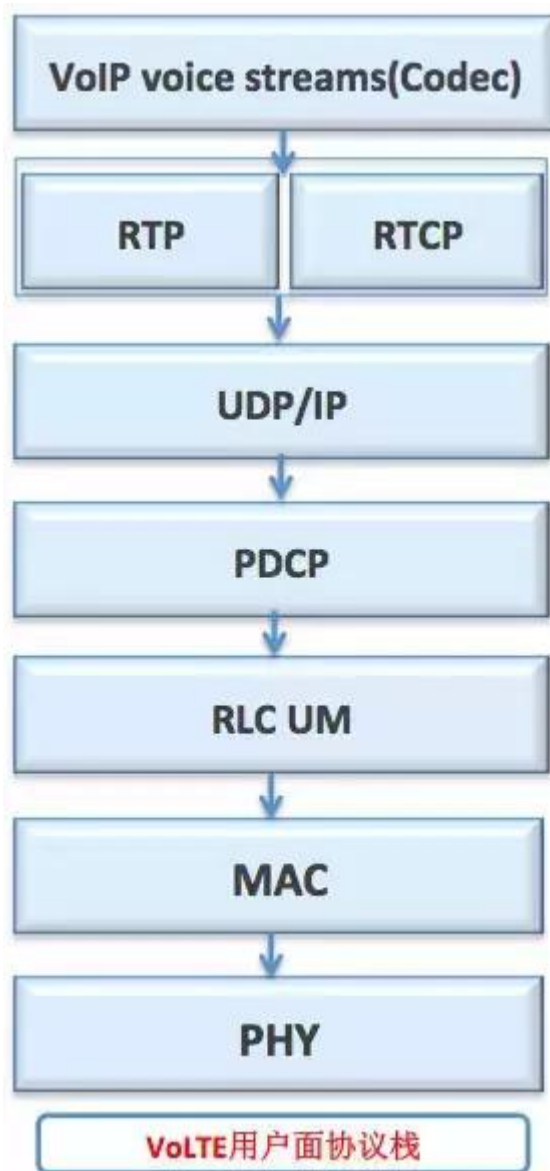
VoLTE 控制面协议栈



1、 SIP/SDP流是建立在UDP/IP之上，用于终端之间应用控制。SIP流用于初始话一个Session，并负责传输SDP包。而SDP包中描述了一个Session中包含哪些媒体数据，邀请人等。

2、 SIP/SDP流是传输IMS信令的，需要建立承载中优先级最高的传输QCI=5，无线侧用户面RLC采用AM模式，保障其正确性。

VoLTE 用户面协议栈



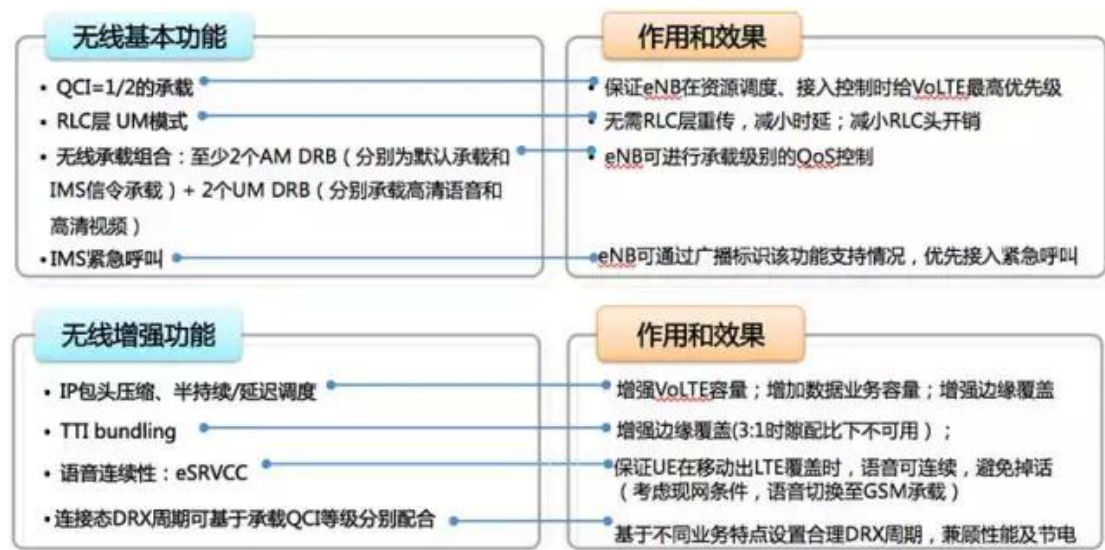
1、RTP/RTCP流是建立在UDP/IP之上。当需要被邀请人都通过各自的终端设备被通知到后，就可以使用RTSP来控制特定Media的通信，比如RTSP控制信息要求开始Audio/Video的播放，那么就开开始使用RTP进行实时数据传输，在传输过程中，RTCP负责QoS。

2、语音和音频按照协议需要QCI=1和QCI=2的语音承载。根据延迟要求，无线侧用户面RLC选用UM模式传输，保证其实时性要求。

三 VoLTE 无线功能

3.1 VoLTE 无线设备技术要求概览

部署 VoLTE，除了要求无线侧 eNB 支持相关基本功能外，还可根据实际需求，进一步考虑引入增强功能，以优化方案性能，提升网络整体质量，改善用户业务体验



3.2 VoLTE 无线增强功能 - IP 包头压缩 (RoHC)

效果

压缩后，头开销降为 4~6 byte（开销占比降为 12.5%~18.8%）

典型的 VoIP 数据包的净荷为 32 byte，对 VoIP 这样的小的数据包，IP 头开销甚至超过净荷本身（IPv6 的包头为 60 byte，头开销可达 188%，IPv4 的包头为 40 byte，头开销也有 125%）

原理

仅在初次传输时发送数据包头的静态信息，后续不再重复发送（如 IP 地址等）
 通过一定信息可推知数据流中其他信息时，可仅发送必须的信息，其他信息可由上下文推算（如 SN 号和 IP-ID 号都是以 1 为单位递增，可通过上下文推算）
 IP 包头压缩可大大降低头开销，提高 VoLTE 语音用户容量，提高数据业务吞吐量，增强边缘覆盖

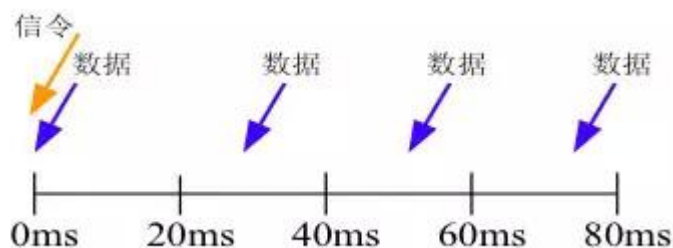


标识值	包头类型	引用的头压缩
0x0000	无压缩	RFC 4995
0x0001	RTP/UDP/IP	RFC 3095, RFC 4815
0x0002	UDP/IP	RFC 3095, RFC 4815
0x0003	ESP/IP	RFC 3095, RFC 4815
0x0004	IP	RFC 3843, RFC 4815
0x0006	TCP/IP	RFC 4996
0x0101	RTP/UDP/IP	RFC 5225
0x0102	UDP/IP	RFC 5225
0x0103	ESP/IP	RFC 5225
0x0104	IP	RFC 5225

3.3 VoLTE 无线增强功能 - 半持续调度（SPS）

效果

半持续调度是 LTE 中为了节省 PDCCH 数量而提出的一种新的调度方法，最初主要是针对 VoIP 业务。其可大大降低信令开销，使信令开销资源最低可仅为业务的 1.3%



原理

实现原理：

●VoIP 的新传包由于其达到间隔是 20ms，所以可以由一条信令分配频域资源，以后每隔 20ms 就“自动”用分配的频域资源传输新来的包；

●重传包由于其不可预测性，所以动态的调度每一次重传，因而叫“半”持续调度

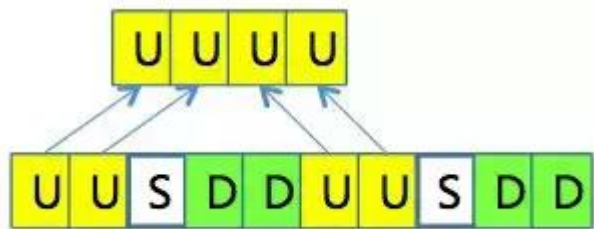
TDD 特性（上行双周期配置）：由于其 HARQ RTT 与 FDD 有所差异，会导致重传包和新传包传输冲突，为解决这个 TDD 独有的问题，支持双周期的半持续性调度，即 2DL:2UL 时为 19ms 和 21ms；3DL:1UL 时为 25ms 和 15ms

半持续调度可减少控制信令开销，节省 PDCCH 资源，在控制信道受限的情况下，提高系统容量；但在现网 3:1 时隙配比下，因 SPS 采用保守调度算法 (MSC 不得高于 15)，可能导致系统容量受限于 PUSCH 而有所下降，故初期暂不建议引入

3.4 VoLTE 无线增强功能 - TTI bundling

原理

当小区边缘 UE 功率受限时，由于资源受限，导致丢包率增加。使用 TTI bundling，四个连续子帧中的立刻重传，能积累能量，增大传输成功率，从而提高接收成功率，避免过多的 HARQ 重传



效果

●在标准中，VoIP 业务不能同时采用 SPS 调度和上行 TTI bundling，但可仅针对边缘用户使用 TTI bundling

●性能增益：

-不考虑重传的情况下，单从 1 个 TTI 和 4 个 TTI 传输角度，HARQ 进程为 4，增益大约 4dB（链路级仿真得出）

-考虑重传情况下，TDD 增益仅为 2dB，性能增益有限，但在控制信令会节省开销

●TDD 特性：由于上下行时隙不连续，而语音包又有 20ms 的周期限制，因此仅在 2DL:2UL 配置时可使用 TTI bundling

TTI Bundling 可提高边缘用户的接收性能，并减小控制信令开销
TTI Bundling 不可用于 3DL: 1UL 时隙配比中，且不与 SPS 同时开启

3.5 VoLTE 异系统切换- eSRVCC

原理

eSRVCC (enhanced Single Radio Voice Call Continuity) 是 LTE PS 语音 (VoLTE) 到 2G/3G CS 语音的增强型切换功能，但较原有 SRVCC 功能，无线侧无无差异；

SRVCC对eNB的功能要求

- 支持配置GSM邻区关系
- 支持GSM邻区测量控制的配置及下发
- 针对正在执行VOLTE业务的终端，可正确识别终端SRVCC能力，并适时触发切换流程保障用户体验
- 支持SRVCC切换流程
- 用户语音和数据业务并发执行时，优先保障语音连续性

SRVCC无线侧流程

- 下发针对服务小区频点的A2事件测控-> UE上报后下发GSM邻区的B2事件测控-> UE上报后选定切换目标小区-> eNB向MME发起eSRVCC切换请求并等待目标网络完成资源预留 -> eNB收到MME切换响应 -> eNB向UE下发切换命令-> 切换成功eNB在MME指示下释放本地资源

效果

eSRVCC 功能是 VoLTE 在 LTE 网络覆盖未达到全面覆盖之前的重要补充功能。
eSRVCC 功能在 LTE 建设初期和中期可保证 VoLTE 语音业务的连续性，以减少当用户移动出 LTE 覆盖导致的掉话，减少用户投诉。



eSRVCC 保证用户移出 4G 覆盖区域时仍然保持通话连续性

3.6 VoLTE 无线功能支持情况

1) VoLTE 无线基本功能

- 无线承载组合、QCI 1/2 承载、RLC 层模式、IMS 紧急呼：所有厂商 eNB 产品均已支持

- 所有厂商 eNB 产品支持在语音和数据并发业务下 eSRVCC 流程的优先级

2) VoLTE 无线增强功能：

- 头压缩、半持续/延迟调度：所有厂商 eNB 产品均已支持，并可与 CDRX 同时配置并激活；

- TTI bundling：部分厂商 eNB 仍不能支持；

- eSRVCC 测控和切换流程：所有厂商 eNB 产品均已支持

3) VoLTE/eSRVCC 方案性能摸底，包括 4 大类：

- 掉话 SINR 测试：不同的终端测出的性能有差异；各厂商和终端的 VoLTE 语音掉话 SINR 均在-3dB 以下，满足 LTE 无线覆盖指标

●系统内切换性能：各厂商系统内切换性能接近（ $20 \pm 6\text{ms}$ ）；开关 Data Forwarding、标清/高清语音、单语音/混合业务、X2 切换/S1 切换对于切换时延无明显影响

●语音用户容量：单小区容量和调度算法紧密相关；在 3:1 时隙配比下，所有主要厂商均能在正常通话条件下支持 200 用户。RoHC 头压缩算法对于容量提升效果明显，平均可达到 26%左右的增益。SPS 厂商实现较差，部分厂商不支持多用户 SPS

●SRVCC 切换性能：各厂商端到端时延均在 300ms 以下，满足 SRVCC 切换时延要求；单语音和混合业务对于 SRVCC 切换时延无明显影响

四 VoLTE 基本流程和信令解析

4.1 VoLTE 呼叫业务流程

功 能：A和B均在IDLE模式，A用户（主叫Caller）呼叫B用户（被叫Callee）流程图

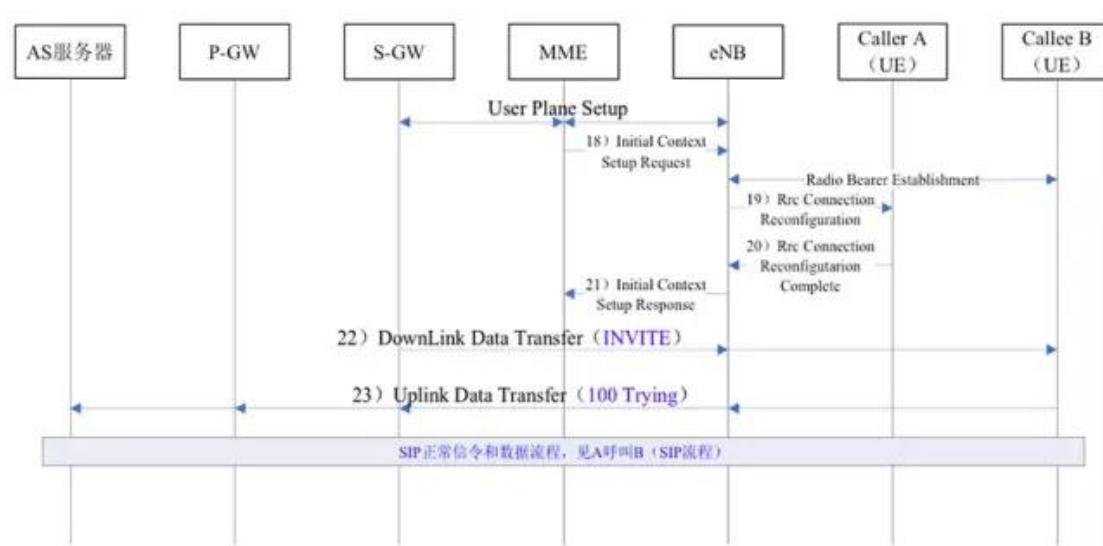
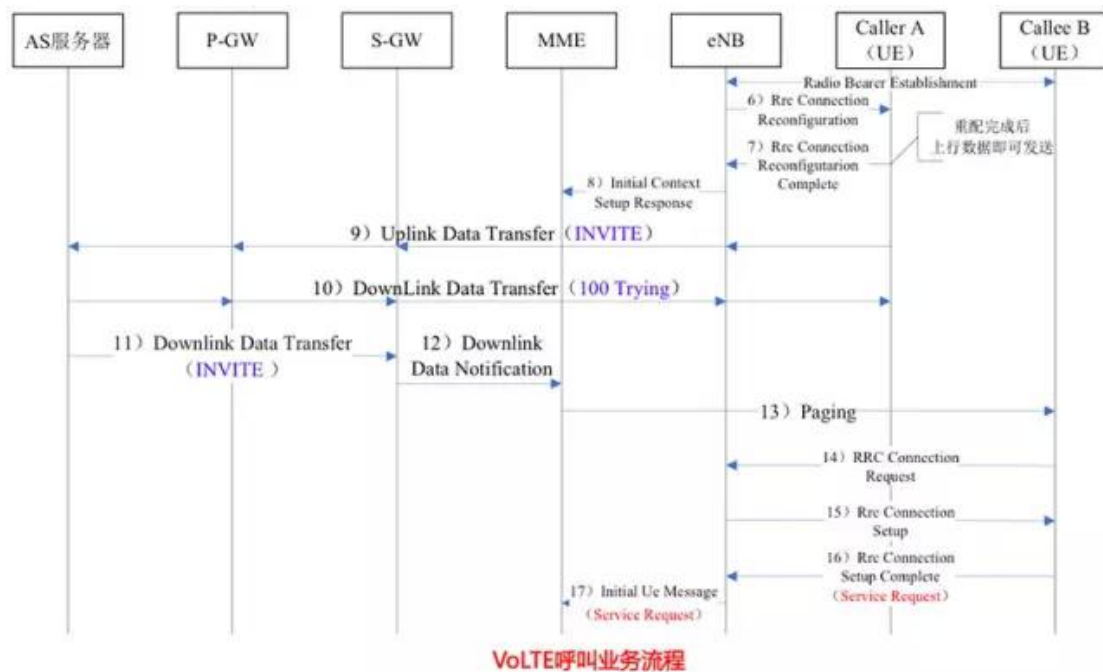
预置条件：A、B均已在MME附着，已在AS服务器注册。

备 注：黑色，正常消息描述，包括Rrc、S1信令和普通描述等

红色，NAS标准信令

蓝色，SIP标准信令





上述 A 和 B 均是 IDLE 模式，互相进行拨打的方式是实际应用场景中最常见的一种方式了，具体流程如下。

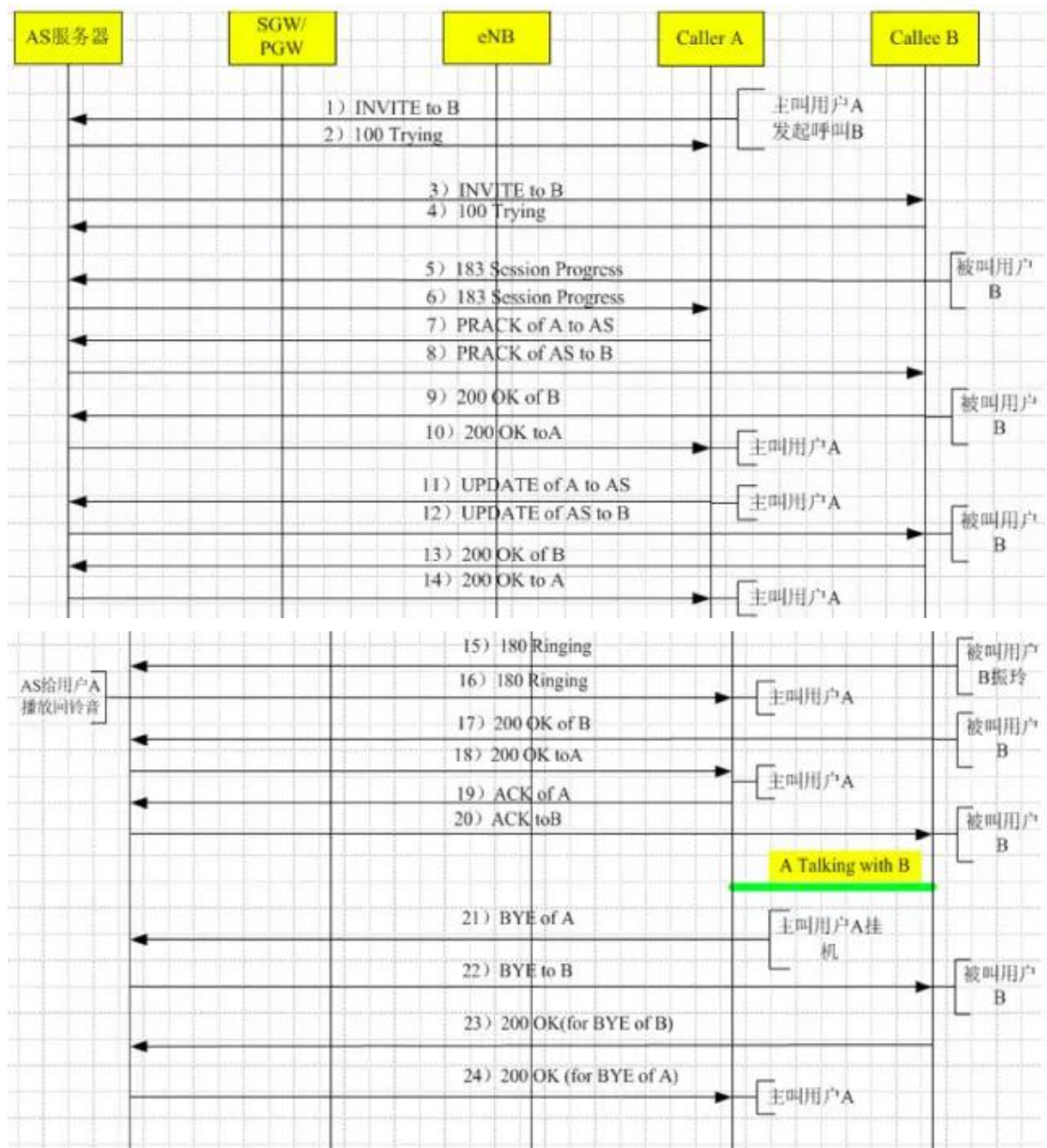
1. 用户 A 和 B 在注册成功后，无业务触发，MME 发起上下文释放，将 A 和 B 均置为 IDLE 模式。
2. UE A 呼叫 UE B，此时 A 发现其为 IDLE 模式，则需要先建立信令连接。首先缓存需要发送的数据，向 eNodeB 发起 RRC Connection Request，携带初始 UE ID 和 S-TMSI（第一次是随机值，此时 TMSI 值应为有效）。
3. eNodeB 向 UE 回复 RRC Connection Setup，其中携带无线资源专用配置信。

4. UE 向 eNodeB 回复 RRCConnection Setup Complete, 确认 RRC 建立成功完成。其中携带选择的 PLMN ID, 注册的 MME 信息 (plmn-id、mme-gi、mme-c), NAS 消息 (Service Request)。
5. eNodeB 发送 Initial UE Message 到 MME, 其中携带 eNodeB UE S1AP Id, TAI, E-UTRAN -CGI, RRCEstablishment Cause, NAS PDU 为 Service Request。
6. MME 侧用户面承载建立成功后向 eNodeB 返回 Initial Context Setup Request, 携带 MME UE S1AP Id, E-RAB 相关信息 (QoS, GTP-TEID, E-RAB Id, IP), UE 安全能力和安全密钥, 如果存在 UE 无线能力, 也需要带回。如果没有 UE 无线能力, 则 eNodeB 需要向 UE 所要 UE 无线能力参数。
7. 无线承载的建立, 对上下文进行处理, eNodeB 向 UE 发送 RRCConnection Reconfiguration 消息, 其中包含测量配置, 移动性配置, 无线资源配置 (RBs, MAC 主要配置, 物理信道配置), NAS 信息和安全配置等信息。
8. eNodeB 收到 UE 的 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息, 确认无线资源配置完成。
9. eNodeB 向 MME 发送 Initial Context Setup Response 消息, 将 eNodeB 侧承载的 IP 和 GTP-TEID 带给 MME。在重配完成后, 实际上已经可以发送上行数据了。此时, 完成建立 EPS 数据业务连接 (QCI8/9 承载), 即完成在 EPC 侧的注册; 以及 IMS 的注册 (QCI5 承载)。
10. 用户 A 发送上行数据, 呼叫用户 B, 首先向 AS 服务器发送 INVITE 请求, LTE 系统中会以数据的方式进行传输, 用户 A 发送上行数据到 AS 服务器, 其中携带 SIP 信令 INVITE 请求。
11. AS 服务器发送 100 Trying 的确认消息给用户 A, 确认收到 INVITE 消息。
12. 同时转发 INVITE 到用户 B, 发送下行数据首先经过 PDN 网关到 SGW 网关。
13. SGW 发现 UE B 为 IDLE 模式, 发送下行数据到的通知到 MME, 同时缓存数据。
14. MME 对 UE B 发起寻呼流程。

15. 同上述步骤 1-9：步骤 14-21，UE B 也会完成在 MME 以及 IMS 的注册。

16. SGW 将缓存的数据发往 UE B，其中 SIP 信令为 A 呼叫 B 的 INVITE 消息。UE 发送上行数据到 AS，携带回复的 100 Trying 消息。后续信令和数据的传输见 A 呼叫 B（SIP 呼叫业务流程）。

4.2 SIP 呼叫业务流程



SIP 呼叫业务流程

上述步骤 1-24 详细描述了主叫与被叫之间的 SIP 信令流程，具体流程如下。

1. 用户 A, 摘机对用户 B 发起呼叫, 用户 A 首先向 AS 服务器发起 INVITE 请求。
2. AS 服务器回复 100 Trying 给用户 A 说明收到 INVITE 请求。
3. AS 服务器通过认证确认用户认证已通过, 向被叫终端 B 转送 INVITE 请求。
4. 用户 B 向 AS 服务器送呼叫处理中的应答消息, 100 Trying 。
5. 用户 B 向 AS 服务器送 183 Session Progress 消息, 提示建立对话的进度信息。(此时被叫 QCI1 专用承载建立)
6. AS 服务器向主叫终端 A 转送 183 Session Progress 消息, 终端 A 了解到整个 Session 的建立进度消息。
7. 终端 A 向 AS 服务器回复临时应答消息 PRACK, 表示收到 183 Session Progress 消息。
(此时主叫 QCI1 专用承载建立)
8. AS 服务器向被叫终端 B 转送临时应答消息 PRACK , 终端 B 了解到终端 A 收到 183 Session Progress 消息。
9. 被叫终端 B 向 AS 服务器发送 200 OK 消息, 表示 183 Session Progress 请求已经处理成功。
10. AS 服务器向主叫终端 A 转送 200 OK 消息。
11. 主叫终端 A 向 AS 服务器发送 UPDATE 消息, 意在与被叫终端 B 协商相关 SDP 信息。
12. AS 服务器向被叫终端 B 转送 UPDATE 消息。
13. 被叫终端 B 向 AS 服务器发送 200 OK 消息, 表示 UPDATE 请求已经处理成功。
14. AS 服务器向主叫用户 A 转送 200 OK 消息, 通知用户 A UPDATE 请求已经处理成功。
15. 被叫用户 B 振铃, 用户振铃后, 向 AS 服务器发送 180 Ringing 振铃信息。
16. AS 服务器向主叫终端 A 转送 180 Ringing 振铃信息。
17. 被叫终端 B 向 AS 服务器发送 200 OK 消息, 表明主叫最初的 INVITE 请求已经处理成功。
18. AS 服务器向主叫终端 A 转送 200 OK 消息, 通知主叫终端 A, 被叫终端 B 已经对 INVITE 请求处理成功。
19. 主叫终端 A 向 AS 服务器发送 ACK 消息, 意在通知被叫终端 B, 主叫侧已经了解被叫侧处理 INVITE 请求成功。
20. AS 服务器向被叫终端 B 转送 ACK 信息。
21. 用户 A 主动挂机, A 向 AS 服务器发起通话结束 BYE 信息。
22. AS 服务器向被叫终端 B 转送 BYE 信息。
23. 被叫终端 B 向 AS 服务器发送 200 OK 消息, 表示对 BYE 信息处理成功。
24. AS 服务器向用户 A 转送 200 OK 信息。整个通话结束。
25. 被叫用户 B 主动挂机流程同步骤 21—24。

通过 Wireshark 抓包，SIP 呼叫信令流程如下。

2409:8899:0:2245::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP/SDP>	519 Request: INVITE sip:+86184074040250@ms.mcc002.mcc460.3gppnetwork.org;user-phone
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP>	456 Status: 100 Trying
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2bee::1	GTP <SIP/SDP>	240 Request: INVITE sip:4600240740611020[2409:8899:0:2bee::1]:5070;transport=TCP
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	505 Status: 100 Trying
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP/SDP>	188 Status: 183 Session Progress
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP/SDP>	178 Status: 183 Session Progress
2409:8899:0:2245::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	838 Request: PRACK sip:[2409:8099:0:20::1]:5060;zte-did=1-2-20481-73-12-568;b_p=DIAG_1_0_010K
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2bee::1	GTP <SIP>	887 Request: PRACK sip:+86184074040250[2409:8899:0:2bee::1]:5070
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	666 Status: 200 OK
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP>	569 Status: 200 OK
2409:8899:0:2245::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP/SDP>	131 Request: UPDATE sip:[2409:8099:0:20::1]:5060;zte-did=1-2-20481-73-12-568;b_p=DIAG_1_0_010K
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2bee::1	GTP <SIP/SDP>	367 Request: UPDATE sip:+86184074040250[2409:8899:0:2bee::1]:5070
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP/SDP>	1323 Status: 200 OK
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	839 Status: 180 Ringing
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP>	849 Status: 180 Ringing
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP/SDP>	1247 Status: 200 OK
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	818 Status: 200 OK
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP>	844 Status: 200 OK
2409:8899:0:2245::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	575 Request: ACK sip:Anonymous8[2409:8099:0:20::1]:5060;zte-did=1-2-20481-73-12-568;b_p=DIAG_1_0_010K
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2bee::1	GTP <SIP>	561 Request: ACK sip:+86184074040250[2409:8899:0:2bee::1]:5070
2409:8899:0:2245::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	705 Request: BYE sip:Anonymous8[2409:8099:0:20::1]:5060;zte-did=1-2-20481-73-12-568;b_p=DIAG_1_0_010K
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2bee::1	GTP <SIP>	753 Request: BYE sip:+86184074040250[2409:8899:0:2bee::1]:5070
2409:8899:0:2bee::1	2409:8099:0:20::1	GTP <SIP>	578 Status: 200 OK
2409:8099:0:20::1	2409:8899:0:2245::1	GTP <SIP>	470 Status: 200 OK

VoLTE 呼叫空口及 S1 口信令流程(非 SIP):

(1) 这里的呼叫信令流程一般指的是主被叫 UE 都处于 RRC_IDLE 态，这也是现网中最常见的呼叫应用场景。

(2) 处于 RRC_IDLE 态的主被叫 UE 都需要首先建立 RRC 连接，再进行 EPC 注册与 IMS 注册，并建立 QCI=8/9、QCI=5、QCI=1 的 ERAB 承载。

(3) 主被叫 UE 的 RRC 连接建立流程以及 ERAB 承载建立流程基本相似，这里的分析以主叫 UE 为例。

4.3 信令解析

1) VoLTE 呼叫信令流程

Uu	RRConnectionRequest
Uu	RRConnectionSetup
Uu	RRConnectionSetupComplete
S1	INITIAL UE MESSAGE
S1	INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST
Uu	SecurityModeCommand
Uu	RRConnectionReconfiguration
Uu	RRConnectionReconfigurationComplete
S1	INITIAL CONTEXT SETUP RESPONSE
Uu	SecurityModeComplete
Uu	RRConnectionReconfiguration
Uu	RRConnectionReconfigurationComplete
S1	E_RAB_SETUP_REQUEST
Uu	RRConnectionReconfiguration
Uu	RRConnectionReconfigurationComplete
S1	E_RAB_SETUP_RESPONSE
Uu	ULInformationTransfer
S1	UPLINK NAS TRANSPORT
S1	E_RAB_SETUP_REQUEST
Uu	RRConnectionReconfiguration
Uu	RRConnectionReconfigurationComplete
S1	E_RAB_SETUP_RESPONSE
Uu	ULInformationTransfer
S1	UPLINK NAS TRANSPORT

VoLTE呼叫信令流程



RRC Connection Request : MO

establishment Cause : 取值为 4。代表终端发起的数据业务请求。这里的 mo 代表为移动始端，即“主叫”。



RRConnectionSetup 头信息

establishment Cause：取值为2。代表终端接收 Paging 消息发起的 RRC 建立请求。这里的 mt 代表为移动终端，即“被叫”。



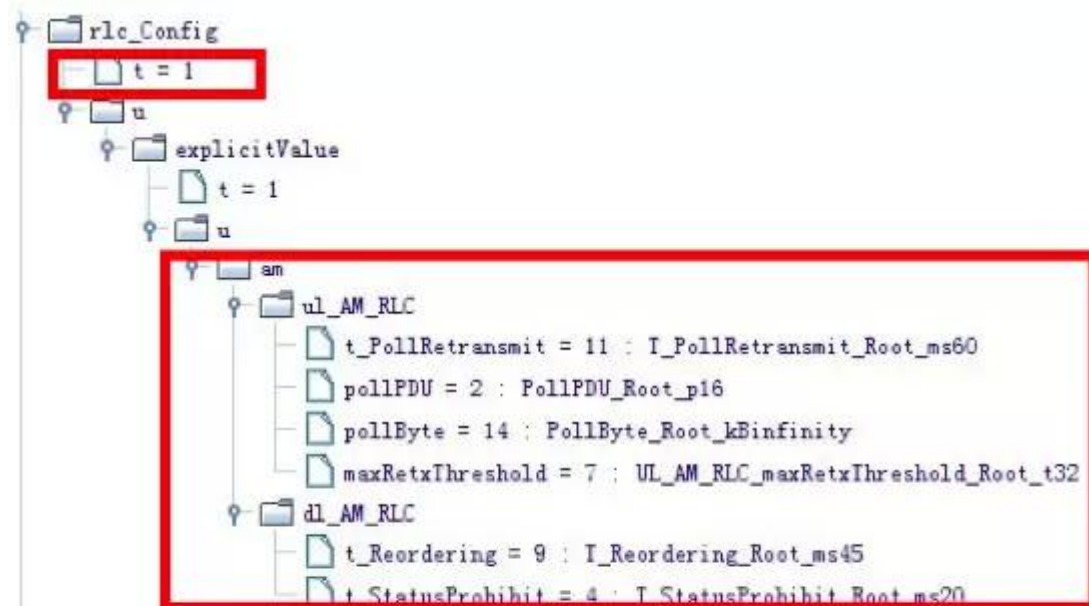
RRConnectionSetup 头信息

RRConnectionSetup 信令：主要用于 SRB1 无线承载的建立与无线配置。在这里可以看到 SPS、TTIB 等参数的配置。



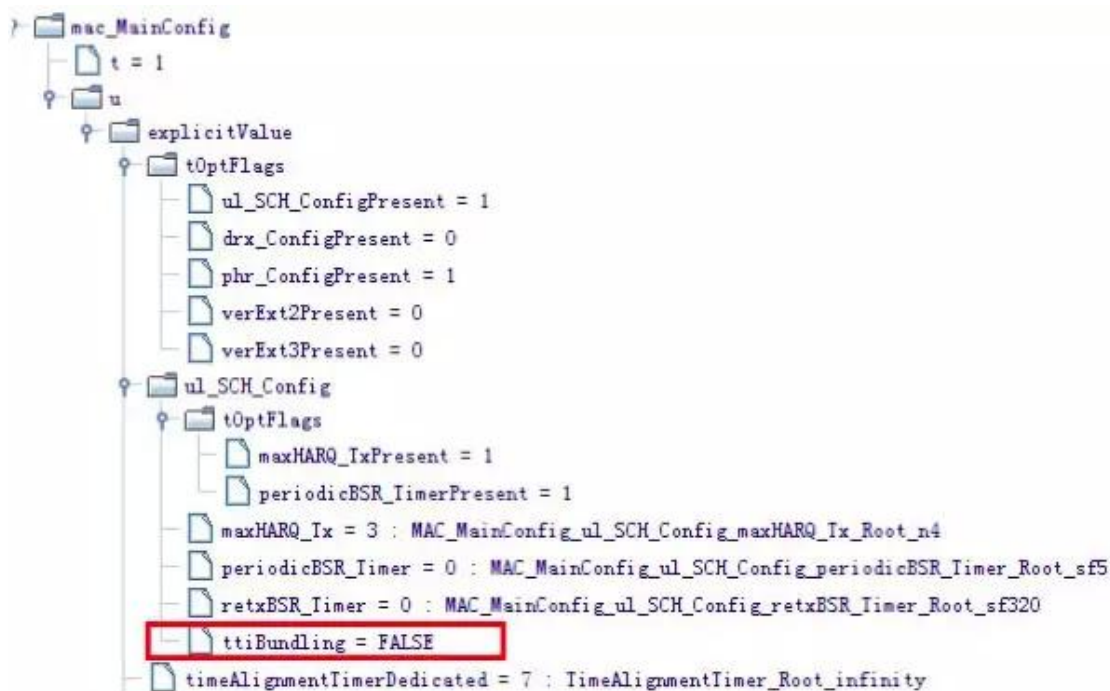
RRCConnectionSetup SRB1建立

RRCConnectionSetup 的 `srb_ToAddModList`: `srb_Identity=1`, 说明 SRB1 已经建立。



RRCConnectionSetup SRB1的RLC配置

RRCConnectionSetup 的 `rlc_Config`: `t=1`, 代表显示配置。对于 SRB1 与 SRB2 的 `RLC_MODE` 必须采用 AM 模式。



RRConnectionSetup mac_MainConfig配置

RRConnectionSetup 的 mac_MainConfig: ttiBundling =FALSE, TTI 绑定属性。TRUE 表示 TTI 捆绑有效，而 FALSE 表示 TTI 捆绑无效。TTI 捆绑对 FDD 有效，对 TDD 仅仅适用于配置为 0、1、6 的情况。



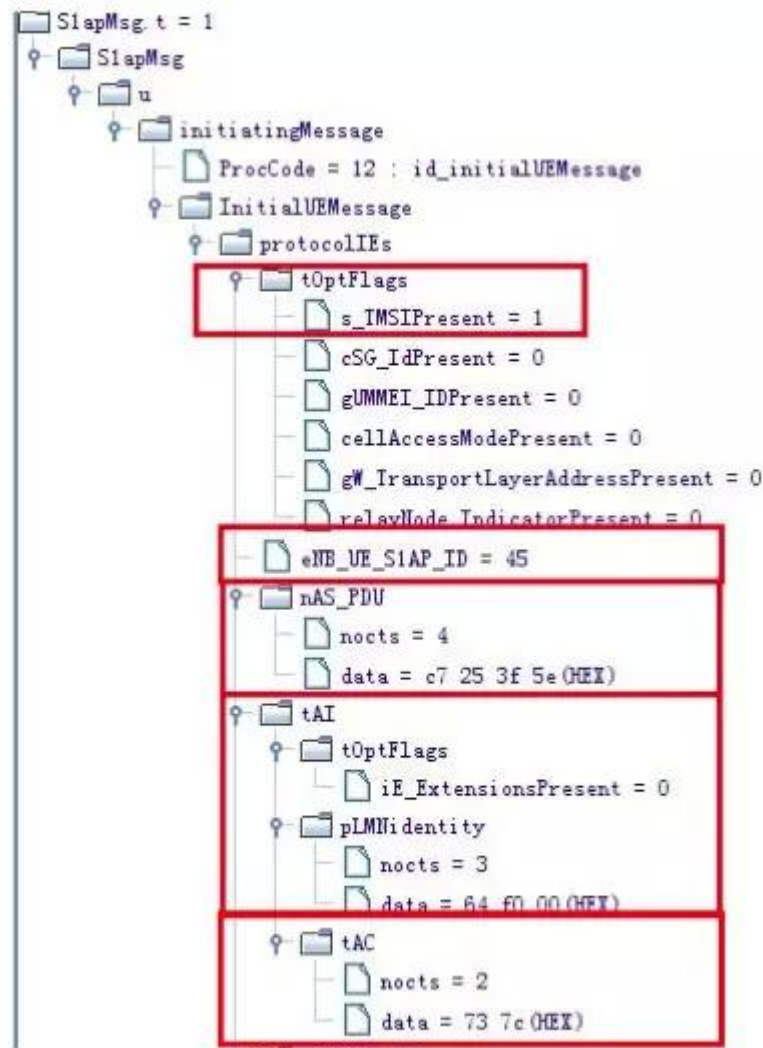
RRConnectionSetup sps_Config配置

RRConnectionSetup 的 sps_Config : t=1 表示释放该配置 (release)，包括上行和下行两个配置项。



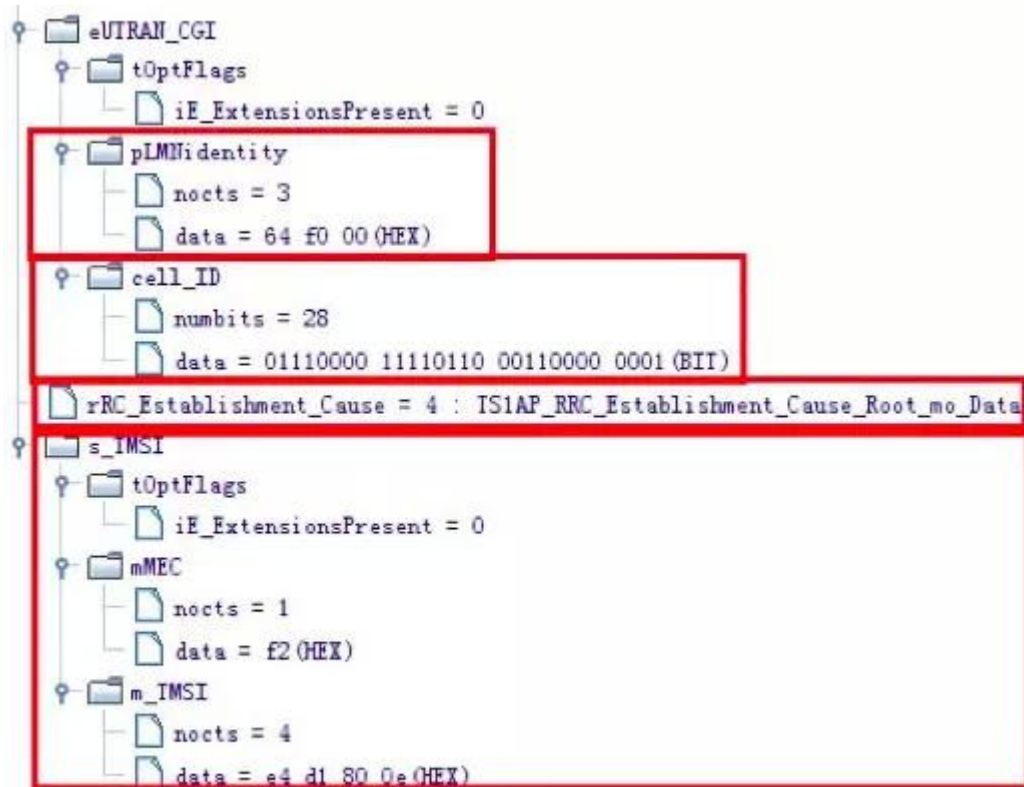
RRCConnectionSetupComplete信令

RRCConnectionSetupComplete 信令：当 UE 完成 SRB1 承载和无线资源的配置，向 eNodeB 回应该消息。同时，NAS 层包含 Attach Request 信息。



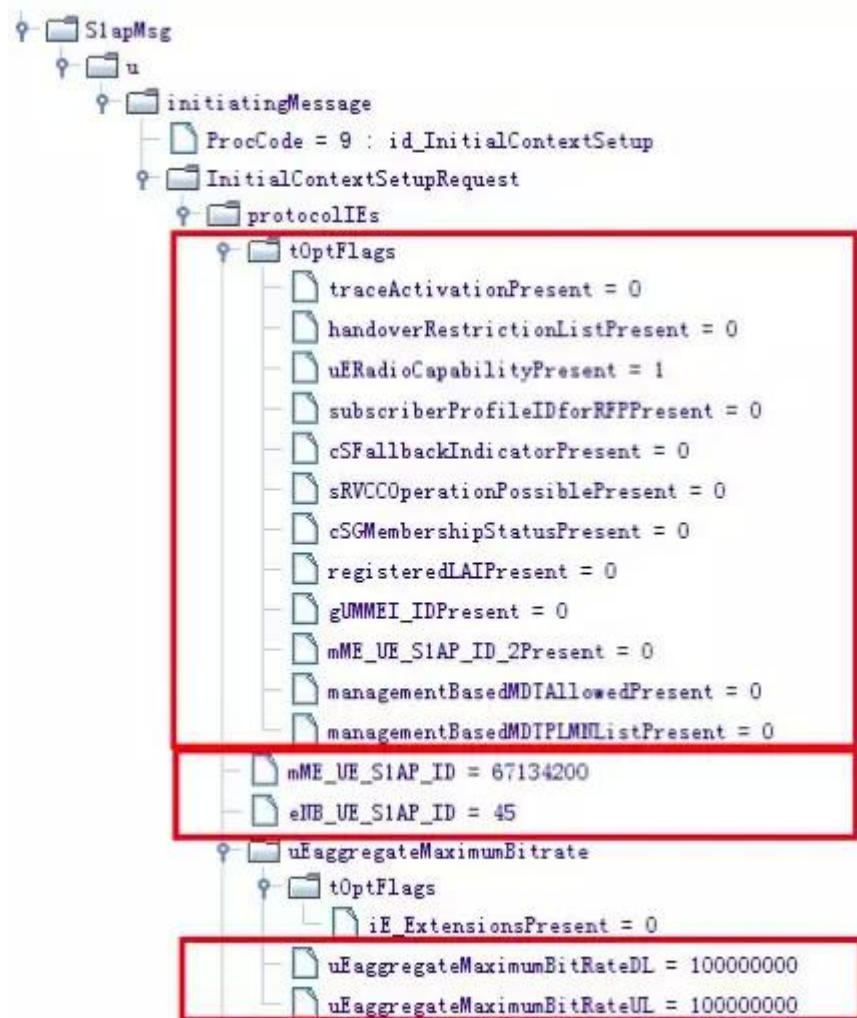
Initial UE Message信令

Initial UE Message 信令：eNodeB 向 MME 注册，包含 NAS 层 Attach Request 信息以及 TAI 等信息。



Initial UE Message信令

Initial UE Message 信令：还包括小区以及接入原因等信息。



Initial Context Setup Request信令头信息

Initial Context Setup Request 信令： eNB_UE_S1AP_ID，eNB 中 S1 口 UE 的上下文 ID。该参数是 UE 在 eNodeB 侧 S1 接口上的唯一标识，由 eNodeB 分配，此处必须与 Initial UE Message 消息中的 eNB_UE_S1AP_ID 保持一致。同时，还包括切换、CSFB、SRVCC 等信息。



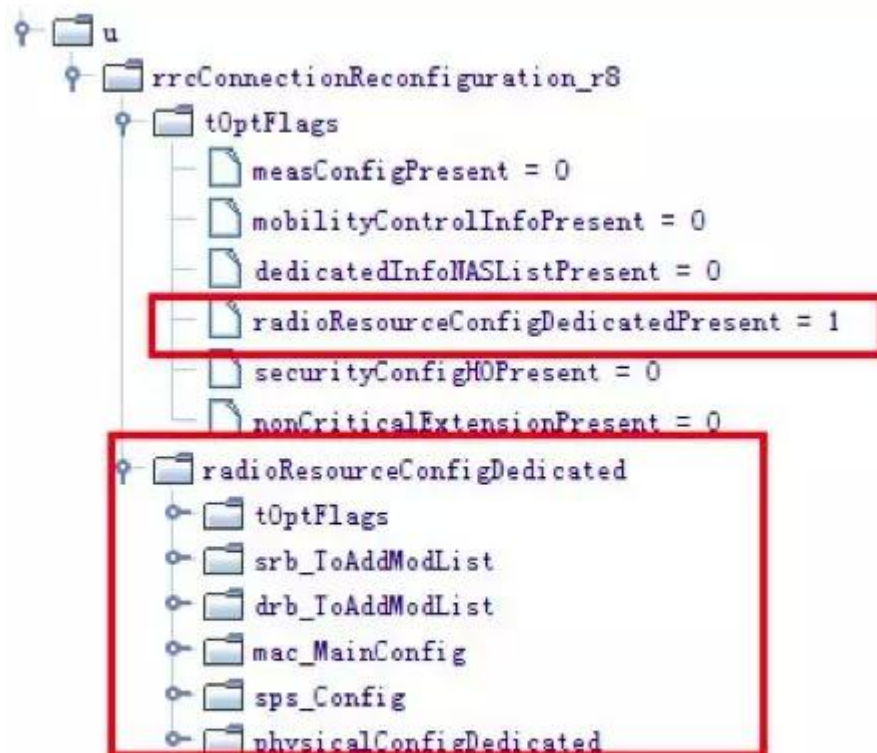
Initial Context Setup Request eRAB建立消息 (QCI=9)

Initial Context Setup Request 信令 eRAB 建立： 包括 e_RAB_ID 与 QCI ， 同时，还包括 eRAB 的抢占能力，以及告知 eNodeB 目标 S-GW 的地址与用户面传输标识 gTP_TEID 。



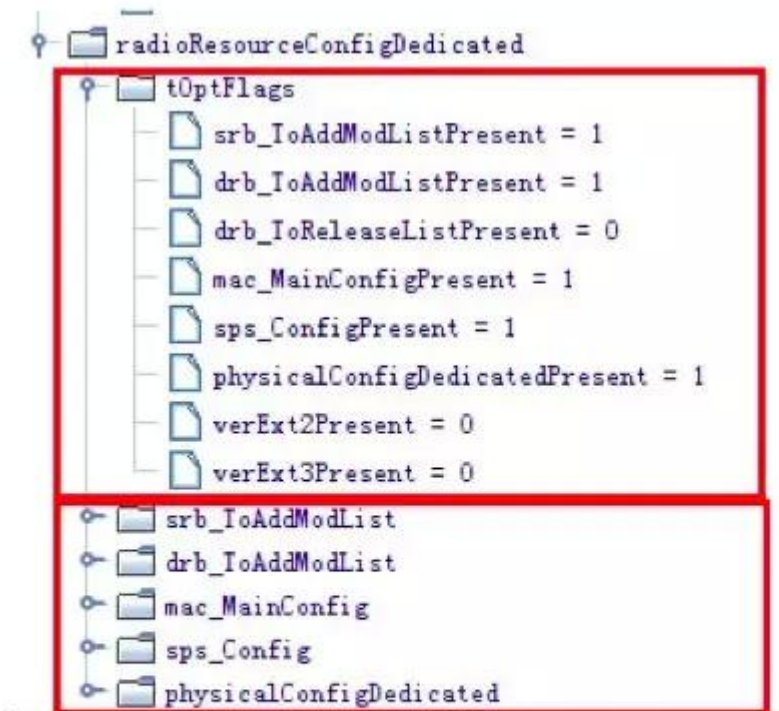
Initial Context Setup Request eRAB建立消息 (QCI=5)

Initial Context Setup Request 信令 eRAB 建立： 包括 e_RAB_ID 与 QCI ， 同时，还包括 eRAB 的抢占能力，以及告知 eNodeB 目标 S-GW 的地址与用户面传输标识 gTP_TEID 。



RRC Connection Reconfiguration信令

RRC Connection Reconfiguration 信令： 用于 UE 进行相关无线资源重配，以及建立 SRB2 与 DRB。

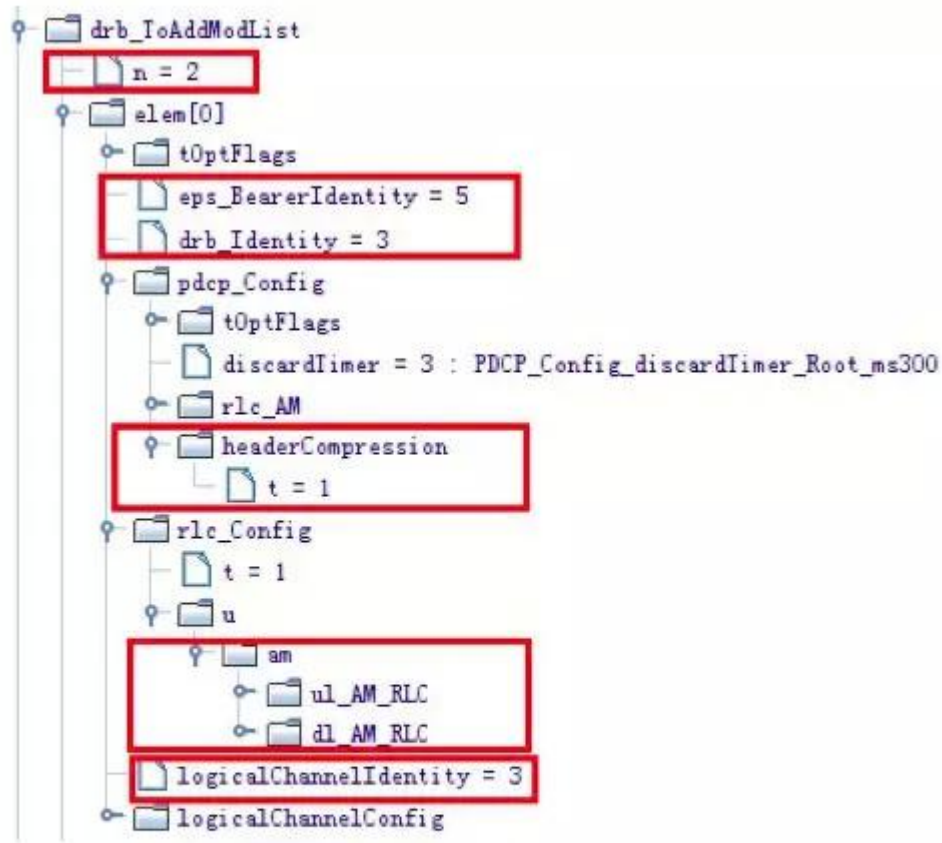


RRC Connection Reconfiguration无线专有承载

RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载： 分别对应 `srb_ToAddModList` 与 `drb_ToAddModList`。



RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载: srb_Identity=2, 说明 SRB2 已经建立。



RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载DRB1

RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载： 对应 eps_BearerIdentity = 5 与 drb_Identity = 3 同时，这里 headerCompression = 1，表示使用头压缩。RLC TYPE 采用 AM 方式。



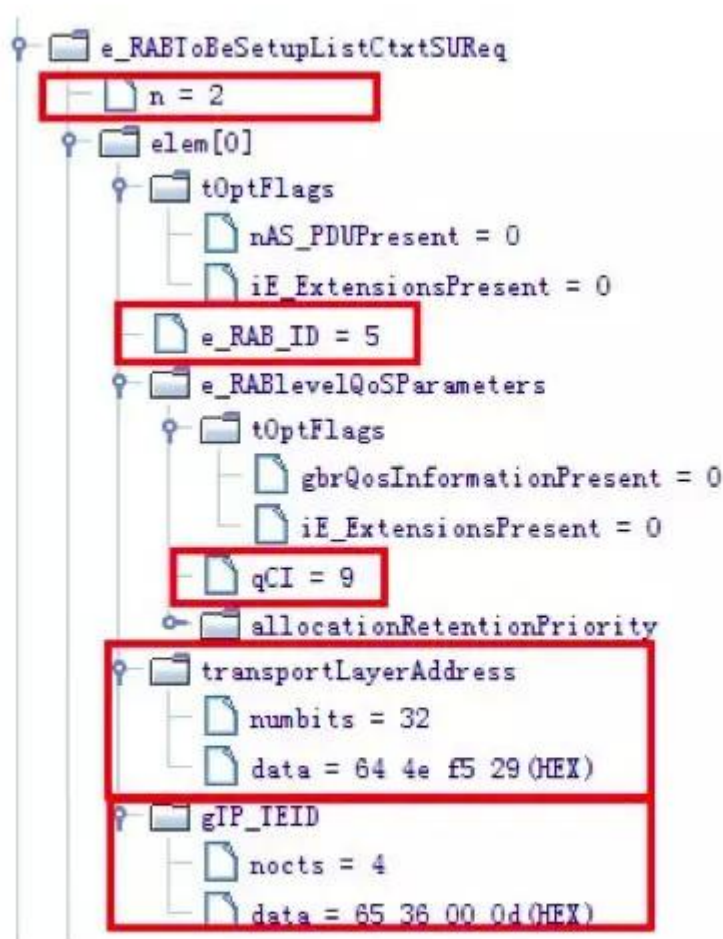
RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载DRB2

RRC Connection Reconfiguration 无线专用承载： 对应 eps_BearerIdentity =6 与 drb_Identity =4 同时，这里 headerCompression =1，表示使用头压缩。 RLC TYPE 采用 AM 方式。



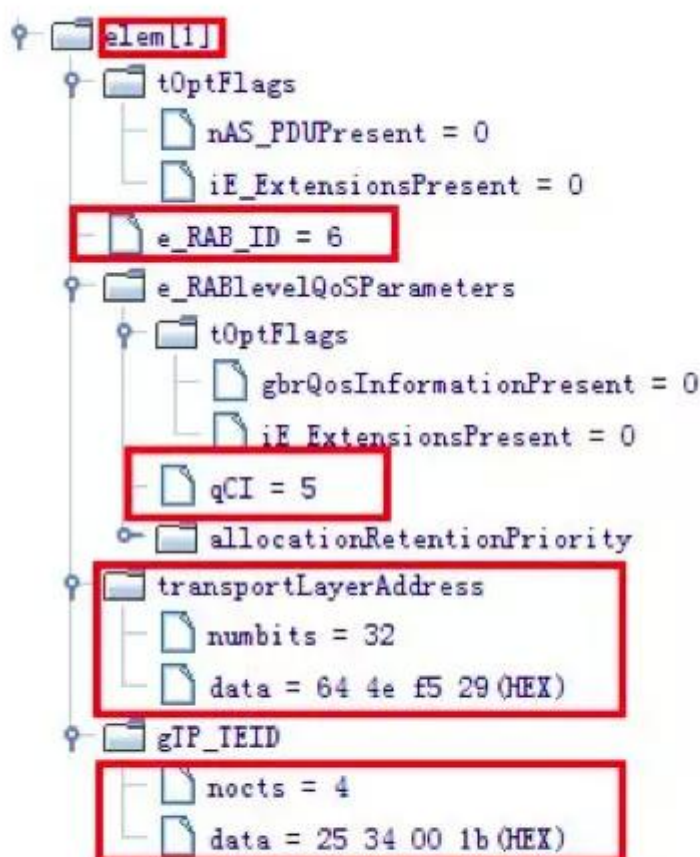
Initial Context Setup Response信令头信息

Initial Context Setup Response 信令： eNB_UE_S1AP_ID，eNB 中 S1 口 UE 的上下文 ID。该参数是 UE 在 eNodeB 侧 S1 接口上的唯一标识，由 eNodeB 分配，此处必须与 Initial Context Setup Request 消息中的 eNB_UE_S1AP_ID 保持一致。同时，还包括切换、CSFB、SRVCC 等信息。



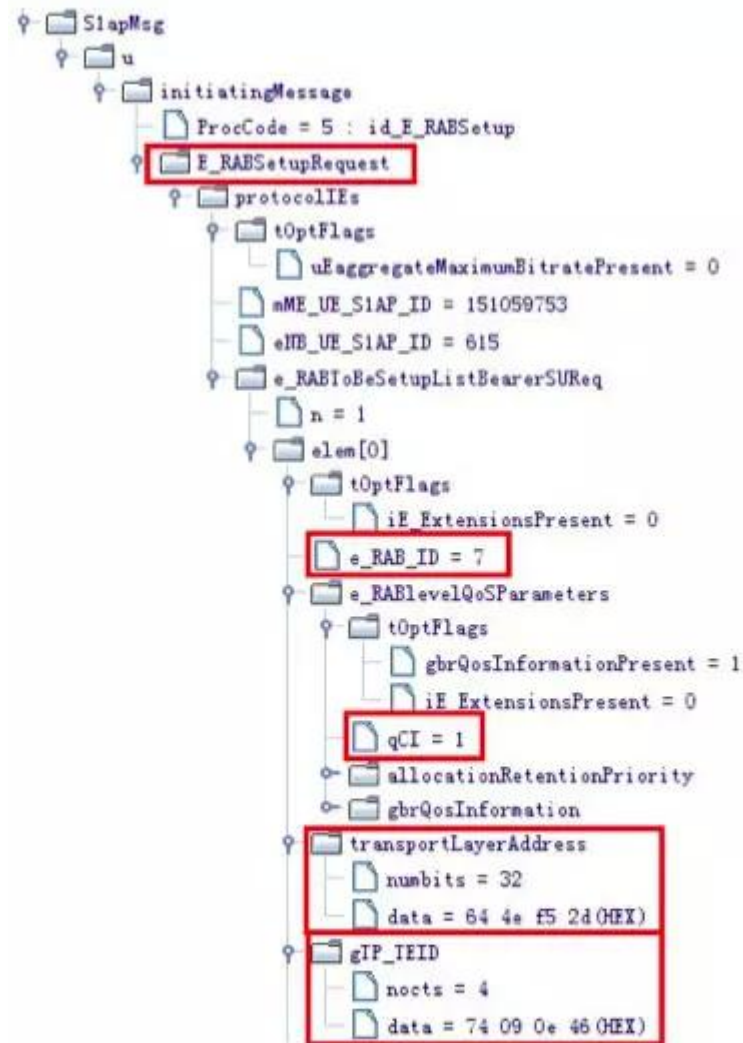
Initial Context Setup Response eRAB回应 (QCI=9)

Initial Context Setup Response 信令： QCI=9 的 eRAB 回应。同时，还包括基站侧业务面 IP 地址与用户面传输标识 gTP_TEID 等信息。



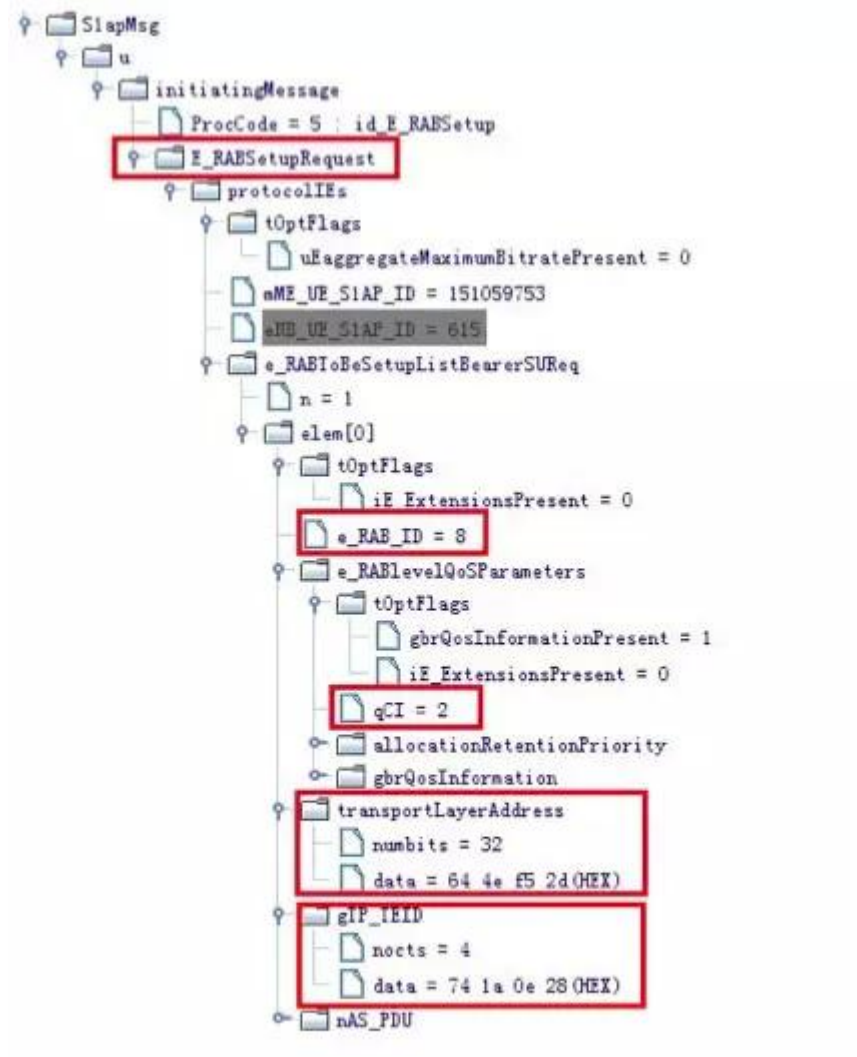
Initial Context Setup Response eRAB响应 (QCI=5)

Initial Context Setup Response 信令： QCI=5 的 eRAB 响应。同时，还包括基站侧业务面 IP 地址与用户面传输标识 gTP_TEID 等信息。



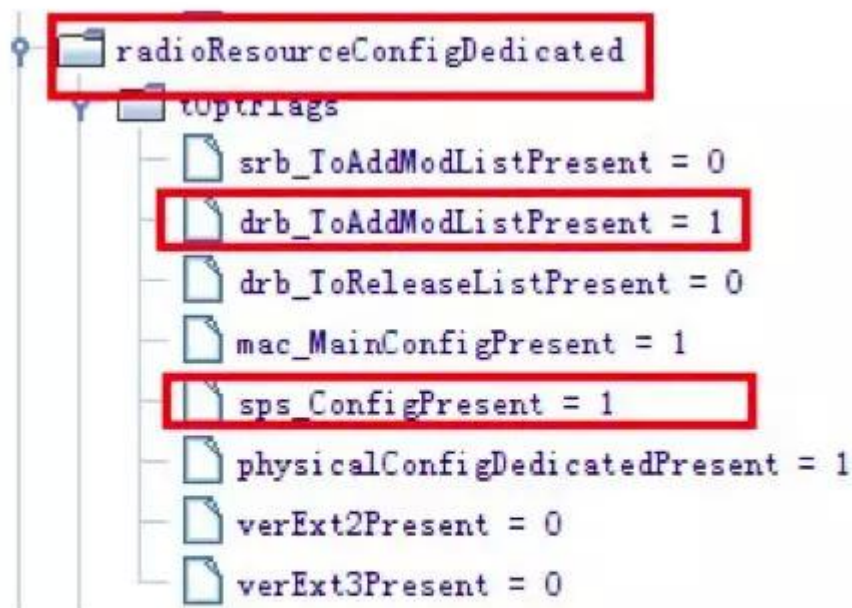
E_RAB_SETUP_REQUEST信令(QCI=1)

E_RAB_SETUP_REQUEST 信令：建立专用承载 QCI=1，对应 e_RAB_ID=7。



E_RAB_SETUP_REQUEST信令(QCI=2)

E_RAB_SETUP_REQUEST 信令：建立专用承载 QCI=2，对应 e_RAB_ID=8。



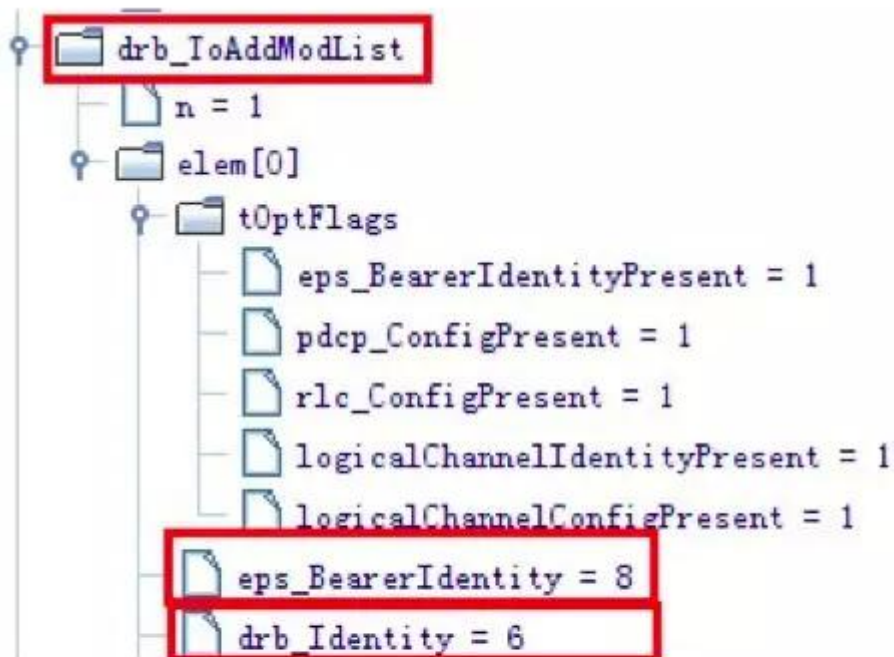
RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=1/2无线专有承载

RRC Connection Reconfiguration 信令：包含 DRB、头压缩、RLC TYPE、SPS 等信息。



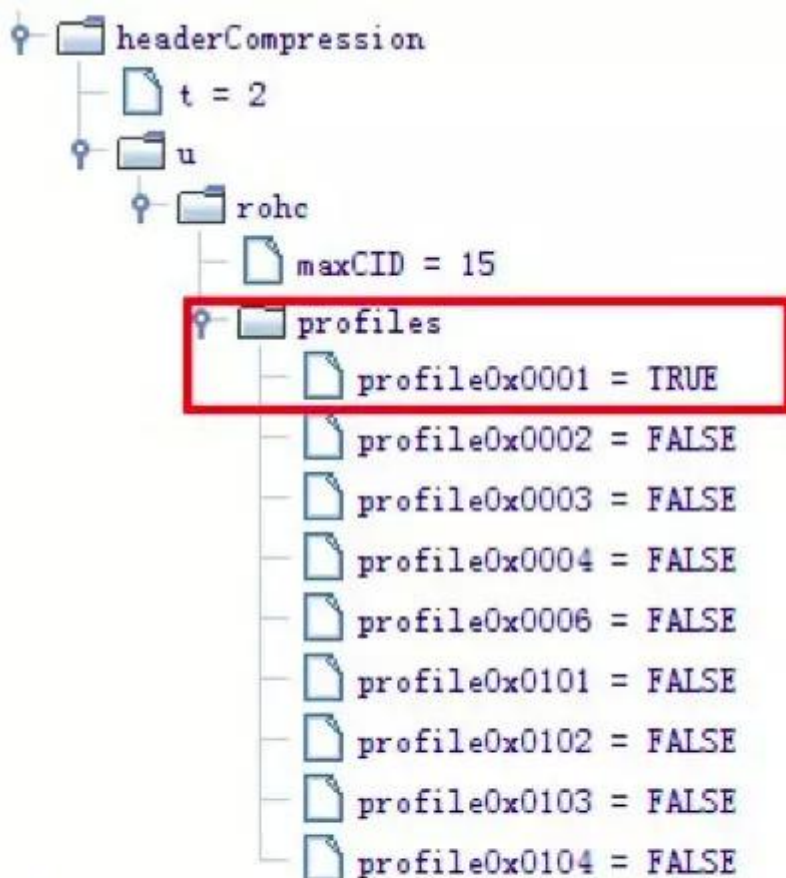
RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=1无线专有承载DRB

RRC Connection Reconfiguration 信令：这里 DRB 对应 eps_BearerIdentity =7 以及 drb_Identity=5。



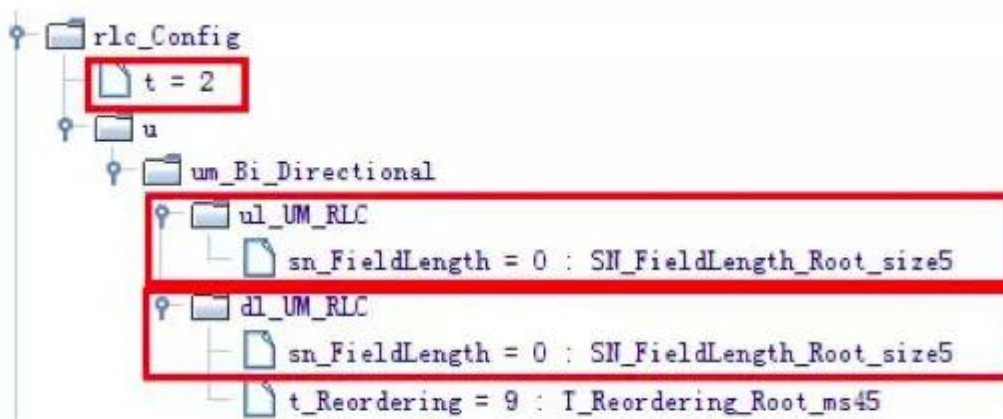
RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=2无线专有承载DRB

RRC Connection Reconfiguration 信令：这里 DRB 对应 eps_BearerIdentity =8 以及 drb_Identity=6。



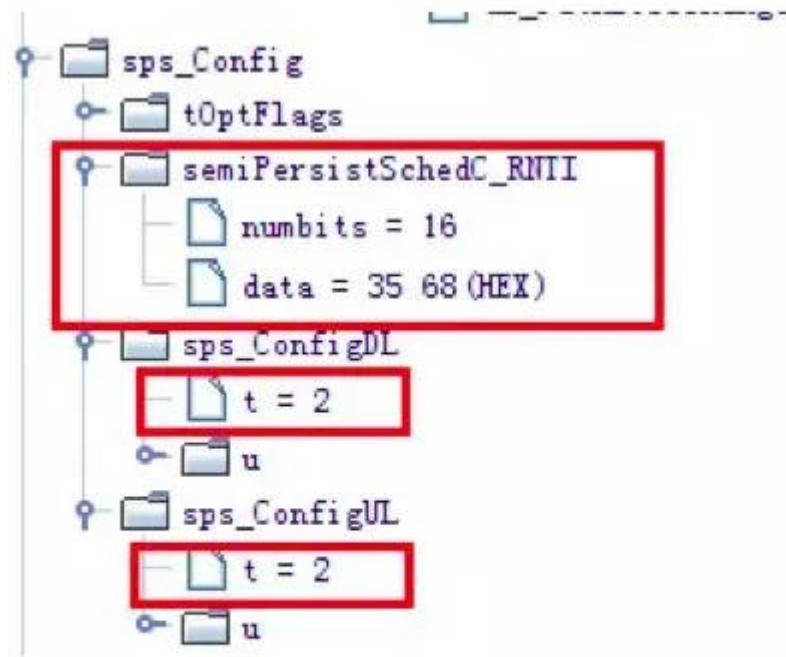
RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=1/2无线专有承载头压缩配置

RRC Connection Reconfiguration 信令：这里头压缩采用 profile0x0001 的等级。



RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=1/2无线专有承载RLC TYPE

RRC Connection Reconfiguration 信令：这里 DRB RLC TYPE 采用 UM 方式。



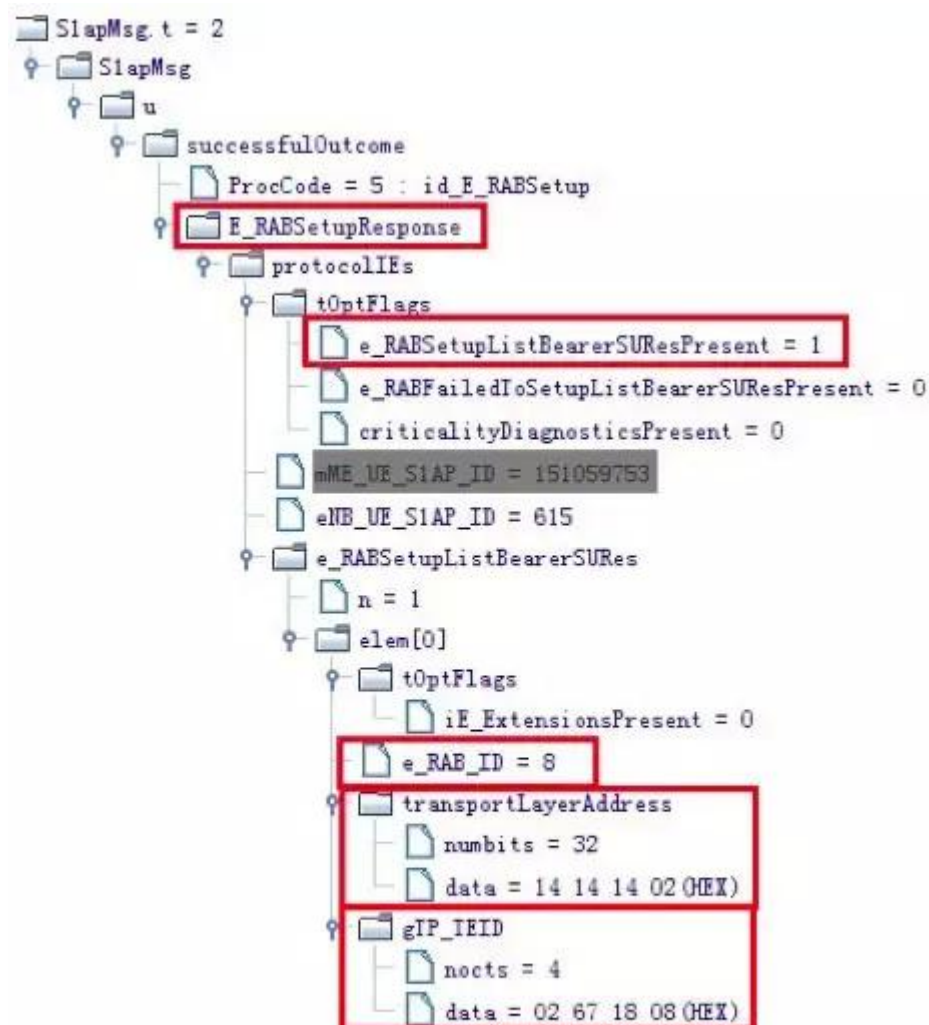
RRC Connection Reconfiguration 对应于QCI=1/2无线专有承载SPS配置

RRC Connection Reconfiguration 信令：这里 sps_Config : t=2 ，表示设置该配置项（setup），包括上行和下行两个配置项。



E_RAB_SETUP_RESPONSE信令(QCI=1)

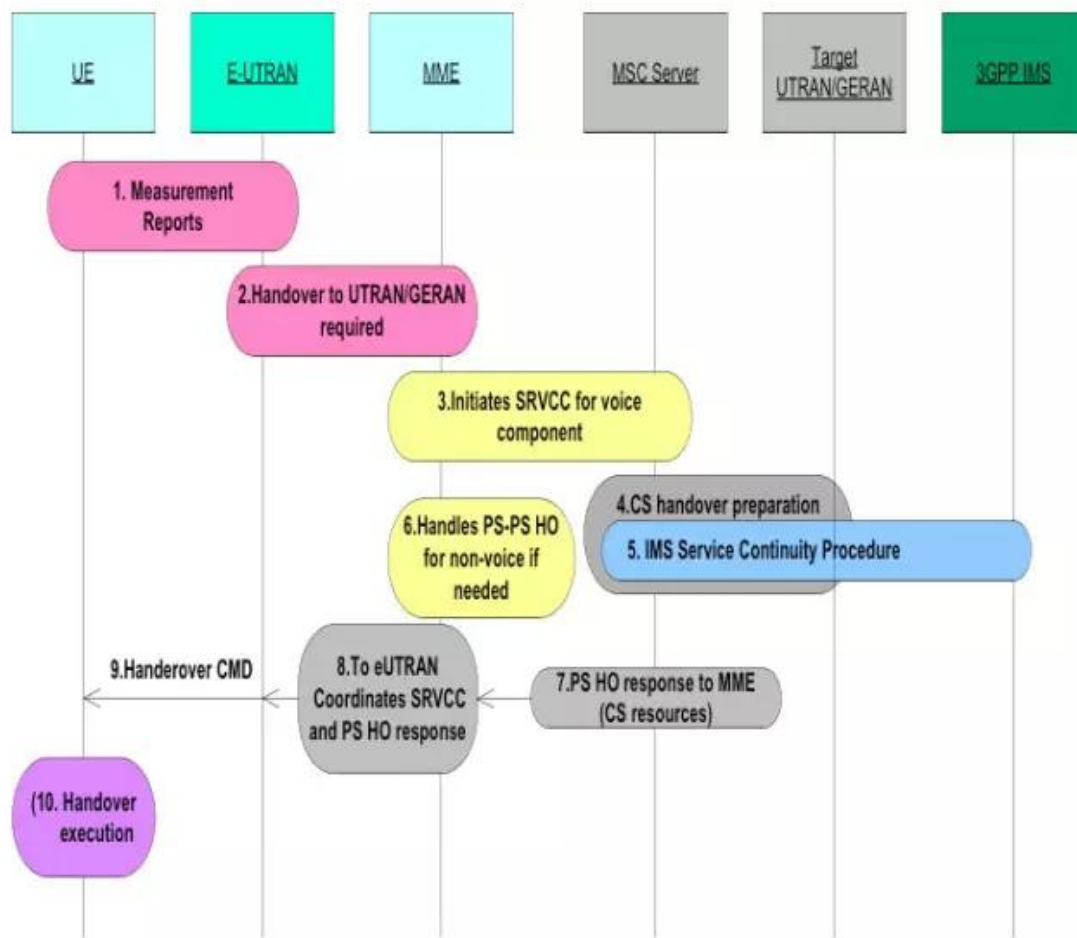
E_RAB_SETUP_RESPONSE 信令：对于 e_RAB_ID=7 的 QCI=1 专用承载回应。



E_RAB_SETUP_RESPONSE信令(QCI=2)

E_RAB_SETUP_RESPONSE 信令：对于 e_RAB_ID=8 的 QCI=2 专用承载回应。

2) SRVCC 业务流程



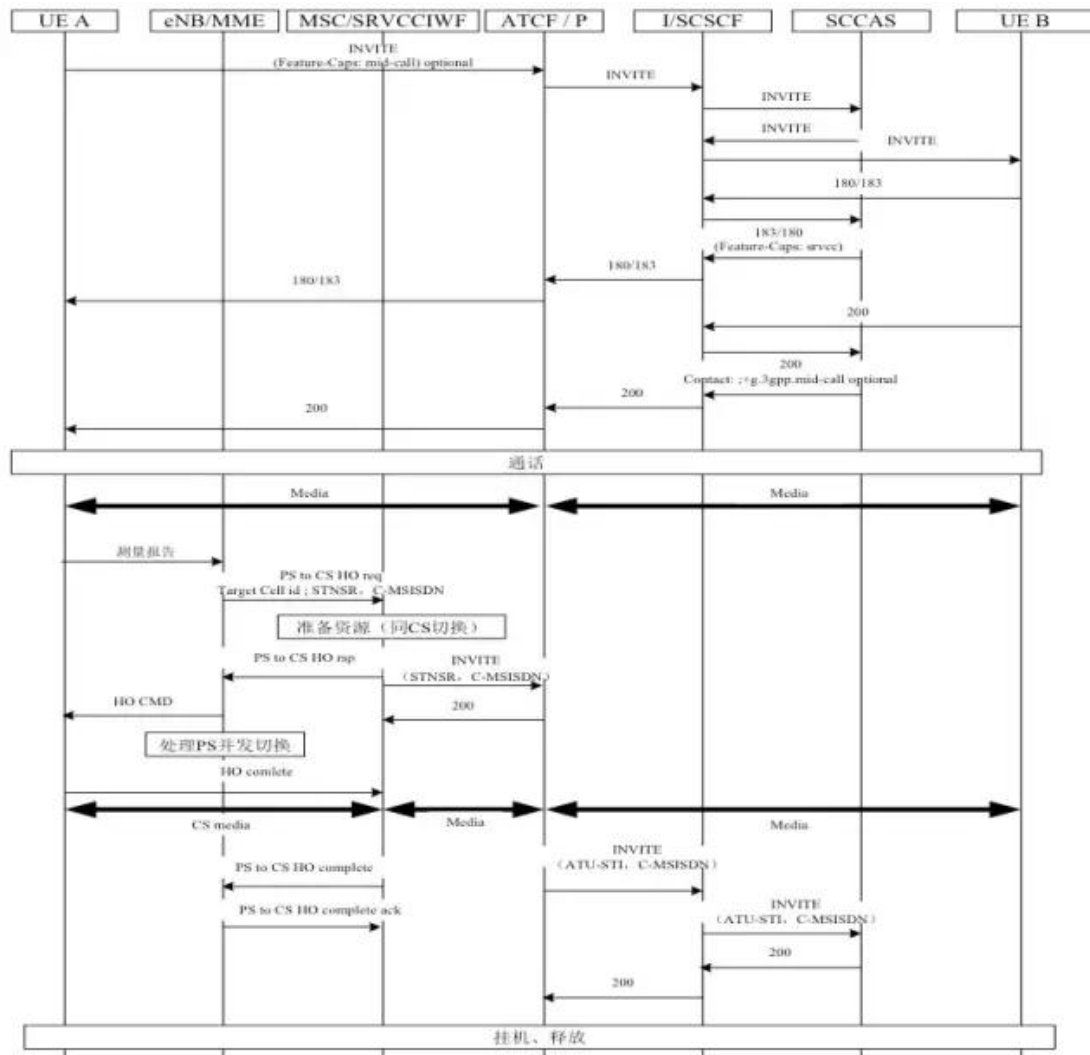
SRVCC业务流程

SRVCC 业务流程解析：

(1) 支持 SRVCC 能力 UE 在附着过程或者 TAU 过程中，在 NAS 层 Attach Request message 消息和 Tracking Area Updates 消息中的“MS Network Capability” IE 中，携带 SRVCC 能力，指示 MME。MME 存储 UE 的 SRVCC 能力指示，用于 SRVCC 过程处理。

(2) 支持 SRVCC 能力 UE 的业务请求处理过程中，MME 在 S1-AP 的 Initial Context Setup Request 消息中携带“SRVCC Operation Possible” IE 指示 E-UTRAN 网络，UE 和 MME 都支持 SRVCC 能力。

(3) UE 上报测量报告，eNodeB 根据 UE 测量报告判决触发 SRVCC 过程。



1. eNodeB 接收 UE 的测量报告。
2. eNodeB 根据测量报告进行判决，若 UE 已建立 VoIP 业务 (QCI=1) 并且 2G/3G GERAN/UTRAN 目标小区不支持 VoIP 能力，触发 SRVCC 过程，发送切换请求到 MME，携带是否需要同时进行 PS 域与 CS 域切换指示。
3. MME 与 MSC Server 通过 Sv 接口进行信令交互，请求 VoIP 业务的 PS to CS 切换处理。
4. MSC Server 与 MSC 进行信令交互完成 CS 域的切换资源的准备。
5. MSC Server 与 IMS 域 SRVCC AS 交互完成 IMS 业务的会话转移流程。
6. MSC Server 向 MME 发送切换 PS to CS 切换响应消息，携带指示 UE 切入 GERAN/UTRAN 的 CS HO 命令消息。
7. MME 同步 PS to CS 切换与 PS to PS 的切换响应。
8. MME 通过切换命令指示 eNodeB 切换准备完成。
9. eNodeB 指示 UE 从 E-UTRAN 向目标 GERAN/UTRAN 切换。
10. UE 接入目标小区，VoIP 业务从 PS 域切换到 CS 域。

注：1. SRVCC 处理过程中，对于 UE 已建立的非语音业务，根据网络、UE 的能力、业务的类型，MME 可以触发 PS HO、去激活 Deactivated（GBR 业务）或者挂起 Suspended（NGBR 业务）等业务处理流程。

注：2. 若 UE 在 CS 域结束语音业务后，返回到 LTE 网络，UE 通过 TAU 过程指示 MME，MME 检测 UE 存在挂起的业务，则可以恢复 UE 已挂起的业务。

3) SRVCC 切换信令流程

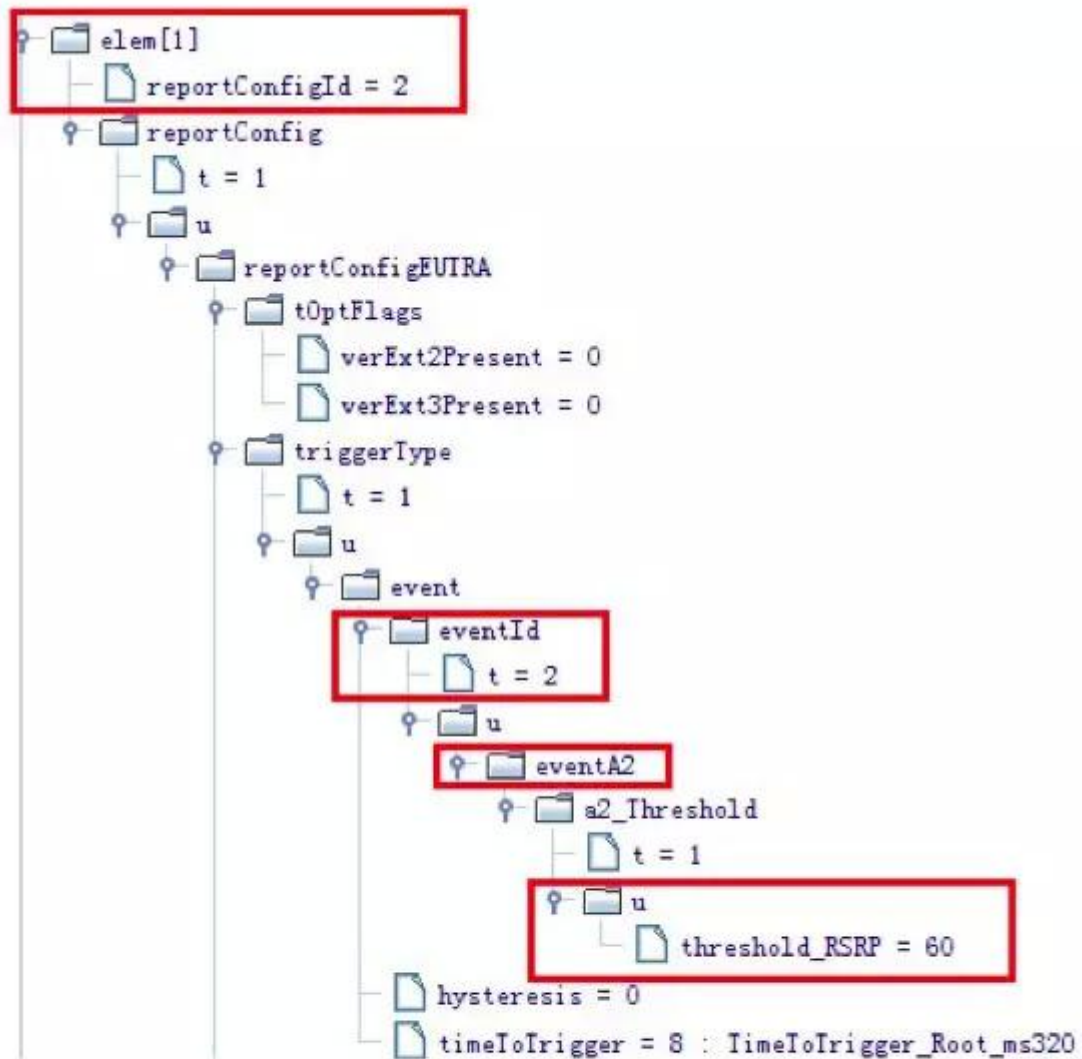
Uu	MeasurementReport
Uu	RRCConnectionReconfiguration
Uu	RRCConnectionReconfigurationComplete
Uu	MeasurementReport
S1	HANDOVER REQUIRED
S1	HANDOVER COMMAND
Uu	MobilityFromEUTRACommand
S1	UE CONTEXT RELEASE REQUEST
S1	UE CONTEXT RELEASE COMMAND

SRVCC切换信令流程

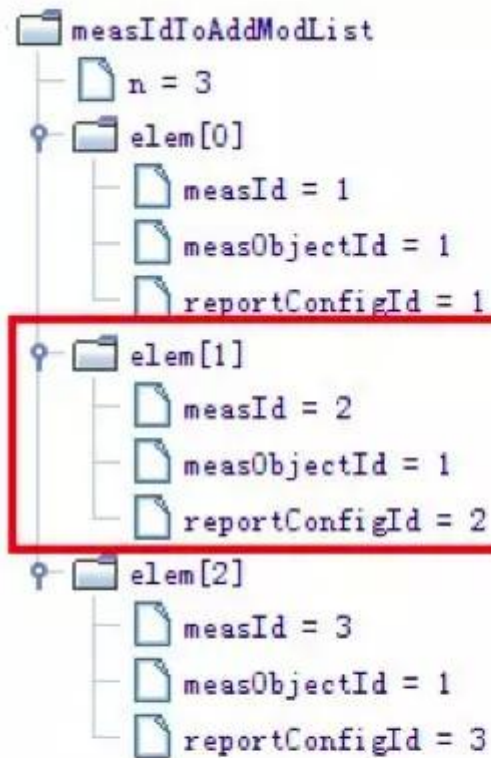


MeasurementReport : A2事件

UE 上报测量报告，其中，测量标识：measId = 2 对应 RRC Connection Reconfiguration 中的 Measurement Control 信息的 A2 事件，RSRP 这里是 -80dBm，RSRQ 对应的是-3db。达到 A2 事件的触发门限。

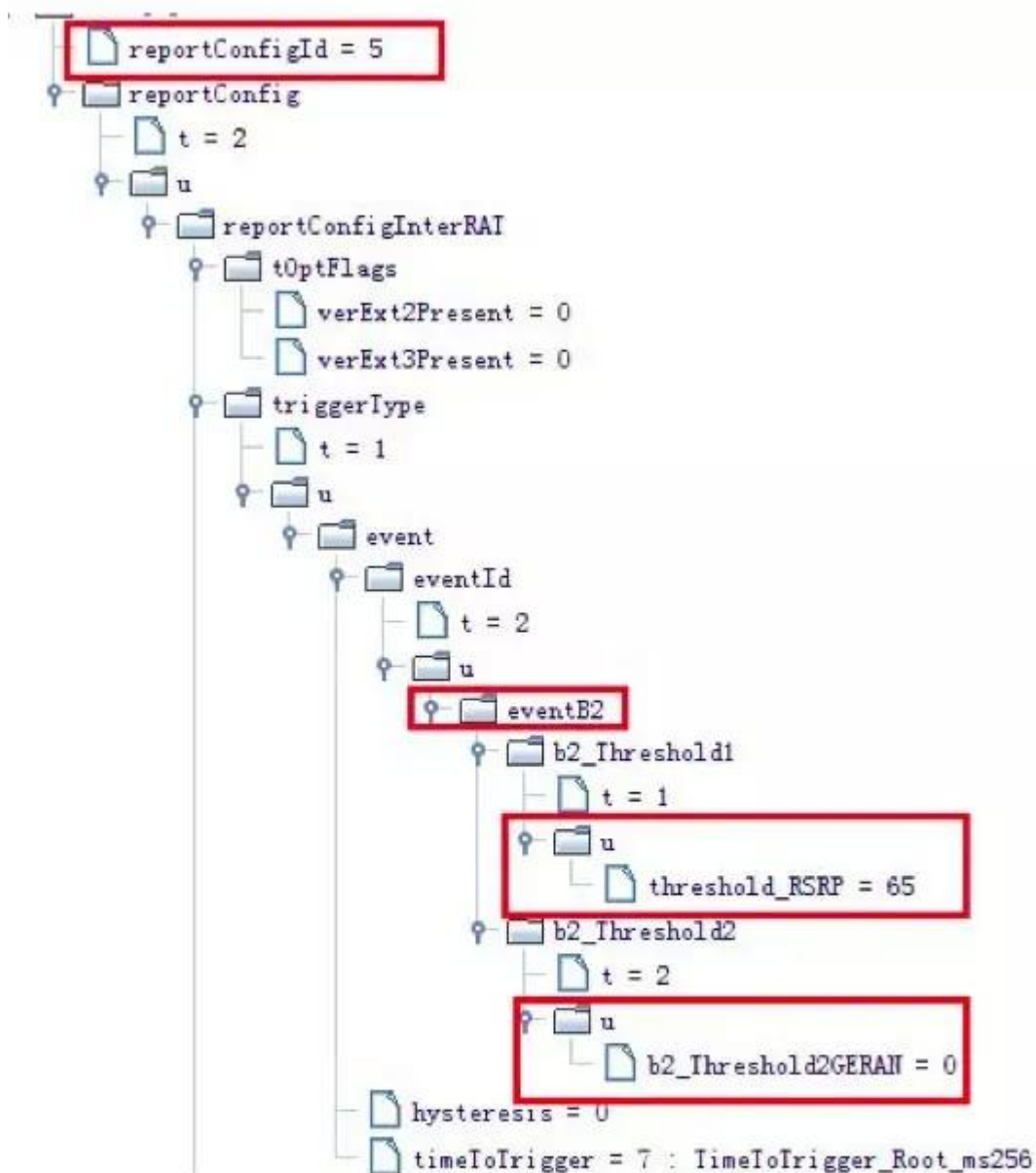


RRC Connection Reconfiguration中的 Measurement Control对应A2事件



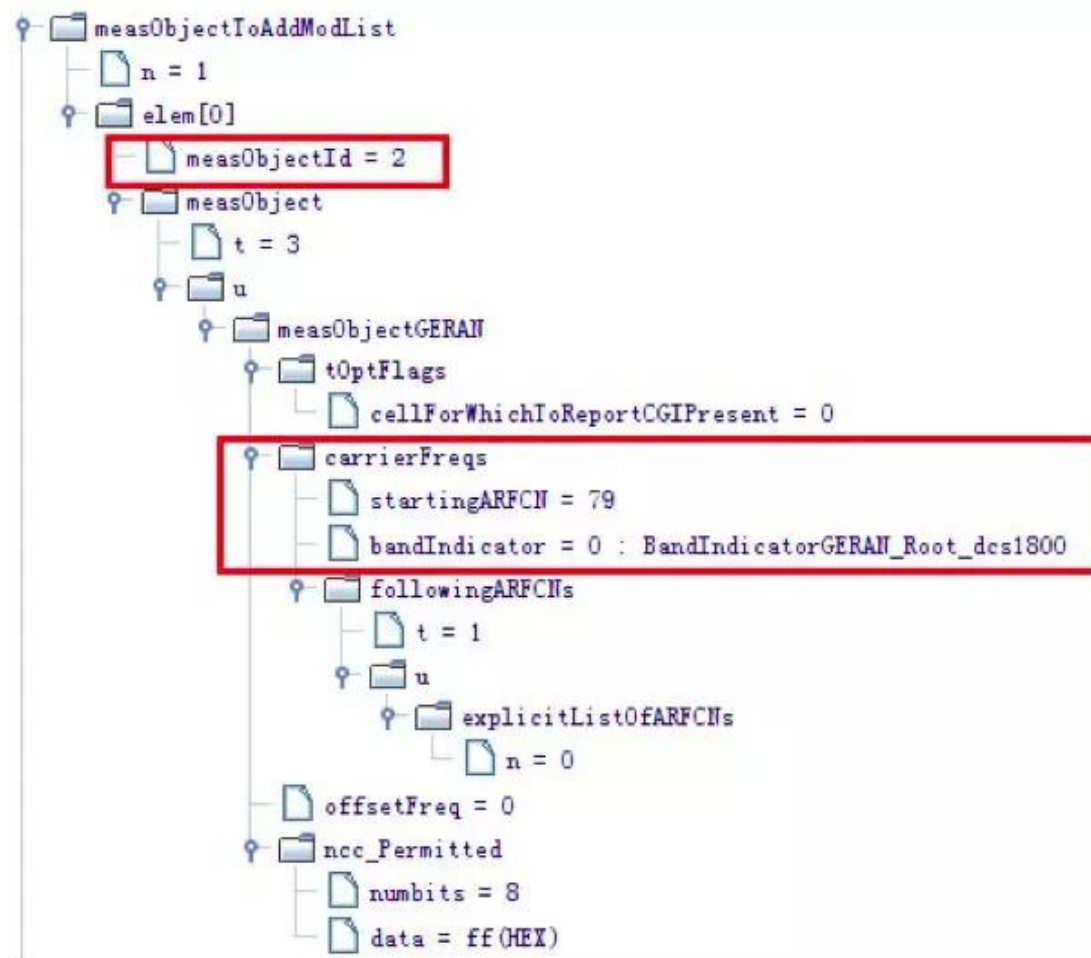
这里threshold_RSRP为后台可配置的测量参数。

RRC Connection Reconfiguration 中的 Measurement Control 对应 A2 事件



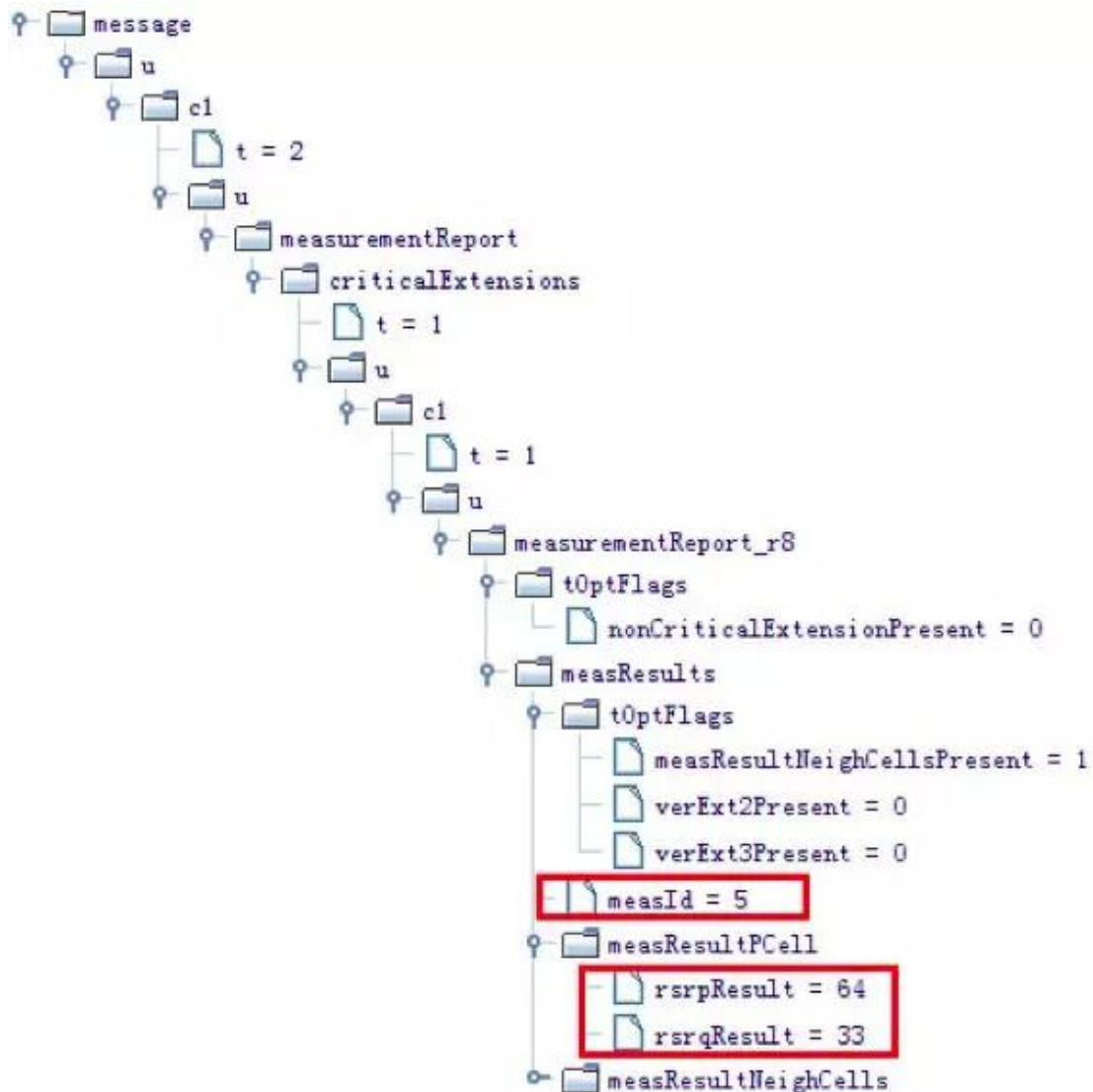
RRC Connection Reconfiguration中的 Measurement Control对应B2事件

RRC Connection Reconfiguration 中的 Measurement Control 信息：B2 事件下发，RSRP 这里的切换门限是-75dBm。即服务小区的 RSRP 门限等于或低于-75dBm，那么，服务小区的绝对门限 1 即达到。GSM 小区的 RSSI 大于-110dBm，则目标小区的绝对门限 2 即达到。



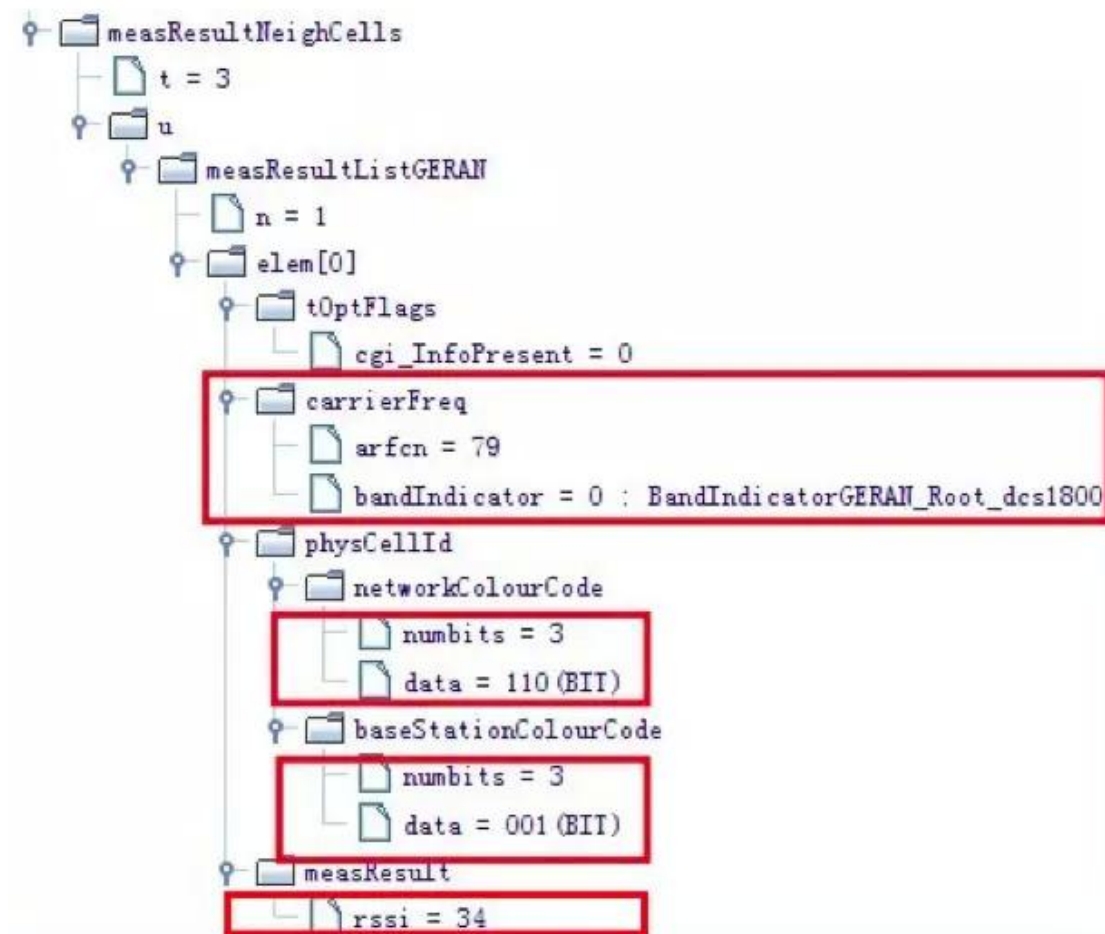
RRC Connection Reconfiguration中的 Measurement Control对应B2事件

RRC Connection Reconfiguration中的 Measurement Control 信息：这里表示测量对象为起始 ARFCN=79 的 GSM 小区。



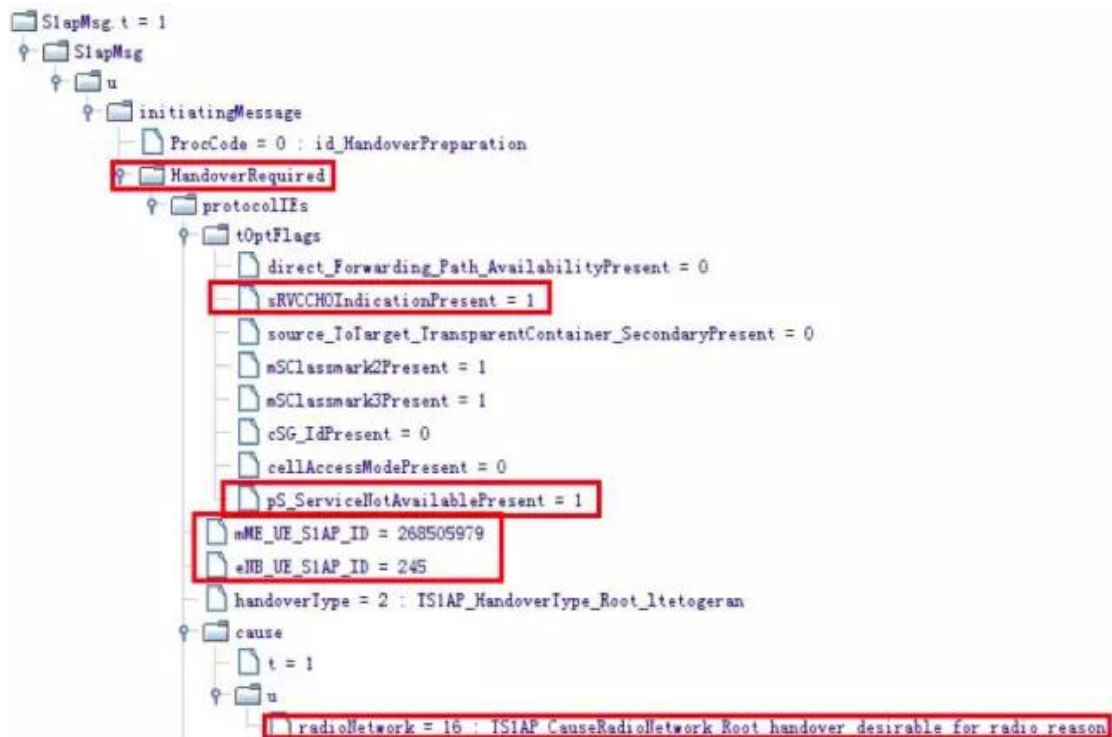
MeasurementReport : B2事件

UE 上报测量报告，其中，测量标识：measId = 5 对应 RRC Connection Reconfiguration 中的 Measurement Control 信息的 B2 事件，RSRP 这里是 -76dBm，RSRQ 对应的是 -3.5db。达到 B2 事件的触发门限 1。



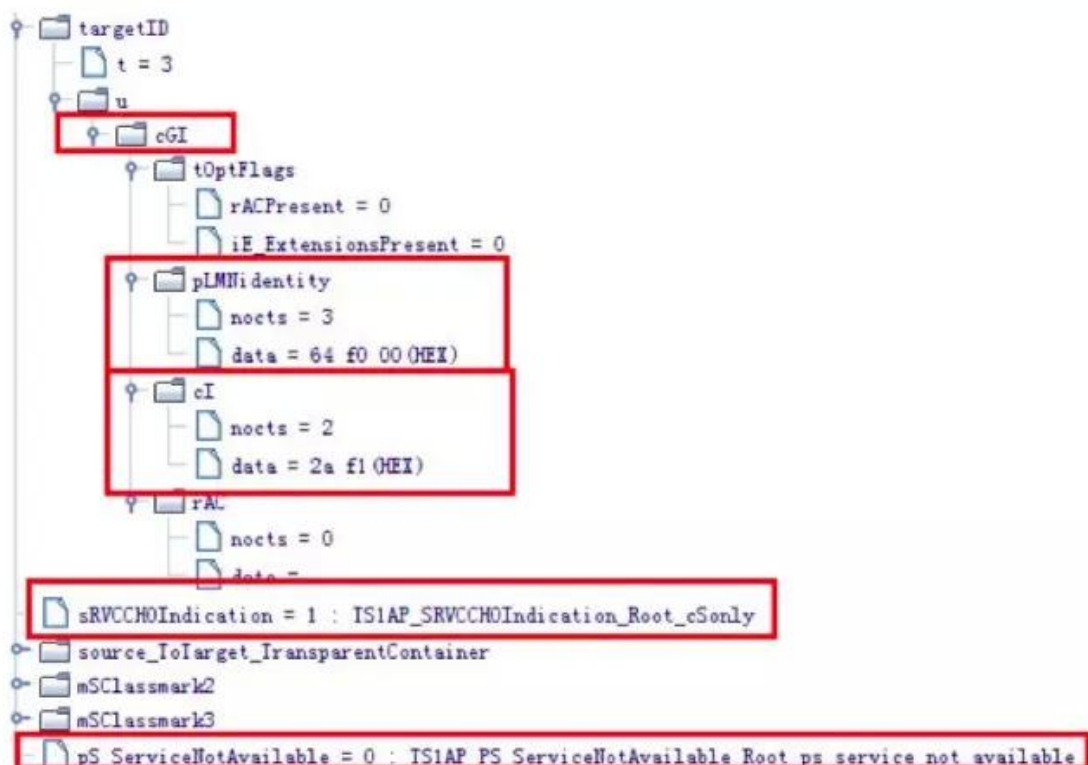
MeasurementReport : B2事件

UE 上报测量报告，其中，测量标识：measId = 5 对应 RRC Connection Reconfiguration 中的 Measurement Control 信息的 B2 事件，符合条件的 GSM 小区的网络色码与基站色码分别为 6 和 1，RSSI 值为-76dBm，达到 B2 事件的触发门限 2。



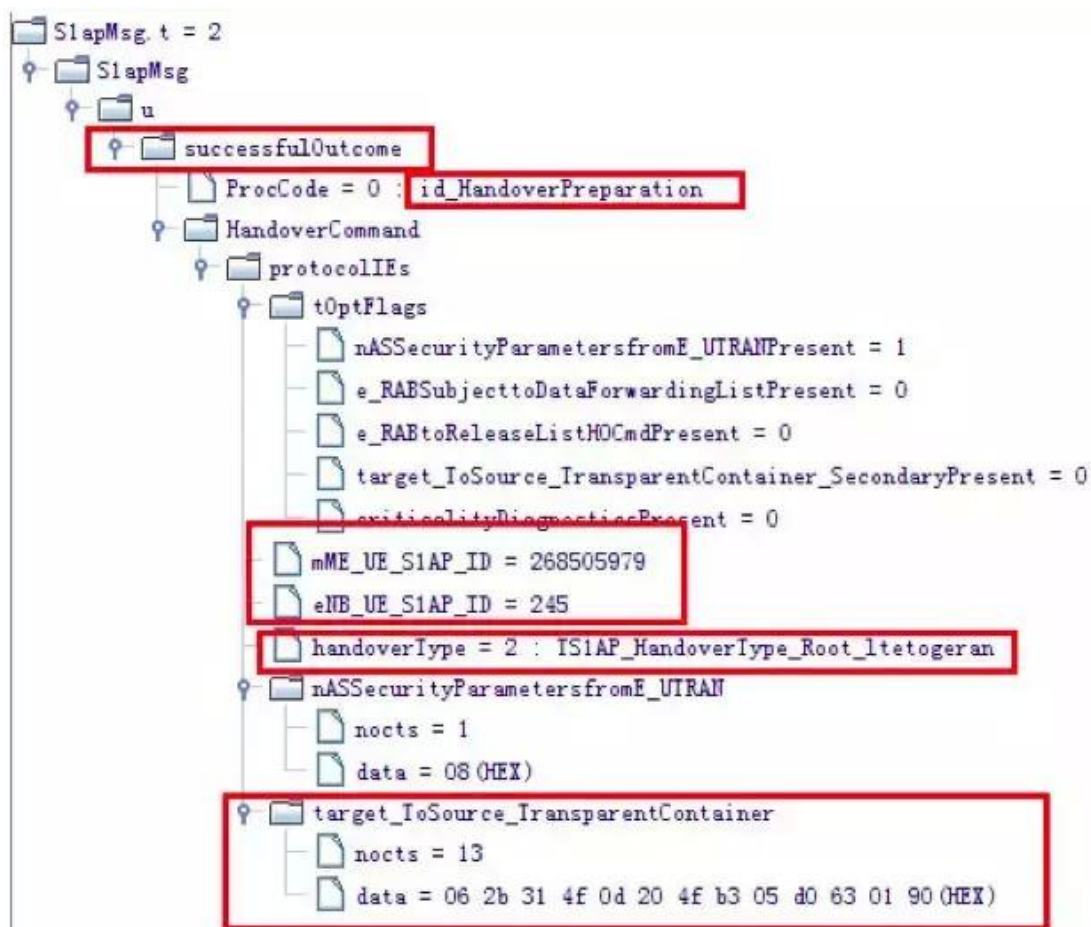
Handover Required信令

eNodeB 向 GSM 系统发起基于 SRVCC 的切换请求。



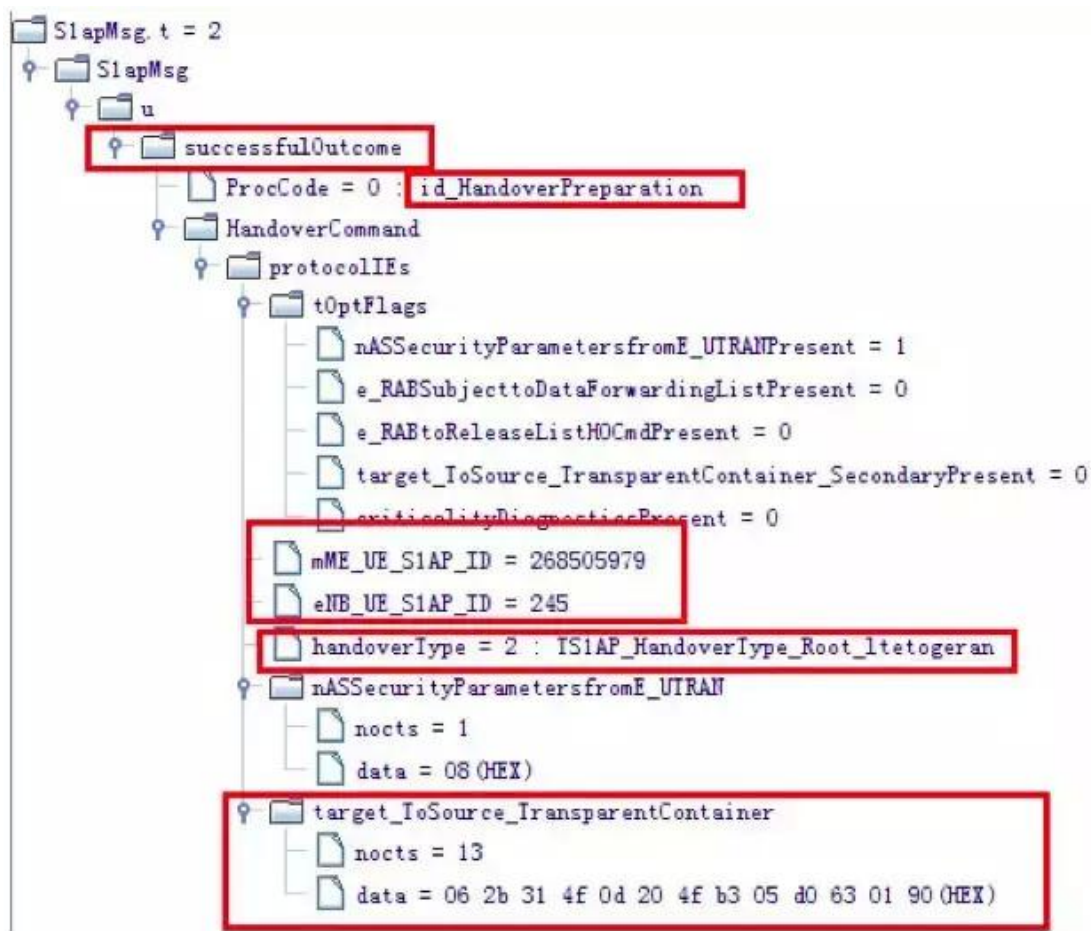
Handover Required信令

GSM 系统的目标小区的 PLMN 为 460 00，CI 小区标识为 10993。



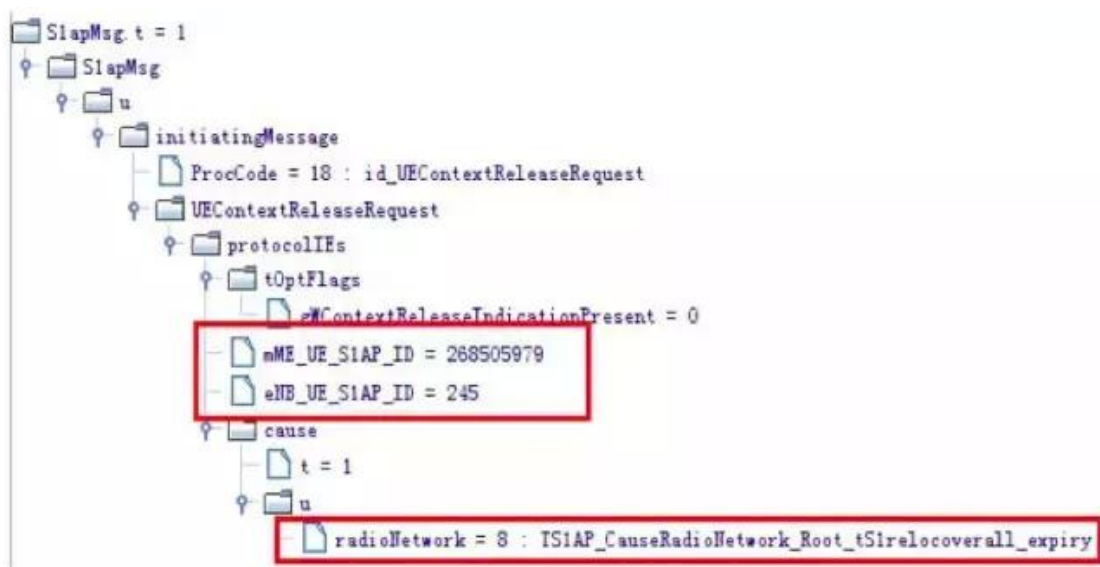
Handover Command信令

当 GSM 系统资源准备完成，由 MME 通过 S1 口通知基站触发由 E-UTRAN 到 GSM 的切换。



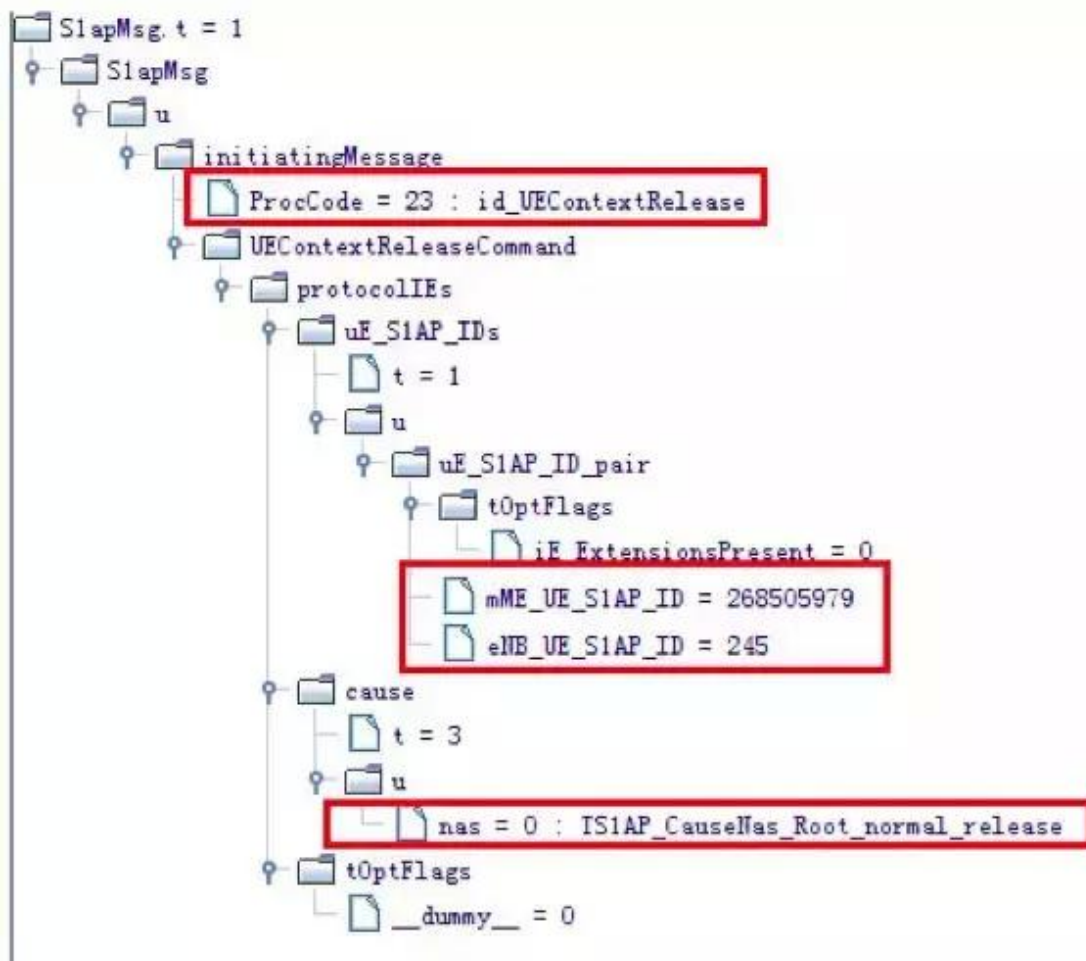
Handover Command信令

基站通知 UE 开始执行由 E-UTRAN 到 GSM 的切换。



UE Context Release Request信令

切换完成，基站向 MME 请求释放 UE 的相关资源。



UE Context Release Command信令

MME 响应基站释放 UE 资源的请求。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

