

## 5G NSA 与 SA 混合组网下切换技术的研究\*

郭瀚, 赵晓垠, 谢伟良

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

**摘要:** 随着在 2020 年大规模商用 5G 网络, 全球运营商加快了 5G 网络发展的步伐。介绍了 NSA 和 SA 的组网架构以及 NSA/SA 混合组网的演进方案, 并在 NSA/SA 混合组网共存的场景下, 研究了 NSA 到 SA、SA 到 NSA 的连接态切换技术, 对 R16 新增加的 SA 向 NSA 优化切换功能进行了分析。

**关键词:** 5G; 网络切换; NSA; SA

**中图分类号:** TN929.5

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16157/j.issn.0258-7998.200712

**中文引用格式:** 郭瀚, 赵晓垠, 谢伟良. 5G NSA 与 SA 混合组网下切换技术的研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 14-18, 28.

**英文引用格式:** Guo Han, Zhao Xiaoyin, Xie Weiliang. Research on handover technology in 5G NSA and SA hybrid network[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 14-18, 28.

## Research on handover technology in 5G NSA and SA hybrid network

Guo Han, Zhao Xiaoyin, Xie Weiliang

(China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China)

**Abstract:** With large scale commercializing of 5G network in 2020, operators in the whole world have accelerated 5G deployment. In this paper, the network architecture and evolution scheme of NSA and SA are introduced, the 5G NSA to SA, SA to NSA handover technology are studied, and SA to NSA optimized handover strategy in R16 is analyzed, which are under NSA/SA hybrid networking.

**Key words:** 5G; network switch; NSA; SA

## 0 引言

2017 年 12 月, 3G 合作伙伴项目(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)宣布 5G 非独立组网(Non-Stand Alone, NSA)标准正式冻结; 2018 年 6 月, 3GPP 全会宣布了 5G 独立组网(Stand Alone, SA)标准正式冻结; 并随着 2019 年 6 月工信部正式向各大运营商发放 5G 商用牌照, 5G 的建设工作已进入全面冲刺的阶段。

在 5G 部署的初期, 为了节省成本, 快速开展业务, 绝大多数的运营商选择 NSA 模式。NSA 网络架构作为一种过渡型网络架构, 可以充分利用存量制式网络资源, 逐渐实现 5G 平滑引入和 4G 的顺利退网。但 NSA 模式仅满足个人移动用户大带宽业务的需求, 无法满足 SA 网络架构为千行百业提供 5G 网络超低时延、端到端网络切片等特性。

随着 5G 部署工作的发展, 要求 NSA 组网向 SA 组网的快速演进。在网络演进过程中采用 NSA 组网和 SA 组网的共存部署, 并实施分区域覆盖, 即 NSA 和 SA 的 5G NR 覆盖不同区域。当处于连接态的终端在 NSA 和

SA 部署的不同区域发生移动时, 需要在 NSA 和 SA 部署的边界进行连接态互操作。2020 年 3 月底, 3GPP R16 版本针对 SA 向 NSA 组网切换的场景, 在 R15 版本基础上进行了功能增强, 使 5G 用户在不同部署区域内移动时, 数据业务平缓切换, 从而获得更好的体验。

## 1 NSA 组网与 SA 组网架构

由于 5G 核心网(5G Core Network, 5GC)的成本及其成熟度问题, 在 5G 建网初期, 采用了以 NSA 为主的方式来部署 5G 网络。NSA 组网方案中部分选项无需 5GC, 使用 LTE 的核心网下进行升级改造作为锚点, 实现建网初期的快速部署和扩大 5G 信号覆盖范围。但后期为了实现连续覆盖和支持增强移动宽带(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、超高可靠超低时延通信(Ultra Reliable Low Latency Communication, URLLC)和大规模机械通信(Massive Machine Type Communication, mMTC)三大业务场景, 向 SA 组网的演进才是运营商未来发展的目标。

对于 5G 的网络架构, 在 3GPP TSG-RAN 第 72 次全体大会上提出了 8 个选项, 多数运营商选择 Option 3 和 Option 2 作为 NSA 与 SA 的部署方案, 其架构如图 1 所示。

\* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001019)

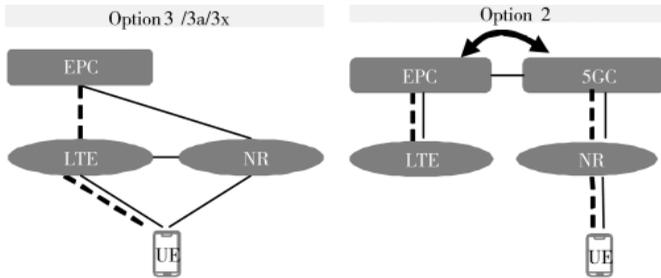


图1 NSA和SA网络架构

Option 3 系列架构是以 4G 基站(eNB)作为主节点(Master Node)、5G 基站(gNB)作为辅助节点(Secondary Node)的双连接架构,称之为双连接技术(EUTRA-NR Dual Connection, EN-DC)。EN-DC 双连接场景中,让 UE 连接到无线接入网的两个节点。其中主节点负责无线接入的控制面,即负责处理信令或控制消息;另一个节点为辅助节点,仅负责用户面,即负责承载数据流的传送<sup>[1]</sup>。双连接技术主要是为了提升网络速率,均衡网络负载以及避免切换中断,保证 UE 移动性的稳定。

NSA 组网中 UE 连接到作为主节点的 eNB 和作为辅助节点的 gNB,其中 eNB 通过 S1-MME 和 S1-U 接口分别连接到 MME 和 S-GW,并同时通过 X2-C 和 X2-U 接口连接到 gNB,gNB 也可以通过 S1-U 接口连接到 S-GW,连接示意图如图 2 所示。

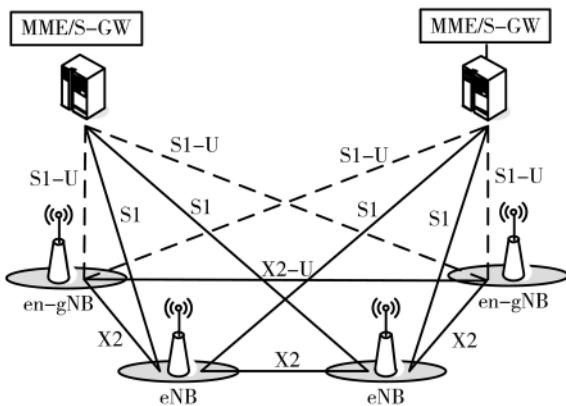


图2 NSA网元及接口示意图

Option 3 又可以分为 Option 3/3a/3x 3 个子选项,分别通过 eNB/EPC/gNB 进行数据分流。3 种架构中,Option 3 需要为用户面数据分流部分扩容 LTE 基站的容量,且与 5G NR 基站之间 X2 接口的传输要求较高;Option 3a 要求 LTE 基站具备较为灵活的机制选择用户承载面的锚点,并能动态调整,但对 X2 接口的传输要求较低;Option 3x 在控制面由 4G 基站作为锚点直接与 4G 核心网网元 MME 相连,用户数据流量的分流和聚合在 5G 基站完成,避免用户面数据分流部分对现网的影响。5G 基站可直接传送到终端,也可通过 X2-U 接口将部分数据转发到 4G 基站再传送到终端。综上所述,Option 3x 网

络可以充分利用已有 4G 网络的良好覆盖作为网络的控制面传输,并且对现网影响较小,因此运营商普遍用此方案部署 NSA 网络。

Option 2 架构中,5G 核心网与 5G 基站通过 NG 接口直接相连,传递 NAS 信令和数据,5G 无线空口的 RRC 信令、广播信令、数据都通过 5G 基站的 NR 空口直接传递。Option 2 架构对现有 2G/3G/4G 网络架构无影响,可独立部署 5G 新网元。Option 2 架构连接示意图如图 3 所示,支持 5G 核心网能力,并可提供支持增强移动宽带和基础低时延高可靠业务的能力,为不同的业务提供差异化的服务,便于拓展垂直行业,提供 5G 网络切片、边缘计算等新功能<sup>[2]</sup>。

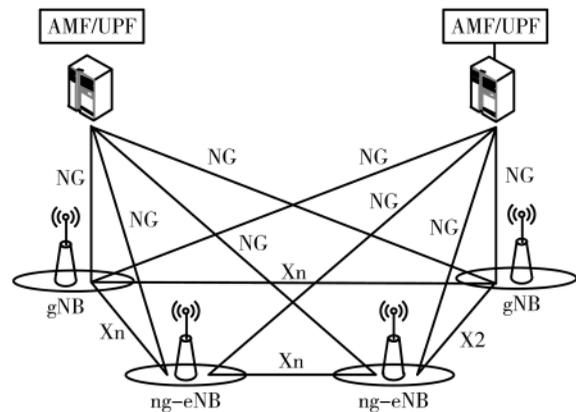


图3 SA网元及接口示意图

从运营商 5G 网络部署和演进趋势来看,运营商需要在部分场景下部署 NSA/SA 混合组网,在基站范围内按照 PLMN 粒度设置 NSA/SA 组网模式,核心网支持 NSA/SA 签约,实现 NSA 和 SA 网络共存。NSA/SA 混合组网示意图如图 4 所示。在既有 SA 小区,又有 NSA 小区的相同覆盖区内,NSA 和 SA 小区为同频小区,NSA/SA 双模终端支持接入 NSA 网络和 SA 网络的接入。

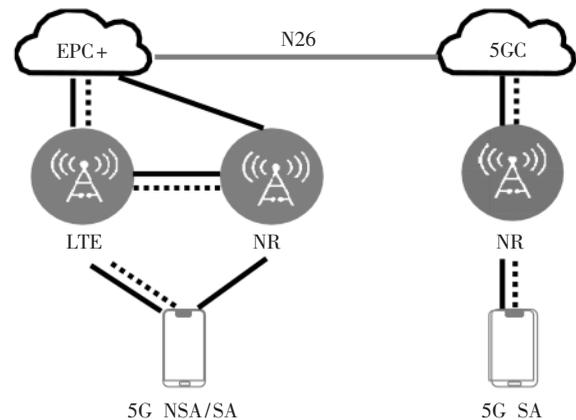


图4 NSA/SA混合组网示意图

SA 与 NSA 之间连接态的互操作方式一般分为切换与重定向。在跨系统的连接态互操作过程中,运营商通

常会选择通过 EPC MME 和 5GC AMF 之间部署 N26 接口的方案。N26 接口的存在将能够支持在互操作过程中,在源网络和目标网络之间传送移动性管理状态和会话管理状态,因此当运营部署了 N26 接口时,UE 仅能以单注册模式运行,同时网络仅需同时保持 UE 的一种可用的移动性管理状态,即可保证用户无缝的业务和会话连续性。基于 N26 接口的互操作方案业务中断时延大概在 100 ms 量级,而无 N26 接口的互操作方案中断时延达到 1 s 量级<sup>[3-4]</sup>。

由于切换时延小于重定向时延,对用户感知影响更小,因此在有条件情况下,连接态互操作方式优先选择走切换流程。当切换条件不具备时,如无 N26 接口、终端能力不支持 4G/5G 跨系统切换、4G/5G 之间没有配置邻区关系等情况,连接态互操作方式将采用重定向方案的流程。

## 2 连接态切换流程

本节针对 5G 双模网络架构共存条件下,对 5G 终端在 NSA 覆盖区域与 SA 覆盖区域间的切换流程进行分析与研究。

在 NSA 组网结构下,由于控制面信令是在 LTE 核心网 MME 传输的,数据业务 SA 和 NSA 之间的互操作与 SA 和 LTE 之间的互操作是息息相关的<sup>[5]</sup>。当连接态 UE 在 NSA 覆盖区域和 SA 覆盖区域之间移动时,在 NSA/SA 的覆盖边界会发生 NSA 与 SA 的跨区域切换。

### 2.1 NSA 切换至 SA

UE 从 NSA 覆盖区域移动到 SA 的覆盖区域,如果有数据业务承载,则触发基于业务的异系统测量。NSA 锚点站 eNB 会根据移动性功能和移动性策略配置,给 UE

下发测量配置信息。测量配置信息由 RRC Connection Reconfiguration 消息携带下发。测量模式下,基站通过测量事件上报形成的测量报告获取小区的信号质量状态。下面将列举其中一件切换参数示例,具体分析测量过程。涉及的测量事件的定义如下:

A1 事件:服务小区信号质量变得高于对应门限。

A2 事件:服务小区信号质量变得低于对应门限。

B1 事件:异系统邻区信号质量变得高于对应门限。

B2 事件:本系统服务小区低于绝对门限值且异系统高于绝对门限值。

UE 收到 NSA 锚点站 eNB 下发的测量配置信息后,按照测量配置执行测量。当满足上报条件后,UE 将测量报告上报给 eNB。eNB 通过收到 UE 上报的 A2 事件测量报告,下发 A1 事件测量并根据 NR 频点优先级从高到低排序下发异系统 B1/B2 事件测量。如果 UE 上报 A1 事件测量报告,则表示服务小区信号较好,不需要触发异系统切换;如果 UE 上报 B1/B2 事件测量报告,则执行下一步。eNB 根据测量报告生成目标小区列表。eNB 将目标小区下发给 UE,指示 UE 执行切换。

当测量到 NR 小区后,如果 UE 处于 NSA 状态,则先将 NR 辅载波删除。删除 NSA 辅载波后,通过切换流程,UE 从 LTE 切换到 NR。NSA 向 SA 切换信令流程如图 5 所示<sup>[6]</sup>。

- (1)源 MeNB 配置目标 gNB 的测量和报告。
- (2)源 MeNB 发起切换并通过 N26 接口发出切换请求。
- (3)目标 gNB 执行准入控制并提供 RRC 配置作为切换确认的一部分。
- (4)源 MeNB 在切换命令中向 UE 提供 RRC 配置。切

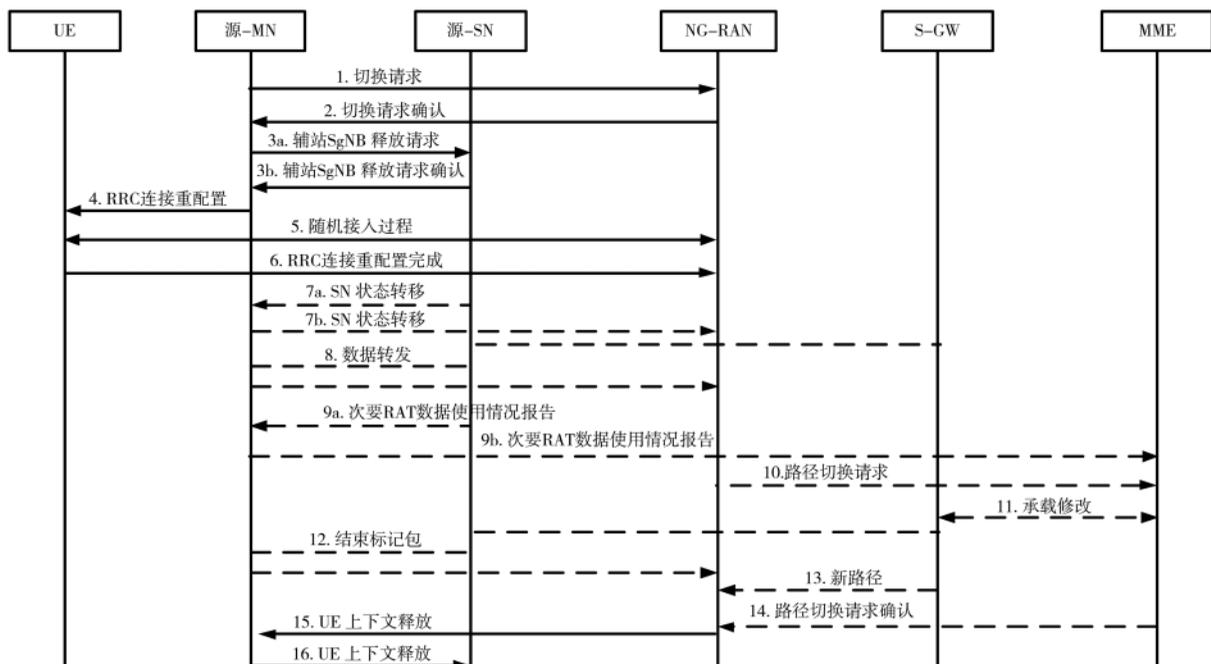


图 5 NSA->SA 的切换流程

换命令消息包括小区 ID 和接入目标小区所需的所有信息,以便 UE 可以在不读取系统信息的情况下接入目标小区。

(5)切换命令同时直接释放 SgNB。

(6)UE 将 RRC 连接移动到目标 gNB 并回复切换完成。

## 2.2 SA 切换至 NSA

3GPP R15 协议仅支持 NR 与 LTE 的互操作。SA 到 NSA 的切换,通过先从 NR 到 LTE 的切换,再加入 NSA 辅载波的形式实现。具体步骤如下:在 SA 小区内,SA 信令面锚定在 5GC 上,当连接态 UE 从 SA 小区移动到 NSA 小区时,UE 超出 SA 的覆盖区域同时发生与 4G 的系统间测量,如果没有 5G 邻区,则触发异系统切换 LTE。切换到 LTE 网络后,业务恢复。eNB 判断网络支持 NSA,则增加辅载波,在 EPC+核心网控制下建立 5G NR 的 EN-DC 承载。SA 向 NSA 切换信令流程如图 6 所示。

(1)源 gNB 配置目标 MeNB 的测量和报告。

(2)源 gNB 发起切换并通过 N26 接口向目标 MeNB 发出切换请求。

(3)目标 MeNB 执行准入控制并提供 RRC 配置作为切换确认的一部分。

(4)源 gNB 在切换命令中向 UE 提供 RRC 配置。

(5)UE 将 RRC 连接移动到目标 MeNB 并回复切换完成。

(6)进行 TAU 跟踪区更新。

(7)目标 MeNB 向 5G 基站发送 SgNB 添加请求消息。

(8)5G 基站响应请求,向目标 MeNB 发送 SgNB 添加请求确认(SgNB Addition Request Acknowledge)消息。

(9)目标 MeNB 基站发送给 UE RRC 连接重配置(RRC

Connection Reconfiguration)消息。

(10)UE 响应消息并完成目标 MeNB 基站的 RRC 连接重配,完成目标 SgNB 辅载波添加。

## 3 优化切换技术

### 3.1 国际标准进展

在 2020 年 3 月结束的 3GPP R16 会议上,对于 NR 切换至 EN-DC 的场景进行了更新。其标准进展如图 7 所示。中国电信、华为、中兴通讯、CATT、vivo、高通、NTT DOCOMO、爱立信等公司在 TS 38.331 中支持从 NR 到 EN-DC 的 RAT 间切换。在 38.306 中引入了支持从 NR 到 EN-DC 的 RAT 间切换的 UE 能力指示器。

### 3.2 优化切换的流程

3GPP R16 协议对 NR 到 EN-DC 的切换场景进行了改进和优化。UE 能力新增了 SA 切换至 NSA 的指示,gNB 根据 SA 至 NSA 的能力指示,在切换准备消息中携带支持 NSA 的 NR 候选小区给 eNB。eNB 根据候选小区,添加 SN,并且生成空口 NR SCG 配置和 SN 秘钥信元,通过切换准备 ACK(rrmconfig)回复给 gNB。gNB 给 UE 发起空口重配消息,终端收到重配消息携带 SCG 配置和安全信息,直接添加双连接。总体上,R16 协议支持在切换至 LTE 网络时,直接添加辅载波 SN。R16 协议中 SA 向 NSA 切换信令流程如图 8 所示<sup>[7]</sup>。

(1)源 gNB 配置目标 MeNB 的测量和报告。

(2)源 gNB 发起切换并通过 N26 接口向目标 MeNB 发出切换请求。

(3)目标 MeNB 决定将 5G 基站添加为辅助节点,向 5G 基站发送 SgNB 添加请求消息。该消息携带 RRC 和无线承载配置、UE 能力和安全信息等。

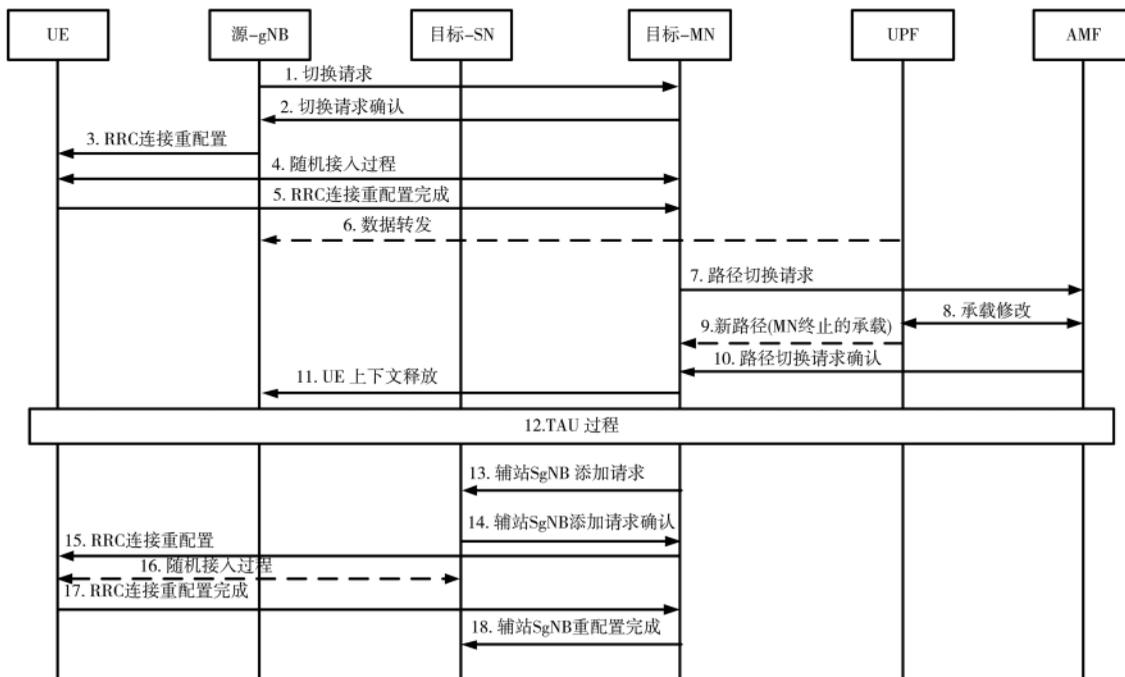


图 6 R15 版本 SA->NSA 的切换流程

切换场景	E-UTRA with EPC	E-UTRA with 5GC	NR	GERAN or UTRAN	EN-DC	NGEN-DC	NE-DC	NR-DC
E-UTRA with EPC	YES	YES	YES	YES	YES	NO	NO	NO
E-UTRA with 5GC	YES	YES	YES	NO	NO	YES	NO	NO
NR	YES	YES	YES	NO	NO->YES	NO	YES	YES
GERAN or UTRAN	YES	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO
EN-DC	YES	YES	YES	YES	YES	NO	NO	NO
NGEN-DC	YES	YES	YES	NO	NO	YES	NO	NO
NE-DC	YES	YES	YES	NO	NO	NO	YES	NO
NR-DC	YES	YES	YES	NO	NO	NO	NO	YES

图 7 R16 切换场景的标准进展(由列切换到行)

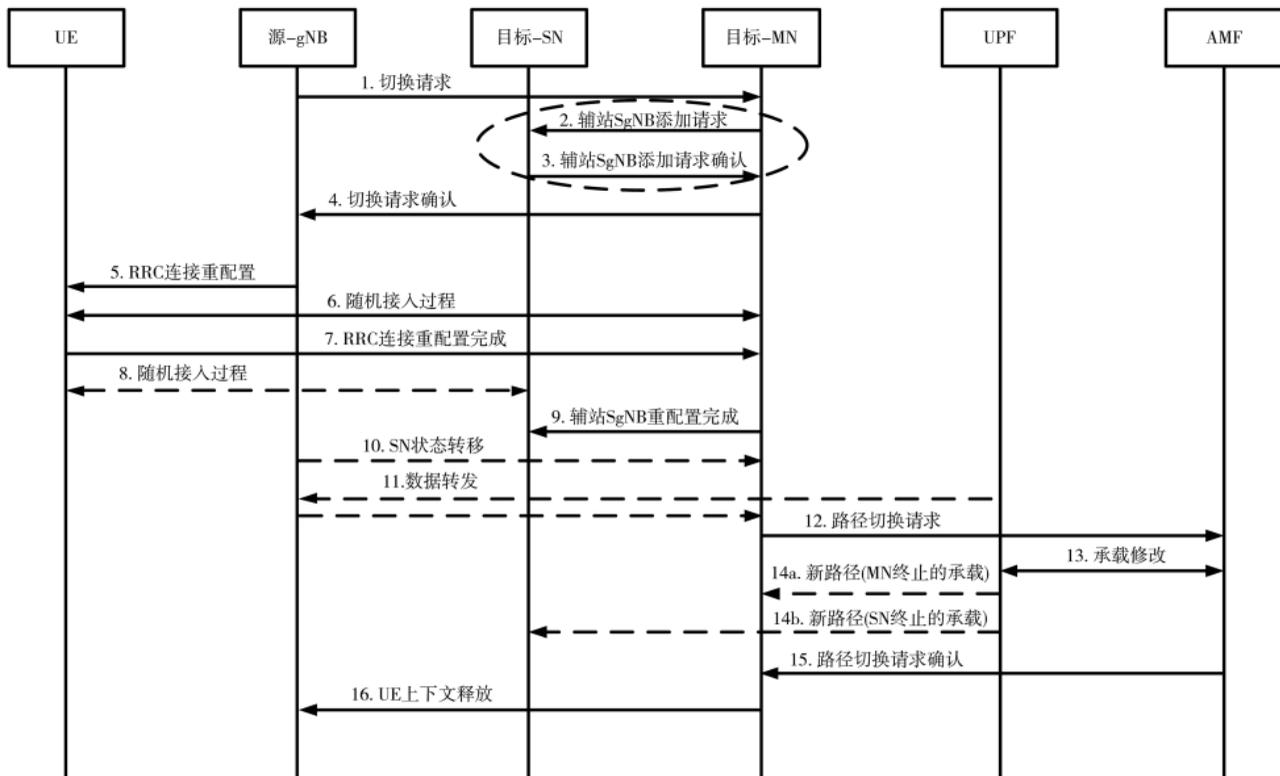


图 8 R16 版本 SA-&gt;NSA 的优化切换流程

(4)5G 基站响应请求,向 4G 基站发送 SgNB 添加请求确认(SgNB Addition Request Acknowledge)消息。该消息包含了 NR RRC 配置消息(NR RRC Reconfiguration)消息,该消息将封装在 LTE RRC 连接重配置(RRC Connection Reconfiguration)消息里,并通过 4G 基站发送给 UE,为 UE 分配 5G 无线资源。

(5)UE 将 RRC 连接移动到目标 MeNB 并回复切换完成。

### 3.3 切换技术分析

UE 在 NSA 与 SA 的连接态切换性能指标,可通过观察切换前后用户面速率变化,以及统计控制面切换时延(UE 发送 B1/B2 事件测试报告时间到 UE 发送 RRC Connection Reconfiguration Complete 消息之间的时间差)和用户面切换时延(从源小区接收到的最后一个 PDU 到从目标小区接收到的第一个 PDU 之间的时间差)进行测量评估。由于 R16 添加辅载波 SN 的操作准备发生在 NR

切换至 LTE 之前,使发生在 NSA 与 SA 切换时的业务速率更加平缓,切换时延对比 R15 预估可减少 500 ms。

### 4 结论

运营商通过同时部署 NSA 和 SA 混合组网的形式,可实现 5G 网络从 NSA 向 SA 的平滑演进。在 NSA/SA 共存场景下 NSA 和 SA 网络分区域部署,且兼容 NSA/SA 双模终端,确保了网络演进期间 5G 双模终端用户在不同覆盖区域的使用体验。采用 NSA 和 SA 混合组网形式,减少 NSA 或 SA 弱覆盖区域或覆盖空洞区域,对彼此覆盖进行补充,通过基于覆盖的 NSA/SA 连接态切换业务,可实现 NSA 和 SA 分区域部署的 5G 连续组网。R16 协议中 SA 向 NSA 组网切换能力的增强,进一步降低了因网络切换产生的时延,优化网络切换性能,提升了 5G 用户的业务体验。

(下转第 28 页)

4 结论

本文针对 2.1 GHz DSS 场景下的网络建设和上行物理资源分配问题,对 FDD 频段上行 20 MHz 对应的 LTE/NR 时频资源及配置方法进行了对照和梳理,综合考虑当前 LTE 现网负载状况与 5G 部署路线,给出了 DSS 上行物理信道和参考信号配置方案,并对方案的使用方法及配置选项进行了说明。根据各运营商 5G 战略规划,4G/5G 业务分布具备较强的区域性和阶段性,而完全动态的配置对网络和终端的灵敏度要求较高。为避免配置延迟造成的无效传输及过高的能量损耗,建议运营商根据网络建设阶段和区域用网情况,选择一种或两种配置结合的 DSS 上行方案以适应多样和变化的 4G/5G 业务比例。

参考文献

[1] 3GPP TS 38.211.Physical channels and modulation(Release 16)[S].3GPP,2019.

[2] 赛西亚,陶菲克,贝科.LTE:UMTS 长期演进理论与实践[M].马霓,邬钢,张晓博,等,译.北京:人民邮电出版社,2009.  
[3] 3GPP TS 38.213.Physical layer procedures for control(Relase 16)[S].3GPP,2019.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

侯佳(1996-),女,硕士,工程师,主要研究方向:5G、认知无线网络、频谱资源高效管理方法和技术。

胡春雷(1978-),男,本科,工程师,主要研究方向:5G 无线网络关键技术、动态频谱共享等。

谢伟良(1976-),男,博士,教授级高工,主要研究方向:无线通信及移动网络新技术及技术测试等。

(上接第 18 页)

参考文献

[1] 3GPP.3GPP TS 23.501;System architecture for the 5G system V15.2.0[S].2018.  
[2] 蔡博文,张化,郭瀚,等.5G 网络演进与双模 5G 基站[J].移动通信,2020,44(4):45-49.  
[3] 肖子玉.多模共存的 5G 网络部署关键问题探讨[J].电信工程技术与标准化,2019,32(11):37-41.  
[4] 任驰.4G 与 5G 融合组网及互操作技术研究[J].移动通信,2018,42(1):87-90,96.  
[5] 刘湘梅,熊力,段潇君,等.4G/5G 多网协同与互操作研究[J].移动通信,2019,43(12):42-47.

[6] 3GPP.3GPP TS 37.340:Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V15.7.0(release 15)[S].2019.  
[7] 3GPP.3GPP TS 37.340:Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V16.1.0(release 16)[S].2020.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

郭瀚(1994-),男,硕士,主要研究方向:5G 标准和无线接入新技术等。

赵晓垠(1981-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:无线通信、行业信息化。

谢伟良(1976-),男,博士,教授级高工,主要研究方向:无线通信及移动网络新技术及技术测试等。

(上接第 22 页)

的无线设计做出相应调整,以满足自顶向下的业务切片化部署要求。但是,考虑到空口侧无线资源受频率、地理、人群和业务的影响,无线切片设计已经成为一个极具挑战性的任务,在进行 R17 无线切片增强技术的设计时,需着重考虑真实部署、用户移动性、用户接入控制及新技术兼容等方向的技术突破<sup>[10]</sup>。

参考文献

[1] 3GPP RP-191332,Motivation for SI on enhancement of RAN support of network slicing[R].2019.  
[2] 3GPP TS 38.300,Technical specification group radio access network;NR;NR and NG-RAN overall description;stage 2 release 15[S].2019.  
[3] 3GPP TS 38.331,Technical specification group radio access network;NR;radio resource control(RRC) protocol specification;release 15[S].2019.  
[4] 3GPP RP-191209,Motivation for study on enhancement of RAN slicing[R].2019.  
[5] 3GPP RP-191210,New SI proposal;study on enhancement

of RAN slicing[R].2019.  
[6] 3GPP RP-191778,Email discussion for R17 proposals on slicing[R].2019.  
[7] 3GPP RP-192599,Second round email discussion for R17 proposals on slicing[R].2019.  
[8] 3GPP RP-191333,New SI proposal;study on enhancement of RAN support of network slicing[R].2019.  
[9] 3GPP RP-192601,Motivation for new SI;study on enhancement of RAN slicing[R].2019.  
[10] MARSCH P,BULAKCI O,QUESETH O,et al.5G system design; architectural and functional considerations and long term research[M].Johnwiley & Sons,2018.

(收稿日期:2020-06-09)

作者简介:

董秋丽(1986-),女,硕士,工程师,主要研究方向:移动通信无线技术、语音解决方案等。

李静(1983-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:移动通信无线技术、网络切片技术等。

韩潇(1986-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:5G 的标准化和无线接入关键技术。

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所