

5G SA 网络的移动性管理研究*

林平平¹, 张光辉², 李 磊¹

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209; 2. 中国电信集团有限公司, 北京 100033)

摘要: SA 是 5G 网络演进发展的目标网络架构, 采用全新的网络部署, 在相当长的一段时间内会和现网中的 LTE 网络共存。为了保证 UE 在移动过程中享受无中断的服务, 需要网络提供高效的移动性管理。移动性管理根据 UE 状态可以分为小区重选、切换以及重定向。根据服务小区的变更是否跨系统, 又可以分为系统内移动性管理和系统间移动性管理。为了达到切换 0 ms 的中断时延, R16 又提出了几种移动性管理增强的解决方案。重点介绍了 NR 之间的移动性管理、4G/5G 之间的互操作以及 R16 中的移动性管理增强方案, 为 5G SA 网络的移动性管理优化提供参考。

关键词: SA; 移动性管理; 切换; 重选; 移动性增强

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200711

中文引用格式: 林平平, 张光辉, 李磊. 5G SA 网络的移动性管理研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 7-13.

英文引用格式: Lin Pingping, Zhang Guanghui, Li Xiao. Research on the mobility management in 5G SA network[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 7-13.

Research on the mobility management in 5G SA network

Lin Pingping¹, Zhang Guanghui², Li Xiao¹

(1. China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China; 2. China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

Abstract: SA is the final network architecture of 5G network evolution and development, which adopts a brand new network deployment. But it will coexist with current LTE networks for quite a long time. In order to ensure that UEs enjoy uninterrupted service in the mobile process, the network needs to provide efficient mobility management. Mobility management can be divided into cell reselection, handover, and redirection based on UE state. And it can be divided into intra-system mobility management and inter-system mobility management according to whether the service cells cross the system. To achieve the 0 ms interruption delay of handover, R16 had proposed several mobility management enhancement solutions. The paper mainly introduced the mobility management between NR cells, the interoperability between 4G/5G cells and the mobility management enhancement solutions in R16, which provided a reference for the mobility management optimization of 5G SA network.

Key words: SA; mobility management; handover; reselection; mobility enhancement

0 引言

2019 年工信部颁发 5G 商用牌照, 开启了国内的 5G 商用元年。为了满足不同业务的需求, 5G 接入网架构需要支持不同的部署方式, 初期网络部署是基于 NSA (Non-Stand Alone) 方式, 到 2020 年演进到基于 SA (Stand Alone) 方式的网络架构。非独立部署 (NSA) 是利用现有 4G 网络, 快速使无线接入网具备 5G 网络的全部或部分能力, 独立部署 (SA) 则是从核心网到接入网均需新建, 构成一套完全独立的 5G 网络^[1]。5G 系统既包括了 NR (New Radio), 也包括了演进版本的 LTE (Long Term Evolution)^[2-3]。5G 网络复杂多样, 终端要实现多网络的无缝移动, 就需要高效的移动性处理。

移动性管理是移动网络的一项基本功能, 用于保证

用户在移动的情况下享受无中断的服务。高效的移动性处理是任何一个移动通信系统的关键部分^[4]。由于 NR 建网初期难以形成连续覆盖, NR 就会发生与异系统尤其 LTE 系统频繁的互操作, 以保障用户业务体验的连续性。因此, SA 网络的移动性管理既包括 NR 小区之间的移动性处理, 也包括 NR 与异系统之间的互操作。此外, NR 切换 0 ms 中断时延也是 IMT2020 的性能需求之一。诸如 URLLC (Ultra-reliable and Low Latency Communications) 这类业务, 就需要实现 0 ms 的中断时间。因此, 减少切换中断时延是 R16 移动管理性能增强的一个方向。

1 NR 小区间的移动性管理

在 NR 网络中, 移动过程中的 UE 根据 RRC (Radio Resource Control) 状态分为连接态 RRC_CONNECTED、空闲态 RRC_IDLE 和非激活态 RRC_INACTIVE, UE 在移动过程中只能处于其中一种状态, 如图 1 所示。

* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001015)

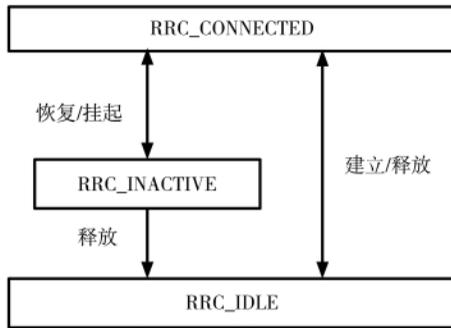


图1 RRC状态示意图

RRC_CONNECTED时UE(User Equipment)和gNodeB(generalized NodeB)建立了RRC连接,RRC_IDLE时UE和gNodeB没有建立RRC连接,RRC_INACTIVE是NR引入的一个新状态,便于网络能在需要传输数据时快速恢复连接,同时兼顾终端省电的需求,处于此状态的UE暂停数据处理,但gNodeB仍然维护UE的上下文信息,从核心网侧看UE仍然处于CM-CONNECTED(同连接态)。处于INACTIVE态的UE可以迁移到连接态或空闲态。当UE收到RAN based paging或者UE有数据需要发送给网络侧时,UE会从INACTIVE状态迁移到连接态。当UE迁移到INACTIVE状态后,如果在一定时间内没有任何业务且服务gNodeB没有改变,则最后服务的gNodeB会将UE从INACTIVE状态迁移到空闲态,同时向核心网发起释放上下文消息。

在移动通信系统中,用户终端或者移动设备总是处于不断的移动状态,网络需要根据用户的业务进行情况来转换UE的状态,并保证在UE移动时能够获取UE位置信息,保证数据传输的连续性,这些都需要通过移动性管理流程来实现。UE处于空闲态时,终端的移动性管理通常通过小区重选来处理,对于连接态的UE,移动性管理通过无线接入网基于测量报告来处理。

1.1 NR小区重选

当UE从连接态转移到空闲态或UE选择一个PLMN后,都需要进行小区选择,选择一个合适的小区驻留。当UE从连接态转移到空闲态时,UE将会选择在连接态中的最后一个小区驻留,或者根据在RRC Connection Release信息中分配的频率选择合适小区驻留。若没有满足以上条件的小区,则采用存储信息中的小区中进行选择,寻找合适小区驻留。当搜索不到合适小区时,则启用初始小区选择进行小区选择。NR小区重选流程图如图2所示。

当UE驻留在一个合适小区时,如果专用信令提供了专用优先级,则UE将丢弃系统信息内的公共优先级信息。如果UE只有其他频点的优先级,而没有当前服务频点的优先级,则UE会认为当前服务频点的优先级最低。当UE驻留在一个可接受小区时,UE仅会采用系统消息中提供的公共优先级信息。即使有专用优先级的情况下,UE只保存专用优先级信息,并不使用专用优先级进行重选。T320和频点专用优先级一起在RRC Connection Release消息中下发给UE。UE在进行小区重选时,根据当前服务小区的信号质量和邻区的频点优先级信息,对邻区进行测量。UE只对系统在系统消息广播的邻区频点和通过RRC释放消息获取到邻区频点优先级的邻区频点进行测量然后,根据小区重选规则选择一个更好的小区进行驻留。

1.2 NR小区间切换/重定向

连接态移动性管理包含切换和重定向,它是为了保证RRC连接态的UE在移动过程中能够持续接受网络服务,gNodeB对UE空口状态保持监控,判断和执行服务小区变更的过程。为了保障不同场景下UE的移动性能,5G网络支持多种切换功能,不同切换功能的基础流程是一致的,这里只介绍基于覆盖的切换。

SA组网采用端到端的5G网络架构,从终端、基站

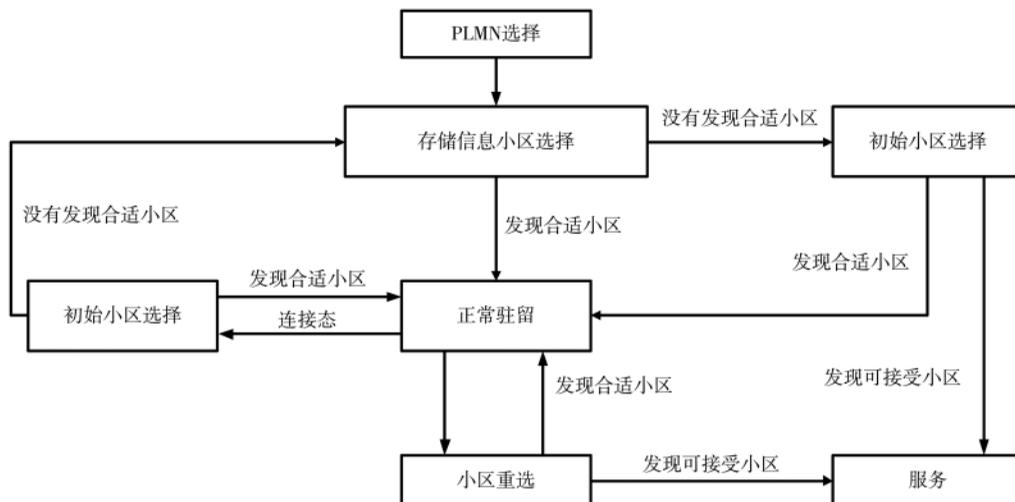


图2 NR小区间选择重选流程图

5G 无线网演进技术 5G Wireless Network Evolution Technology

特约主编 朱雪田

到核心网都采用 5G 相关标准,如图 3 所示,gNodeB 和 5GC 之间的接口称为 Ng 接口,gNodeB 之间的接口称为 Xn 接口。

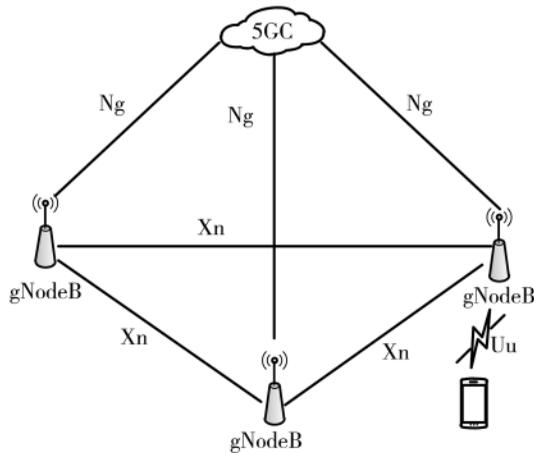


图 3 SA 组网连接示意图

基于连续覆盖网络,当 UE 移动到小区覆盖边缘,服务小区信号质量变差,邻区信号质量好时,则触发基于覆盖的切换,有效防止由于小区的信号质量变差造成的脱网。5G 系统内的切换主要包括站内切换、站间基于 Xn 接口切换和站间基于 Ng 口切换。

基站内的切换多是同频切换,流程比较简单,RRC 连接建立后就会执行测量控制下发,配置测量事件,当 UE 测量满足事件时,上报测量报告给 gNodeB,gNodeB 会根据事件的测量报告生成目标小区或目标频点列表,从中选择质量最好的小区执行切换,基本流程如图 4 所示。基于覆盖的同频切换无须切换功能的启动判决,也不涉

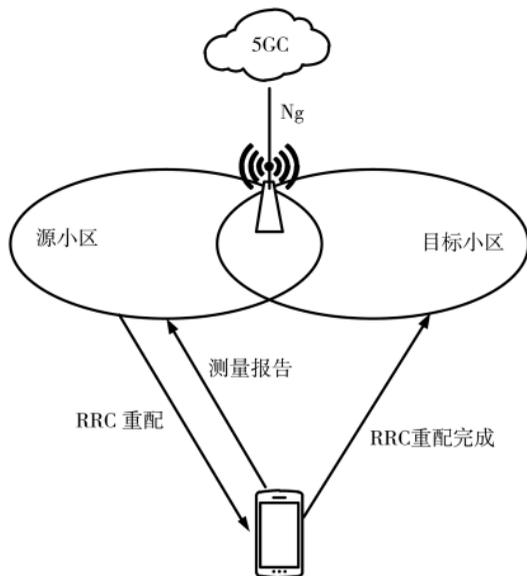


图 4 SA 站内同频切换流程图

及盲切模式,可以有效降低 SA 同频组网中同频邻区带来的干扰,降低掉话率,为用户提供连续的业务体验。

站间切换时,若切换的源小区和目标小区所在的 gNodeB 属于同一个 AMF Region,且存在 Xn 链路,则使用 Xn 发起切换请求;不存在 Xn 链路时,则使用 Ng 发起切换请求。若切换的源小区和目标小区所在的 gNodeB 属于不同 AMF Region,无论是否存在 Xn 链路,始终使用 Ng 发起切换请求。切换流程示意图如图 5 所示。

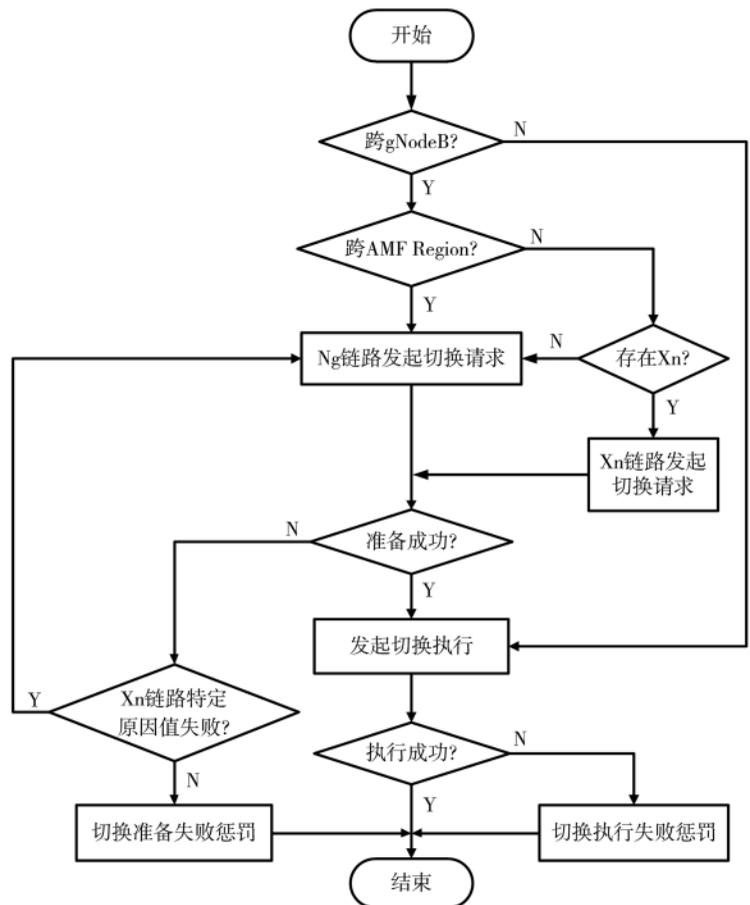


图 5 SA 网络切换流程图

目标 gNodeB 收到切换请求消息后进行切换准备,并返回准备结果。如果目标 gNodeB 准入成功,目标 gNodeB 返回响应消息(Handover Request Acknowledge 或 Handover Command)给源 gNodeB,则源 gNodeB 认为切换准备成功,发起切换执行。如果目标 gNodeB 准入失败,目标 gNodeB 返回切换准备失败消息(Handover Preparation Failure)给源 gNodeB;若失败原因值为 Invalid AMF Set ID 或者 Unknown GUAMI ID 时,源 gNodeB 尝试使用 Ng 链路重新发起切换请求消息;若失败原因值为其他值,则源 gNodeB 认为切换准备失败,并启动切换准备失败的惩罚。切换执行阶段,源 gNodeB 下发切换命令给 UE,UE 执行切换和数据转发。若切换执行成功,目标 gNodeB 返回 Release Resource 消息给源 gNodeB,源 gNodeB 释放资

源;若切换执行失败,则启动切换执行失败的惩罚。

实验发现终端在异厂家 NR 小区间进行切换时,会出现一些切换失败问题,简单列举两个案例。

案例 1,终端在目标侧切换重配完成,但未收到目标侧基站下发的测控重配信令,终端发起重建,原因为 Handover Failure。经过信令分析发现,失败是因为目标侧给终端的重配信令中没有携带 SRB RLC 重建指示,解决此问题就需要目标侧在重配信令中携带 SRB RLC 重建标识。当进行反方向切换时,需要基站具备兼容适配能力,即如果源基站没带 RLC 重建指示,目标基站仍具备 RLC 重建指示的能力,解决终端对异厂家配置的兼容性问题。

案例 2,配置相同中心频点、不同 SSB 频点的异频小区间切换过程中,终端异常释放导致掉线。原因是两个小区虽然使用不同的 SSB 频点属于异频小区,但是使用相同的频段和带宽,所以小区间存在同频干扰,导致信道质量差,从而导致终端掉线。解决方案是调整小区的 SSB 频点,确保使用相同中心频点和相同带宽的小区都使用相同的 SSB 频点,让终端进行同频切换,避免掉线。

当切换策略为重定向时,gNodeB 将从目标小区或目标频点列表中选择优先级最高的频点,在 RRC Release 消息中下发给 UE,UE 执行重定向。商用 5G SA 网络系统内的重定向涉及不是很多,移动性管理大多是小区重选和切换。

2 NR 与异系统间的移动性管理

移动通信从 4G 发展到 5G,网络架构以及所承载的业务种类都发生了很大的变化,因此,5G 网络的移动性管理既要适应网络架构的变化,同时还要满足业务多样性。在 4G 网络中,接入和移动性管理功能由 MME 来实现,而在 5G 服务化网络架构中,该功能则由 AMF 来完成。SA 组网 4G/5G 网络互通架构图如图 6 所示,NR 接入 5GC,LTE 接入 EPC,两个系统互不影响。

目前 3GPP R15 仅支持 NR 与 LTE 系统的互操作,暂不支持 NR 和其他系统的直接互操作。

5G 与 3G/2G 互操作有两种方式:(1)第一种是在有 4G 信号覆盖的区域,从 5G 到 3G/2G 需要先移动到 4G,再在 4G 按照现有的策略进行 3G/2G 互操作;反之,从 3G/2G 返回 5G 也一样。LTE 与 NR 互操作和 LTE 与 3G/2G 互操作是各自独立的,LTE 不会主动将两个过程连接起来。(2)第二种是在没有 4G 信号覆盖的区域,从 5G 到 3G/2G 需要先从 NR 脱网,再通过小区选择过程进入 3G/2G 网络;反之,从 3G/2G 返回 5G 也一样。

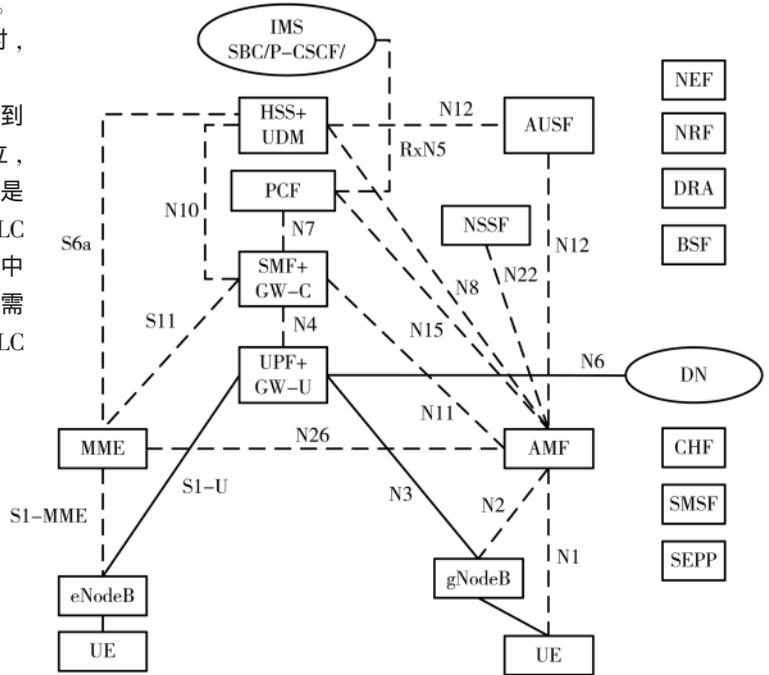


图 6 SA 组网 4G/5G 网络互通架构示意图

5G 与 4G 互操作有 3 种方式:重选(Reselection)、切换(Handover)、重定向(Redirection)。

2.1 4G/5G 小区重选

小区重选取决于频点优先级设置,小区重选流程如图 7 所示。

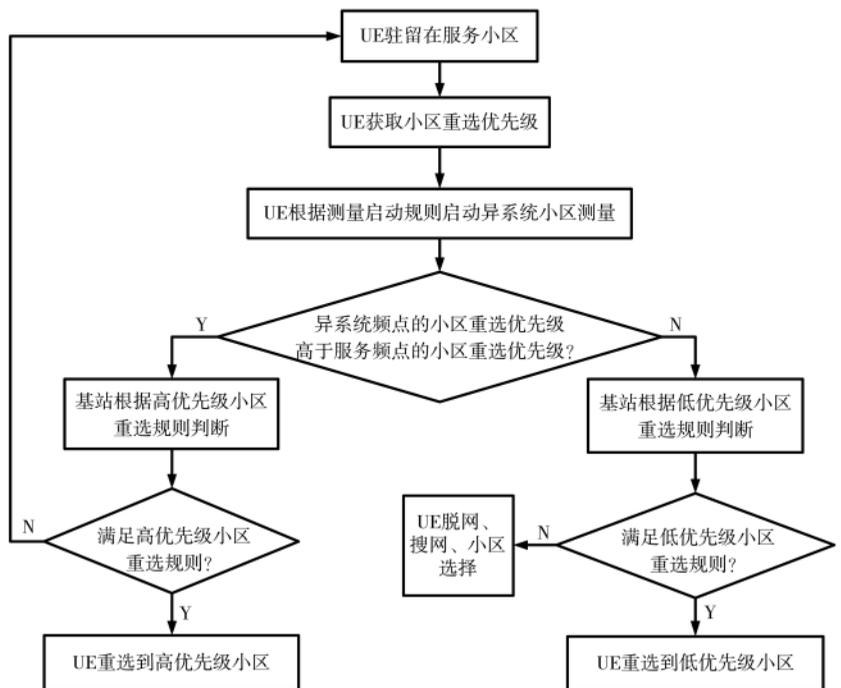


图 7 4G/5G 小区重选流程图

通常 NR 的频点优先级高于 LTE,这样在终端初始驻留网络时做好分流,SA 终端驻留到 NR 网络,而 NSA

终端和传统 LTE 终端驻留到 LTE 网络。当 NR 覆盖比较差时,小区重选到 LTE 网络中,当终端在 LTE 网络中监测到 NR 覆盖满足条件时则再次重选到 NR 网络。

NR 侧要在 SIB2、SIB5 中配置重选参数,LTE 侧需要在 SIB3、SIB24 中设置重选参数,UE 通过系统广播来获取这些重选参数、邻区信息等,争取在 5G 信号覆盖区域,所有 SA 终端都驻留在 NR 小区。小区重选准则如表 1 所示。NR 小区到 LTE 小区的重选流程对于空闲态 UE 和 INACTIVE 态 UE 没有太大区别。

表 1 4G/5G 小区重选准则

重选方向	测量准则	重选准则
4G->5G 重选	一直允许	5G 目标邻区 RSRP 或 5G 目标邻区 RSRQ 大于设定值
	5G 服务小区	5G 服务小区 RSRP 小于设定值
5G->4G 重选	RSRP 或 5G 服务小区 RSRQ 小于设定值	且 4G 目标邻区 RSRP>设定值,或 5G 服务小区 RSRQ<设定值且 4G 目标邻区 RSRQ 大于设定值

在进行 4G/5G 小区重选现场实验时,出现了因为 FDD 和 TDD 同步方式不同导致的重选失败问题。由于 LTE 系统采用频率同步方式,加上终端在空闲态时会有 GAP 测量,无法与 NR 侧在时间上进行对齐调整,因此在 LTE 测量时间内,可能无法测量到 SSB 信号。解决方案有两种:(1)方案 1,修改 LTE 站点同步方式,由频率同步改为时间同步,且需要调整帧偏置保证 LTE 测量时间内落在 SSB 发射周期内,此方案会导致 CQI/SINR 下降 0~1dB,KPI 基本平稳,调整后需要进行网络优化;(2)方案 2,修改 NR 侧 SSB 周期小于 LTE 测量时间,由于 SSB 周期变小,NR 侧干扰也同步提升,NR 系统性能如吞吐量会下降 30%左右。从互操作性能综合分析,建议优先采用 LTE 系统进行时间同步方案。

2.2 4G/5G 小区切换/重定向

在 UE 建立无线承载后,基站会根据移动性功能和移动性策略配置,给 UE 下发异系统测量配置信息。若测量配置信息有更新,基站会通过 RRC 连接重配消息或 RRC 重配消息下发更新的测量配置信息。UE 收到基站下发的异系统测量配置信息后,按照测量配置执行异系统测量。当满足上报条件后,UE 将测量报告上报给基站,基站根据测量报告生成目标小区列表,选择信号质量最好的小区作为目标异系统小区,通知 UE 执行到目标小区的切换。5G 小区向 4G 小区切换的信令流程图如图 8 所示。

4G/5G 切换速度快,有数据前传机制,保证双连接业务不受影响,但是流程相对复杂,涉及 MME 升级,支持 N26 接口,其中包括 SMF、UPF、AMF 核心网网元。重定向和切换只是流程不同,应用触发策略都是一样的。切换是 gNodeB 在不发起 RRC 连接释放的情况下,将 UE 从原服务小区变更到目标小区,保证业务连续性的过程。重定向是 eNodeB 通过 RRC Connection Release 消息释放 UE,同时在 RRC Connection Release 消息中带有重定向目标频点信息,指示 UE 到目标频点重新接入。由于重定向速度较慢,且没有数据前传机制,数据会有丢失,因此在有条件情况下,建议优先选择走切换流程。只有当切换条件不具备时,如无 N26 接口、终端能力不支持 4G/5G 切换、4G/5G 之间没有配置邻区关系等情况,才建议走重定向流程。但是,目前阶段有些基站和终端都不支持 4G 到 5G 的切换,只能走重定向。

3 移动性增强方案

R15 中的切换是无损地、按序地、无复制地递交数据到上层的切换过程,但是有用户面中断时间,R16 要做无缝切换,即 0 ms 用户面中断时延的切换。由于波束

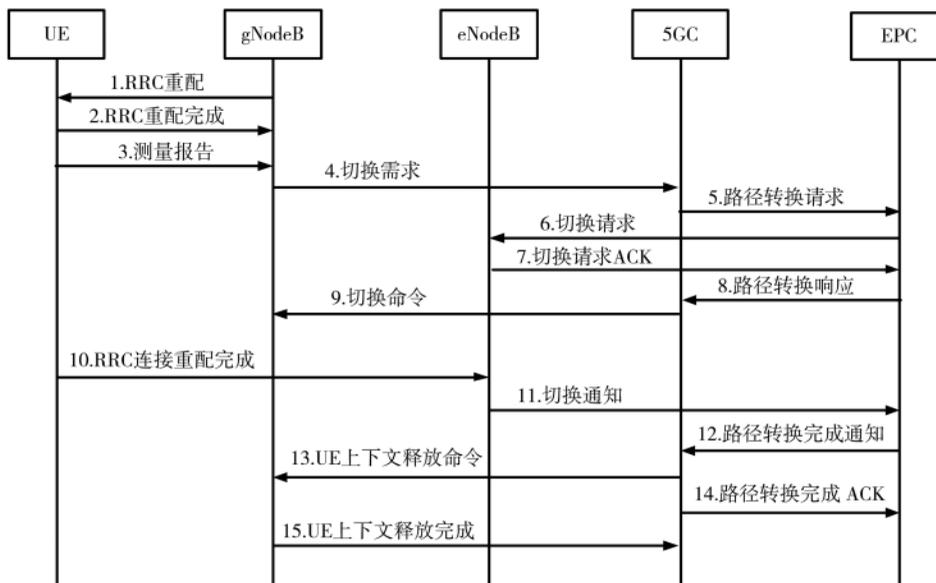


图 8 5G 小区向 4G 小区切换的信令流程图

扫描可能会引入的切换时延, NR 高频尤其是毫米波的切换相对于 LTE 切换会增加中断时延。另外, NR 高频覆盖范围较小, 当 UE 移动时可能会遇到快速的信号恶化, 切换的可靠性也会降低。NR 中视距通信和非视距通信之间的信道条件差别很大, UE 在不同的波束之间, UE 的路径损耗波动可能会较大, 这就可能会导致高比例的切换失败和乒乓切换。因此, 在 NR 环境下, 切换变得非常具有挑战性, 如何提高 NR 高频的切换可靠性以及减少切换中断时延是 R16 移动性管理性能增强的一个方向。根据 RAN#80 会议的决议, R16 将重点通过研究以下解决方案, 以减少 HO 的中断时延。

3.1 DAPS 切换

DAPS (Dual Active Protocol Stack) 切换方案利用了 Make Before Break 的原理, 在切换过程中, 当 UE 接入目标小区的过程中, UE 在源侧小区的下行数据传输可以保持 (对于 Dual-Tx 能力受限的 UE, 至少可以保持下行数据传输), 当 UE 完成目标小区的接入后, UE 的源侧数据传输可无缝切换至目标侧, 因此下行数据的传输基本可以实现切换过程 0 ms 中断。UE 的上行数据传输有一个从源侧 switch 到目标侧的动作, 这个动作会带来非常少的中断时间, 相比于 R15 切换的上行中断时间大大减少了, 可以说是接近 0 ms。目前的主流实现是在 UE 侧同时维护两套协议栈, 同时接收/发送源小区和目标小区的数据流。当 UE 从源小区接收数据包时, UE 处理 PHY/MAC/RLC, 然后根据源密钥解密 PDCP 数据包, 并将其存储在公共缓存中。当 UE 从目标小区接收数据包时, UE 将进行相同的过程 (但基于目标密钥进行解密), 并将解密后的 PDCP 数据包放入公共缓存中。Make

Before Break 切换整体流程与 R15 中的基本切换流程一致, 只是 UE 在接入目标小区前不释放源小区的连接。

DAPS 切换方案用户面数据传输在切换过程中的中断时长可降至接近 0 ms, 适用于提升时延敏感业务 (如 URLLC) 用户体验。但是, 要求 UE 具备在源小区和目标小区同时进行数据传输的能力 (至少具备 Dual-Rx 能力), 并且如果 UE 在切换前使用了 2-RF links 如建立了 DC 或 CA, 则在做 DAPS 切换前, 必须先减少一个 RF link, 这导致切换过程存在较长时间用户面流量的下降。此外, R16 不支持 FR2 to FR2 的 DAPS 切换, 也不支持 4G/5G 跨系统的 DAPS 切换。

3.2 CHO

为了提高切换成功率, 引入了条件切换 (Conditional Handover, CHO), 即提前测量报告发送, 延迟切换执行, 可以避免由于测量报告不能到达网络而导致的 RLF, 或者即使收到测量报告, 并且网络决定进行切换, 切换命令在 RLF 发生前到达 UE, UE 启动重建流程 (切换过晚)。在 CHO 过程中, 网络为 UE 配置需要执行切换的触发条件, 在满足条件的情况下, UE 不需要再等待网络侧的切换命令, 可以直接执行切换。该过程的优点是可以在无线条件变差之前的早期阶段向 UE 提供切换命令, 从而增加了消息成功传输的机会, CHO 的基本信令流程如图 9 所示。CHO 的关键阶段在于切换执行, 与传统切换不同, 由于 UE 保存了候选目标小区的配置, 并且满足 CHO 切换标准, 因此可以直接接入该候选小区, 而不用通知源小区。

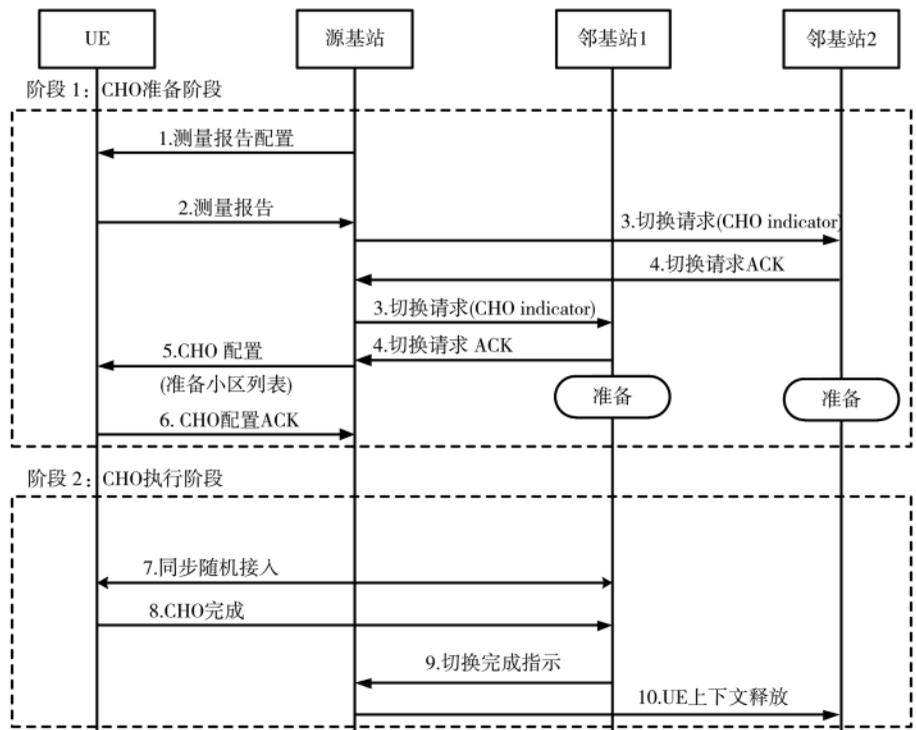


图 9 CHO 基本信令流程

CHO 通过降低 CHO command 的传输失败率, 实现改善切换失败率的目的。CHO 需要源基站同时与多个候选目标基站做切换准备, 因此会有几个问题: 较大的 X2/Xn 接口开销; 候选的多个目标小区都需要为 UE 预留资源, 不可避免地其中未被选中作为最终目标的候选小区的预留资源都会被浪费; CHO command 的 size 会增大较多 (包含所有候选小区的空口配置参数)。该方案由于有额外开销和资源浪费的代价, 并不适合作为普适方案应用于所有的小区, 但适用于改善切换失败率较高的局部区域的小区。

3.3 CPAC

对于 SCG 改变的健壮性增强,引入的方案是 CPAC (Conditional PSCell Add and Change),条件性地进行 PSCell 的增加/修改,技术方案上完全复用 CHO,并支持 NR Pscell 的任何架构选项。

对于条件性的 PSCell 增加,MN (Master eNodeB) 决定条件性 PSCell 增加的执行条件,即由测量 ID 的定义由 MN 提供的测量配置给出。对于条件性的 PSCell 改变,执行条件可以由 MN 或 SN (Secondary gNodeB) 决定 (即 SN 决定 SN 发起流程的条件,MN 决定 MN 发起流程的条件);对于条件性的 PSCell 改变,还应该支持 A3/A5 执行条件。对于条件性的 PSCell 增加,应该支持 A4/B1 执行条件。

4 结论

SA 网络是 5G 网络的目标架构,目前正在进行部署和商用,短期内不能做到完全连续覆盖,会有大量的移动性管理。本文介绍了 NR 系统内的移动性管理和 4G/5G 间的互操作,都是包含小区重选、重定向和切换。最后,分析了 R16 中提出的几种移动性增强方案,DAPS 切换能够解决 R15 切换 0 ms 中断时延的问题,CHO 可以

提高切换成功率,CPAC 可以增强 SCG 改变的健壮性,从而通过这几种移动性增强方案进一步优化了 5G 切换技术。

参考文献

- [1] 刘博光,柳少明,门少杰,等.基于 SA 的 NSA 移动 5G 网络部署探讨[J].移动通信,2019 (8):20.
- [2] 刘晓峰,孙韶辉,杜忠达,等.5G 无线系统设计与国际标准[M].北京:人民邮电出版社,2019.
- [3] 朱晨鸣,王强,李新.5G 2020 后的移动通信[M].北京:人民邮电出版社,2016.
- [4] 埃里克·达尔曼,斯特凡·巴克浮,约翰·舍尔德,等.5G NR 标准:下一代无线通信技术[M].朱怀松,王剑,刘阳,译.北京:机械工业出版社,2019.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

林平平(1987-),女,硕士,主要研究方向:4G/5G 移动通信无线网络共享、演进及规划等技术。

张光辉(1976-),男,博士,主要研究方向:移动通信技术演进与规划。

李晶(1994-),女,硕士,主要研究方向:4G/5G 移动通信无线网络创新与研发。

(上接第 6 页)

上行额外开销计算与下行额外开销计算,说明了当引入 DSS 后多出了多少开销。

两种满载情况下,在上行额外开销的计算中,LTE 对 NR 的影响与 NR 对 LTE 的影响都较少,分别仅有 8.11% 与 2.03%。而下行额外开销计算中,无论是 CRS 打孔方案还是 M 子帧方案,LTE 给 NR 带来的影响远远超过 NR 给 LTE 带来的影响。CRS 打孔方案下,分别是 27% 与 1.4%;M 子帧方案下,分别是 25.5% 与 7.5%。

本文只是针对开启 DSS 后,LTE 或 NR 单一通信制式满载对比只部署 LTE 或 NR 额外带来的额外开销进行计算。因为此场景具有特别的意义,可直接计算出为了实现共享功能所牺牲的资源数量和比例。但是对于既有 LTE 又有 NR 用户的满载情况并未进行计算,这种情况将会涉及更多的参考信号、系统消息与 CRS 冲突需要打孔或配置 M 子帧的问题,例如:Msg2/4、DMRS、CSI-RS、TRS 等,带来的额外开销计算还需要在未来工作中继续研究。此外,CRS 打孔过多会影响解调性能,M 子帧配置过多会影响现网 4G 用户体验,因此实际部署可采取 M 子帧+打孔的方式,这种方式的具体方案能否进一步降低带来的负面影响与额外开销计算也是未来工作努力的方向。

参考文献

- [1] 埃里克·达尔曼,斯特凡·巴克浮,约翰·舍尔德,等.5G NR 标准:下一代无线通信技术[M].朱怀松,王剑,刘阳,译.北京:机械工业出版社,2019.
- [2] 万蕾,郭志恒.LTE/NR 频谱共享——5G 标准之上下行解耦[M].北京:电子工业出版社,2019.
- [3] 周阅天,李志军,陈建刚,等.5G 无线接入网共享与演进技术研究[J].电子技术应用,2020,46(4):14-18.
- [4] 3GPP TS 38.211 v15.8.0,NR;Physical channels and modulation[S].2020.
- [5] 3GPP TS 38.213 v15.10.0,NR;Physical layer procedures for control[S].2020.
- [6] 3GPP TS 38.214 v15.10.0,NR;Physical layer procedures for data[S].2020.
- [7] 3GPP TS 38.306 v15.9.0,NR;User equipment(UE) radio access capabilities[S].2020.

(收稿日期:2020-07-13)

作者简介:

周阅天(1992-),通信作者,男,硕士,主要研究方向:网络共建共享、4/5G 协同组网等,E-mail:zhouyt@china-telecom.cn.

许晓航(1995-),男,硕士,主要研究方向:网络共建共享、通信网络节能等。

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。

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