NSA场景下切换成功率提升研究

Research on Improving Handover Success Rate in NSA Scenario

李含华，张国光，黎　越（中国联通江苏省分公司，江苏 南京 210019）
Li Hanhua，Zhang Guoguang，Li Yue（China Unicom Jiangsu Branch，Nanjing 210019，China）

摘　要：
5G作为支撑经济社会数字化、网络化、智能化转型的关键新型基础设施，其快速部署意义和作用极其重大。5G网络的快速建设，网络性能、质量、感知优化未能及时跟进，因此网络优化工作更需快速开展。从NR站间切换入手，讨论切换失败处理思路及方法，并结合现网处理案例，详细阐述了切换失败的处理过程以及提升措施。

关键词：
NR；X2；切换失败；切换成功率；站间切换
doi：10.12045/j.issn.1007-3043.2021.03.011
文章编号：1007-3043（2021）03-0050-05
中图分类号：TN929.5
文献标识码：A
开放科学（资源服务）标识码（OSID）：

Abstract：
5G as a key new infrastructure to support the digital，networked and intelligent transformation of the economy and society，its rapid deployment is of great significance and role. With the rapid construction of 5G network，the optimization of network performance，quality and perception cannot be followed up in time，so the network optimization work needs to be carried out more quickly. It starts with the handover between NR stations，discusses the handling ideas and methods of handover failure，and expounds the handling process and improvement measures of handover failure in detail based on the existing network handling cases.

Keywords：
NR；X2；Handover failure；Handover success rate；Inter station handover

引用格式：李含华，张国光，黎越. NSA场景下切换成功率提升研究[J]. 邮电设计技术，2021（3）：50-54.

1 概述

5G网络是一个新的技术领域，不同于2G/3G/4G的建设优化，没有任何经验积累和借鉴，协议标准还未制定完毕，目前处在边建设、边使用、边摸索阶段，一切都是探索。响应国家号召及要求，中国联通和中国电信本着友好互利的宗旨，积极推动5G网络共建共享进程，随着站点越来越多，共享率稳健提升，双方在覆盖效果上都取得巨大成效；网络快速建设的同时，带来了网络优化的滞后，与感知相关的NR侧切换成功率随之恶化，其中站间切换成功率极为严重。切换失败导致时延增加、信号变差、掉线等，造成速率降低，影响用户感知。

本文针对NR侧站间切换问题进行研究，分析切换失败的处理过程以及提升措施。

2 NR侧切换指标介绍

2.1 NR侧切换KPI定义

切换是无线网络非常重要的事件，是保障网络连续覆盖的重要技术手段，要提升切换指标，首先要了解切换的流程，搞清楚切换信令打点位置，结合信令跟踪，对失败的信令点进行分析，找出失败原因。

收稿日期：2021-01-29

2.1.1 NR侧站内切换打点

如图1中A点所示，当gNodeB向eNodeB发送SgNB Modification Required消息时，若是PSCell的变更，则N.NsaDc.IntraSgNB.Change.Att累加。如图1中B点所示，当gNodeB收到eNodeB发送的SgNB Modification Confirm消息时，若是PSCell的变更，则N.NsaDc.IntraSgNB.Change.Succ累加。统计值累加在LTE-NR NSA DC用户所属的PSCell上。如图1中C点所示，当eNodeB收到gNodeB发送的SgNB Modification Required消息时，则L.NsaDc.SCG.Mod.Required.Att累加。如图1中D点所示，当eNodeB向gNodeB发送SgNB Modification Confirm消息时，L.NsaDc.SCG.Mod.Required.Succ累加。

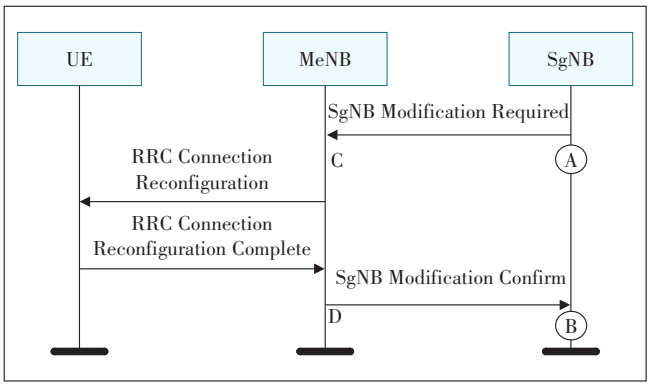

图1　NSA场景下NR站内切换统计流程记录

2.1.2 NR侧站间切换打点

如图2中A点所示，当gNodeB向eNodeB发送的SgNB Change Required消息时，N.NsaDc.InterSgNB.Change.Att累加。如图2中B点所示，当gNodeB收到eNodeB发送的SgNB Change Confirm消息时，N.NsaDc.InterSgNB.Change.Succ累加。如图2中C当eNodeB收到gNodeB发送的SgNB Change Required消息时，L.NsaDc.SCG.Change.Att累加。如图2中D点所示，当eNodeB向gNodeB发送SgNB Change Confirm消息时，L.NsaDc.SCG.Change.Succ累加。

2.1.3 NR侧切换成功率计算方法

NR侧切换成功率的计算方法如表1所示。

表1　NSA切换指标定义

统计方式	切换指标	计算公式
NR侧统计	PSCell站内变更成功率	N.NsaDc.IntraSgNB.PSCell.Change.Succ/N.NsaDc.IntraSgNB.PSCell.Change.Att x 100%
	PSCell站间切换成功率	N.NsaDc.InterSgNB.PSCell.Change.Succ/N.NsaDc.InterSgNB.PSCell.Change.Att x 100%
	5G整体切换成功率	(N.NsaDc.InterSgNB.PSCell.Change.Succ+N.NsaDc.IntraSgNB.PSCell.Change.Succ)/(N.NsaDc.InterSgNB.PSCell.Change.Att+N.NsaDc.IntraSgNB.PSCell.Change.Att)×100%

2.2 NR站间切换失败分析

通过对某地(市)大量的路测跟踪分析发现，站间切换失败问题(X2接口观察SGNB_CHANGE_REFUSE)的原因大多是："transport-resource-unavailable"。

结合网管跟踪分析发现：当gNodeB收到eNodeB发送的SgNB Change Refuse消息时，消息中CAUSE大部分都是："transport-resource-unavailable"；如图3右所示：锚点LTE基站直接判断与目的NR站点之间X2传输资源不可用，返回SGNB_CHANGE_REFUSE并携带原因"Transport Resource Unavailable"；如图3左所示：锚点LTE基站发起了辅站添加，但是目的gNodeB反馈了SGNB_ADD_REJ，携带原因"Transport Resource Unavailable"，LTE回复源gNodeB SGNB_CHANGE_REFUSE并携带原因"Transport Re-

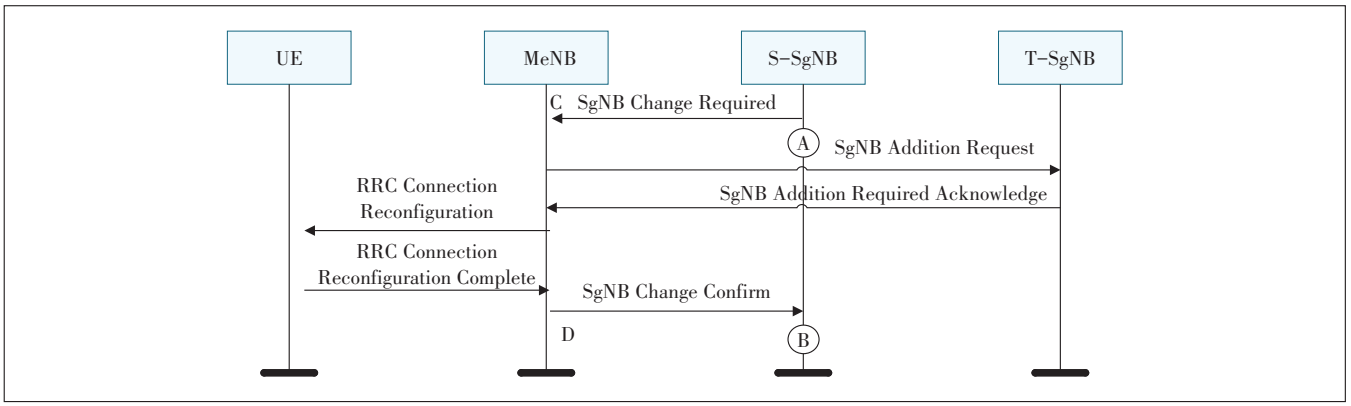

图2　NSA场景下NR站间切换统计流程记录

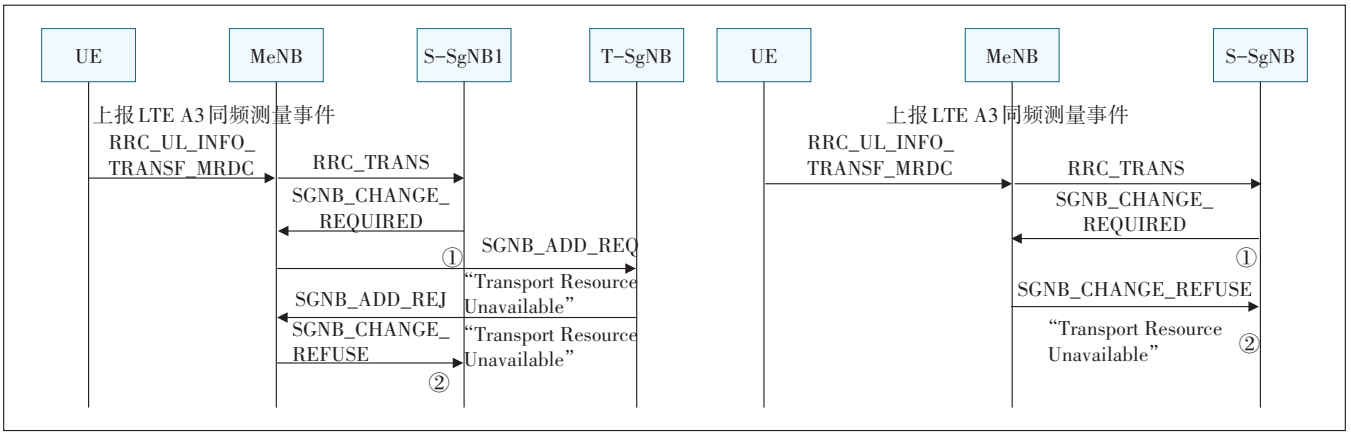

图3　站间切换流程

source Unavailable"。所有的原因值都指向了"Transport Resource Unavailable"。

3 NR侧站间切换问题分类

结合以上NR站间切换失败流程分析，造成切换失败的主要原因有邻区漏配、PCI混淆、干扰、越区覆盖等等，结合测试及信令跟踪发现，打点均是"transport-resource-unavailable"传输资源不可用，因此本文则将着重分析产生该问题的原因，主要原因如下：X2未配置、传输故障、其他问题，具体处理流程如图4所示。

结合图3站间切换流程打点位置可知，站间切换成功率低的直接原因是服务基站下发的SgNB Change Required很多，但是服务基站收到的SGNB Change Confirm很少。

因为UE与MeNB与S-SgNB是双链接，且能正常做业务，因此UE与MeNB的连接以及MeNB与S-SgNB的连接是没有问题的，并且MeNB和S-SgNB的状态是正常的。站间切换成功率低的最大原因是MeNB与T-SgNB间的某一环出现问题，问题大致分成3类。

a）MeNB网元侧问题：MeNB收到了SgNB Change Required的消息，但是没有向T-SgNB发送SgNB Addition Request，存在如下2种原因。

（a）MeNB不知道T-SgNB是谁，也就是没有配置4G/5G的邻区关系，可以通过LST NREXTERNALCELL以及LST NRNRELATIONSHIP来查询4G/5G的外部邻区以及4G/5G的邻区关系。

（b）MeNB存在与T-SgNB小区同PCI的4G/5G邻区，即PCI冲突，MeNB无法明确向哪个小区发送SgNB Addition Request，所以不发送该信令。

b）MeNB与T-SgNB的X2链路问题：MeNB向T-SgNB发送了SgNB Addition Request，但是T-SgNB没有

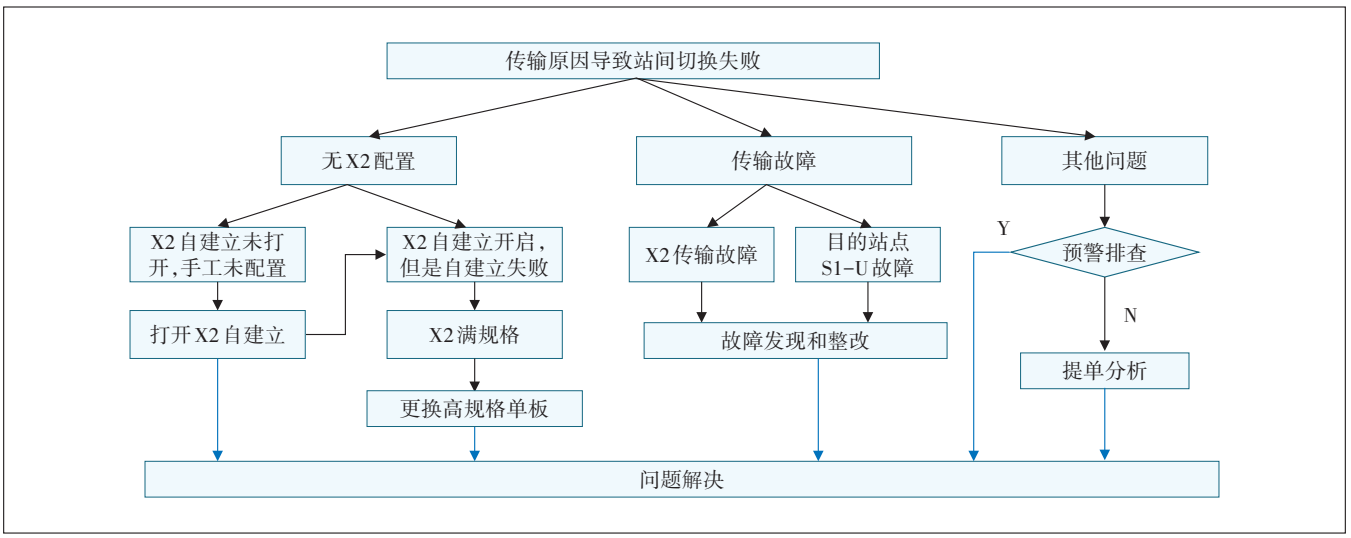

图4　传输原因导致站间切换失败问题分类

收到SgNB Addition Request，存在如下3种原因。

（a）该4G/5G的X2链路不存在。MeNB侧和T-SgNB侧的X2自建立开关没有打开，不能自建立X2链路；MeNB侧的X2链路满规格，不能继续建立更多的X2链路，导致该4G/5G X2不能自建立；MeNB侧和T-SgNB侧的X2自建立开关均打开，但没有X2自建立，主要是跨网管X2自建立出现问题。

（b）该4G/5G的X2链路故障。通过查询MeNB侧和T-SgNB侧的X2链路来判断4G/5G和5G-4G的X2链路是否正常；5G-4G X2链路检查的MML指令为DSP GNBCUX2INTERFACE，4G/5G X2链路检查的MML指令为DSP X2INTERFACE，目前X2链路异常的主要原因是底层链路故障，需联系无线和传输核查人员基站IP配置、路由等故障。

（c）该4G/5G的X2链路告警。

c）T-SgNB网元侧问题：主要是网元断链问题。

4 NR侧站间切换问题识别及优化

NR侧站间切换问题识别可以通过指标项NSA架构下NR特定两小区切换出尝试次数、NSA架构下NR特定两小区切换出成功次数来计算出点对点切换失败次数，从而得出切换失败较为严重的邻区对信息。

针对全网站间切换失败问题，排除配置类问题和快速定位传输问题站点是快速解决网络级问题的主要思路，具体为：

a）筛选问题TOP小区，排查4G锚点站与5G站点间的X2链路和邻区是否配置完全（重点排查联通4G锚点与电信5G共享站的X2链路和邻区关系）。

b）避免异频组网，电、联共享站建议采用同频组网，当前终端不支持异频切换。

c）连片区域尽量避免共享和非共享站点插花情况出现。

d）主控板X2规格满问题，造成X2底层链路故障，通过告警ALM-29225 X2接口规格满告警识别，更换高规格单板提升X2规格。

e）避免站间切换时，目标站点存在小区不可用故障，或网元断链等故障。

4.1 优化提升过程

为改善NR站间切换成功率指标，启动专项优化，并系统性分析站间切换失败原因，包括失败站点地理化分布、4G/5G锚点X2接口、邻区关系核查以及共建共享策略核查等内容。具体手段为：

a）TOP问题分析：TOP20失败次数之和占全网切换失败次数总数的41.23%，解决后全网PScell站间切换成功率可提升9.33%；前TOP 100失败次数之和占全网切换失败次数总数的74.80%，解决后全网PScell站间切换成功率可提升30.59%；综上，为提升全网PScell站间切换成功率，优先处理TOP20小区，后续持续处理TOP100小区问题。

b）关键优化动作：共建共享配置基线核查（每月核查一次全网NR基线参数）；X2/邻区核查（L-NR，NR-NR）（每周核查，并解决一次）；TOP100小区切换目标小区状态核查（每周核查一次）；NR异频频点插花组网核查（每周核查一次）。

4.2 切换问题处理案例

4.2.1 X2故障导致切换失败

问题分析：某基站向目标基站切换失败45 691次，切换成功100次。查看网管告警，发现锚点站点与目标NR站点之间存在X2告警，原因是底层链路故障。因为目的站点和LTE站点之间的X2不通，会导致切换失败，这样反复的尝试，短期内导致大量的切换失败现象。

问题解决：通过两两小区话统分析出切换失败次数最多的目的站点信息，通过U2020导出NR侧X2报表信息，根据报表显示的X2故障进行排查，经过协调无线侧将X2底层链路故障全部恢复后，站间切换指标也恢复正常。

4.2.2 传输中断导致切换失败

问题分析：某基站向目标基站扇区1（切换失败15 567次）和扇区2（切换失败36 816次）切换失败总次数52 383次。

检查CHR日志，发现失败切换目标主要是gNodeB ID为5243109的站点，切换失败的原因为X2消息回复传输资源不可用。

登录网管查询，gNodeB ID为5243109的站点当前状态为传输已中断，长期观察gNodeB ID为5243109，当传输中断故障恢复后，站间切换指标恢复。

因此，确认此站点切换失败主要原因为切换目标5G站点传输中断但小区仍然正常发射。由于切换实际未触发成功，而终端能够一直搜索到目标小区，持续上报A3事件，会导致切换请求持续触发，所以一个用户在一次业务过程中可能会产生大量切换失败。

当前版本下，NSA组网，没有S1-C，只有S1-U，基站传输中断，不会触发小区去激活，小区不退服仍然

发射。当前传输中断场景遵循此种机制的主要原因如下。

a）X2故障，自建立方式下，本站多个X2故障时，如果小区去激活（AAU不发功），后面该站与其他eNB的X2路径无法发起自建立，也无法进行接入和切换业务。

b）S1故障，自建立方式下，本端基站无法感知对端地址全集。假设对端10个地址，先建立7个都不通，此时去激活小区，那后面3个可能尝试的地址也没有机会与此小区通信进行业务处理。

问题解决方法：针对站点传输中断，小区仍持续发射导致切换失败的站点，可通过命令MOD GNBRSVD：RsvdParam23=50；打开基于资源准备失败的切换惩罚机制进行优化，彻底解决问题。该参数用于控制资源类切换准备失败惩罚定时器时长。当向目标小区切换时，若资源类切换准备失败，则在该定时器内禁止切换到该目标小区。该参数有效取值范围为0~50，当取值为0时，表示不进行惩罚；当参数配置为1~50时，实际生效值为界面配置值；当参数取值范围超过0~50时，按照0生效，该优化的网络影响如下：参数配置越小，资源类切换准备失败后发起无效的切换请求次数越多；该参数配置越大，发起无效的切换请求次数越少，但UE可能会因为切换不及时，导致掉话。

如下5种资源类准入失败原因，UE不再切换到目标小区（通过设置惩罚定时器对目标小区进行惩罚，惩罚定时器内UE不再向该惩罚小区发起切换重试）：No radio resources available in target cell；Transport resource unavailable；Not enough User Plane Processing Resources；Radio resource not available；Control Processing Overload。

4.2.3 底层传输故障导致切换失败

问题分析：某基站向目标基站切换失败11 922次。核查发现配置数据正常，切换失败原因为目标站点传输故障，经核查发现，目标站点X2全部底层链路故障，怀疑站点传输配置可能存在变更。

问题解决结果：经过协调无线侧将X2底层链路故障全部恢复后，站间切换指标也恢复正常。

4.3 优化提升成果

通过对TOP站点的分析和处理，站间切换问题持续提升，较2020年2月初的站点切换成功率的20%，提升至2020年4月初的70%以上（2020年4月3日为75.86%），提升超50%。优化后失败次数为1 000~3 000次的小区明显减少。

5 结束语

NR站间切换成功率优化提升是一个循序渐进的过程，没有相关的经验借鉴，经过一段时间的优化，站间切换成功率有了较大的提升，但与4G相比，差距还很大，需要不断研究跟进，反复调整验证，积累经验，争取尽快达到与4G网络同等水平。后续仍需推动如下工作：推动电信全量站点共享，避免因未共享站点，且同频的情况下，影响中国联通侧NR站间切换失败；对邻区、X2缺失问题进行核查，4G锚点添加必要5G邻区，增加缺失的X2，删除冗余的X2；核查中国联通4G和5G、中国联通5G和5G邻区PCI混淆问题，以及外部邻区信息配置不一致问题，逐步修改；跟踪数据调整后的指标，持续推进处理TOP小区；把SCG站间变更、4G/5G邻区核查、X2核查加入日常网优工作，完善指标维护与基础配置数据的准确性管理。

参考文献：

[1] 张涛，贺琳，李福昌. 5G无线网共享建设方案[J]. 邮电设计技术，2020(3).
[2] 陈丹丹，梁辉. 面向5G新空口的Massive MIMO技术标准进展及演进[J]. 邮电设计技术，2018(11)：18-22.
[3] 马玥，范斌. 双连接技术与应用浅析[J]. 邮电设计技术，2016(12).
[4] 杨艳，张涛，郭希蕊. 基于神经网络的5G高铁站间距预测与评估[J]. 电信技术，2019，538(1)：52-57.
[5] 刘亚. 多运营商共享5G网络技术方案研究与难点分析[J]. 光通信研究，2019(4)：19-24.
[6] 李洋，张传福，何庆瑜. 5G无线网络规划与设计探讨[J]. 电信技术，2019(8).
[7] 刘毅，郭宝，张阳，等. 5G独立组网与非独立组网浅析[J]. 电信技术，2018(9)：88-90.
[8] 陈晓冬，林衡华. 5G新空口与LTE载波共享技术的研究[J]. 移动通信，2017(17).
[9] 范卉青. 融合创新、开放共赢中国联通积极推进5G共建共享[J]. 通信世界，2019(30).
[10] 汤向栋. 5G无线网络规划与城市规划结合策略研究[J]. 信息通信，2016(10)：236-237.
[11] 刘德全，陈安华. 4G和5G融合网络部署架构研究[J]. 电信工程技术与标准化，2018，31(5)：88-92.

作者简介：
李含华，毕业于南京大学，工程师，学士，主要从事移动通信网网络优化工作；张国光，毕业于南京工程学院，高级工程师，学士，主要从事网络维护、优化工作；黎越，毕业于南京邮电学院，工程师，硕士，主要从事移动通信网络优化工作。