

中国联通 5G NR900MHz 基站设备 技术白皮书 V3.1

中国联通研究院

2022 年 5 月

版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国联通研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



中国联通研究院

目录

前言.....	2
一、背景.....	2
二、5G 网络现状与挑战.....	4
(一) 中国联通 5G 网络现状与目标.....	4
(二) 5G 网络建设面临的挑战.....	错误!未定义书签。
三、NR900MHz 基站设备硬件能力.....	7
(一) 设备架构.....	7
(二) NR900MHz RRU 硬件能力.....	7
(三) NR900MHz BBU 硬件能力.....	8
(四) 基站设备演进趋势.....	10
四、NR900MHz 基站设备软件功能.....	12
(一) R15/R16 重点功能.....	12
1. 载波聚合功能.....	12
2. 干扰管理功能.....	14
3. 语音业务功能.....	15
4. 频谱动态共享功能.....	15
5. 终端节能.....	16
6. 移动性增强.....	17

7. URLLC.....	18
8. 定位.....	19
(二) R17 重点功能.....	20
1. 载波聚合功能增强.....	20
2. REDCAP	20
3. IIoT 增强	21
4. 终端节能增强	22
5. URLLC 增强	22
6. 网络切片增强	23
7. Small data 增强.....	23
8. NR 覆盖增强.....	23
9. NTN	24
(三) R18 重点功能.....	24
五、总结与展望.....	26

前 言

本白皮书根据目前 5G 网络应用场景，网络建设现状和面临的问题，提出了 5G 基站设备形态、硬件及软件能力要求，并对 5G 基站设备路标做了目标规划。通过公开发布《中国联通 5G 基站技术白皮书》，我们向业界合作伙伴，特别是主设备厂家阐述中国联通对 5G 基站设备演进的思路，号召合作伙伴积极响应中国联通 5G 基站设备的演进需求，做好 5G 基站新产品研究工作，并加快新技术、新工艺等在 5G 基站设备中的应用，满足中国联通 5G 商用建设要求。

编写组成员（排名不分先后）：

吕婷、王伟、李静、李福昌、王权、魏进武、李红五、苗守野



一、背景

在全面建设网络强国、数字中国、智慧社会的新时期，5G 成为国家信息通信技术的焦点，将构筑起万物互联的数字新底座，对发展数字经济、实现高质量发展具有重要战略意义。“十四五”时期，我国将建成全球规模最大的 5G 独立组网网络，实现城市和乡镇全面覆盖、行政村基本覆盖、重点应用场景深度覆盖，通信网络基础设施保持国际先进水平。深入推进电信基础设施共建共享，支持 5G 接入网共建共享，推进 5G 异网漫游，逐步形成热点地区多网并存、边远地区一网托底的移动通信网络格局。

5G 基站设备作为 5G 网络的核心设备，是决定 5G 网络性能的关键。随着 5G 网络的发展，5G 基站设备历经原型设备、第一代、第二代、甚至第三代商用设备的发展，设备硬件与软件性能逐步提升，不断满足 5G 时代各类新业务、新应用的需求。

随着 5G 标准和产业链的发展，5G 基站设备产品类型也将逐步丰富，从满足 5G 首发频段的设备要求，到逐步考虑 3G/4G 系统重耕频段的基站设备需求，以及从单一制式基站设备向多制式融合设备演进等。5G 基站设备形态和功能演进需要满足运营商网络建设的要求，基站设备演进要适应运营商网络部署节奏，同时，基站设备研发应谨慎预留运营商后续几年演进所需的硬件能力，降低网络升级的复杂度和不可预知的支出成本。

基站设备能力演进规划一直都是运营商网络建设的重中之重。基

站设备能力演进要兼顾无线网络建设的实际需求以及无线新技术发展方向，立足当下、面向未来，基站设备能力不仅要适应运营商当前的业务发展需求，还需要面向未来可能出现的网络部署场景与业务需求，提前布局新能力、新功能，打造一张高效、弹性、绿色的 5G 精品网。

本白皮书基于中国联通 5G 网络未来发展需求，面向 900MHz 重耕部署场景，规划了 NR900MHz 基站设备的硬件能力要求、软件功能要求以及设备演进需求，旨在为产业在技术发展、技术引入规划和产品方案设计等方面提供参考和指引，诚邀业界合作伙伴积极响应中国联通 NR900MHz 基站设备发展规划，以建设业界领先 5G 精品低频网络为共同目标，加快新技术、新设备研发，更好的满足 5G 网络发展需求。



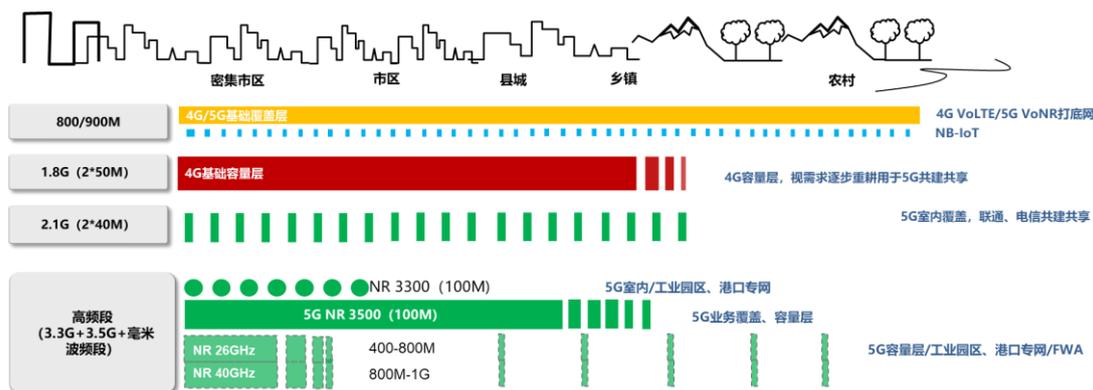
二、5G 网络现状与挑战

(一) 中国联通 5G 网络现状与目标

2019 年 9 月 9 日，中国联通与中国电信双方共同签署《5G 网络共建共享框架合作协议书》，约定在 5G 全生命周期、全网范围内共建共享一张 5G 精品网。在共建共享模式下，5G 建设速度翻倍、覆盖翻倍、带宽翻倍、容量翻倍、速率翻倍，大幅提升网络效能、投资效能。首创了 200M 共享的全球最高 2.7G 的峰值体验速率。

随着 5G 共建共享模式持续深化，经过两年多的 5G 网络建设，2021 年底共建共享 5G 基站规模已达到 69 万，实现全国所有城市、县城以及重点乡镇的 5G 网络覆盖。预计到 2022 年年底，在用 5G 基站将超过 99 万站，完成重点行政村、乡镇 5G 连续覆盖，人口覆盖率达 90%。2022 年到 2025 年实现行政村及以上 5G 网络连续覆盖，人口覆盖率达 99%。

中国联通将持续推进 4/5G 协同，推进中低频重耕，促进频率共享。3.5GHz/2.1GHz 在重点乡镇及以上区域实现连续覆盖，热点区域发挥 3.5G 200M/300M 大带宽优势。900MHz/800MHz 低频重耕用于 5G 基础覆盖（兼顾 NB-IoT 等物联网业务）。1.8GHz 近期仍为 4G 容量层，远期逐步重耕用于 5G。室内覆盖高价值场景如高校、交通枢纽、地铁等以 3.5G 为主，中低价值场景以 2.1G 为主。



(二) 5G 网络建设面临的挑战

5G 通信系统设计指标与 4G 网络相比, 各项性能指标大幅提高, 5G 基站设备单站处理能力比 4G 基站设备能力提升了几十倍甚至上百倍。随着 5G 网络的建设逐步深入, 建议一张 5G 精品网将面临新挑战。

➤ 业务需求场景化

业务需求呈现场景化特点, 不同地域, 不同区域, 不同场景对于业务需求差异比较大, 如何根据业务需求匹配 5G 网络建设方案是建设一张高效的 5G 网络所面临的新挑战。尤其是为了满足垂直行业的定制化、差异化服务, 需要制定一套以业务需求为出发点的定制化 5G 网络建设方案, 需要支持网络切片的定制, 并配合更灵活的空口资源管理功能。

➤ 网络组网复杂化

5G 时代将出现 2G/3G/4G/5G 多制式网络共存的情况, 网元数量倍增, 5G 网络的部署需要考虑与现有 2G/3G/4G 网络之间的互操作和 4G 网元的升级改造等问题。存量网络的臃肿必然带来网络的

高能耗，并难以实现业务与网络的最优匹配。因此如何淘汰高耗能，低效能的老旧设备和低制式网络（2G/3G），优化整合存量网络，提升存量网络服务效能也是 5G 网络建设面临的新挑战。

➤ 5G 服务泛在化

随着 5G 建设不断深化，5G 的覆盖区域在不断的扩大，用户对于 5G 服务泛在性的需求也越来越强烈。面临着 5G 建设的 CAPEX 与 OPEX 成本的居高不下，如何低成本建设一个满足基本业务需求的 5G 泛在网络是目前 5G 网络建设面临的新挑战。共建共享和低频重耕是运营商能够运用的最强力的手段。



三、NR900MHz 基站设备硬件能力

(一) 设备架构

从设备架构角度,5G 宏基站可分为 CU/DU 一体化、CU/DU 分离两种类型。CU、DU 是 5G 基站设备的两个逻辑模块,二者共同完成 5G 协议的全部功能。CU 负责 RRC/SDAP/PDCP 层基带协议处理,并提供与核心网、网管等设备之间的接口,DU 完成 RLC/MAC/PHY 协议以及部分射频处理功能,并提供与射频单元之间的前传接口(如 eCPRI 接口),CU 与 DU 之间通过 F1 逻辑接口交互信令和用户数据。

CU/DU 分离架构的 5G 宏基站由 CU 设备、DU 设备、AAU 或者 RRU+天线设备构成。CU 设备可基于通用硬件平台实现,支持与硬件解耦。

CU/DU 一体化架构的 5G 宏基站主由 BBU、AAU 或者 RRU+天线设备构成。目前 5G 900MHz 宏基站都采用该架构。

(二) NR900MHz RRU 硬件能力

900MHz RRU 设备主要用于低频打底网络部署,提供 5G 网络的广覆盖与深度覆盖能力。通过 800MHz 频段与 900MHz 低频频谱资源整合,可以更加有效的发挥低频覆盖能力强的优势,提升网络性能。为满足共建共享网络部署需求,低频设备包括 900MHz 单频 RRU 与 800/900MHz 双频 RRU 两种形态的设备,且设备支持 NR、LTE、NB-LTE、WCDMA 多种制式的并发能力,满足多制式网络并

存的组网场景需求。RRU 设备通过 CPRI 接口与 BBU 设备互连，为了满足 RRU 支持至少 1 个 10G CPRI 光接口，同时具备支持 25G 光模块的能力，支持 CPRI 接口压缩算法。设备能在环境温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：5% ~ 100% 环境条件下长期稳定可靠地工作，满足环境要求和可靠性要求，

1) NR900MHz RRU

900MHz RRU 设备支持 889-915MHz/934-960MHz 工作频段，瞬时工作带宽不小于 26MHz。支持 5、10MHz 等不同载波带宽，且支持多载波能力。RRU 通道数支持 4T4R，机顶最大输出功率不小于 $4 \times 60\text{W}$ 。

2) NR800/900MHz RRU

800/900MHz RRU 支持支持 824-835MHz/869-880MHz 和 889-915MHz/934-960MHz 工作频段，800MHz 频段的瞬时工作带宽不小于 11MHz，900MHz 频段的瞬时工作带宽不小于 26MHz。在 900MHz 频段 NR 模式支持 5、10MHz 等不同载波带宽，且支持多载波能力。在 800MHz 频段 NR 模式支持 5、10MHz 载波带宽，且支持多载波能力。RRU 通道数支持 4T4R，支持机顶最大输出功率不小于 $4 \times 80\text{W}$ ，每个频段获得的最大功率不低于 $4 \times 80\text{W}$ 。

(三) NR900MHz BBU 硬件能力

BBU 设备主要提供 5G 基带处理能力，可以支持连接不同类型的 RRU 设备，也可以为微基站设备提供 5G 信源。

➤ 基带处理能力

BBU 支持 5、10MHz 4T4R FDD 载波带宽，并具备多载波能力。BBU 支持 3G、FDD 4G（含 NB）和 FDD 5G 小区共基带板混模配置，支持不同带宽、不同通道数、TDD 和 FDD 小区共基带板混模配置。

BBU 单载波性能要求：

指标	单载波 5M 4T4R	单载波 10M 4T4R
	FDD	FDD
下行最大流数	4	4
上行最大流数	2	2
下行峰值速率	0.11Gbps	0.22Gbps
上行峰值速率	0.06 Gbps	0.11 Gbps
RRC 连接用户数	300	600
RRC 激活用户数	100	200
支持 VoNR 用户数	50	100

➤ 组网能力

BBU 设备支持“星型组网”和“链型组网”；在 BBU 和 RRU 光纤直连情况下，单级最大拉远距离不小于 10km（中距光模块）；支持 4G、5G 相同型号或不同型号的 RRU 级联功能。

➤ 多模能力

BBU 设备同时支持 4G/NB/5G、3G/NB/5G、3G/4G/NB/5G、

4G/NB/5G 等多模共框配置，并且支持 4G/5G 共主控，并且支持 FDD 和 TDD 共主控。

➤ 接口能力

BBU 设备支持至少 2 个 10GE 或 25GE 回传光接口，向下兼容 10GE 速率。支持通过一个回传光接口实现对 NG、Xn、S1、X2、网管等信息的统一传输。支持单端口同时配置 IPv4 协议栈、IPv6 协议栈或支持同时配置 IPv4/v6。支持与异厂家 EPC 的 S1、5GC 的 NG 接口互联，与异厂家 BBU 之间的 X2/Xn 接口互联。支持 25G eCPRI/CPRI 接口、10G CPRI 接口，且支持 25G 光模块的能力。同时支持 eCPRI 和 CPRI 接口压缩算法。

(四) 基站设备演进趋势

5G 基站设备在硬件能力、集成度以及软件功能等方面不断提高，向着性能更优、体积更小、绿色智能等方向继续演进。呈现出多场景适应性、高集成化、智能化、绿色低碳化等新的发展趋势。

➤ 多场景适应性

5G 网络支持的业务已扩展到垂直行业领域，5G 初期主要支持 eMBB 业务，随着技术的发展，5G 网络需要全面支持 uRLLC、mMTC 全业务场景。为了能够匹配不同的覆盖场景和差异化的用户需求，900MHz 基站设备通过技术演进，更好的满足 eMBB、移动物联网等多类型业务的需求。

➤ 高集成化

随着硬件产业链的发展，5G 芯片的处理能力要不断提高，半导体工艺也需要更新换代，通过采用高性能、高集成度的芯片（如 AISC 大规模应用），采用更先进的半导体工艺技术（如 5nm 工艺），5G 基站设备的集成度不断提高，设备体积更小、功耗更低，有利于节约机房空间，降低耗电量和 OPEX 成本。

➤ 智能化

无线网络智能化是未来重要的发展方向。智能化将朝着从网络运维管理向着智能内生方向发展。实现以业务为中心的时、频、空、算力等核心资源要素的“端一端”智能化自适应，解决全网“能耗”与业务负载智能化匹配等多项技术难题。降低网络运维复杂度，降低人力成本，加快构建智能、绿色、高效的全新通信网络。

➤ 绿色低碳化

围绕“双碳”目标背景下，5G 网络作为数字经济发展的的重要基座，实现绿色低碳高质量发展至关重要。通信行业的能耗数据中，无线网络占比非常高，超过 65%。在基站设备层面，通过高集成化和算法迭代优化，不断提高整机运行效率。同时，通过“智能化”解决方案，据业务量等网络 KPI 变化、用户业务体验等需求，通过智能、精准、高效的资源配置，进一步提升 5G 基站设备节能效果。

四、NR900MHz 基站设备软件功能

(一) R15/R16 重点功能

R15 版本功能主要面向 eMBB 应用场景,支持 NSA、SA 架构、灵活系统参数、Massive MIMO 等新空口特性。R16 版本在 R15 的基础上对 eMBB 的效率、功耗和时延等进行增强,并开始面向垂直行业新增定位、切片等重要功能。

900MHz 基站主要用于 5G 基础覆盖,通过与 3.5GHz、2.1GHz 网络协同,提高 5G 网络性能,打造多频层协同的 5G 精品网络。在 R15/R16 阶段,900MHz 基站设备支持载波聚合、频谱动态共享、语音业务、定位、干扰管理等重点功能。

1. 载波聚合功能

在多频协同组网场景下,基于载波聚合技术,可充分发挥多载波带来的大带宽、大容量优势。900MHz 设备支持与 3.5GHz、2.1GHz、800MHz 等频段的载波聚合能力,支持如下频段组合的载波聚合:

载波聚合频段组合:

链路方向	频段组合	带宽组合
下行&上行	900MHz +2.1GHz 2CC	900MHz 5M、10M 带宽与 2.1GHz 的下 20M、40M、50M 带宽下的任意 2 载波组合
下行&上行	900MHz +3.5GHz 2CC	900MHz 5M、10M 带宽与 3.5GHz 的下 100M 带宽下的 2 载波组合以及 900MHz 带宽
下行&上行	900MHz +800MHz	900MHz 5M、10M 带宽与 800MHz 的下 5M、

	2CC	10M 带宽下的任意 2 载波组合以及组合
下行	900M GHz+3.5GHz+3.5GHz 3CC	900MHz 5M、10M 带宽与 3.5GHz 100M 带宽下的任意 3 载波组合
下行	900M Hz+2.1GHz+3.5GHz 3CC	900MHz 5M、10M 带宽、2.1GHz 20M、40M、50M 带宽与 3.5GHz 100M 带宽下的任意 3 载波组合
下行	900M Hz+800MHz+3.5GHz 3CC	900MHz 5M、10M 带宽、800MHz 5M、10M 带宽与 3.5GHz 100M 带宽下的任意 3 载波组合
下行	900M Hz+800MHz+2.1GHz 3CC	900MHz 5M、10M 带宽、800MHz 5M、10M 带宽与 2.1GHz 20M、40M、50M 带宽下的任意 3 载波组合

载波聚合组网能力：

900MHz 基站支持同一基带板内、同一 BBU 内不同基带板间、BBU 间等组网场景下的多个成员载波的上行与下行载波聚合。同时支持不同基站间基于 IPRAN 的载波聚合。

载波聚合 R16 增强功能：

1) 上行发送切换 (UL Tx switching for CA)

NR-CA 下通过 FDD 和 TDD 上行基于 TDM 的发送模式；支持上行功率 boosting；

2) 支持 dormant BWP

基于 L1 信令控制 Scell 在 dormant BWP 和 Non-dormant BWP 间动态切换；

3) 提前测量上报

UE 可以根据网络侧的配置在 IDLE/Inactive 态对相关频点进行测量，加快 SCG 添加流程；

4) 直接辅小区激活

支持通过 RRC 信令在配置辅小区的时候直接将辅小区激活；

5) 不同 numerology 的跨载波调度

CA 下跨载波调度的主辅载波子载波间隔等可以不同；

6) 不同子载波间隔下跨载波触发非周期 CSI-RS 传输

CA 下跨载波触发非周期 CSI-RS 传输的主辅载波子载波间隔等可以不同；

2. 干扰管理功能

900MHz 存量网络存在各类干扰问题，特别是直放站带来的干扰对网络性能与用户感知造成不良影响。为了解决干扰问题，900MHz 基站设备支持窄带高干扰规避功能，在上行资源调度时屏蔽上行干扰噪声值高于干扰门限的 PRB 资源，避免将高干扰的 PRB 用于业务传输。设备支持上行频选调度功能，为边缘用户分配上行干扰噪声较小的频率资源用于业务传输，以降低上行干扰对用户业务性能的影响。同时支持基于 OI 的干扰控制功能，根据邻区发送的 OI

信息，动态调整边缘用户的上行发射功率，以有效降低系统内干扰、提升系统容量。

3. 语音业务功能

900MHz 基站设备支持 VONR、EPS 回落功能，以满足语音业务需求。EPS 回落功能支持语音呼叫回落到 4G 网络使用 VoLTE 来承载 5G 语音。空闲态/连接态两种状态下，基于切换和基于重定向的 EPS 回落功能是语音方案的必要功能。VoNR 功能支持在 5G 网络直接发起语音，时延等指标均会优于 EPS 回落方案。

EPS 回落功能支持拒绝 5QI 1 的承载建立请求，回复正确的 cause 触发核心网向同覆盖 LTE 小区发起 QCI 1 的承载建立请求；支持通过 RRC 释放消息指示终端在 LTE 重定向进行 IMS 语音业务，携带 voiceFallbackIndication 指示信息。

VONR 功能支持对语音业务建立 5QI 5 默载、5QI 1 专载、5QI 2 专载，分别承载 SIP 信令及语音/视频业务基于 IMS 建立语音/视频承载；支持 ROHC 头压缩、slot aggregation、下行 SPS、上行配置授权调度等功能；

4. 频谱动态共享功能

在存量网络重耕阶段，900MHz 频谱将同时承载 4G 与 5G 业务，频谱动态共享功能可实现频谱资源灵活按需共享，提高频谱使用效率。

900MHz 基站设备支持 LTE 和 NR 的动态频谱共享，LTE 带宽

支持 5、10MHz, NR 带宽支持 5、10MHz。可设置 NR 调度优先、LTE 调度优先、同等调度三种优先级方式。

5. 终端节能

终端节能通过增强控制信令和调度机制来降低 UE 功耗:

1)DRX 自适应配置

指示 UE 在下一个 DRX on duration 是否启动 DRX-on duration Timer。

2)跨时隙调度

通过 DCI 指示终端在 $k_0=0$ 和 $k_0>0$ 之间做快速切换。

3)最大 MIMO 层数自适应

支持下行 BWP 级别的最大 MIMO 层数限制。

4)Dormant Scell 配置

基于 L1 信令控制 Scell 在 dormant BWP 和 Non-dormant BWP 间动态切换。

5)终端辅助信息上报

根据终端上报信息 (连接态 UE 上报 CDRX 配置、载波数、CA 辅小区数、最大 BWP、MIMO 层数、请求释放连接等), 调整相关配置, 并要求基站针对终端上报的最大载波个数辅助信息配置载波聚合辅载波个数。

6)skipUplinkTxDynamic 增强

支持通过配置 enhancedSkipUplinkTxConfigured , 令

UE 在无上行数据且无 UCI 发送的情况下，即使有配置上行授权，仍可以不发送 PUSCH。

6. 移动性增强

移动性增强可减少切换延迟，尤其是当应用于毫米波(mmWave)频段部署的波束管理机制时：

1)DAPS (Dual Active Protocol Stack) 增强

通过引入双协议栈 (DAPS) 技术，达到真实的 0ms 中断时延，适用于切换中断时延敏感业务。

2)快速切换失败恢复 (Fast Handover Failure recovery)

UE 可通过 T312 定时器进行快速失败恢复过程，从而降低切换时延，能提升网络 KPI 指标。

3)条件切换 (Conditional Handover)

在源小区链路尚好的情况下，网络侧提前做好切换准备 (可以同时选择多个目标小区做好切换准备)，由 UE 根据触发条件自主判决何时以及向哪个目标小区发起切换。

4)4G/5G 互操作增强-直接数据转发

控制面信令继续走核心网，用户面数据不通过 5G 和 4G 核心网转发，直接通过 gNB 转发给 eNB,可以降低用户面中断时延，能提升网络 KPI 指标。

5)从 SA 切换到 EN-DC 网络的互操作增强

在引入该功能之后，SA->EDNC 的切换可以一步完成，也就是

在 NR->LTE 切换过程中直接添加辅载波，只需要一次 RRC 重配过程，可以提高用户速率，提升用户感知。

6)不带 MG-SSB 的跨频测量

对满足条件的异频频点执行无 Gap 测量，避免测量 Gap 对性能的影响。

7)NR 异频测量 3ms Gap

为降低异频测量 Gap 对系统性能的影响，R16 在 UE 能力中新增信元：仅测量 NR 频点时 UE 判断是否支持 3ms Gap (Pattern 2/3/11)。

7. URLLC

1) mini slot 调度

支持最小 2 个符号的 mini slot 的上下行调度。

2) slot 重复

支持业务信道 slot 粒度的重复。

3) PDCP 复制

支持基于 CA，PDCP 数据到 RLC 层复制为两份相同的数据，提升可靠性。

4) LowSE 表格

采用低码率的 MCS 和 CQI 到 SE 的映射表格，提升可靠性。

5) PDCCH 功能增强

采用 DCI Format 0_2，DCI Format 1_2 进行上下行业务数据

调度,根据终端能力配置终端采用基于 slot、基于 span 进行 PDCCH 盲检测的能力。

6) UCI 增强

支持双 HARQ-ACK 码本配置,一个 UE 支持两套发送时序,其中一套可以采用 Sub slot 为单位。

7) PUSCH mini slot 重复

支持时隙级与符号级的上行业务资源重复发送,重复次数 N 基于 UL Grant 的指示。

8) 上行配置授权增强

支持配置多套配置授权参数,配置授权数量与周期可灵活调整。

9) UE 间优先级复用增强

支持指示终端取消上行业务资源传输,UE 间上行资源复用。

10) 以太网包头压缩

支持层二以太网头压缩。

8. 定位

900MHz 基站设备支持广播 GNSS (北斗、GPS) 辅助信号过程,基站需配置 posSIB 承载广播定位辅助信号;支持 ECID、UTDOA、Multi-RTT 等定位算法。

1) UTD0A 定位

多个站点测量 SRS for positioning 相对时间差,解算位置信息,主要用于室内定位;

2) E-CID 定位

继承 4G 定位技术，使用 4G 测量量解算位置信息；

3) Multi-RTT 定位

5G 新技术，测量站点与终端之间的环回时间，多个站点解算位置信息，主要用于室外定位；

(二) R17 重点功能

R17 版本对 R16 版本的部分软件功能进行了进一步增强，也增加了面向新应用场景的功能。

1. 载波聚合功能增强

R17 版本对载波聚合功能进行了增强,包括 UL Tx switching 增强、跨载波调度增强、Scell 快速激活优化等，通过多种增强特性，提高载波聚合系统的性能。

- ✓ 支持 UL Tx switching 增强,支持 2Tx <->2Tx 轮发以及 3CC 下轮发。
- ✓ 跨载波调度增强，支持 Scell 跨载波调度 Pcell。
- ✓ Scell 快速激活优化，基于 TRS 的 CSI 测量和上报增强，实现 Scell 激活后更快有效数传。

2. REDCAP

900MHz 频段具有低频覆盖优势，存量网络中 900MHz 设备支持 NB-IoT 窄带物联网功能，以满足低速物联网业务的需求。随着移

物联网与垂直行业的融合，移动物联网应用的广度和深度不断提升，覆盖场景更加广泛，涌现出越来越多的高速物联网业务需求。

3GPP R17 标准引入了 REDCAP 技术，目前还处于标准制定阶段。REDCAP 主要面向视频监控、智能穿戴、工业传感三大重点场景，提供高速接入、高可靠性、低时延业务，通过降低 UE 带宽、降低 UE 接收天线数、降低 MIMO 流数及调制阶数等措施，进一步降低 UE 复杂度和成本。根据目前标准的定义，REDCAP UE 将支持 sub6G 频段的 20MHz 带宽，1T1R 或 1T2R，最大调制阶数为 64QAM 或 256QAM。

未来，面向高速移动物联网业务场景，900MHz 基站设备可考虑支持 REDCAP 功能，提供 5G 网络下的极致物联体验。

3. IIoT 增强

1) 基于新 QoS 参数的增强

R17 版本 CA 下的 HARQ 针对时间敏感型通信业务，SA2 工作组定义了一个被称为“业务存续时间(即 survivaltime)”的新的 QoS 参数，需要针对该参数进行相关的增强设计。

2) 对时间同步的增强

在 Rel-17，通过对传播时延的补偿来增强时间同步的精度；具体包括两种方法：

- ✓ 基于 TimingAdvance 来对传播时延进行估计的方法
- ✓ 基于 Round-Trip-Time 来对传播时延进行估计的方法

4. 终端节能增强

R17 版本对 UE 节能功能作了如下增强：

- ✓ 寻呼增强，通过 UE 分组，减少部分 UE 进行不必要的寻呼检测。
- ✓ 在 idle/inactive UE 的寻呼过程中加入 TRS/CSI-RS 信号，缩短 UE 处于 light sleep 状态的时间。
- ✓ 在 DRX 的 active time 期间，当 UE 没有数据调度时，gNB 可以发送信令指示 UE 在指示时间内跳过 PDCCH 监听。

5. URLLC 增强

R17 版本对 URLLC 功能作了如下增强：

1) HARQ 反馈增强

- ✓ CA 下的 HARQ 在不同载波的切换，以便获得低时延的收益。
- ✓ 在 R17 之前仅支持 Slot 级别的 PUCCH 重复，R17 提出 Sub slot 级别的 PUCCH 重复。
- ✓ 支持对 DL SPS 传输的 HARQ 反馈进行延后发送。
- ✓ 支持对被取消的 HARQ 反馈进行重传。

2) UE 内优先级和复用处理

- ✓ UE 内不同优先级的 UCI 可进行复用传输。
- ✓ UE 内不同优先级的动态授权调度和配置授权调度发生资源冲突时，取消低优先级的资源调度。

3) CSI 反馈增强

子带 CQI 的反馈 bit 从原来的 2bit 升级到 4bit,提升 UE 上报的准确度。

6. 网络切片增强

R17 版本对网络切片功能作了如下增强：

- ✓ 广播小区支持的切片信息以辅助终端做重选。
- ✓ 以切片或者切片分组为单位关联部分随机接入资源。

7. Small data 增强

R17 版本对小包业务功能作了如下增强：

- ✓ RA-SDT: UE 通过基站配置 PRACH 资源上发起小包业务,在 Msg3 (4-step RACH) 或 MsgA (2-step RACH) 发送 RRC 信令及小包业务数据;
- ✓ CG-SDT: UE 通过基站预配置的有效资源,发送 RRC 信令及小包业务数据。

8. NR 覆盖增强

R17 版本 NR 覆盖增强包括：

- ✓ PUSCH 增强:包括 typeA 的 slot 级的重复以及 typeB 的 minislot 级别的重复。
- ✓ PUCCH 增强:动态指示 PUCCH 的重复次数,针对 PUCCH 重复做 DMRS bundling,结合 DMRS bundling 和跨 slot 跳频,可以进一步增强 PUCCH 性能。

- ✓ MSG3 增强：基于 PUSCH 重复 type A 用于增强 MSG3。

9. NTN

R17 版本支持透明载荷架构 (transparent payload)：空中只有一个卫星中继，卫星负责 transparent 转发地面卫星网关上传的信号给地面区域。

(三) R18 重点功能

5G R18 引入功能以实现更灵活、更高效的频谱使用，推进对各种设备的支持，改进网络拓扑以促进不同的部署，并提供数据驱动的智能网络解决方案。

1) 5G 性能增强

包括 NR 的网络节能、NR 覆盖增强、NR 移动增强、NR MIMO 增强、NR 多播和广播服务增强和 NR 定位增强。

2) 灵活的频谱使用

支持 FR1 低于 5MHz 频段的专用频谱、NR DSS 增强、NR 多载波增强及 NR 下双工演进增强。

3) 多样化的 5G 设备

NR 和 MR-DC 的共存 (IDC) 增强功能、NR XR 业务增强、NR RedCap 复杂度降低、NR 小数据包增强及 NR 支持无人机。

4) 网络拓扑演进增强

gNB-CU-CP 弹性增强及 NR NTN (非地面网络) 增强功能。

5) 数据驱动和智能 5G

NG-RAN 的人工智能 (AI) /机器学习 (ML)、NR SON/MDT 的数据采集增强及针对多样化服务的 NR QoE 管理和优化。



五、总结与展望

在全面建设网络强国、数字中国、智慧社会的新时期，5G 发展前景更加广阔，同时也面临新机遇、新挑战。在 5G 发展的关键时期，中国联通作为“数字信息基础设施运营服务国家队、网络强国数字中国智慧社会建设主力军、数字技术融合创新排头兵”，将立足新征程，抓住新机遇，与合作伙伴共谋发展，推动 5G 产业高质量发展、夯实数字社会新底座。

全面建设 5G 低频网，是做深大联接，实现 5G 网络全面覆盖的基础保障、是引领 5G 产业发展进入新的阶段的突破口，是进一步加强安全可控的新机遇。为此，需要充分发掘现有的低频频谱资源，规划 900MHz 等重耕频谱的 5G 基站设备的研发和商用时间表，加快推进 900MHz 基站设备研发与技术演进，加快推进 5G 低频网络发展成熟。

我们号召合作伙伴共同推进 5G 技术持续演进、5G 基站设备不断完善，最大限度释放低频潜能，共同打造覆盖有效、体验优良、能力一流、效能卓越的 5G 精品网，为经济社会高质量发展打造坚实数字底座。

中国联通研究院是根植于联通集团（中国联通直属二级机构），服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展引领者、产业发展助推者，是原创技术策源地主力军和数字技术融合创新排头兵。联通研究院以做深大联接、做强大计算、做活大数据、做优大应用、做精大安全为己任，按照4+1+X研发布局，开展面向CUBE-Net 3.0新一代网络、大数据赋能运营、端网边业协同创新、网络与信息安全等方向的前沿技术研发，承担高质量决策报告研究和专精特新核心技术攻关，致力于成为服务国家发展的高端智库、代表行业产业的发言人、助推数字化转型的参谋部，多方位参与网络强国、数字中国、智慧社会建设。联通研究院现有员工近700人，平均年龄36岁，85%以上为硕士、博士研究生，以“三度三有”企业文化为根基，发展成为一支高素质、高活力、专业化、具有行业影响力的人才队伍。

**战略决策的参谋者
技术发展的引领者
产业发展的助推者**

态度、速度、气度

有情怀、有格局、有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路1号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术