



通信标准

## 5G NTN 网络架构标准化演进的思考

孙建成, 孙嘉颖, 缪德山, 李春林

( 中信科移动通信技术股份有限公司, 北京 100083)

**摘要:** 目前, 5G 正在全球范围内大规模商用。然而, 传统 5G 网络在部署方面受到地理条件和成本的制约, 还无法实现全球的无缝覆盖。近年来, 卫星通信技术得到了飞速发展, 让 5G 全域覆盖成为可能, 5G 和卫星的融合, 即 5G 非地面网络 (non-terrestrial network, NTN) 技术成为当前业界新的热点。国际标准化组织 3GPP 目前已经初步完成了基于透明转发架构的 5G NTN 技术规范。首先, 介绍了 5G NTN 网络架构的标准化现状; 其次, 分析了 5G NTN 当前网络架构上存在的不足或问题; 最后, 针对星间链路搭建、星地分流等问题提出了基于集成接入和回传的网络架构、NTN 自适应网络架构以及 NTN 多连接网络架构 3 种 5G NTN 网络架构增强和优化方案, 为 5G NTN 后续的研究、标准化以及网络部署提供有价值的建议和参考。

**关键词:** 5G; NTN; 网络架构; 3GPP

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2023168

## Thoughts on the standardization evolution of 5G NTN network architecture

SUN Jiancheng, SUN Jiaying, MIAO Deshan, LI Chunlin

CICT Mobile Communication Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China

**Abstract:** In recent years, 5G has been commercialized around the world in a large scale. However, considering the cost and geographical restrictions, traditional 5G networks still have trouble in providing seamless global communication. To reach the global area coverage, satellite and 5G technology integration has become a new hot topic in the communication industry. In 3GPP, the first release of 5G NTN technical specifications based on transparent payload architecture has been completed. Firstly, the standardization status of 5G NTN network architecture was introduced. Secondly, the shortcomings or issues existing in the current network architecture of 5G NTN were analyzed. Finally, three 5G NTN network architecture enhancement and optimization schemes were proposed, which including IAB-based network architecture, NTN adaptive network architecture and NTN multi-connection network architecture for intersatellite link construction and data shunt. The proposed architectures aim to providing valuable suggestions and references for the subsequent research, standardization and network deployment of 5G NTN.

**Key words:** 5G, NTN, network architecture, 3GPP

## 0 引言

卫星互联网相关技术在近十年取得长足的发展，从全球来看，目前已建立或正在建立多个巨型低地球轨道（low earth orbit, LEO）卫星星座，由数千颗至数万颗卫星通过星间及星地链路形成大规模覆盖的互联互通空间网络<sup>[1]</sup>。卫星互联网是地面互联网的重要技术补充和产业延伸，具有广域覆盖、大容量通信、高灵活性和抗灾能力强等典型特点，是继固定通信网、移动通信网之后新兴的信息通信基础设施，更是全球信息通信网络未来发展的重点方向之一，将对社会生产生活和国家战略产生深远影响。

卫星互联网的网络架构主要包括透明有效载荷（transparent payload, TP）模式和再生有效载荷（regenerative payload, RP）模式两类<sup>[2]</sup>。早期的卫星通信系统多采用 TP 模式，旨在实现卫星互联网的快速部署，但 TP 模式在时延、处理能力等方面还存在一些欠缺；相对而言，RP 模式在星上引入处理能力，减少星地之间的通信交互，降低地面通信系统的压力，能有效提高卫星通信系统的效率和可靠性<sup>[3]</sup>。因此，RP 模式近年受关注度越来越高，研究重点包括实时信号处理<sup>[4]</sup>、干扰处理<sup>[5]</sup>、自适应网络和融合网络架构设计<sup>[6]</sup>等。

目前，基于 5G 通信体制的卫星互联网正在蓬勃发展，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）、第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）以及中国通信标准化协会（China Communications Standards Association, CCSA）等标准化组织正在开展卫星

互联网相关研究和标准制定工作。3GPP 在 Release 15(Rel-15)和 Rel-16 阶段进行了 5G NTN 的相关研究，主要对卫星互联网的场景、需求和网络架构进行了研究，并在 Rel-17 版本中将 5G NTN 技术写入技术规范。目前，多国都已将基于 5G NTN 的网络建设提上了日程。

## 1 5G NTN 网络架构发展现状

在 3GPP Rel-16 NTN 的研究项目中，对基于 TP 模式和 RP 模式的 5G NTN 的场景进行了研究，其中用户设备（user equipment, UE）与卫星之间的通信链路称为服务链路，NTN 信关站（NTN gateway, NTN-GW）与卫星之间的链路称为馈电链路。在 TP 模式下，卫星的作用类似于反射镜，不进行调制、解调、编解码等信号处理。卫星从服务链路接收到射频信号后，仅改变载波频率，对其进行滤波和放大，不改变所载信号的波形，再通过馈电链路发到 NTN-GW。NTN-GW 完成处理后，再通过卫星反馈至终端。TP 模式相对比较简单，对卫星的要求也较低，因此 3GPP 在 Rel-17 和 Rel-18 阶段针对 5G NTN TP 模式进行了相关的设计和标准化工作，提出了适用于 TP 模式的标准接入网架构，5G NTN TP 模式的卫星接入网架构如图 1 所示<sup>[7]</sup>。

在 TP 模式下，基站通过 NTN-GW 与卫星相连，基站、NTN-GW 和卫星共同构成了下一代无线电接入网（next generation radio access network, NG-RAN）架构，NTN-GW 和卫星只负责基站和 UE 信号的透明转发。基于此，该架构下 UE 的端到端用户面和控制面协议栈与传统的地面 5G 网络

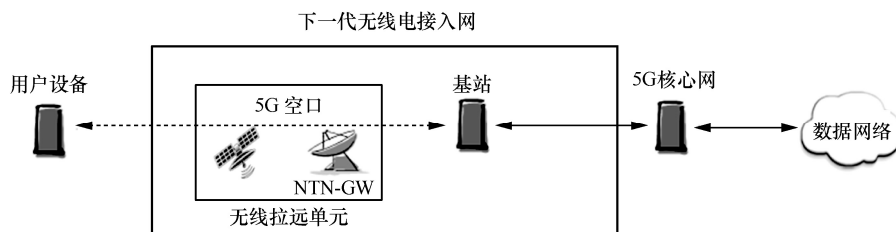


图 1 5G NTN TP 模式的卫星接入网架构<sup>[7]</sup>



一致,传统的端到端用户面协议栈如图2所示,5G NTN TP模式端到端用户面协议栈如图3所示<sup>[8]</sup>。

图2中的卫星和NTN-GW负责卫星终端和基站间的空口信令和数据的传输,不进行协议处理。经过卫星和NTN-GW转发后,信令和数据抵达地面侧的基站进行处理。在Rel-17的标准化研究中,对TP模式下的时频率同步、定时关系增强、连接态的移动性管理等方面进行了研究,与传输相关的技术未在3GPP做标准化限定。

与TP模式不同,RP模式的卫星具有射频滤波、频率转换和放大、编码解调等功能,相当于

在卫星上部署了基站。该模式下,来自用户的请求直接在星上进行处理,一般情况下无须再通过馈电链路传递到地面,相对于TP模式,显著缩短了终端到基站的距离,进而有效缩减了空口的时延。另外,星上具有处理能力之后,可以更好地支持星间链路(inter satellite link, ISL)和星间分布式处理,实现更高效的数据调度和数据传输<sup>[9]</sup>。

3GPP Rel-16研究了两种不同的RP模式网络架构,即基站(gNB)上星和基站部分上星。其中,基站上星模式中卫星具有5G基站的全部能力,承载所有与无线相关的功能,如无线资源管理、接

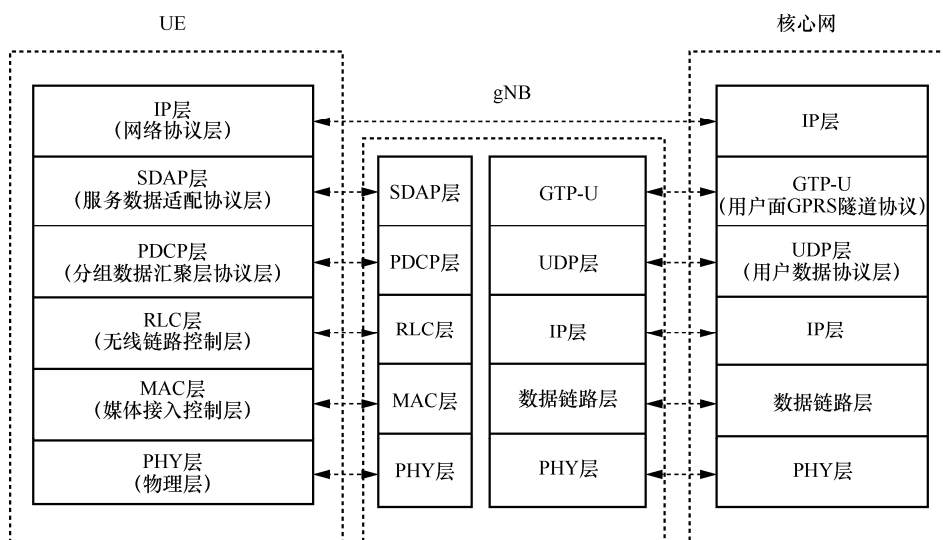


图2 传统的端到端用户面协议栈

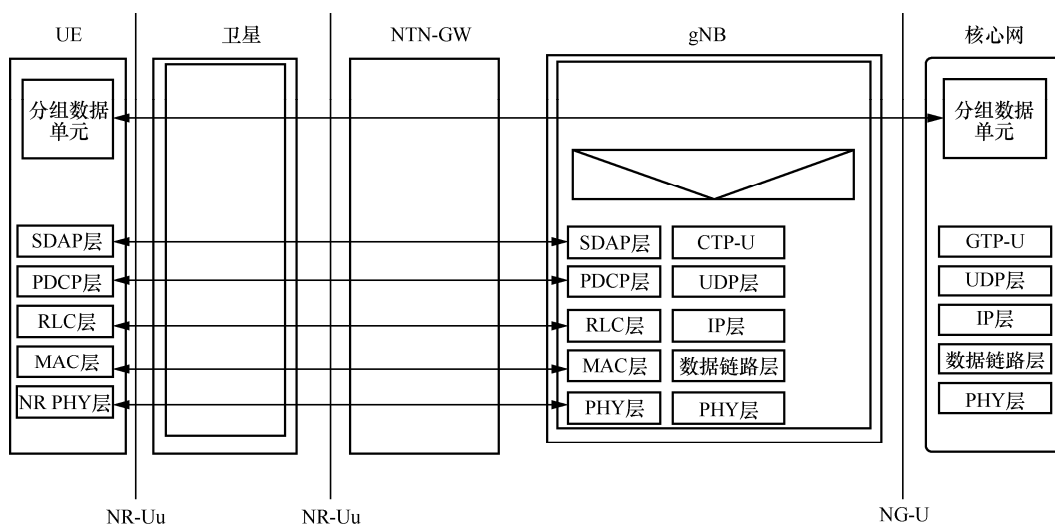


图3 5G NTN TP模式端到端用户面协议栈<sup>[8]</sup>

入控制、用户面和控制面数据处理和路由等；基站部分上星架构则利用了 5G 技术中的基站集中单元 (gNB centralized unit, gNB-CU) 和基站分布式单元 (gNB distributed unit, gNB-DU) 相分离的技术架构, 将非实时性需求的 gNB-CU 集中部署在地面, 获取小区间协作增益和负载集中管理, 将具有实时性需求的 gNB-DU 部署在卫星上, 用于实现实时的空口资源调度。RP 模式的基站上星和 gNB-DU 上星处理模式分别如图 4 和图 5 所示。

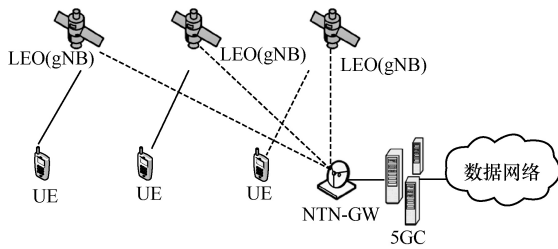


图 4 RP 模式的基站上星处理模式

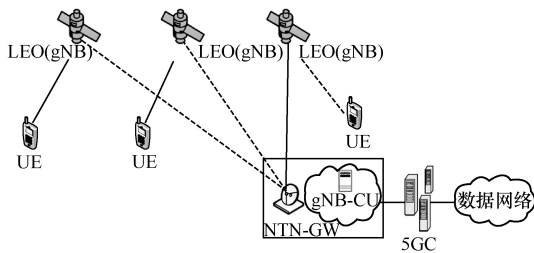


图 5 RP 模式的 gNB-DU 上星处理模式

RP 模式的 gNB-DU 上星情况下的端到端用户面协议栈如图 6 所示<sup>[9]</sup>。

根据上述协议栈, 在 gNB-DU 上星的情况下, 卫星负责 NR-Uu (UE 与 NG-RAN 之间的接口) 空口信令分组数据单元 (packet data unit, PDU) 和数据的物理 (physical, PHY) 层、媒体接入控制 (media access control, MAC) 层和无线链路控制 (radio link control, RLC) 层的处理, 然后将用户信令和通过 gNB-DU 和 gNB-CU 之间的 F1 接口和地面的 gNB-CU 相连, 进行进一步的信号处理, 随后信令通过 NG 接口与核心网相连接, 数据通过 N6 接口传输至核心网。

## 2 5G NTN 网络架构面临的挑战

5G NTN 在目前已经完成的 3GPP Rel-17 标准化项目以及正在进行的 Rel-18 标准化工作中仅支持 TP 模式, RP 模式尚未进行标准化工作。

基于 TP 模式的通信卫星可以实现较为简单的卫星设计, 降低卫星的通信成本。然而 TP 模式下, 卫星不对所接收的数据进行调制、编解码等信号处理等, 不利于星上路由的实现和 ISL 的支持。在海洋等不利于建设卫星 NTN-GW 的场景

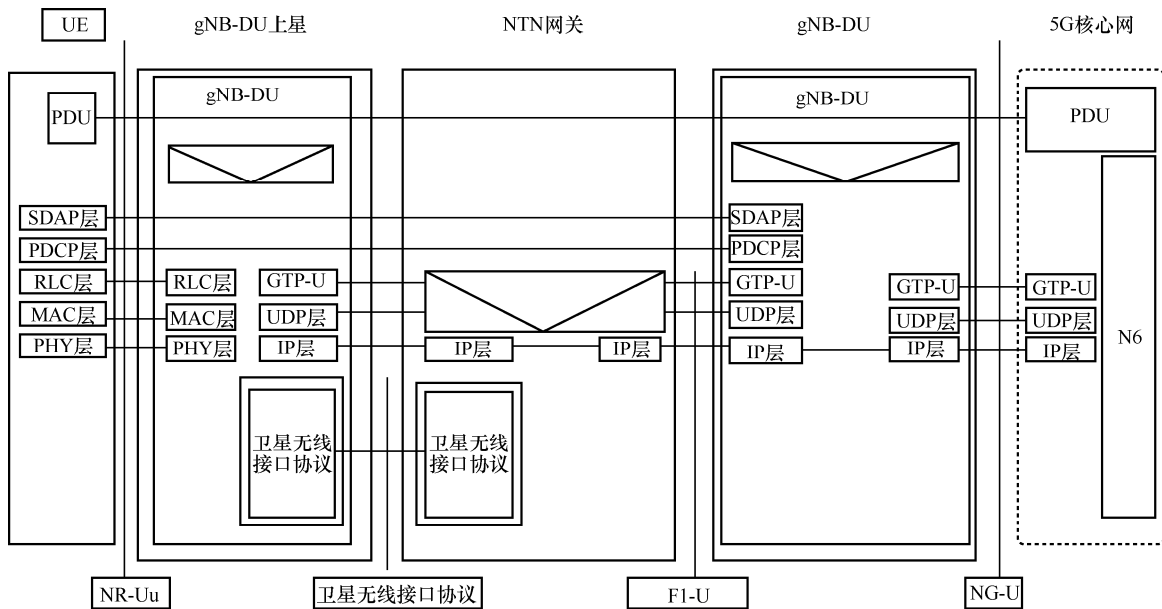


图 6 RP 模式的 gNB-DU 上星情况下的端到端用户面协议栈<sup>[9]</sup>



下, TP 模式的卫星无法和 NTN-GW 有效连接, 5G NTN 的部署受地理因素的约束, 难以真正地实现有效的全球无缝覆盖<sup>[10]</sup>。

基于星上 RP 模式的通信卫星, 对接收的信号先在基带解调制得到所传输的数据流, 然后对数据流进行交换和重新合路, 再重新将信号编码调制为新的数字调制信号, 可以更好地实现星间路由, 将卫星的覆盖真正延伸到高山海洋, 实现真正的全球无缝覆盖。

在 3GPP Rel-16 NTN 的研究项目中主要提出了 gNB 上星和部分基站 (gNB-DU) 上星两种基本架构。然而, gNB 上星架构会给卫星和基站的设计研制带来更高的挑战, 例如, 需要考虑基站的体积、质量及卫星的承载能力, 基站和卫星也需要更高的节能需求。gNB-DU 上星架构在一定程度上降低了对研制的难度, 是一种介于 TP 模式和基站上星模式之间的折中方案, 但由于基本的 5G 架构不支持 gNB-DU 间的接口, 对 ISL 以及星间路由的支持依旧较为困难<sup>[11]</sup>。

基于以上分析, 需要进一步考虑更为灵活且高效的 RP 模式网络架构以应对如上挑战。

### 3 5G NTN 网络架构增强技术

#### 3.1 基于 IAB 技术的 5G NTN 网络架构

基于第 2 节所述的基站上星和 gNB-DU 上星的两种基本的 RP 架构, 都难以实现 ISL 支持与卫星拓扑管理, 在传统中继受限的环境下, 可以考虑基于集成接入和回传 (integrated access and backhaul, IAB) 技术的 5G NTN 网络架构。

IAB 是 5G 网络架构中的一种无线中继, 一个 IAB 网络包含锚点 IAB (IAB-donor) 和 IAB 节点, IAB 节点通过一跳或多跳的形式连接到锚点 IAB 组成一个有向无环图<sup>[12]</sup>。IAB 节点由终端功能 (部分和分布式基站功能部分组成, 分别被称为 IAB 移动终端 (IAB mobile terminal, IAB-MT) 和 IAB 基站 (IAB-DU))。

IAB-MT 具有 UE 的部分功能, 包括物理 PHY 层、MAC 层、RLC 层、无线资源控制 (radio resource control, RRC) 层, 以及非接入层功能, 它可以以 UE 的身份与另一个 IAB 节点的 IAB-DU 或者 IAB-donor 连接, 构建传输通道; IAB-DU 具备 gNB-DU 的功能, 允许来自普通 UE 或者 IAB-MT 的接入, 并为其提供空口服务。任意 IAB 节点通过其 IAB-MT 与其父节点相连, 通过 IAB-DU 为其子节点提供服务。锚点 IAB 为 IAB 拓扑执行集中资源管理、拓扑和路由管理等。如上所述, IAB 架构如图 7 所示<sup>[12]</sup>。

5G NTN 借助 IAB 架构, 易于实现 ISL 的支持与卫星的动态拓扑管理, 以及支持卫星间的多跳连接和数据传输。基于 IAB 的 RP 模式网络架构如图 8 所示, 星上承载 IAB 节点 (IAB-node) 通过馈电链路以及 ISL 连接到地面的锚点基站。该架构下, ISL 和馈电链路均承载在 IAB-MT 和其父节点 IAB-DU 间的 5G 空口 (NR-Uu) 之上。因此, 可以基于星历、IAB-MT 的无线资源管理测量实现较为动态的网络拓扑管理, 灵活地支持卫星的接入和离开。

如图 8 所示, 锚点基站部署在地面 NTN-GW, 或者和地面 NTN-GW 紧密连接, 其具备完整的基站功能和较为强大的处理能力。卫星 LEO3~LEO5 通过馈电链路连接到 NTN-GW 和锚点 IAB, 该馈电链路可以由卫星上的 IAB-MT 和地面锚点基站间的 NR-Uu 接口承载。卫星 LEO1/2/6 由于距离原因无法 (有效) 直连地面的 NTN-GW, 此时, 卫星 LEO1 以 IAB-MT 的身份与卫星 LEO2 的 IAB-DU 相连, 卫星 LEO2 的 IAB-MT 与卫星 LEO3 的 IAB-DU 相连, 以此类推, 经过多跳连接, 最终 LEO1、LEO2 均连接到地面的 NTN-GW 和 IAB-donor。利用该架构可以有效降低 5G NTN 部署的难度, 并很好地延展 5G NTN 的网络覆盖。

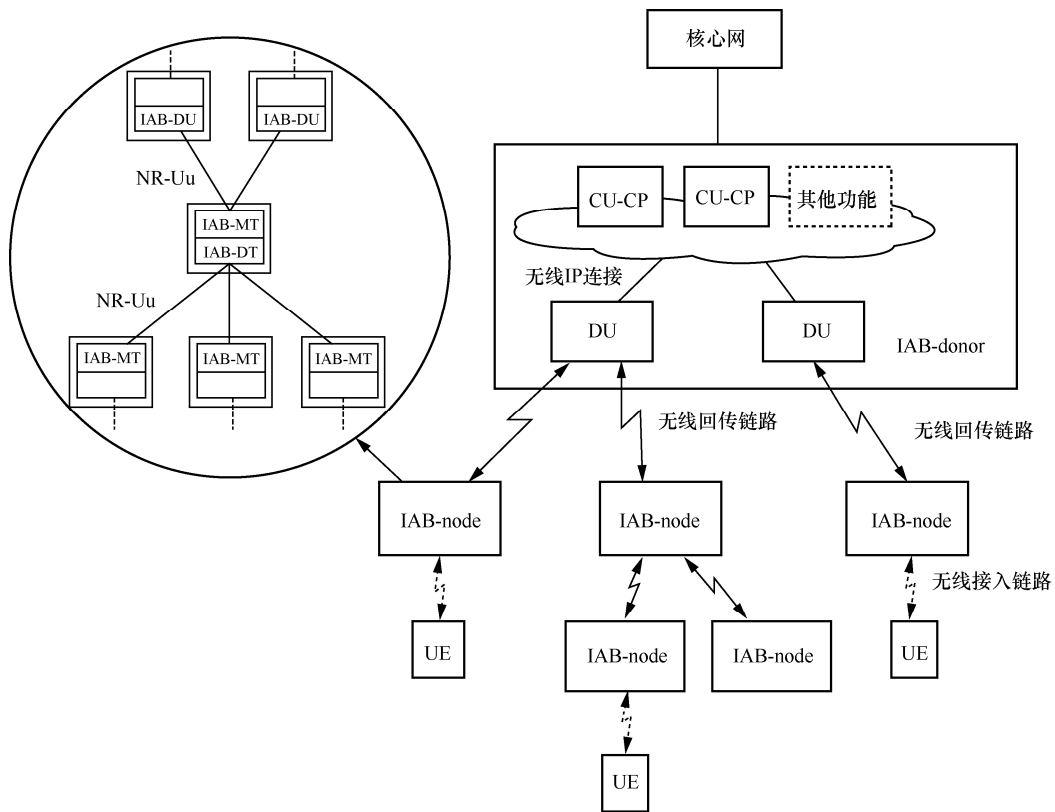


图7 IAB架构<sup>[12]</sup>

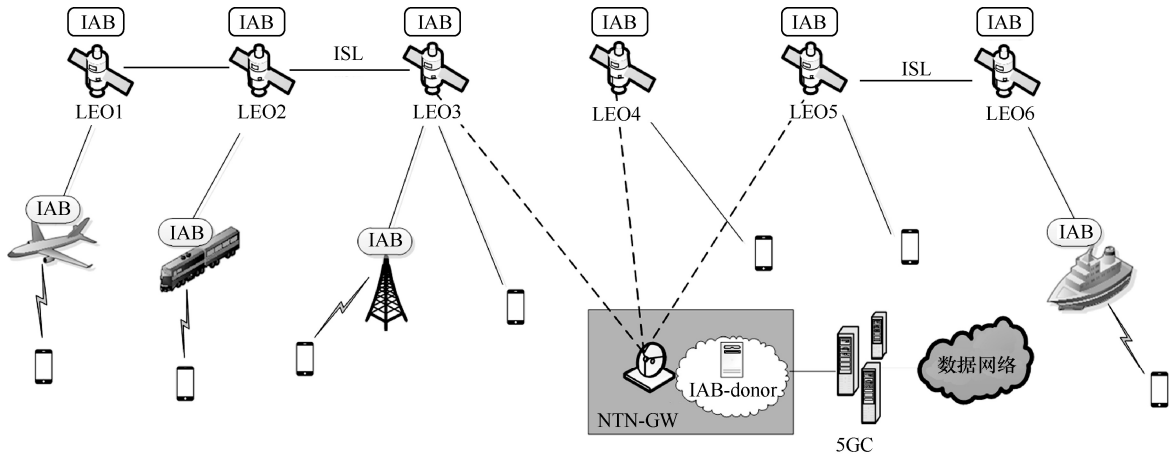


图8 基于IAB的RP模式网络架构

同样，利用该架构，飞机、火车、轮船、地面信号塔等大型设备，也可以作为 IAB 节点，以 IAB-MT 的身份接入卫星的 IAB-DU，以 IAB-DU 的身份为普通的 5G 设备提供网络服务，在地面基站难以建设或地面覆盖难以实现的区域为普通 5G 终端提供高速的卫星上网服务。这种方式对普通终端

的要求较低，在终端直连卫星技术成熟之前，让普通的 5G 终端享受卫星通信的便捷成为现实。

### 3.2 5G NTN 自适应网络架构

5G 技术中，为了更加灵活的网络部署，3GPP 还对接入网进行了多种分离架构的设计<sup>[13]</sup>，基本的 5G 接入网分离架构如图 9 所示。

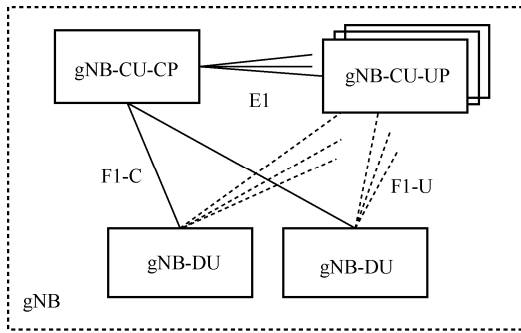


图9 基本的5G接入网分离架构

通常，可以认为 gNB 是由一个 gNB-CU 和多个 gNB-DU 构成的，gNB-CU 又可以进一步解构成一个 gNB-CU 控制面（gNB-CU control plane, gNB-CU-CP）逻辑节点和多个 gNB-CU 用户面（gNB-CU user plane, gNB-CU-UP）逻辑节点，具体如下。

- gNB-DU 负责 PHY 层、MAC 层和 RLC 层的处理。
- gNB-CU-CP 负责 RRC 层的处理以及网络接口（如 Xn、NG、E1、F1）的管理。
- gNB-CU-UP 负责分组数据汇聚协议（packet data convergence protocol, PDCP）和服务数据适配协议（service data adaptation protocol, SDAP）的处理。
- gNB-DU 和 gNB-CU-CP 间通过 F1 接口控制面（F1-C）相连。

- gNB-DU 和 gNB-CU-UP 间通过 F1 接口用户面（F1-U）相连，且一个 gNB-DU 可同时连接多个 gNB-CU-UP。
- gNB-CU-CP 和 gNB-CU-UP 间通过 E1 接口相连，且一个 gNB-CU-CP 可同时连接多个 gNB-CU-UP。

基于 5G 接入网的分离架构，结合 5G NTN 的场景，可以考虑更加灵活的 5G NTN 自适应网络架构，以支持更为灵活高效的星地资源协调。一种典型的架构是：星上保留完整的基站功能（包含 gNB-DU、gNB-CU-CP 和 gNB-CU-UP），同时在地面部署若干 gNB-CU-UP，它们可以和 NTN-GW 共址部署，其中部分 gNB-CU-UP 可以与星上的 gNB-CU-CP 间通过 E1 接口相连，与星上的 gNB-DU 间通过 F1-U 相连。通过这种方式，位于星上的 gNB-CU-CP 可以决策和执行星地间的数据分流，将星上 gNB-DU 处理完的数据交给星载 gNB-CU-UP 继续处理，或者直接交给地面的 gNB-CU-UP 进行处理。这样可以以卫星载荷为中心，根据卫星载荷的负荷状况，实现星地间灵活的数据分流。所述 5G NTN 自适应网络架构如图 10 所示。

根据该架构，可以实现 5G NTN 的数据处理，星载基站可以灵活地将用户数据的 PDCP 和

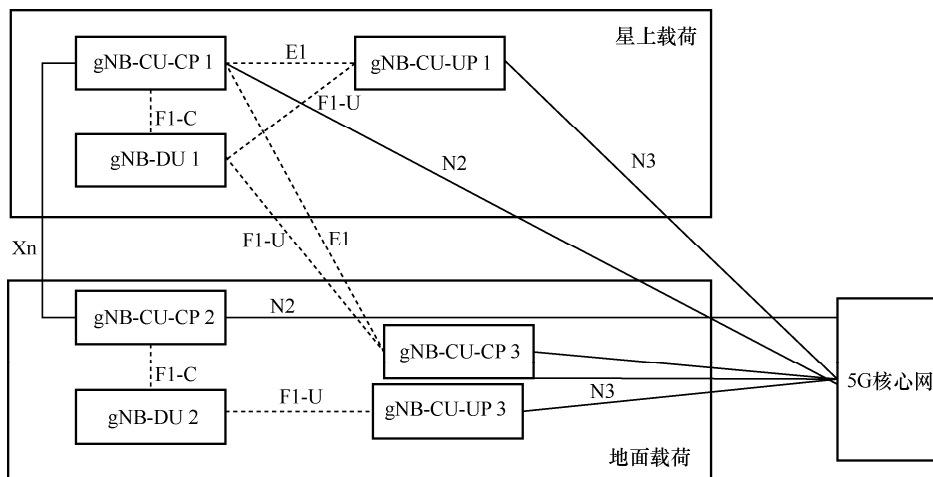


图10 5G NTN 自适应网络架构

SDAP 的处理分配在星上处理（由星上 gNB-CU-UP 1 完成）或在地面处理（由地面的 gNB-CU-UP 3 完成），也可以将 UE 的部分数据业务分流到地面的 gNB-CU-UP 3 进行处理，该 UE 的其他数据业务仍保留在星上处理。星地间的数据分流，可以按照 3GPP 定义的 gNB-CU-UP 变更的流程执行，星地间数据分流 gNB-CU-UP 变更流程如图 11 所示<sup>[13]</sup>。

此外，该架构下，星载基站（gNB-CU-CP 1）和地面基站（gNB-CU-CP 2）之间有直接 Xn 接口，该接口承载在馈电链路之上，因此，可以更加灵活地支持星地之间的重选、切换等互操作，更好地平衡星地资源，例如，当星上业务负载较重时，可以将某些 UE 切换至地面，由 gNB-CU-CP2、gNB-DU2 以及相应的 gNB-CU-UP 进行处理。这样的组网方式优势在于可以针对不同的业务需求调整分流策略，满足多样化的业务需求。例如，针对时延敏感型任务，在天地共覆盖的情况下，尽可能通过地面网络提供服务，提供低时延通信。

对于海量机器通信业务，其对时延的要求相对而言没那么苛刻，可以通过卫星承载业务，当然，如上文所述，仍然可以选择将用户面的全部或部分的处理保留在地面，以减轻卫星的负荷。

这种将基站解耦并行部署的融合架构还存在两点优势：首先，分流到地面 gNB-CU-UP 处理的数据，在星上不需要对数据进行加/解密的操作，减少了星上数据加/解密处理的资源开销；其次，在这种部署方式中星上各基站功能模块（gNB-CU-CP、gNB-CU-UP、gNB-DU）之间的接口可视为基站设备内部接口（如图 11 虚线所示），实现上比较灵活。

### 3.3 5G NTN 多连接网络架构

除了上述基于 IAB 的 5G NTN 网络架构和自适应网络架构，还可以考虑卫星间以及星地间的多连接组网，更好地提升用户的吞吐量、保障用户的业务连续性，满足用户的业务需求，同时可以更好地平衡不同网络间的资源利用率，提升系统容量。5G NTN 多连接场景示意图如图 12 所示。

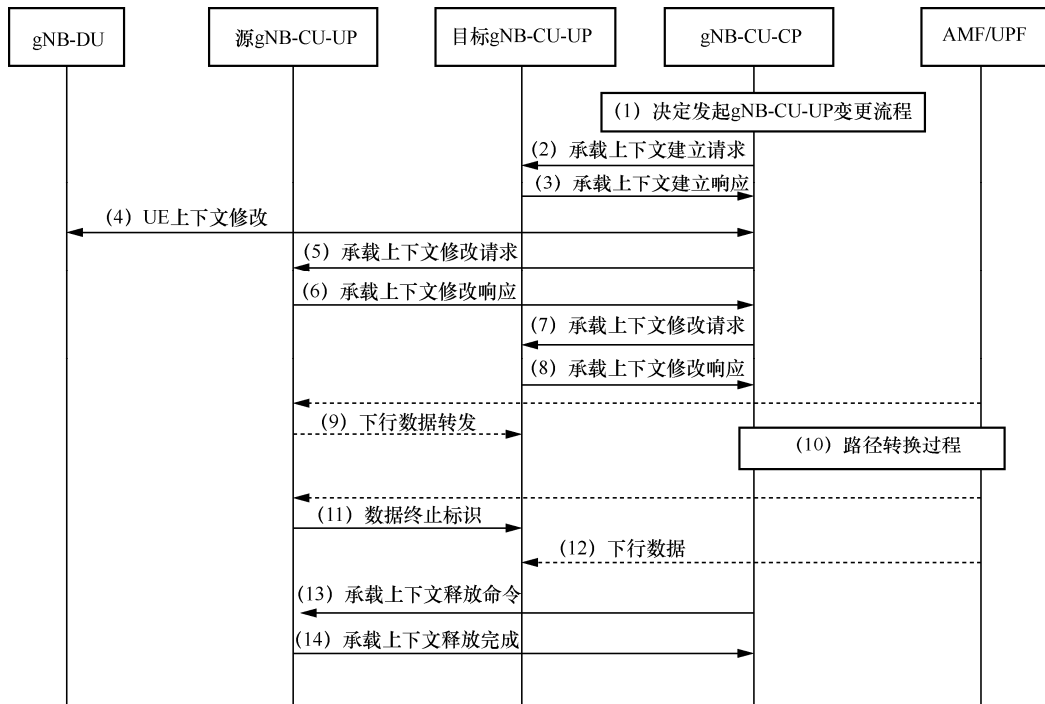


图 11 星地间数据分流 gNB-CU-UP 变更流程<sup>[13]</sup>

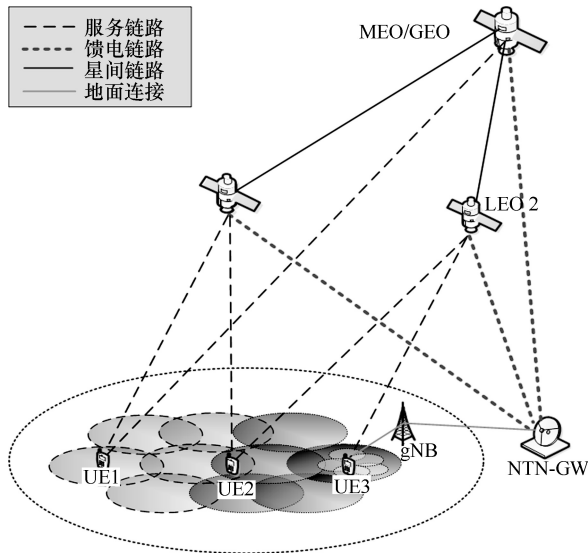


图 12 5G NTN 多连接场景示意图

图 12 展示了支持 LEO 卫星、中地球轨道 (medium earth orbit, MEO) 卫星、地球静止轨道 (geostationary earth orbit, GEO) 卫星和地面网络多接入的通信系统, 为地面提供全方位的覆盖, LEO1 和 LEO2 为低地球轨道卫星, 相对于地面网络, 能够提供更大范围的覆盖, 且相对 MEO/GEO 卫星具有较小的传输时延和灵活的部署。

针对 MEO/GEO 卫星和 LEO 卫星的特点, 可以考虑构建高低轨卫星之间的多连接系统。如图 12 所示, UE1 同时连接 MEO/GEO 和 LEO1, MEO/GEO 卫星提供稳定的大覆盖, 可以作为多连接的主链路, 用于多连接的配置和控制, LEO1 和 LEO2 距离地面较近, 可以作为辅链路以较低的时延为海量用户提供大吞吐量服务。相对于地面基站而言, 借助 MEO/GEO 卫星的大覆盖, 能够实现更全面的调度和资源分配, 且不易受到环境干扰, 提供更可靠的服务。高低轨卫星间的多连接, 能够根据 UE 的业务特点, 灵活地进行高低轨协作, 更好地满足 UE 的业务需求。同理, LEO 卫星之间也可以进行多连接, 如图 12 所示, UE2 处于两个 LEO 卫星的重叠覆盖区, 两颗卫星协作共同为 UE2 提供更高的吞吐量。在 LEO 卫星多连接中, 可以根据基站是否上星, 进行不同的星间接口设计。

除了星星之间的多连接, 在有地面覆盖的地方, 也可以实现星地之间的多连接, 以图 12 中的 UE3 为例, 它处于地面基站和卫星 LEO2 的共同覆盖范围内, 这种多连接中卫星通信可以作为 5G 基本通信的补充, 提供高可靠的增容小区, 充分平衡地星资源从而提升用户体验。

根据 3GPP 的 5G 双连接技术<sup>[14]</sup>, 结合上述 5G NTN 的多连接场景, 梳理出以下几种常见的 5G NTN 双连接架构, 星星、星地多连接网络架构如图 13 所示。

RP 模式的两个卫星基站之间, 可以通过 ISL 的 Xn 接口直接进行资源协调, 为 UE 进行双连接配置, 并根据 UE 或者卫星的移动, 进行适时的重配、切换等过程。星地之间的双连接, 如果是 RP 模式基站上星, 则卫星基站和地面基站间的互操作通过卫星和 NTN-GW 间的馈电链路以及地面基站和 NTN-GW 之间的传输链路承载。借助多连接, 一方面可以有效地提升用户吞吐量, 保障服务质量; 另一方面, 双连接的模式有效避免了由于卫星切换带来的中断问题, 特别是在地面小区随卫星移动的场景下, UE 可能经常需要更换服务小区, 当卫星小区发生硬切换时, 主服务小区仍可为 UE 提供服务, 实现 UE 无感的切换。

## 4 结束语

卫星通信在未来信息通信系统中的发挥着关键的作用, 5G NTN 网络架构设计也是实现卫星通信的无缝覆盖和高质量服务的基础, 其发展前景非常具有吸引力。本文以 3GPP 前期研究和标准化进程为基础, 介绍了 5G NTN TP 模式和 RP 模式网络架构的基本原理以及面临的问题, 并提出了基于 IAB、RAN 分离架构以及多连接技术的 5G NTN 增强网络架构, 旨在探索 5G 和卫星更为有效融合方式, 构建更为弹性的网络架构, 以支持灵活的网络部署方式, 实现网络资源利用率的最大化。未来的研究中,

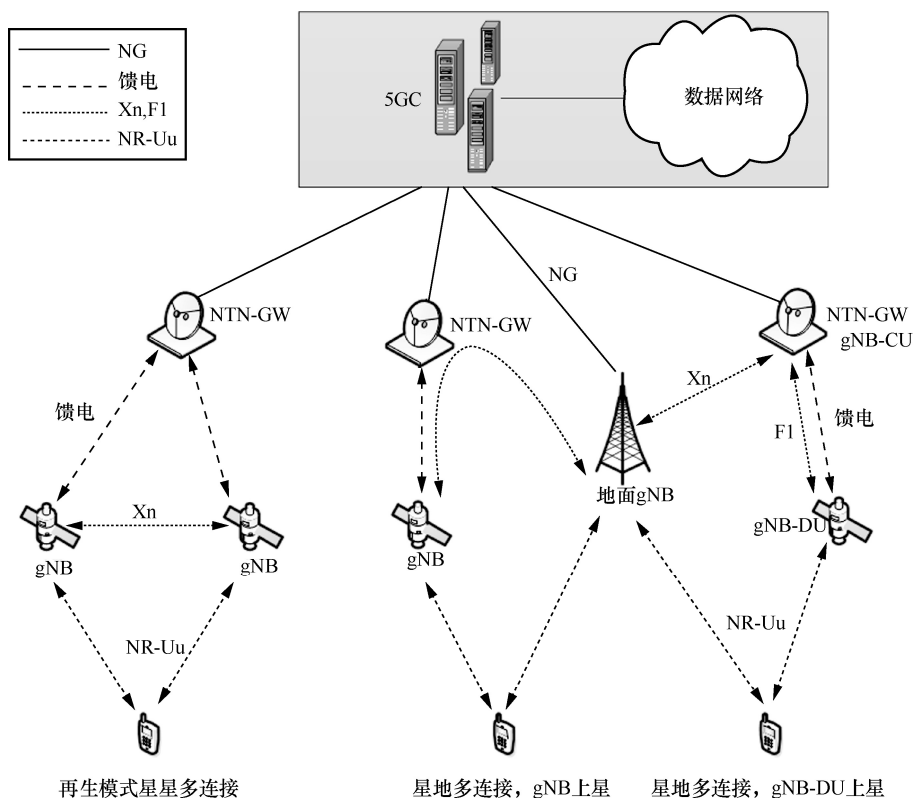


图 13 星星、星地多连接网络架构

还需要继续探索 5G 与卫星的深度融合，包括网络架构进一步研究、星地频率分配、移动性管理等，为 UE 提供更为可靠的一致性服务和业务体验，实现全球无缝覆盖的海、陆、空、天一体化综合通信网络。

参考文献:

[1] CHEN S Z, LIANG Y C, SUN S H, et al. Vision, requirements, and technology trend of 6G: how to tackle the challenges of system coverage, capacity, user data-rate and movement speed[J]. IEEE Wireless Communications, 2020, 27(2): 218-228.

[2] 3GPP. Study on new radio (NR) to support non-terrestrial networks (REL-15): TR 38.811v15.4.0[S]. 2020.

[3] 蔡睿妍, 潘芸, 魏德宾, 等. 基于 QoS 的卫星网络端-端通信可靠性分析[J]. 航空学报, 2020, 41(3): 254-262.  
CAI R Y, PAN Y, WEI D B, et al. Reliability analysis of end-to-end communication in satellite networks based on QoS[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2020, 41(3): 254-262.

[4] CAI R Y, PAN W, WEI B D, et al. Reliability analysis of end-to-end communication in satellite networks based on

QoS[J]. Acta Aeronautica, 2020, 41(3): 323510.

[5] DESLANDES V, TRONC J, BEYLOT A L. Analysis of interference issues in integrated satellite and terrestrial mobile systems[C]//Proceedings of 2010 5th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 11th Signal Processing for Space Communications Workshop. Piscataway: IEEE Press, 2010: 256-261.

[6] 王胡成, 徐晖, 孙韶辉. 融合卫星通信的 5G 网络技术研究[J]. 无线电通信技术, 2021, 47(5): 535-542.  
WANG H C, XU H, SUN S H. Research on 5G network technology integrating satellite communication[J]. Radio communication technology, 2021, 47(5): 535-542.

[7] 3GPP. NR and NG-RAN overall description (Release17): TS 38300 V17.5.0[S]. 2023.

[8] 3GPP. Study on using satellite access in 5G (Release16): TR 22.822 v16.0.0[S]. 2018.

[9] 3GPP. Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN) (Release16): TR 38.821 v16.2.0[S]. 2023.

[10] 未来移动通信论坛. 空天地一体化通信系统[R]. 2020.  
Future Mobile Communication Forum. Air and earth integrated Communication system[R]. 2020.



[11] 孙韶辉, 戴翠琴, 徐晖, 等. 面向 6G 的星地融合一体化组网研究[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2021, 33(6): 891-901.

SUN S H, DAI C Q, XU H, et al. Survey on satellite-terrestrial integration networking towards 6G[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2021, 33(6): 891-901.

[12] 3GPP. NR-Study on IAB (integrated access and backhaul) (Release 17): TR 38.874 v16.0.0[S]. 2023.

[13] 3GPP. NG-RAN; architecture description (Release 17): TS 38.401 v17.5.0[S]. 2023.

[14] 3GPP. Multi-connectivity overall description (Release 17): TS 37.340 v17.5.0[S]. 2023.

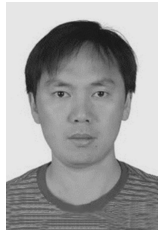


**孙嘉颖** (1995- ), 女, 现就职于中信科移动通信技术股份有限公司, 主要研究方向为无线网络架构和卫星通信。



**缪德山** (1978- ), 男, 博士, 现就职于中信科移动通信技术股份有限公司, 主要研究方向为无线移动通信和卫星通信。

### [作者简介]



**孙建成** (1982- ), 男, 现就职于中信科移动通信技术股份有限公司, 主要研究方向为无线移动通信和卫星通信。



**李春林** (1972- ), 男, 现就职于中信科移动通信技术股份有限公司, 主要研究方向为无线移动通信和卫星通信。