



中兴通讯5G 技术白皮书

目录

01

愿景及技术趋势概述

01

02

增强型技术 (Enhancement)

04

2.1 Massive MIMO 增强

05

2.2 基于 MetaCell 元小区的全频段融合组网

06

2.3 平滑虚拟小区

07

2.4 全双工及子带全双工

09

2.5 多 UE 虚拟聚合

11

2.6 智能超表面

12

2.7 无连接传输技术 /eMUSA

15

2.8 无源物联网

17

03

边界扩展技术 (Extension)

20

3.1 深度融合的新型信息基础设施

21

3.2 通感一体化

28

3.3 空天地一体

29

3.4 内生智能

32

3.5 内生安全可信

34

3.6 新业务赋能

36

04

效率提升技术 (Efficiency)

37

4.1 能源效率

38

4.2 空口 AI 提效

40

4.3 网络效率

41

05

范式的迁移 (Paradigm Shift)

43

01

愿景及技术趋势概述



5G 经过两年发展已经体现出了显著的经济和社会价值，正在不断进行技术和应用上的创新。5G-Advanced 旨在进一步拓展 5G 应用场景，弥补早期 5G 技术上的不足之处，5G-Advanced 相关技术已经标准化或正在标准化过程中。在 5G 不断增强的同时，6G 相关的讨论也非常活跃，目前主要聚焦在 6G 的愿景，场景，以及一些关键技术的讨论，一些涉及关键技术原型样机也在开发。

本 B5G (Beyond 5G) 技术白皮书，包括了 5G-Advanced 阶段的增强技术以及部分 6G 关键技术。从各项技术的技术特征着手，逐项分析其优点，局限，应用前景和将来可能适用的场景，其中对于一些可能不依赖于标准、或者与标准化关联较弱的，能够提前在 5G 后期实用的 6G 技术，进行了重点发掘和分析。

B5G 将打破 eMBB、uRLLC、mMTC 单一业务模型的局限进行跨场景多维度融合，业界对应用场景的分类有很多种，典型的是按照 ToC 和 ToB，但无论如何分类，本质上都是以“人”，“物”和“整体”为主的场景：

“人”：

像 5G+XR，云游戏等应用个人娱乐、家庭健康、以及工业领域等都是以人为主导，因此这类场景要求不仅从现实延伸到虚拟，未来还会从视觉到触觉，实现强交互，实现真正的“天涯比邻身临其境”。

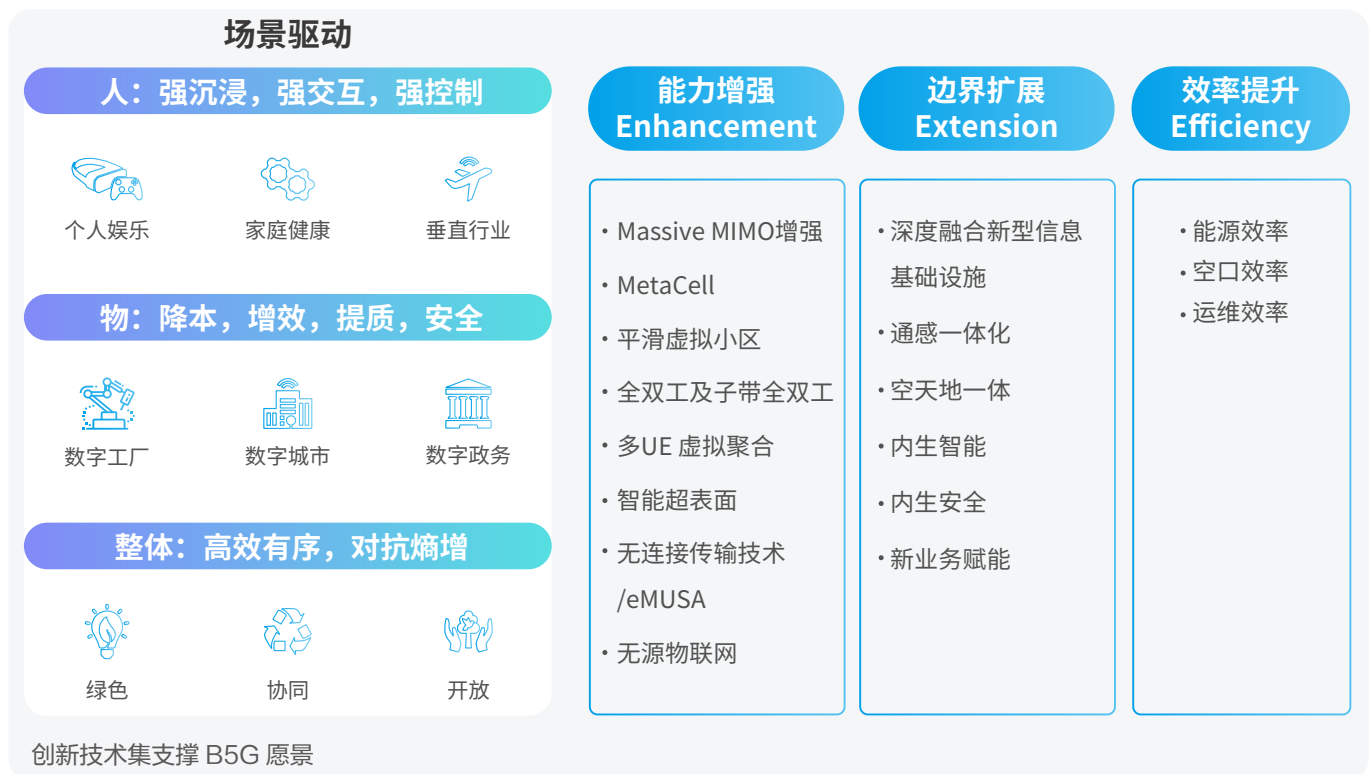
“物”：

这类场景关注让各企业的运转能够降本、增效、提质、安全，从而真正服务于兴业、惠民、善政。

“整体”：

创新能够随时关注高效有序。因为事物发展的自然倾向总是无序混乱的状态不断熵增，而要对抗熵增，就需要 5G 技术助力各组织之间实现更好的协同，促成社会资源整体效率最大化，实现人类社会的可持续发展。

因此 B5G 的愿景是通过创新技术集在能力增强 (Enhancement)、边界延伸 (Extension) 和效率提升 (Efficiency) 三个方面进行创新迭代，使得每个人，每个物，每个组织和社会都能各自舒展和谐共生构建数智融生世界：



• 增强型技术 Enhancement

此类技术在原有基础上作性能极致增强，包括 MetaCell 元小区技术、SVC（平滑虚拟小区）、RIS（智能超表面）技术、全双工 / 子带全双工技术和基于 eMUSA 的海量物联技术，以及基于后向散射的无源物联网技术等；

• 边界扩展 Extension

此类技术在原有技术基础上，对边界进行扩展，多项技术进行融合：深度融合的信息基础设施，通感算融合，空天地一体化，内生智能，内生安全，及基于以上技术的一些新业务等等；

• 效率提升 Efficiency

此类技术目标在于提升效率，包括运营效率和设备硬件效率。此类技术有：能源效率提升技术，基于 AI 的高效率技术，以运维高效率为目标的自主进化网络。

在上述技术中，包含一些基本的技术趋势，即：用越来越强的计算能力，尤其是底层的计算能力，去换取资源利用效率的提升。这是因为，随着 4G、5G 及后续 6G 的发展和普及，频谱资源越来越紧张，尤其是“好的”频谱资源非常匮乏，单链路的香农限，噪声极限也被逐步逼近，使各种各样的空分复用技术，双工技术，非正交技术成为进一步提升资源利用率的必经途径。加之碳，低能耗的要求，上述技术无一不对硬件能力，芯片能力提出了更高要求。因此，更高集成度的硬件，更高工艺，更强计算能力更低功耗的芯片是下一代移动通讯的关键所在。

02

增强型技术 (Enhancement)



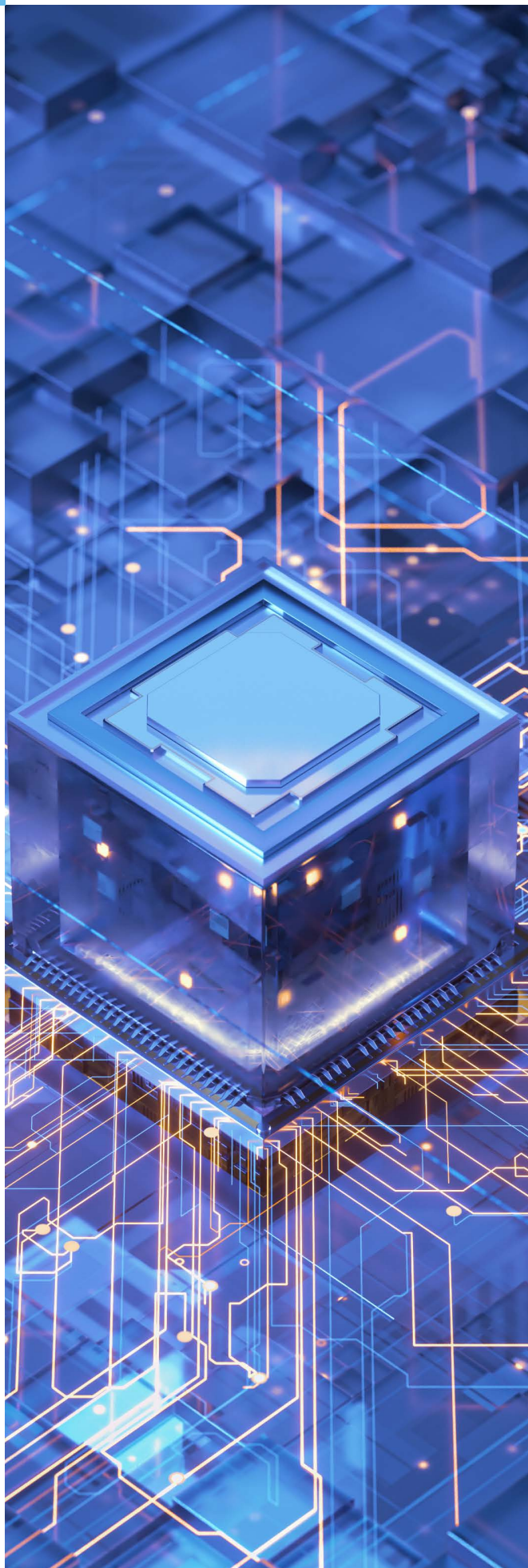
2.1 Massive MIMO 增强

MIMO 未来仍将围绕着天线规模增大的趋势演进，由大规模演变为极大规模。一些新兴的 IIoT 应用对上行业务提出了更高的要求。例如现代工厂中的机器视觉类应用，或是密集热点地区如体育场中的海量用户同时上传高清视频业务。为了提供更好的通信服务和以及额外增值服务，采用极大规模 MIMO 可以显著地提升系统性能，包括：更广的网络覆盖，更大的吞吐量，更高的空间自由度，更多的连接数，以及超高的感知和定位精度等。尤其是对于上行链路，极大规模接收天线会显著增加上行覆盖范围和提升传输层数与吞吐量，对满足上行需求有非常重要的作用。即将举行的 WRC-23 将对 6GHz-10GHz 做分配，这些频段具有波长短，传播损耗高，可用带宽大特点。为了利用有限的功率，满足高于 1GHz 带宽的上下行覆盖及吞吐量性能需求，新的设计需要考虑增加天线规模，提升天线增益，以降低发送功耗和网络成本。

极大规模可以通过分布式或者集中式实现，对于分布式 MIMO，节点数目的成倍增加意味着天线数目的对应增长，天线数目 M 与终端数目 K 的比值会不断增大，可能达到 10、100。对于集中式，为了实现极大规模，除了适当扩展天线孔径，同时也可以寻求更密集的天线部署，阵子数目也可以明显增加。此外，伴随着毫米波通信的成熟和太赫兹技术的兴起，在同等的孔径下，天线阵元数目会急剧的增多，天线数目甚至达到目前的 100~1000 倍。

不管是分布式还是集中式的极大规模 MIMO，都可以带来极致的空间分辨率和传输效率，同时产生信道硬化的效果简化系统设计和节约开销，比如在资源分配和调度方面的复杂度下降，并且频域上的导频的密度也可以降低。但极大的规模同时也带来了极大的挑战。完全发挥极大规模 MIMO 潜力需要使用极窄的发送和接收波束，这非常依赖于高精度的实时 CSI 信息。高精度的实时 CSI 信息则需要大量的导频和反馈开销，需要更充分地利用信道的稀疏特性信道降维和采用更优的分层测量反馈设计。不仅仅是针对集中式的极大规模，分布式的情况同样面临巨大的开销问题，多节点的联合测量反馈也需要利用信道特征实现高效的开销压缩。

极大规模 MIMO 对 Time Alignment Error(TAE) 比较敏感。纳秒级的



TAE 对波束赋形及预编码的增益都存在影响，集中式的情况 TAE 可以通过基站内部校准来优化，使得天线间差异比较小。但对于分布式的情况，受到不同环境因素的影响，TAE 会快速发生变化，使得其一直保持稳定比较困难。这可能需要 UE 辅助的校准技术来解决这一问题。即使是较小的 TAE 残留，对于多用户复用来说仍然会使得性能下降，尤其是在机场、火车站、体育场馆等场景中，复用的用户数目非常多且位置比较靠近时，对这些场景下实现极高的吞吐量造成了挑战。

极大的规模也意味着极大的成本和功耗。目前的天线一般需要大量的分路器、合路器、移相等一系列硬件，如果仍然采用这种架构其成本将会显著增长，导致其无法商用。极大规模 MIMO 需要采用新的低成本架构，移相器需要被更低成本的方式替代，比如智能超表面中的一些低成本硬件架构可以考虑在发射天线中使用。此外电磁透镜也可以实现低成本的支持极大规模 MIMO，但是在性能方面还需要继续优化，并且只适合高频的场景。

电磁场是一个矢量场，但在现有的无线通信系统中为了简化设计，电场一直被视为一个复值标量场。传统天线理论以及多天线通信系统中进一步的又进行了近似处理，划分了远场区（夫

琅禾费区），辐射近场区（菲涅尔区）和感应近场区，其中近场的分界为 $2L^2/\lambda$ ， L 为天线长度、 λ 为波长。4G 和 5G 均以远场平面波传播假设作为基础进行系统设计，这在较长的时间内一直被认为是一种合理的近似假设。但随着通信技术向前演进，更高频率与极大规模 MIMO 的联合使用，基于远场电磁传播假设的传统模型将会有较大的概率失效。当天线孔径扩大 1 倍时，近场会扩大 4 倍，当通信频率增大 1 倍时，近场范围会扩大 2 倍。接收端有很大概率会位于辐射近场区域，而近场和远场具有明显的特性差异。

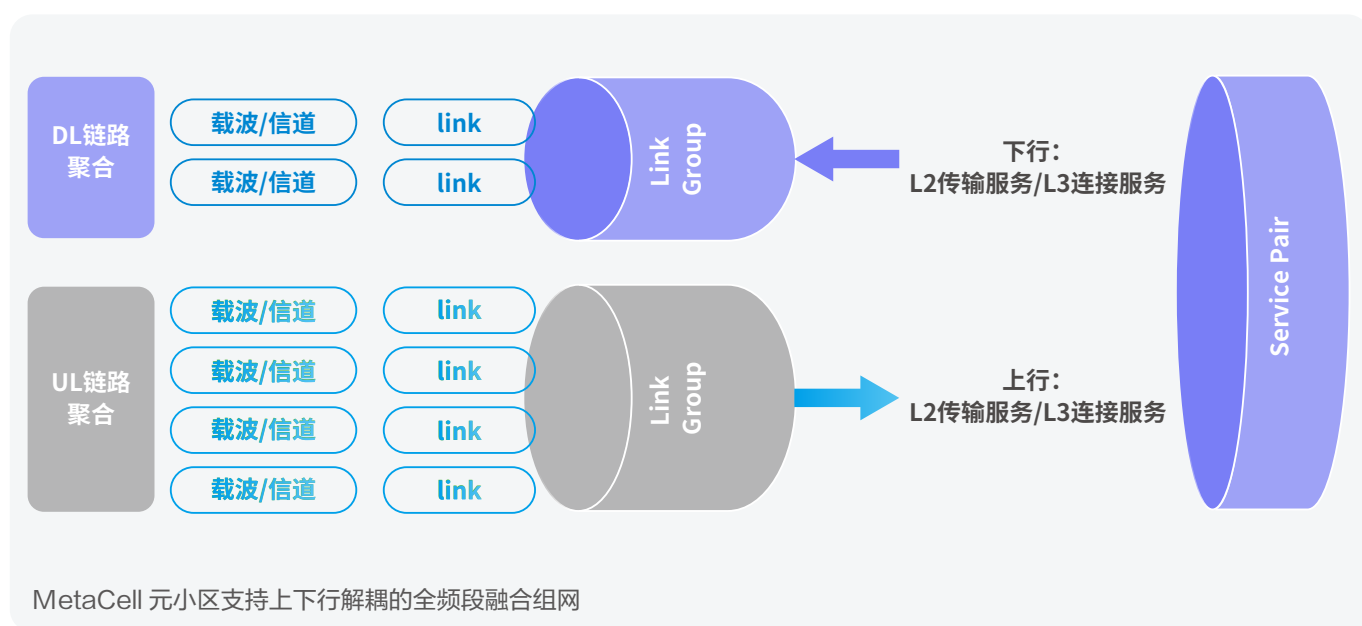
这将会引起一系列重大的技术变革，原有的多天线相关设计，包括天线拓扑、空间资源划分方式、预编码、信道信息反馈等多个方面都需要重新考虑如何才能匹配近场的信道特性。此外，一些基于极大规模 MIMO 的非通信的应用，比如感知、定位、无线传能一些非传统通信应用也需要在近场中工作。需要特别指出的是，分布式极大规模 MIMO，也可以理解为一个孔径非常大的巨型阵列，因此 UE 均处于近场之中。目前近场的研究一般仅仅是将距离的近似处理进行了还原，但实际上如果把近场作为矢量场研究，其特性远比想象中复杂，这也是未来面临的一个较大的挑战，需要基于底层电磁特征重新审视和优化目前通信中的设计。

2.2 基于 MetaCell 元小区的全频段融合组网

随着 5G 和 6G 业务需求的不断多样化，使得频谱要不断扩展到高频，太赫兹，网络要不断满足多元化、时变化，现有紧耦合的烟囱式结构难以满足需求。MetaCell 元小区是一种全新的组网架构，它以服务为中心的全频谱整体使用，最大化频谱价值，同时提升频谱使用效率，为用户打造极致体验，通过提升能效达成节能低碳目标，通过多网融合简化运维，通过行业定制和按需编排打造 ToB 和 ToC 混合运营的丰富生态。

MetaCell 元小区支持上下行链路的解耦和服务为中心的全频段融合组网，可以在 ToB 等大上行场景下，通过将更多的上行载波聚合服务提升上行性能。也支持在全频组网场景下，将不同频段范围的载波聚合或者按需服务，通过上行载波组的池化和下行载波组的池化，支持多载波的联合资源管理和调度，提升全频段组网的谱效和能效，更有效的发挥有限而珍贵的低频段特别是零散的重耕频段的价值，降低在部分热点地区引入新的更高频段的门槛，同时提供更强的鲁棒性。

对于多频段融合组网。MetaCell 将多个载波的系统信息（SI）汇聚到一个系统信息组（SI Group），并通过其中一个载波进行广播。利用跨频段的公共信道来获取当前频段的信息，可以有效减低公共信道带来的开销，比如说不需要每个频段都有 SSB 和 SIB，这样可以在降低基站能耗的同时简化网络运维和降低（配置、调度和消息）开销。对终端来说，终端通过一个载波接收到多个载波的系统信息后，可以根据业务或网络的策略灵活选择一个或多个接入信道和载波进行接入，这意味着上行载波的操作不一定要基于同一个频段的下行载波，可以达到上下行解耦的效果。



2.3 平滑虚拟小区

多节点协作传输 (CoMP)，是通过规避、协调、甚至利用的方法，解决基站之间干扰的技术。5G 当前的版本已经支持一些 CoMP 的功能，例如非相干联合传输，动态小区选择，后续协议也在不断增强。

SVC (Smooth Virtual Cell 平滑虚拟小区) 本质上是一种极致的，以用户为中心的多点协作技术，相对于传统的基于地理位置的小区来说，取消了物理小区的束缚，而是通过动态地加入或删除部分 AP，从而形成用户特有的一个小区。由于没有固定物理小区边界的影响，所以 SVC 能使用户体验具有较好的一致性。同时由于随时根据需求选择合适的 AP 作为特定用户的服务节点，因此 SVC 的架构对干扰的处理具有更多的自由度，从而能提升用户的无线性能。

SVC 的目标是无论用户的位置，都为其提供统一高效的服务，保证用户移动时无缝切换。不像传统的集中式天线阵列，SVC 由大量分布式低成本少量天线的 AP 组成，分布式的 AP 通过前传网络连接到一个或多个 CPU 上。由于 AP 在整个空间内分布，大尺度衰落分集增益相较于集中式 AP 更显著。与现有的 CoMP 和 Network MIMO 等网络为中心的协作方式不同，SVC 中每个 UE 只有其附近的若干 AP 为其服务，通过用户为中心的方式消除小区边缘的影响。SVC 不仅可以用在大容量的场景，还能用于低时延、关键任务的场景。由于用户存在多个服务 AP，降低了对存储能力和计算能力的要求。大量分布式的 AP 可组成分布式计算的架构用于完成网络密集型计算的任务。另外，在低用户需求的场景，可以关闭部分 AP 进一步降低功耗。现有分布式 AP 实现采用基带单元 (BBU)/远端汇聚单元 (P-Bridge)/远端射频单元 (pRRU) 这种架构，pRRU 和 P-Bridge 间采用 IF0/IF1 接口，多个 pRRU 的数字信号在 P-Bridge 合并，但是在高频段，这种方式可能不一定合适。高频段由于路损大覆盖小，考虑到人体辐射等因素，覆盖同样面积，可能会有 10x 以上的 pRRU，如果大量的 pRRU 需要射频合并，会大幅降低上行灵敏度；高频带宽宽，IF0/IF1 前传成本也会提升很多。另外一种实现方式是采用 IF3 接口，降低前传压力，减少过多个 pRRU 上行射频合并对灵敏度影响。和集中式天线小区的方案相比，SVC 能显著提高谱效、能效，在集中式处理和分布式处理之间做好平衡，特别是在 indoor 和 hot-spot 场景。当然 SVC 还有许多重要问题待进一步研究，如初始接入、功率控制、考虑编解码的分布式处理、资源分配、信道模型、下行信道估计、与现有标准共存、原型机设计。

SVC 中涉及到协作集选取、功率控制、用户调度、波束训练等关键技术点，可将其建模成一个优化问题。根据优化的变量是连续还是离散的，可分为连续优化和组合优化。其中协作集选取、用户调度、波束训练的过程都是从有限个集合中选出最优的或者较优的组合属于组合优化，功率控制是在已知协作集和调度用户前提下确定相应的功率参数属于连续优化。对于组合优化难点在实现复杂度与性能之前的平衡，工程上可行的方案是加一些约束或者采用特别策略，经过有限次组合的比较，获得相对较优的结果，而不是最优的结果。连续优化需要考虑函数的凹凸性。如果是凸函数，局部最优值即为全部最优值；如果是非凸函数，可通过引入新的罚项来松弛原目标函数将其转化成凸函数。SVC 中功率控制是个典型非凸问题，现有文献中有将其转换成一个凸优化问题，也有挖掘大尺度参数与功控参数之间关系，通过启发式算法求解，还有通过引入 DNN 来求解。综上，在不求最优结果前提下，可以考虑启发式算法。在模型特别复杂或者解空间特别大时，考虑利用数据驱动的 AI 方案。另外，挖掘相应特征参数与目标函数之间的关联关系，有助于进一步简化模型。

SVC 需要区域内 cell 间高精度同步，和校正，对于工程实现要求比较高

SVC 比较适合 indoor, hotspot 部署场景，但是在室外还是以集中式天线为主。SVC 小区覆盖范围将会更大，对基带支持的分布式射频通道数提出更高要求。

2.4 全双工及子带全双工

全双工是一种提高网络数据速率以及频谱效率的新技术，对于未来大带宽低时延的业务，全双工在非成对频谱使用，通过释放 DL-UL 对资源使用上互斥的限制，能够提供 DL/UL 对资源使用的增强和 DL/UL 传输延时的减少。实现全双工具有一定的挑战，基站或终端需能够处理自干扰（SI）、子带干扰以及邻频干扰等，以支持同时进行的 TX 和 RX。在 5G-Advanced 初期，将会从子带全双工开始考虑，逐渐研究引入基站以及终端都能支持的全双工网络。

全双工技术需要支持网络干扰消除及自干扰消除，其中自干扰消除可分为以下三步骤：

- **Step1 传播域：**

天线隔离、环形器抵消

- **Step2 射频域：**

射频域：制造和 SI 干扰信号相位相反信号，时延和衰减调整，合并抵消信号和 SI 信号，传播域和射频域总抵消需求：
发射输出功率 P_{out} - (AGC 启控门限 - PAR)

- **Step3 数字域：**

线性模块和非线性模块抵消，多径抵消，数字抵消需求：
(AGC 启控门限 - PAR) - 接收机底噪

子带全双工与全双工相比，模拟域和传播域的要求没有变化。但因为全双工不能像子带全双工那样提供频域隔离度，全双工的实现会更加复杂。

全双工的单站场景，技术上可以实现，但是需要收发分离，增

加一倍天线，天面变大，增加部署难度，而且是有前提条件的，例如 BS 每通道输出功率不能太大（目前为 37dBm），ACLR 不能太高（目前为 45dBc@20MHz），LNA 不饱和，NF 不恶化等等。信号抵消，一般包括天线物理隔离（例如 50dB），模拟抵消，数字抵消。各部分的指标叠加，配合，完成整体抵消。

MIMO 机型模拟抵消更难实现：每 TX 都会泄露到每个 RX 通道，需要每个 TX 耦合一路到单独的抵消模块，再合路到 RX 模块进行相应的抵消；需要抵消模块电路的数量是 n^2 ；因此 MM 机型对天线隔离的要求较高。如果采用收发天线分离，信道不对称，信道估计实现难度大。

以上分析的，都是自干扰消除，即发射机所发射的信号被接收通道接收。对于自干扰消除，由于发射信号是已知的，所以抵消的难度较低，目前一些研究已经达到比较强的抵消能力。但是除了自干扰以外，互干扰也是全双工或灵活双工的干扰问题，这个问题往往被忽略，但它对组网的影响非常大，也限制了全双工最终的可适用场景和范围。

互干扰一般有 gNB-UE 之间的干扰，也有 gNB-gNB 之间以及 UE-UE 之间的干扰（如图所示），具体包括以下类型：

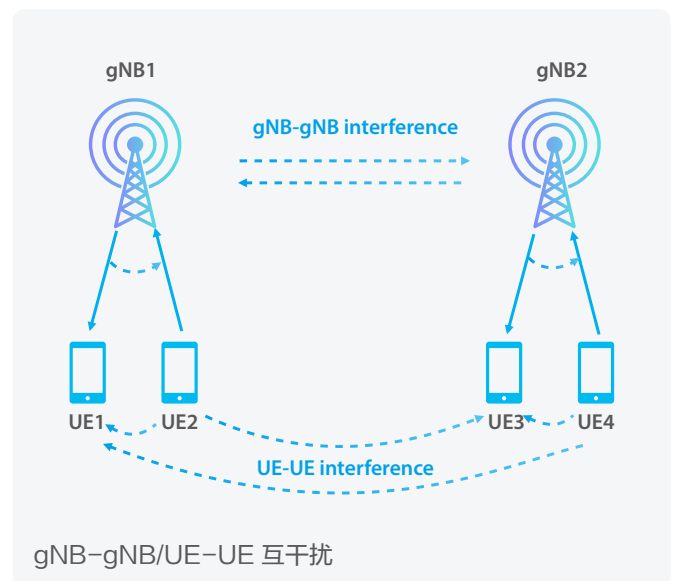
1. 基站或终端子带间 CLI（Cross Link Interference）干扰
2. 基站或终端子带内 CLI 干扰
3. 基站或终端邻频 CLI 干扰

在 Rel-16, 标准针对 UE-UE 之间的 CLI 引入了 Layer-3 CLI 测量和反馈，分别有 SRS-RSRP 以及 CLI-RSSI 两种，gNB 可以指示 UE 测量和反馈 UE-UE 之间的 CLI，gNB 可以基于各 UE 的反馈进行协作调度。另外，gNB 之间也可以通过交互 TDD Configuration 以及导频信号信息，去实现 gNB-gNB 之间的干扰测量，以及协作调度。对于子带全双工以及全双工，B5G 需要研究针对上述不同干扰类型的干扰消除 / 协调方案。

同频全双工在学术界研究得比较多，在理想的情况下，理论上对频谱效率有很大的提升；子带全双工通过在带内不同频率上分别配置上行和下行资源，这种方法能够灵活地配置更多上行资源，有助于降低上下行时延、提升上行覆盖和容量。可是实际上要拿到这些潜在好处，还是具有很大的挑战，除了自干扰还有交叉链路互干扰的问题，目前一些研究采用频域或空域的方法来应对互干扰，但是，空域方法本身就可以成倍提升容量，如果把空中的空域资源用在全双工互干扰消除，表面上看似提升了谱效，但实质上，由于这部分空域资源没有被直接用来提升容量，实际的组网容量很多情况下不升反降。因此全双工技术有它的适用范围，在组网比较稀疏，干扰少的场景更为适用，而组网密集的场景不太适合。

子带全双工与全双工相比，虽然数字抵消需求略有不同，但是对模拟域和传播域的干扰消除要求一样高。

全双工实现复杂度以及硬件代价都相当大，即使只考虑自干扰



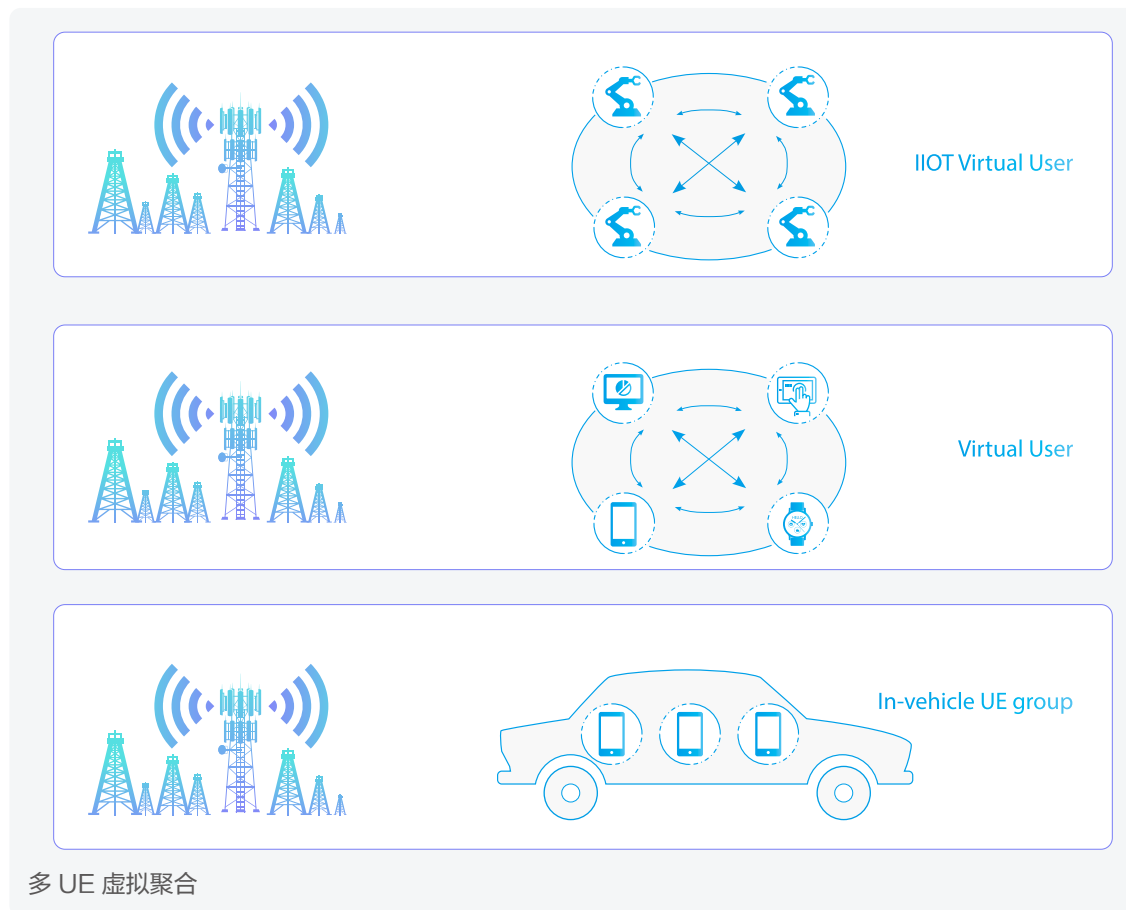
消除，对于多天线 Massive MIMO 机型，实现难度也非常大，因此实际上多天线技术与全双工有一定互斥性，这也是全双工技术的重要局限之一。为提升谱效，一种思路是全双工，但必须付出复杂度和天线数少的代价，理论上最大只能提升 1 倍；另一种思路是直接利用 TDD 加多天线，直接实现数倍甚至数十倍的谱效提升，并自然地解决站间干扰问题；因此全双工不一定是综合谱效最优的方案，它必须挑选组网经济稀疏，干扰小的场景，并结合延时短的优点，才可能有局部优势。

综上，全双工尤其是子带全双工，有优势，也有很大局限。从研究上来看，目前多从天线数较少的机型和子带全双工开始研究，评估实际上能获取的增益，然后分阶段地引入全双工技术。虽然子带全双工降低了 gNB 内部干扰消除能力要求，但是 UE 间的互干扰还是很严重，需要业界努力才能解决。

2.5 多 UE 虚拟聚合

一些新兴的应用对 5G 上行提出了更高的要求，例如现代工厂中的机器视觉类应用；或是密集热点地区如体育场中的海量用户同时上传高清视频业务。此类场景对小区上行容量的要求可能会远高于下行链路，极端情况下需要满足 Gbps 或 10Gbps 数量级的吞吐量，同时对延迟也有较高的要求，这在当前的 NR 设计中很难满足。

一种思路是直接对现有 NR 的上行进行增强，例如支持更多的天线或 MIMO 层数、支持更多用户的 MU-MIMO，以及更灵活的载波分配和聚合等。这些增强要求上行传输的发起设备必须足够强大，然而通常单个终端的能力以及发射功率是较为受限的，此时可以借用云计算的思想，通过用户虚拟化和协作来实现终端能力的提升。多个邻近设备可以临时组成一个虚拟聚合终端组，设备之间通过共享天线、发射功率、载波等能力，实现虚拟的 MIMO 或载波聚合，以提高传输质量。此外，为了更好支持 FR2 密集网络，终端可以支持多面板 (panel) 的同时做上行传输，如果终端机支持全双工更可以支持多面板同时收发，可以跟多 TRP 节点同时通信，有效提高网络数据速率和鲁棒性。我们认为这些技术都能有效支持上行增强，有助 5G-Advanced 拓展更多对上行有高容量需求的应用场景。



I 2.6 智能超表面

RIS(Reconfigurable Intelligent metaSurface) 主要通过以下几种方式提升小区边缘用户的覆盖、吞吐量和能量效率：

- 一、在直射传播路径受阻时提供有效的反射传播路径，避免覆盖空洞；
- 二、为目标用户进行波束赋型，充分利用空间分集和复用增益；
- 三、对干扰用户进行零点波束赋型，实现小区间干扰抑制。

RIS 还可用于辅助通信感知和定位、减少电磁污染等。从长远来看，RIS 技术可用于进一步构建新型智能网络范式。未来的网络不仅要考虑收发端的设计，还要将无线环境的联合优化融入到系统设计里面，实现更智能化、更弹性的网络形态。传统网络的设计和技术演进都是基于如何更好地适应无线传输信道的限制，如利用波束赋型技术抵抗传输损耗和干扰，使用多种调制编码和 MIMO 技术等提升传输容量等。然而，伴随着未来通信需求的不断拓展，以及网络复杂化，网络建设成本增加（包含能源开销）已经成为未来通信的关键问题。智能电磁表面作为一种以“无线传输信道可重配 / 可编程”为核心的技术，以其独特的低成本、低能耗、高可靠、大容量的特点为未来网络的构建开启了新的方向。然而随着研究的深入，发现 RIS 在商用部署，尤其是规模组网中存在大量需要攻克的技术，需要客观地预期 RIS 的应用场景限制和产业化进程。

2.6.1 RIS 硬件实现原理和方法

从原理上看，智能电磁表面技术指通过一种人工电磁表面能够实现对于电磁波的传输干预，如理想吸收、特定反射等。相较于实现固定功能的传统超表面，“智能化”电磁表面技术具有电磁特性实时可编程的特点。该类智能电磁表面通常包含大量单元，在实际应用中根据单元特性施加控制信号，实现对于各单元的电磁性质的动态改变，进而完成对于电磁波幅度、相位、极化和频率的控制。从硬件实现上，当前研究主要包含但不限于以下几个方向：

二极管 / 变容二极管：

该实现主要通过调整等效电路中的电容或电感的方式完成对电磁信号的调整，比如，可以通过增加二极管数目或者多级偏压的方式实现多级相位调整。同时也可以通过调整负载阻抗，实现对于信号幅度的改变。该类智能表面对于电磁信号有极短的响应速度，较低的反射损耗和功耗，且实现上具有很高的成熟

度和比较低的成本。

微电机辅助（MEMS）：

该实现主要通过微电机控制电磁单元的方式，如通过调整信号传输时延、旋转电磁单元、压电效应改变电容等，进而达成对于电磁信号的调整。该类智能表面具有良好的线性特征，低功耗和单片集成度高。

通过调整材料参数，比如，向列相液晶能够在不同偏置电场下以实现压控的双折射，进而实现电磁吸收等。在基底材料中引入钇铁石榴石，可以通过磁场来调节基底材料的磁导率等。此外，石墨烯也被认为是一种新的能够实现智能表面的材料。通过引入金属能够减少其表面等效阻抗，提升其对信号幅度、相位和频率的调整能力。

2.6.2 RIS 相关算法

智能超表面信道状态信息的获取对于波束赋形、安全传输、被动信息传输及感知定位等至关重要。智能超表面面临着元素间隔小于半波长且数目极大、元素全被动且不具备复杂的信号处理能力的特点，这使得分段信道的获得存在困难。为进行有效的信道估计，需要尽可能降低信道估计复杂度，避免复杂的信号处理操作需求。一种可能的解决思路是采用具备一定感知和信号处理功能的单元替代 RIS 被动反射单元，通过分段信道估计与传输性能的权衡进行主动元素数目、排布图案设计。基于位置信息的 RIS 信道估计方法利用基站和智能超表面位置固定的特点以及智能超表面的阵列特性获取信号到达角等关键信息，实现低复杂度信道估计。利用高频信道稀疏特性及 RIS 可编程性质，可以通过压缩感知、矩阵填充等方法获得 RIS 信道。设计信道估计与波束匹配协同方案可以被用于智能超表面信道估计，超表面分段传输的特性会对传统码本方案带来挑战，如

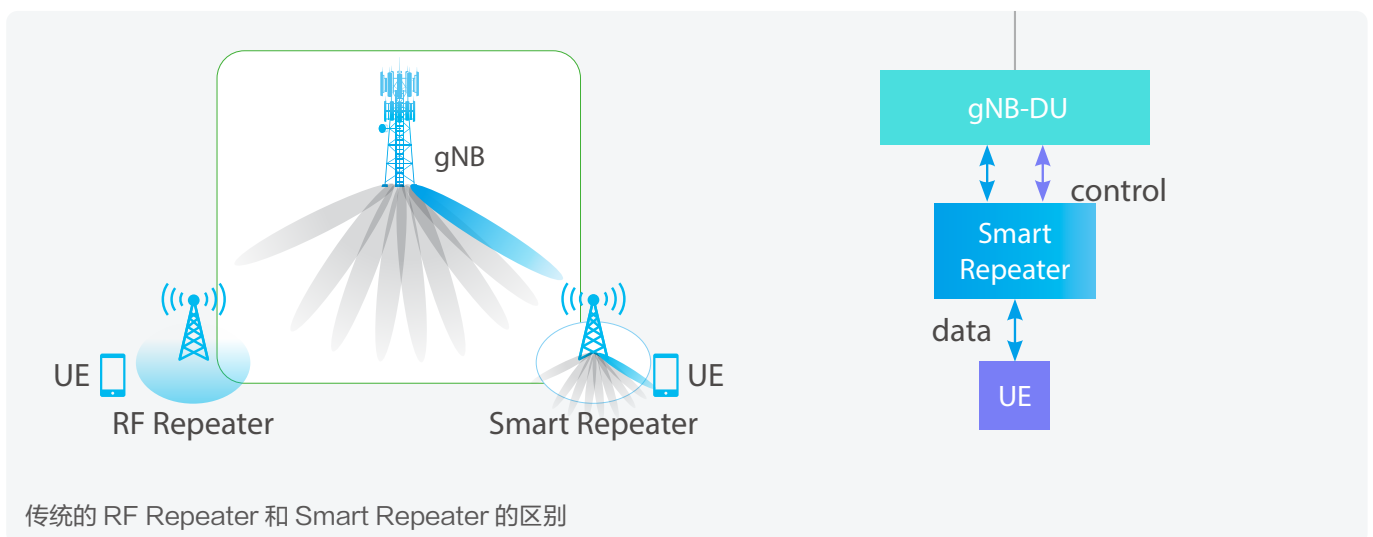
何设计基站-RIS 和 RIS-UE 信道的码本及匹配方案以进行随机接入设计、波束选择的问题亟待解决。下行链路的信道估计方案应考虑有限反馈的限制，需要在信道估计精度和非理想信道反馈两方面进行折中考虑。为利用解决信道模型未知情况下的信道估计问题，可以将近年来发展迅速的人工智能新方法用于信道估计，降低对信道建模的需求，具有很高的鲁棒性与抗噪声性能。

目前对 RIS 算法的研究热度比较高，虽然很多算法都作了简化的努力，但其共同的问题是，仍然需要全部，或部分地感知信道，又由于 RIS 单元阵列的规模特别大，远大于集中式 Massive MIMO，即使作了稀疏化处理，仍会造成硬件复杂度大幅度上升，这个问题在今后的研究中应充分关注。

2.6.3 智能直放站

与 RIS 类似，同样是通过增加网络可用天线数，可以通过控制电磁波传播有效解决高频组网的覆盖问题，智能直放站（Smart Repeater/Network Control Repeater）主要是通过功放来增强覆盖达到补盲，增加信道秩效果。

传统的 RF Repeater 只支持简单的放大转发操作，没有考虑 TDD 上下行，也没有考虑 Beamforming 或基于调度的开关等操作，在上下行时隙对所有信号都会统一在所有方向做放大转发，这会带来收发单元间互耦的自干扰抑制问题，以及放大噪声和干扰，限制了中继的增益，使中继增强覆盖的作用也有限。



B5G 将会引入 Smart Repeater/Network Control Repeater, 基于传统 RF Repeater 架构, 增加对于 Repeater 控制功能, 潜在控制功能包含:

波束信息:

有了波束信息接收和转发都具有方向性, 而且基站可以根据所服务的 UE 动态切换 Repeater 对 UE 的波束

Timing and TDD Pattern:

Repeater 可以根据 TDD pattern, 在上下行时隙时间, 有选择性地在特定方向做收发

On/Off:

基站可以根据调度来开关 Repeater, 达至省电和降低干扰的效果

Power Control:

基站可以控制 Repeater 发的功率, 控制干扰

目标场景假设:

- R18 Smart Repeater/Network Control Repeater 对 UE 是透明的, 即不影响 UE 实现, 支持 R15/16/17 终端, 这可以增加 repeater 的利用率, 但如果局限于现有终端, 就只能支持有限的波束扫描能力, 较难同时支持基站和 Repeater 的波束管理;
- 重点场景包括 FR2 with TDD, 室外或室外覆盖室内 (O2I) 等场景;
- 单跳静态的场景, 即不做 Repeater 级联场景, 且移动 Repeater 不考虑

2.6.4 客观预期 RIS 的应用场景和产业化进程

RIS 本质上是一种分布式空分复用技术, 通过多天线技术更好地、更精细地利用空间电磁场特征, 从而提升无线性能。相比之下, Massive MIMO 是一种集中式空分复用技术, SVC (平滑虚拟小区), Smart Repeater 或 Relay 都是分布式空分技术。

从空间资源利用精细程度上看, Massive MIMO 是一种数字方法, 最优; SVC 也是数字方法, 在严格同步的情况下其次; 普通的 Smart Repeater/Network Control Repeater 属于模拟方法, 再次之; RIS 属于模拟方法, 对空间资源的利用最为粗放。但从硬件成本和低价上看上述顺序正好相反, RIS 由于成本低, 容易做到更大规模, 容易进行多点部署。

业界对 RIS 的优点已认识比较充分, 随着研究的逐步深入, 对 RIS 的适用场景和产业化进程也需要客观估计。目前业界普遍认为 RIS 初期可能更多的用于高频、补盲应用, 相关的技术问题例如覆盖面积和增益的矛盾, 以及多用户干扰等问题还需要产业界和学术界共同攻克。

| 2.7 无连接传输技术 /eMUSA

一些新兴的物联网用例对网络提出了更高的要求，例如事件驱动的传感器监控网络不仅对连接数量要求很高，并且要求数据的上报足够高效；再比如智能电网中，一些高级智能计费设备有着非常高的连接密度，同时要求网络具有良好的覆盖范围、数据速率，以及低延迟和高可靠的特性；具体有如下两类应用场景：

应用场景 1：

巨量终端（mMTC 或者 ultra mMTC）的场景：机器终端数量特别巨大，并考虑立体覆盖；有一定的突发性，对传输时延的要求不高；终端低速率、低成本、低功耗。

应用场景 2：

critical MTC 的场景：未来 critical MTC 场景可以说是 mMTC 和 uRLLC 的两者的折中：终端数量，以及对传输时延和可靠性的要求都介于 mMTC 和 uRLLC 之间。虽然 uRLLC 技术已经可以支持数量不大的超高可靠低时延终端，但是如何高效地支持终端数量大得多的 critical MTC 场景，还需要进一步研究。该场景下一个典型的用例为增强车联网 eV2X（Enhanced Vehicle to Everything）。

基于 NR 的海量物联网，具有简化的接入方式和数据传输，例如 2-step RACH 以及在 Inactive State 下的小数据包传输，在更进一步，在 B5G 阶段，基于非正交的免调度技术是一种十分有前景的技术。免调度意味着终端可以多数时间处于深度睡眠状态以最大化地减轻系统的负担和终端的功耗，尤其对于终端，然后想发就发，发完马上深度睡眠。而传统基于动态调度的传输则需要终端先进入连接态，然后申请传输资源 / 申请授权（Grant），进而传输数据。这套流程无疑会显著地增加信令、功耗和时延等开销。另外，巨量节点意味着随机接入和申请传输资源这两个过程本身很大概率会发生碰撞或阻塞，这必然会更加恶化传输效率。

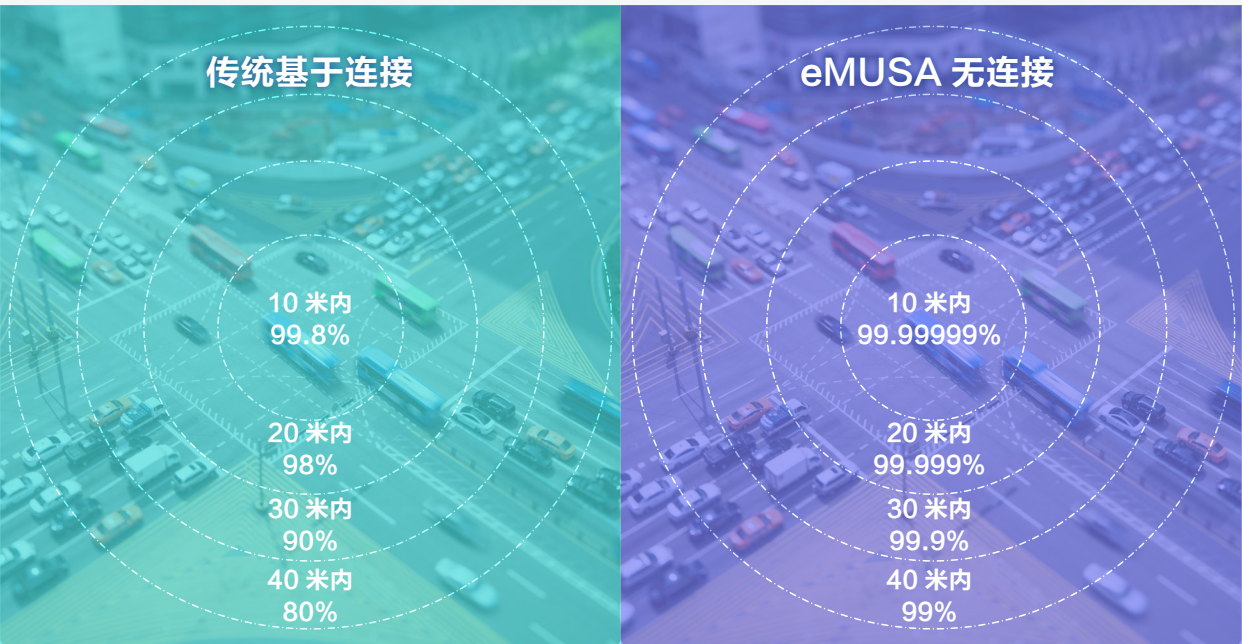
面向千亿物联场景，无连接的竞争式免调度传输如果单纯利用一维的功率域，即远近效应，是很难实现高效的传输的；需要进一步借助码域和空域来支持多用户传输。

码域竞争式免调度传输中，如果使用长序列，如长 PN 序列，虽有一定的过载率，但当过载率特别大时，其 SIC 的复杂性劣势就体现出来。进一步，发射侧信息时频展开太多，也增加终端发射的复杂度。而短序列通过优化设计，如果也能达到接近长序列的高过载率的话，那么在复杂性上就有优势。传统 PN 序列缩短后所能支持的用户过载率下降还是比较快的，这是因为传统 PN 序列是二元实序列，序列缩短后，随机

产生的序列集合的低互相关性难以保证。目前的一些 NOMA 技术方案，是通过优化符号扩展序列来提升码域竞争式 NOMA 性能的。其中 eMUSA 技术使用复数域多元码序列。此类序列即使很短时，如长度为 8，甚至 4 时，也能保持相对较低的互相关。正因为 MUSA 复数域多元码的优异特性，再结合高效的串行干扰消除（SIC）接收机，MUSA 可以支持高过载。

另一方面，传统 MU-MIMO 系统中，基站可以先通过用户的正交参考信号，估计出不同用户的空域信道。但是在无连接的竞争免调度传输场景下，参考信号也是用户自主选择的，即有可能产生参考信号碰撞，高过载意味着高碰撞概率。一旦 RS 碰撞，基站很难分离出这两个用户来。为了减少参考信号的碰撞和污染，同时还要估计无线信道，时偏及频偏，则参考信号数量需要成倍增加，序列长度成倍变长，最终开销成倍增加，检测复杂度更是平方上升。

需要指出的是，竞争免调度的非连接传输还可以和其他技术结合，从可以应用到广泛的场景中。例如结合车辆收发空间隔离的全双工技术，上述非连接的高效免调度高过载传输技术，可以允许大量车辆终端无需先听后发，直接交换信息；并且避免传统技术的漏收和隐藏节点问题；最终实现超低时延和超高可靠性的 V2V 直接通信。与传统方案的对比如图所示，高密度车辆网场景，该方法可以传统方法的 1/5~1/10 传输时延，实现可靠性提高 1~3 个量级。



与传统方案的可靠性对比



2.8 无源物联网

未来，物联网的应用场景将更加丰富，特征也更加多样化：设备成本要求更低、功耗极低、尺寸更小、结构简单，甚至可能无法集成电源，或在某些特殊场景下出于安全考虑不适合集成电源。业务简化，例如仅在查询时响应，但频次不定。为了满足日新月异的新需求，引入无源物联网是物联网演进的大趋势。与有源物联设备相比，无源物联网可以无电池，使用寿命几乎无限制，设备联接数量几乎无限制，功耗很低，微 W 级别。特别适合于需要读取极少量数据，而设备数量特别多，管理难度高的场景。

跟传统有源终端不同，无源物联终端需要支持射频能量收集，反向散射通信等关键技术。

射频能量收集技术是一种将接收到的射频信号转化成电能的技术。我们主要考虑同时具有射频能量收集能力和数据 / 信息收发能力的设备节点，这种设备可以称为储能设备。储能设备通常包含以下模块：

- 能量采集器
- 低功率射频收发器
- 电能管理模块

能量储存器或可充电电池射频能量收集的主要问题：

- 射频到直流能量的转换效率较低
- 收集能量的多少非常依赖于设备与射频源之间的距离

反向散射技术可以认为包含特殊的能量收集处理，即能量是即收集即使用的，因而支持反向散射技术的物联网设备可以做到真正无源。支持反向散射技术的设备节点（也可称为反向散射终端）无需存储能量，其反向散射发射器通过调整天线阻抗来直接反射接收到的射频信号并用于调制发送信号，将数据发送到反向散射接收器。支持反向散射技术的通信系统可以有以下三种类型：

单基反向散射系统（MBCS）：

只有两个主要组件：读取器和反向散射发射器，其中读取器可以认为整合了射频源和反向散射接收器。典型的实现是 RFID 系统。

双基反向散射系统（BBCS）：

射频源和反向散射接收器是分开的。因此，BBCS 可以避免 MBCS 中存在的往返路径损耗。此外，通过将射频发射器放置在最佳位置，可以进一步提高 BBCS 的性能。

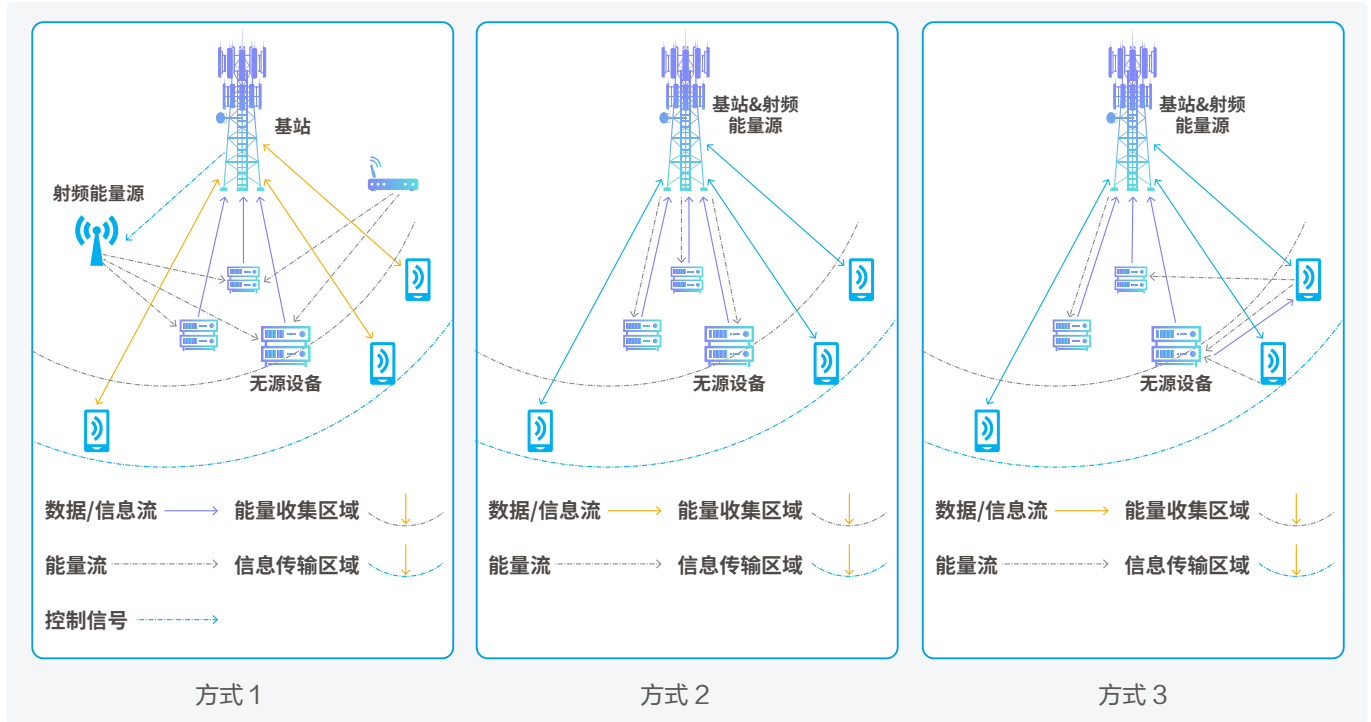
环境反向散射系统（ABCS）：

与 BBCS 不同，ABCS 中的射频源不是专用射频源，它可以是环境中的各种射频信号源，例如电视塔、蜂窝基站或 Wi-Fi 接入点。因此，首先，ABCS 系统中无需部署和维护专用射频源，从而降低了整体的成本和功耗。其次，利用现有的射频信号，无需为 ABCS 分配新的频谱，可以提高频谱资源利用率。

现有无源物联网虽然在设备功耗和设备复杂度方面存在一定优势，但在覆盖、传输性能、多址接入、移动性等方面的能力也存在明显不足。这些劣势却恰好是传统蜂窝网络的长处，因此将传统蜂窝网络与无源物联设备结合已成为业界研究热点。



依据射频能量源节点的部署位置，基于蜂窝网络的无源物联网可以有以下几种部署方式，如下图所示：



方式 1:

射频能量源节点作为独立网元部署，该节点可以为无源物联网设备提供射频能量，无源设备与基站进行数据 / 信息传输。这里，射频能量源可以进一步细分为：

可以是专门设置的射频能量源，此时蜂窝网络可以对其进行控制，例如设置操作频段、发射功率大小等；

也可以是非蜂窝网络的其他网络中的节点，如电视或广播电视塔、WiFi 接入点等。

方式 2:

射频能量源节点与蜂窝网络的网络节点融合（例如位于基站或 relay 节点上）；

方式 3:

射频能量源节点与普通终端或无源物联网设备融合，某个无源物联网设备可以从更接近的其他设备节点上获取能量，从而提高能量收集效率。而通过支持多跳操作，即无源物联网设备可以将数据发送到邻近的普通终端设备，也有助于扩大通信范围。

传统蜂窝网络与无源物联网相结合，对标准协议和系统实现也存在一定的影响和挑战，以下简单罗列了对物理层、高层、核心网的挑战和主要研究方向：

物理层技术挑战：

上行链路：编码与调制，多址接入，反向散射信道设计
下行链路：下行携能信号设计，能量与数据同传机制
其他：定位方法设计，与已有无线系统的共存机制

高层技术挑战：

协议栈，（协议栈融合，简化的协议栈功能），
接入与调度（高效的接入机制，资源调度优化），
连接控制（简化的连接控制，移动性重定义），
安全（安全需求识别，空口安全）

核心网层技术挑战：

海量无源设备管理，设备注册、鉴权、认证，承载优化及 QoS 保证，移动性管理和优化

03

边界扩展技术 (Extension)





面对来自各行各业的爆发式需求，5G 的应用边界将进一步扩展。在 5G 第一阶段中，3GPP 已经完成了对 eMBB、uRLLC、mMTC 等典型业务的支持。B5G 阶段将进一步聚焦来自行业的新场景，新需求，这就对网络提出了多方面的需求。尤其需要对已经存在的各种技术进行水平和垂直融合的“边界扩展技术”。例如，深度融合的信息基础设施，通感融合，空天地一体化，以及内生智能和内生安全等等

| 3.1 深度融合的新型信息基础设施

未来网络面对泛在连接，会形成多种场景组合，单一的运营商大网会得到很多补充，比如 ToB 网络、物联网、车联网等等，这些网络模型会更为复杂，对网络的规划和落地提出了相当大的挑战，以往依赖 3G 用户模型预测 4G，依赖 4G 模型预测 5G 的模式将很难适用。多种网络形成一张复杂的大网，也有网中网。为了应对这种不确定的变化，云化、池化仍是最好的解决方案，将端、网、云统一编排、统一调度和协同，会成为下一代网络应对复杂性演进的必备方案，也就是算力需要抽象和整合，需要对端、网、云进行深度融合，这里的网不仅是承载网，还包括无线基站。

3.1.1 新型架构

那么，应该如何定义新的架构来应对这种困境，甚至可能是常态化的困境呢？运营商提出了各种构想，期望打造网、云、数、智、安、边、端、链（ABCDNETS）等多要素融合的新型信息基础设施，推动算力成为与水电一样“一点接入、即去即用”的社会级服务。针对困境和构想，我们提出应将端网云深度融合，统一算力编排。具体来看，在基础设施、统一云平台技术栈和统一编排管理方面有如下考虑：

3.1.1.1 分层分场景构建异构硬件池：

中心场景算力集中按需供给，大规模低成本集中运维，绿色低碳；边缘场景，数据边缘分流处理性能与集成度并重，边缘安全及即插即用部署；接入场景，数据预处理，性能要求不高，集成度优先。同时，虚层屏蔽硬件差异，为应用提供一致的资源及能力服务。

对高集成，低功耗的考虑：

- 预制全模块 IDC：短建设周期，低 PUE
- 边缘服务器：短机箱，计算网络合一
- 云网一体柜 or 超融合设备：出厂预装，快速入驻边缘机房
- 内嵌单板：与 IT BBU/OLT 接入设备合一

对高性能，强安全的考虑：

- GPU/DPU：满足图像处理等特殊应用要求
- 智能网卡：提升网络转发性能
- 全卸载智能云卡：全面提升系统性能、安全性及集成度
- 专用无线硬件：无线基站高实时业务处理采用专用无线硬件

3.1.1.2 统一云平台技术栈：

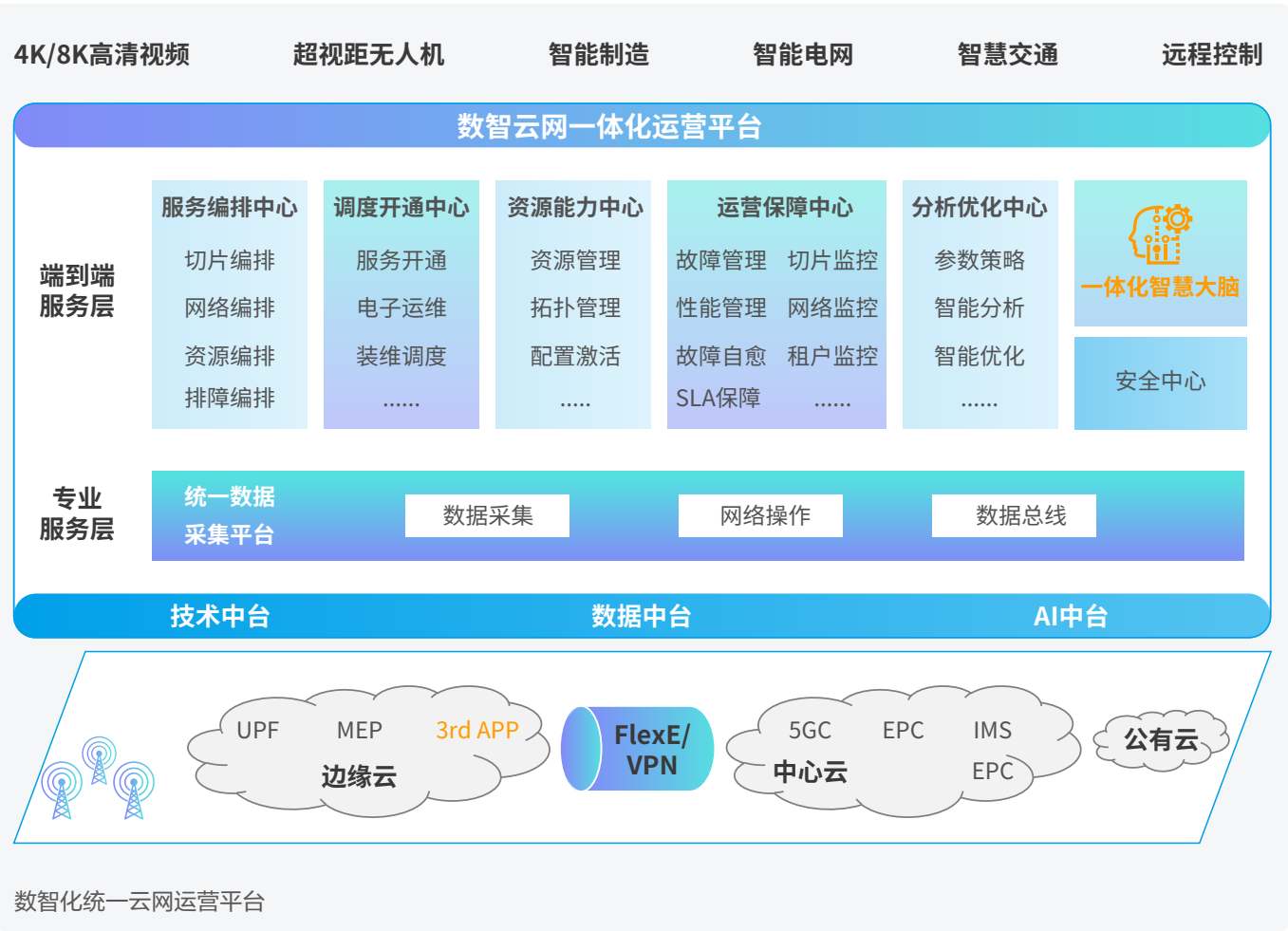
- IaaS层，增强型基础设施，包含虚拟机容器双核引擎，轻量化方案，硬件加速技术，内生安全；
- PaaS层，按需可裁剪的平台能力，包含视频，物联网，行业，企业，电信等业务能力，大数据中台具备大数据及 AI 能力，对外能力开放；
- SaaS层，按需定制的敏捷开发环境，适用于电信及行业客户；
- 全场景部署能力：中心云，多集群平滑扩容，支持大规模部署；边缘云，组件按需裁剪及超融合，支持轻量化部署。
- 精准适配下一代应用：OpenStack/K8S 深度融合，灵活供给虚拟机 / 容器 / 裸金属，丰富的中台能力，满足应用敏捷开发要求；内生安全，保障系统安全可靠；运维：自动化运维 / 智能运维，提升平台管理效率。

3.1.1.3 编排管理：

数智化统一云网运营平台，提供云、边、端协同编排，对外提供 API 接口，可以在此基础上生长更上层的融合云网统一编排大脑，支撑云、网、边、端的统一编排及协同。

业务编排：
统一采控中心，跨专业网资源数据全采集；运维数据统一；全场景，切片编排，边缘能力编排；产维营一体化，BMO 拉通，运维、运营一体化；

资源编排：
跨域统一编排，包含异构资源统一生命周期管理，端到端切片编排，云网业务编排，多云协同编排、跨云迁移；中台化架构，运维能力原子化；





3.1.2 无线侧融合

按照业界前期的分析和实践，如果基站具备了微服务化、云原生能力，和云端以及承载网形成了端网云的深度融合，可以释放基站的大量算力，网络有显著收益：

基站算力云提效：多基站提供分布式的计算能力，提升部分场景效率；

功能创新提速：可按天进行算法迭代、功能升级，加速创新推出；

开放平台和管控：算力平台、运维管理能力开放，可运行第三方 APP；

面向企业服务定制：可将 ToB/ToC 的服务拆分提供，服务能力、运行效率匹配企业需求；

业务池化容量提升：业务多基站弹性伸缩，提升突发流量应对能力，平滑峰值要求；

让基站具备云化编排和调度的能力，和运营商网络中的边缘云、集中云形成统一的算力网络，实现深度融合。具体来说，包括几方面：

基站和基站之间构成算力云，可以弹性的进行负荷调度，满足不同业务模型要求；

多基站可以和集中汇聚侧的云服务器形成算力云，可以共享集中汇聚侧的处理资源，应对站点侧的流量突发需求或者业务模型变化；

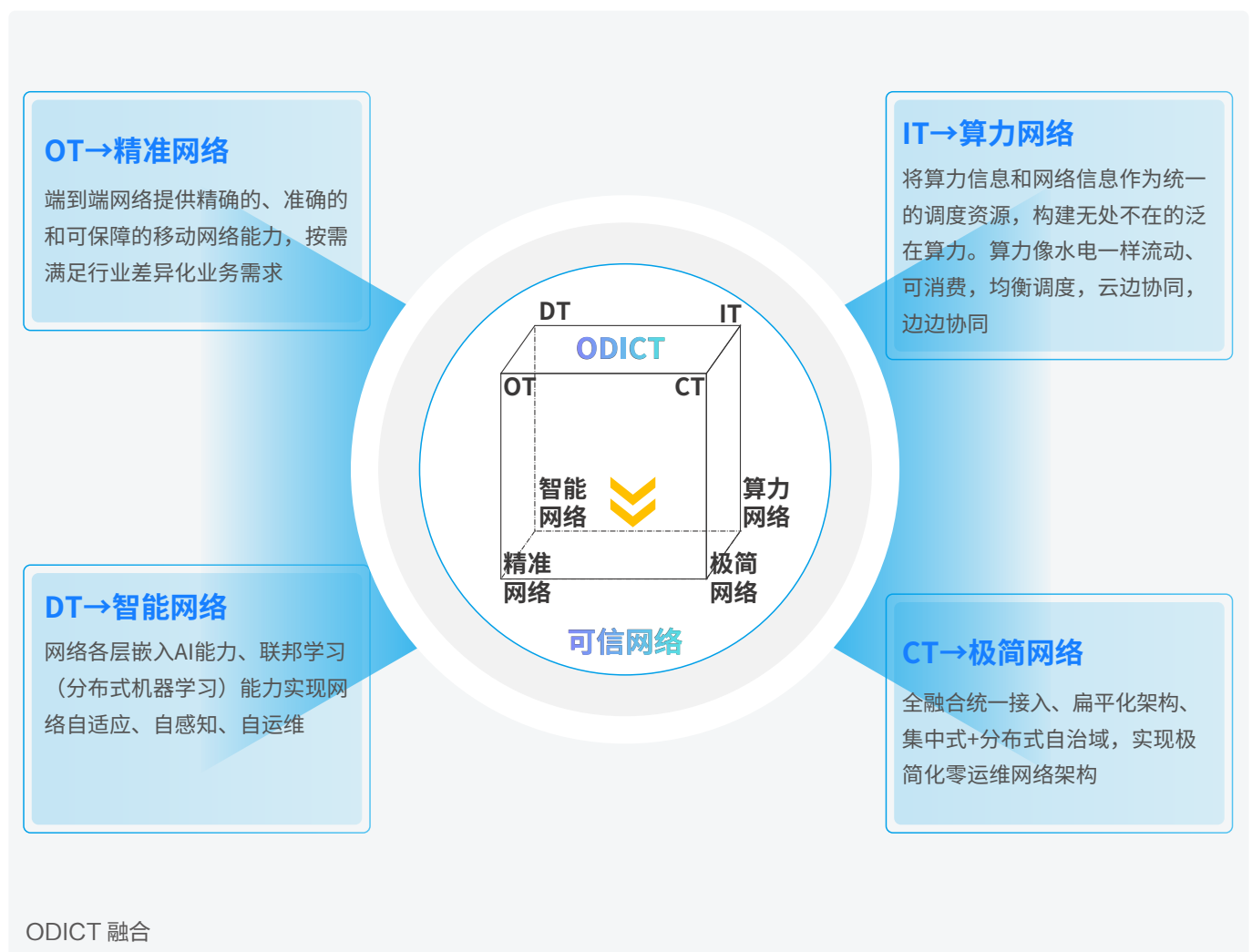
多基站节点可以将空闲资源用于集中侧业务的计算、卸载，利用庞大的基站算力来形成分布式算力网络，提高并行度；

基站、核心网、承载网等加速器或者加速卡，能够实现统一抽象，实现统一编排；

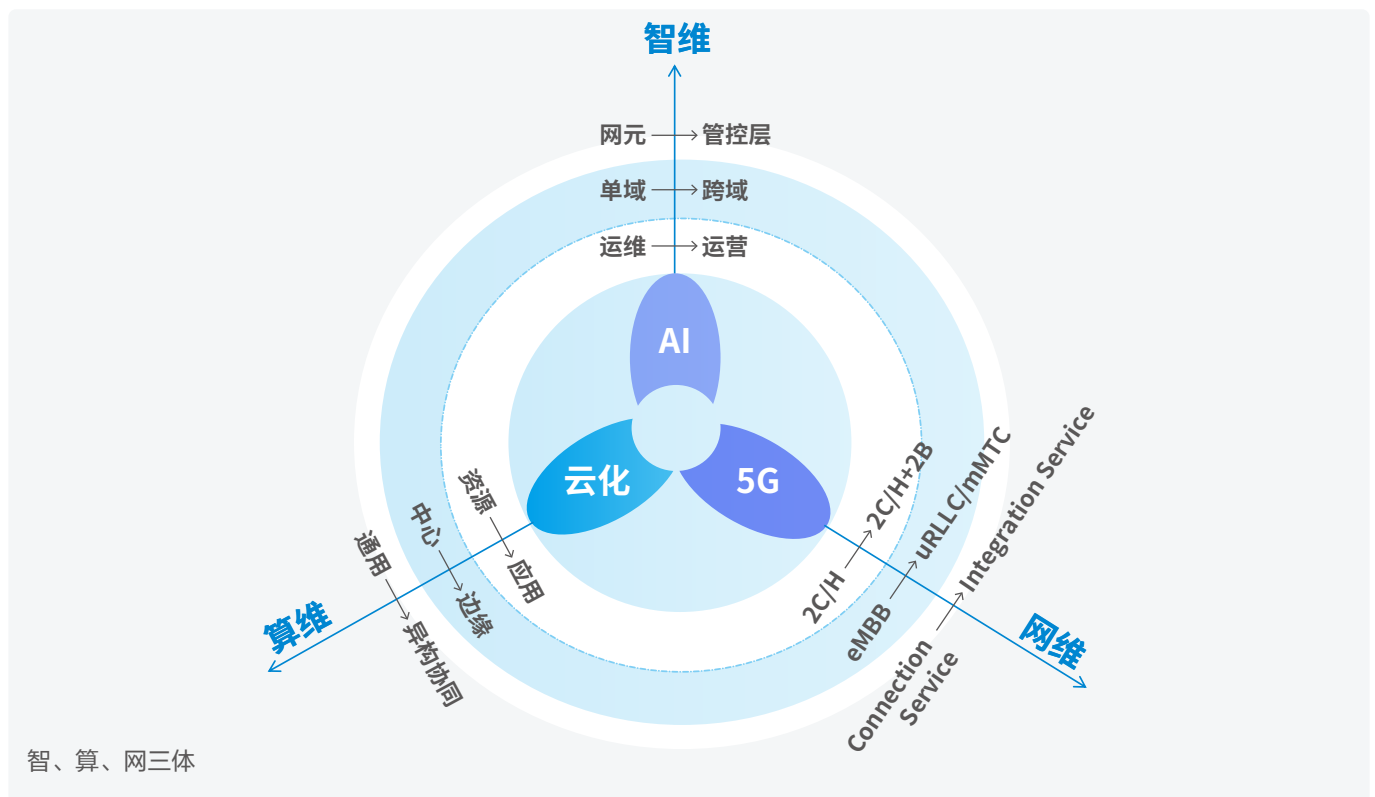
对于通用服务器的标准互联接口不能满足复杂的互联关系时，需要有统一的高性能转发软件包，实现算力间数据投递；

3.1.3 B5G 核心网：ODICT 融合

无线核心网的发展历程是多领域技术不断融合发展壮大的过程。2G/3G 时代专用 CT 设备支撑核心网话音业务、增值业务的发展，独领风骚；4G 核心网全 IP 化支撑移动互联网业务，ICT 初步融合；5G 核心网引入编排、虚机、容器、SBA 等技术，ICT 进一步融合。同时，NWDAF 是基于数据分析的网络智能初步尝试，标志着 DICT 技术融合。在 B5G 阶段，5G 核心网的发展进一步增强，引入确定性等 O（Operation）技术。**ODICT 融合是核心网未来演进的主要技术趋势，如下图：**



在 ODICT 融合的整体趋势下，B5G 核心网将在云化、智能化、业务能力三个方向上持续演进，如下图：



3.1.3.1 云化演进：

基于服务化架构的 5G 核心网，加速技术架构迭代升级，能更好的服务 5G 各行各业差异化需求。云化反映了灵活、可扩展和自适应网络管理的软件化趋势，B5G 核心网将从以下三方面向云原生持续演进：

从资源云化到应用云原生：

5G 核心网基于虚拟化技术提供基于 VM 和容器的资源层云化，构建统一的电信云基础设施。B5G 核心网将进一步聚焦应用层云原生演进，基于微服务架构和公共应用组件下沉形成统一的 PaaS 快速构建网络功能。同时，诸如 BaaS/FaaS、Serverless 等云原生技术引入使得 B5G 核心网更聚焦业务逻辑创新，实现由弹性网络向柔性网络的飞跃。

从中心集约向边缘延伸：

B5G 核心网转发面将进一步下沉至用户现场或靠近基站，呈现大规模超分布部署，并结合 MEC 提供就近算力，来承接下行的云服务以及上行的终端计算任务，实现云边端深度融合，显著地降低数据交互时延，减少网络传输带宽开销等。

从通用计算向异构协同发展：

未来元宇宙要实现真正持久和沉浸式体验，算力需求至少是千倍级的提升，而后摩尔时代，通用 CPU 性能瓶颈需要引入 GPU、FPGA、DPU 等具有领域特性的高性能算力，采用通用 + 异构，加速硬件 + 软件的协同的云化架构。用软件解决业务中频繁变化的部分，用异构硬件解决高算力需求问题。

3.1.3.2 智能化演进：

随着 5G 核心网业务场景日益丰富，网络功能和管理变得越来越复杂。传统网络采用静态的、手动配置和管理，带来高昂的管理成本，因此需要引入智能化来协助提升网络功能、网管运维、网络运营各个层面的服务能力和质量。B5G 核心网将从网元层到管控层、从单域到跨域、从运维到运营实现智能化演进。

从网元到管控智能化：

3GPP SA2 引入标准网元 NWDAF (Network Data Analytics Function)，作为数据分析和人工智能引擎，具备标准化分析能力、实时性高、闭环、部署灵活等特点，广泛应用于用户体验优化、网络性能优化、资源优化、终端异常检测识别等场景。B5G 核心网将支持更多应用场景、联邦学习框架等方面进一步增强，未来实现以智能策略为中心的网络。同时，3GPP 在网络管理层引入 MDAF (Management Data Analytics Function) 提供网络和服务事件和状态相关数据的处理和分析，为网络服务管理带来智能和自动化，比如

MDAF 提供切片覆盖、切片可用性和切片预测信息用于优化网络资源利用效率，实现网络节能。

从单域到跨域智能化：

当前 5G 在核心网单域内实现了部分的自动化场景，比如 5GC、IMS、云平台等单域故障定位、告警关联和业务优化。未来为了保障端到端用户体验，实现跨域的场景，多个域可以通过意图网络接口与上层服务交互实现跨域协同，完成网络的生命周期管理，从而构建出一张以用户体验为中心的网络；为了实现跨域数据的隐私计算，将引入联邦学习框架让多参与方或多计算结点之间在不

共享原始数据的基础上联合进行高效的模型训练。

从运维到运营智能化：

当前 5G 核心网运营以业务运营为主，未来 B5G 核心网运营将引入 AI 能力实现业务、服务和资源全方位运营。业务运营层向最终用户和业务合作伙伴提供零故障产品，通过 AI 使能自规划和自营销。服务运营层实现业务履行、质量管理和问题管理，通过 AI 使能自愈、自优和自管理。资源运营实现自主的资源管理功能，通过 AI 使能物理、虚拟和逻辑资源的自发放和自保障。

3.1.3.3 业务能力：

B5G 业务能力将向 XR 沉浸式通信、元宇宙、通感一体以及高精度、高可靠、高开放、高安全 (PROS) 方向强化业务能力。

进一步向全业务场景演进：

B5G 核心网的业务将从当前的“人联、物联”向 ToX (ToC、ToH、ToB) 万物智联全行业场景演进。ToC 业务将提供以人为中心的极致体验，从单一的音视频向多媒体新通信演进，双通道 (VoNR、DoNR) 融合 Data Channel 新技术提供交互式体验；超宽带融合多感协同、XR 报文感知、多流 QoS 控制，实现 XR 沉浸式、交互式多感通信，甚至未来元宇宙通信。ToB 业务则在融合增强的 TSN、URLLC、5G LAN 等高精度、高韧性技术的基础上，使能制造、能源、医疗、交通等全行业，通过增强的机器通信、人机通信，实现人、机、物等全面连接。

从大带宽向**低时延、高可靠、大连接演进：**

B5G 核心网将从 eMBB 向 URLLC、mMTC 持续演进，提供更低的时延、更高的可靠性及更广泛的连接。B5G 核心网增加与 DetNet、回传网 TSN 协同，实现从局域确定性向端到端确定性、广域确定性演进，更好的支撑远程手术、远程控制等远距离低时延、高可靠业务；与行业应用、NR 协同，适配 NR 下行数据调度时隙、减少 NR 传输时间，进一步拓展极低时延 (<2ms) 业务，例如工业控制；从低速物联网 (LoT) 向中高速物联网 (RedCap) 演进，实现低功耗高速穿戴设备、工业无线传感器接入。

从连接向连接 + 算力 + 能力一体化演进：

B5G 核心网提供连接、算力、能力的一体化集成的算力网络服务。算力网络包括算力感知、算力调度和算力度量三大支撑技术，在算力感知上，分布式的 MEC 节点上算力资源通过 UPF 发布到移动网络中，同时 UPF 作为用户报文感知的第一入口，感知用户报文类型，识别出对具体算力资源的需求，从而转发到移动网络中最佳的负荷节点。

综上所述，B5G 核心网将在**云化、智能化及业务能力**三个方向上向 ODICT 融合的极简网络、智能网络、算力网络和精准网络持续演进。

3.2 通感一体化

通感一体化（Integrated Sensing And Communication, ISAC）是指通信和感知两个功能融合在一起，使得通信系统同时具备通信和感知两个功能并能互相影响，比如说感知主体在通信的同时通过认知并分析无线信道的特性，从而去感知周围环境的物理特征，达到通信与感知功能相互增强的效果。其实，通感一体化并不是新概念，3GPP 支持 ISAC 的初步应用包括以下几种：

定位功能：

为通讯用户提供定位服务，5G-Advanced 将引入包括测距的 sidelink，多载波聚合，载波相位，AI 智能等技术提升定位性能。其中 AI 智能通过信道指纹学习解决在 NLOS 场景定位问题。业界也在研究利用超大规模天线和大带宽技术在角度和时延域分离多径，降低 NLOS 影响和降低对定位站点数目要求，以及提升定位精度到厘米级别；

感知功能：

为非通讯用户提供服务，该服务包括位置信息，地图构造。感知功能一般都需要基站具备大带宽和多天线特征，以提供更好感知性能。

3GPP 面向终端用户和垂直行业用户主要的感知应用是定位，但是定位产业的发展还依赖低功耗，低成本终端的出现。高精

度无线感知依赖大带宽和阵列天线，而毫米波等高频通信目前仍未取得规模突破，限制了高精度 ISAC 应用在短期内的市场预期，目前可标准化的 ISAC 应用讨论热点集中在室内及短距的应用，而基于蜂窝网感知的杀手级 ISAC 应用还需要挖掘。在 5G-Advanced 阶段进一步改进及提升定位功能的精度和其它性能，这包括采用 RIS、高频、大带宽、大规模 MIMO 的无线通信系统自身具有提供高精度感知的潜力，同时展开其它基于蜂窝网的 ISAC 应用的研究与评估，探索更多适合基于蜂窝网的 ISAC 应用（ToB、ToC 和蜂窝网络优化）。随着 Massive MIMO、毫米波、超密集网络在 5G 系统中的大规模部署，5G 网络在提供传统的数据传输功能之外，还具有提供高精度感知服务的潜力。另一方面，感知也是提升 5G-Advanced 系统通信性能的手段，利用无线系统的感知能力，网络能够对目标用户及周围环境及时感知，提高波束训练和跟踪效果，提升定位精度以及服务连续性，降低包括计算和反馈等方面的开销。通信感知一体化预期将是 5G-Advanced 网络的一个重要特征。

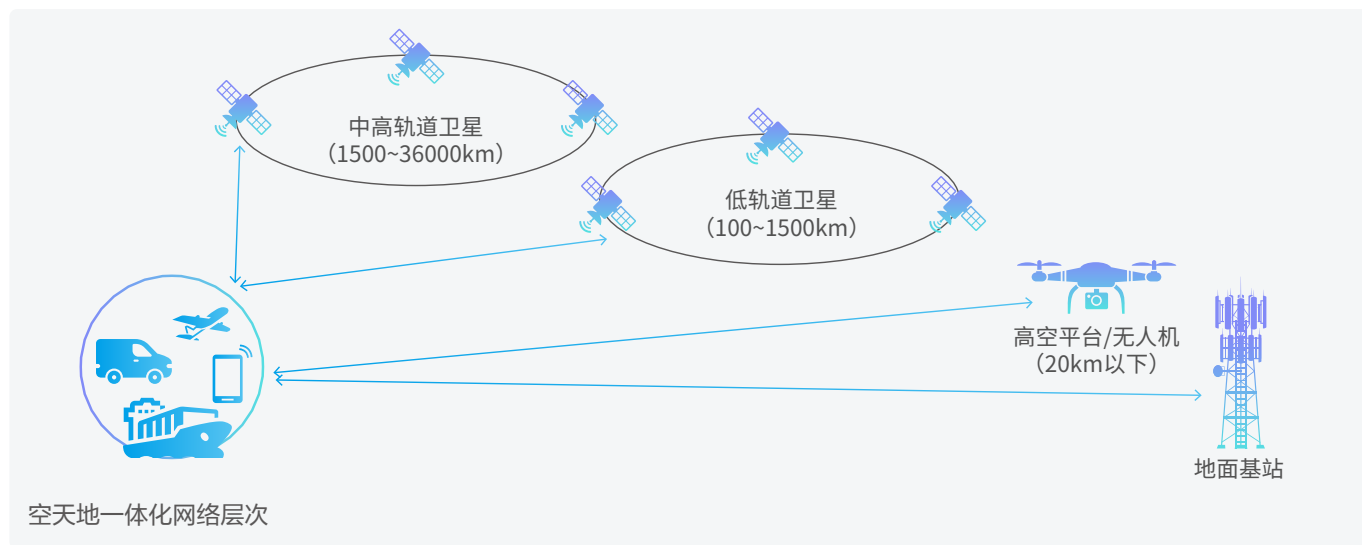
感知或感知 + 通信是 5G-Advanced 系统开拓新业务的手段。利用蜂窝网络部署的广泛性，5G-Advanced 预期可以以较低成本实现传统专用感知网络才能实现的功能，比如无人机入侵业务。而感知与通信在同一网络的紧密耦合，则有望支持一些单独通信网或者感知网都无法支持的新业务。



通感一体化提高了包括波束跟踪相关的通信性能

3.3 空地一体

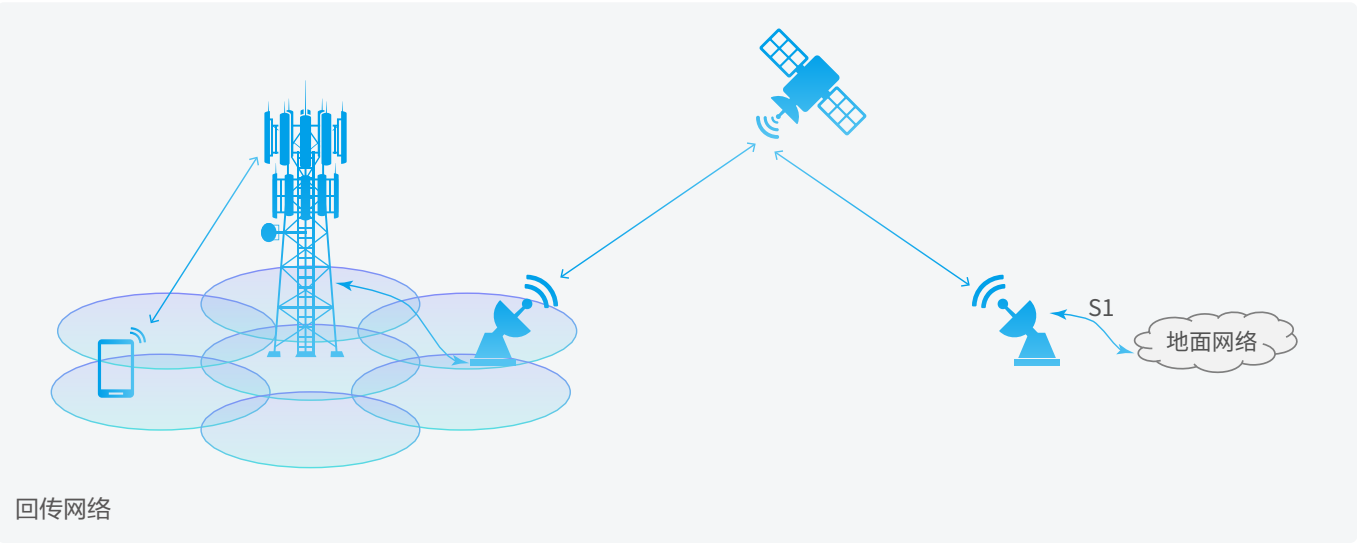
陆地无线通信经过近 30 年的发展，已在全球大多数地区形成了较为完善的网络覆盖，为全球 80% 的人口提供移动通信服务。但受制于经济成本、技术、自然条件等因素，在人口密度低的偏远地区以及沙漠、森林、海洋等区域，地面无线和有线网络目前无法进行有效覆盖。解决这些问题的有效途径是空地一体网络，通过充分利用低空通信和卫星通信部署机动灵活、覆盖广的优势来弥补陆地通信的不足。空天网络主要应用场景为海洋，沙漠等无人区，是地面网络一种补充，而不是替代。



对于空地一体化网络，“空”指平流层 20 公里以下，网络节点包括 HAPS 和无人机等，而“天”通常指地面 100 公里以上，网络节点主要包含低 / 中 / 高轨道的卫星，“地”顾名思义是指地面。三个层次中的空与地在通信场景、通信技术上有高度的相似性，其融合相对简单，并且近年来已有众多的成功应用，比如在遭受水灾的区域上空，通过无人机以及热气球搭载基站，紧急完成通信网络的恢复。因而，天和地的融合是未来空地一体化主要方向，即卫星网络和地面网络的融合。

卫星网络和地面网络在各自的轨道上已经发展了三十多年，在

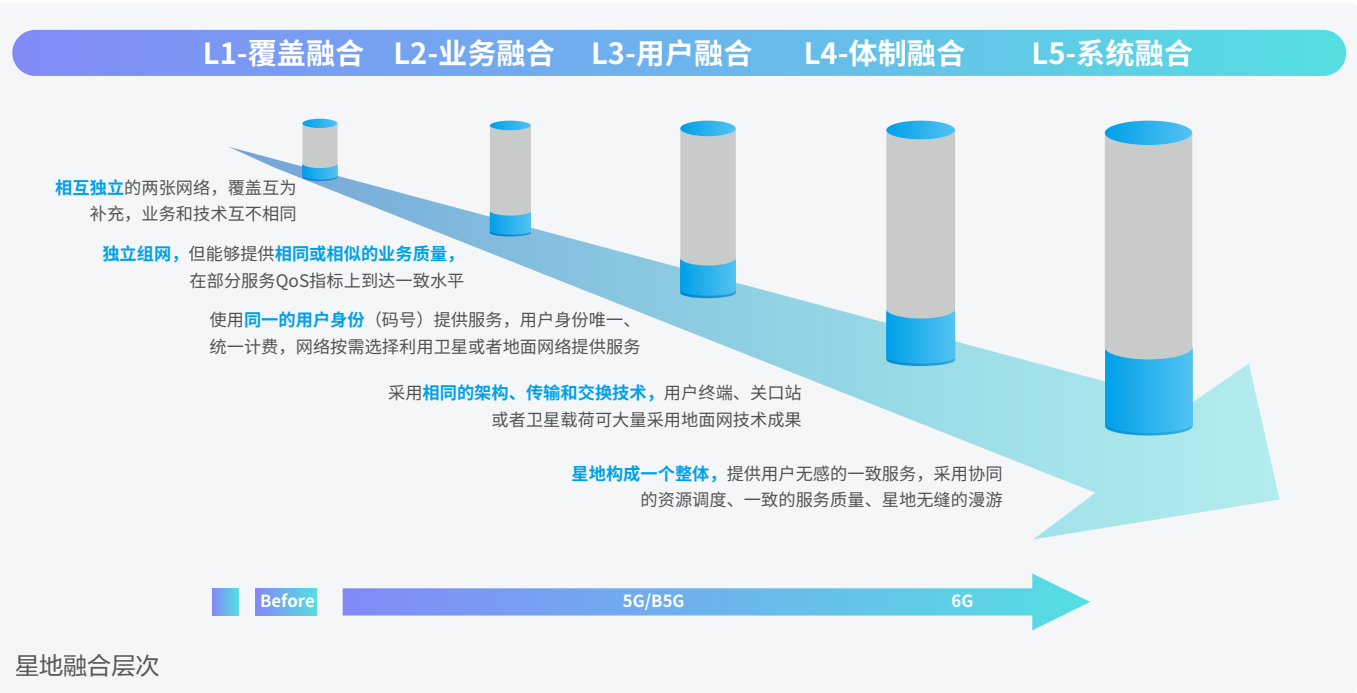
这个历程中两者的关系也逐步从竞争、互补走向了融合发展。特别是近五年来，低轨宽带互联网卫星星座受到业内的广泛关注，单一星座中卫星的数量成百上千，甚至数万，其可以提供数十兆 bps 的传输速率，接近当前地面移动通信 4G/5G 的性能，于是卫星互联网取代地面网络的观点应运而生。虽然卫星网络可以实现全球无缝覆盖且不受地形自然条件限制的优势毋庸置疑，但是卫星与地面用户通信距离高达数百上千公里，是地面网络通常传输距离的数百上千倍，其所带来的链路损耗相比地面链路损耗高 20dB 以上。为了弥补这一差距，有效的途径是增加天线增益和发射功率，但是对于终端特别是手持式的



终端，几乎是不可实现的。此外，卫星的一个波束可视为一个基站，地面基站通常覆盖地面半径几公里甚至数百米的区域，而卫星的一个波束既可以半径几十公里的区域，如果覆盖区域是市区、郊区甚至农村，其用户数远远超过一个波束用户容量。仅从上述两个简单的视角，即可以有力否定卫星互联网取代地面网络的观点。

补、融合发展。虽然现阶段两者仅仅是通过地面网关的融合实现互联互通，即传统的卫星通信可以为地面网络提供干线传输和回程业务，但是随着技术的发展，未来的空天地一体化通信网络，将是以地面网络为依托、天基网络为拓展的立体分层、融合协作的网络，采用统一的技术架构、统一的技术体制、统一的标准规范。在这个过程中，将会分为不同的融合层次，最终实现体制和系统的融合。

卫星网络和地面网络两者无法相互取代，唯一的方向是优势互



为了实现这一目标，3GPP 等国际组织基于 5G，从应用场景、网络架构以及空口技术等维度展开了相关工作。目前主要针对增强型移动宽带（eMBB）和大规模机器类通信（mMTC）两大类应用场景，将解决以下 4 大问题：

使得运营商将来可以在地面网络不通达或者地面网络基础设施不发达的区域提供 5G 商用服务；

使将来的 5G 网络能够做到“泛在”覆盖，以增强 5G 用户终端或移动平台（比如高铁、轮船、民航客机等）的 5G 业务连续性；

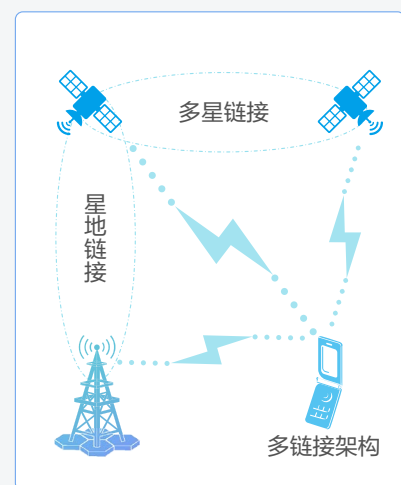
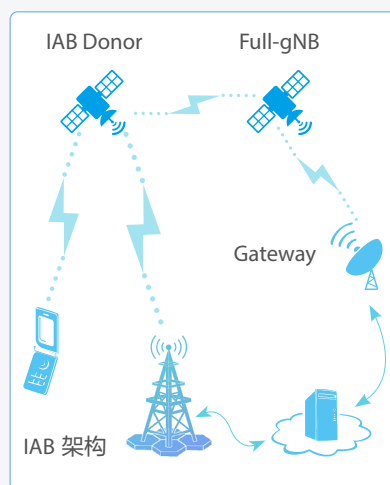
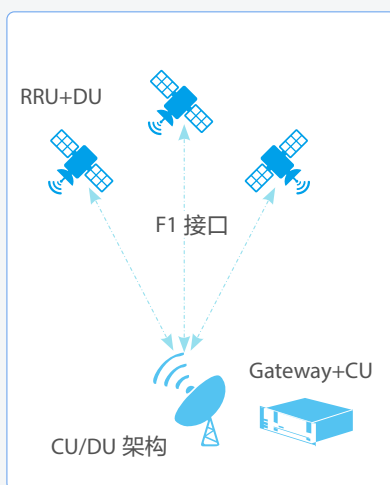
增强 5G 服务之“泛在”可用性，尤其是基于 5G 系统的应急通信、铁路沿线通信、海上通信、航空通信；

使能 5G 网络的“可伸缩性”，通过面向 5G 网络边缘（5G MEC）甚至直接面向 5G 用户终端进行高效的组播 / 广播数据传输；

随着未来 B5G 和 6G 网络的演进，为了能够更好地实现深度融合，进一步的增强设计是不可或缺的。

在网络架构方面，未来空天地一体化网络架构将由单层次网络向多层次网络演进。例如在宏观的网络架构方面，低轨道的卫星和地面基站分别作为天基和地基的接入网，高轨道的卫星作为天基骨干网，两者共同构建一个多层次的融合网络。在接入网络层面，可以演进出 CD/DU、IAB 以及多链接等架构。

为了实现统一的技术体制下的融合系统，空天地一体化还需在关键技术方面做深入研究，包括：新型编码调制接入等物理层关键技术，频谱资源管理，移动性管理，人工智能，卫星互联网协议等。



接入网架构

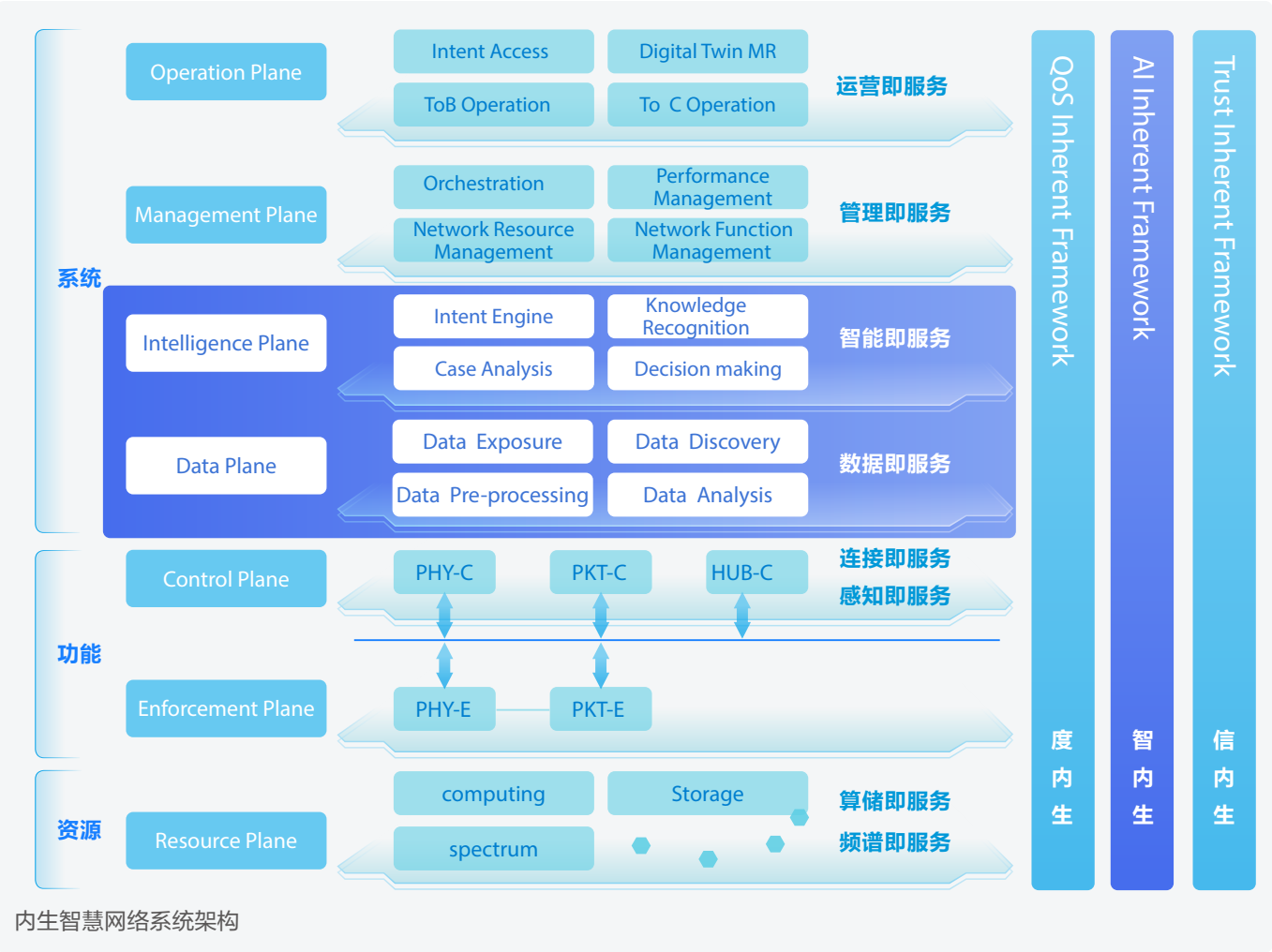


3.4 内生智能

智能内生是基于 AI 计算能力与通信过程深度融合的算网一体化架构，全方位提升不同层级（物理层、MAC 层、网络层等）的智能化学习及场景适应能力，支撑个性化智能服务能力的持续演进，同时逻辑功能化的智能面和数据面等功能平面进一步成形，将智能面和数据面其融入到网络架构设计、网元和接口实现中，使未来智能网络可以内部实现自适应、自学习、自纠错、自优化，同时提供 AI 资源和服务的统一智能编排和调度，通过智算网深度融合，持续保障 AI 服务质量，赋能网络实现智能自治，赋能行业构筑泛在智能生态系统。融合意图驱动和数字孪生网络技术的无线智能编排网络将向“网随业动，编随营需”进一步演进。

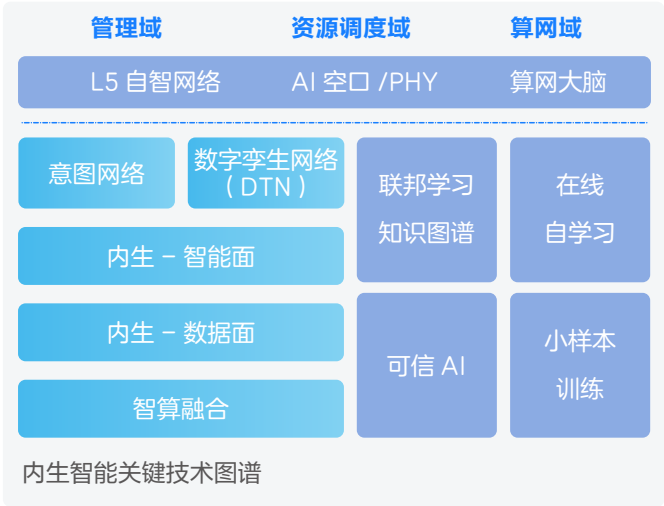
内生智能的主要特性：

- 1、在 3GPP 标准定义的通信网络内能提供完整的 AI 能力，包括数据、算力和算法能力；
- 2、在通信网络架构上，在功能和逻辑层面充分考虑未来智能平面的应用需求；
- 3、未来通信协议层面，协议栈和接口的设计要做相应变化来适应 AI 应用的部署；



融合内生智能系统架构的考虑，结合 AI 领域自身技术发展，如自动机器学习、可信 AI 和模型预训练等技术，融合内生智能系统架构的演进，未来 B5G 内生智能网络的关键技术图谱如图所示。

- B5G 阶段，内生智能网络架构涉及的关键技术点：**
- 1. 内生智能的智能面 & 数据面定义
 - 2. 分布式联邦学习技术
 - 3. 意图网络和意图引擎技术
 - 4. 自智网络相关单域自治和跨域协同技术
 - 5. 智算融合网络的算网大脑和智能编排调度技术
 - 6. 数字孪生网络和仿真技术



3.5 内生安全可信

为 6G 构造内生的安全免疫能力体系，设计构建 6G 统一的共识可信身份与信任评估体系是第一步。构建深层次的具备不可抵赖、不可伪造、不可篡改的共识可信身份是关键也是基础，人和设备需要具备同等身份，并进行实时动态的关联管理。基于可信身份，抽取行为等多因子，进一步建立身份信任评估体系。6G 共识身份与信任体系进行集中式与分布式相结合的混合方式部署，以更好的支撑空天地海的泛在接入和业务运行，以及高效的安全处理，如取证溯源等。

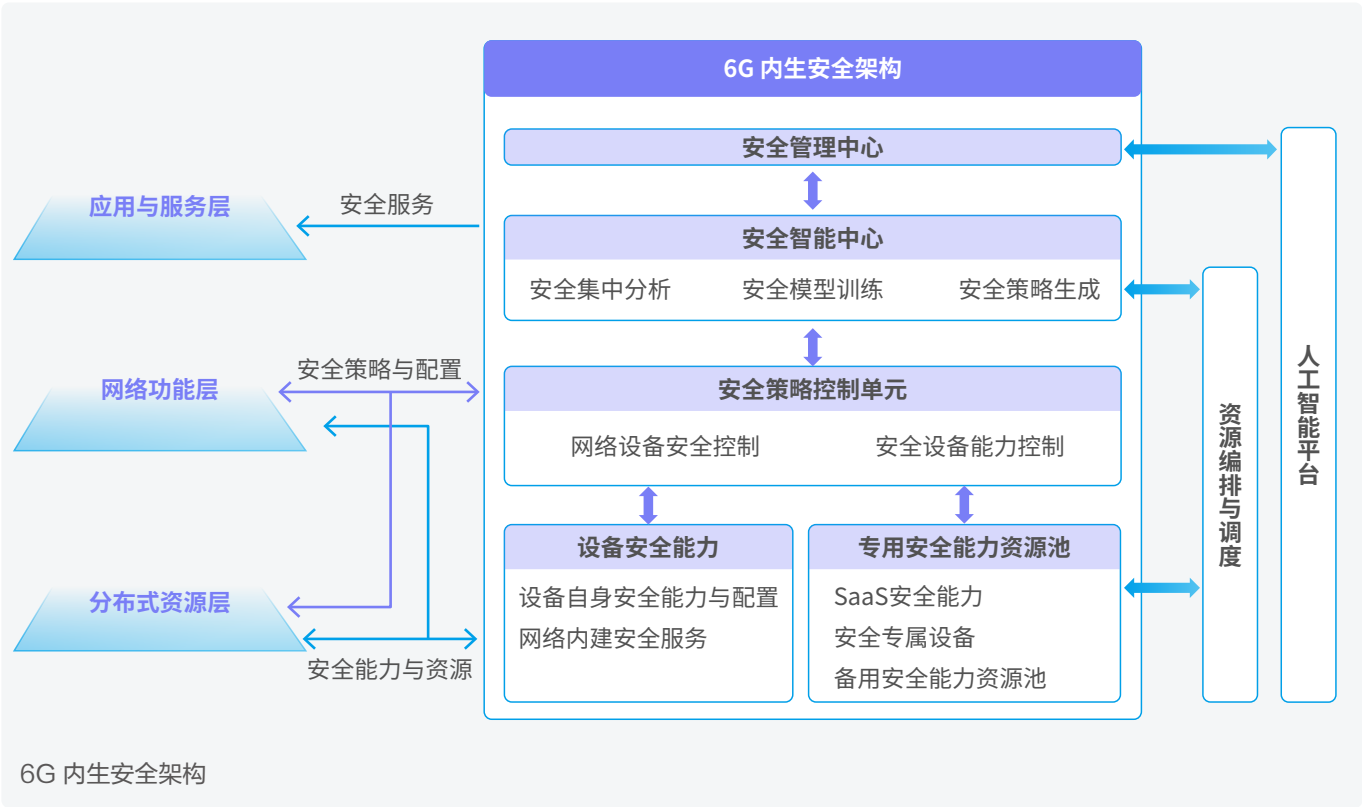
进而，基于 6G 共识可信身份与信任评估体系，在全网层级、网元、边界各层级设计，为 6G 构建一体化、协同、智能、可算的安全免疫能力体系，需要实现安全可信内嵌，这就是内生安全可信，它包括：

内聚而治，指 6G 网络通过的技术融合与业务融合的背景下对

不同安全协议与安全机制的聚合，来对网络进行安全治理；6G 网络中的接入侧安全通过“内聚而治”，为 6G 内生安全网络实现“门卫式”安全保障；

自主以生，指 6G 网络的安全防护应具备自主驱动力，来同步性甚至前瞻性地适应网络变化，以衍生网络内在稳健的防御力。6G 网络域安全提供网络自内向外的安全稳健能力，是体现“自主以生”的重要方面。

6G 内生安全架构，以“按需、柔性、智慧、至简”为目标，设计了一个包含安全管理中心、安全智能中心、安全策略单元和安全能力层的四层内生安全架构，并协同人工智能与资源编排能力，形成体系化架构。



综合业界安全可信研究热点和 B5G/6G 通信网络愿景，中兴通讯 B5G/6G 网络的关键技术如下：

3.5.1 分布多域信任模型

采用集中化、去中心化、第三方中心共存的安全信任模型，同时为 B5G/6G 中海陆空天地等多种异构网络提供安全认证和接入服务，用户跨域切换避免多次认证，实现用户认证结果的广域共享；

适应网络服务分布部署趋势，能够为分布在中心、区域、边缘等不同位置的通信业务提供高效快捷的安全认证能力；

容纳运营商、用户、垂直行业等多方利益体，设计增强的多方安全信任模型。

3.5.2 区块链技术

区块链技术可用来建立多方安全信任模型，通过区块链技术可以为运营商提供一个去中心化的平台，安全高效地存储和转移数据，以提升网络信任度。区块链技术可以在 5G-Advanced 中实现快速、安全、稳定和去中心化的数据存储，保证网络共享的可信性和透明性。一些网络侧的关键数据（如小区资源利用率、频谱利用率）可以通过主管运营商的共享基站通过安全可信的方式上传到区块链平台，主营运营商可以根据区块链平台上的实际资源占用情况，对系统资源的配置进行优化。此外，主营运营商也可以为参与网络共享的运营商的客户提供服务，并将这些客户的故障报告以同等优先级发送至区块链平台，其他参与的运营商则可以通过区块链平台获取客户的故障报告，实现安全互信的网络运维。

3.5.3 主动防御免疫能力

采用可信技术，为网络基础设施、软件等组件提供可信启动、安全度量、可信管理等内在安全能力，确保软硬件运行符合预期。

安全融入通信协议设计，采用贴合 B5G/6G 网络的密码应用技术和密钥管理机制；采用适合高速高并发通信的加解密和签名机制；设计具备隐私安全保护能力的的数据交换机制；

多安全能力智能协同，通过跨域跨位置的安全能力调度，准确感知整个网络的安全态势和预测风险，针对安全攻击下发分布式处置策略，实现安全风险的敏捷处理和通信组件异常时的业务韧性。

3.5.4 可扩展自演进架构

安全能力具备弹性可伸缩能力，根据实际需求构建，灵活组合和调度编排，以适应 B5G/6G 的多场景多域安全需求；

以虚促实，利用数字孪生等能力，在虚拟世界进行安全组件的有效性验证、安全策略的智能训练与仿真，协助物理世界实现安全高效化和智能演进。

安全框架具备与网络设计共同演进，具备灵活采纳业界最新的安全技术成果的能力。



| 3.6 新业务赋能

一些热议的新业务包括元宇宙以及车联网，智慧家庭，智慧农业等对网络也产生了新的技术需求。在元宇宙场景中，XR 是最重要的场景之一。XR 业务已被用于工程辅助、专业培训、远程医疗服务、社交、游戏等领域，并随之孵化出新的业务范式。XR 实现沉浸式用户体验需要带宽 1Gbps，而实时全息图像传输甚至到 1Tbps 速率，而为了防止用户使用 XR 时候头晕，疲劳等晕动症状，要求网络实现极低时延；TSN（time sensitive network）是工业 4.0 的主要网络技术之一。TSN 核心原理是基于高精度时间同步协议（PTP），在网络设备之间创建和分发一个时间计划表，将计划内的帧优先传输。B5G

通过网桥来实现和 TSN 的对接，在工厂核心生产车间提供极低时延，超高可靠，及确定性通讯以便精准控制工业机器人生产行为。

B5G 新增的 WRC-23 频谱，高频，太赫兹为产业赋能提供了大带宽速率保障；SVC 技术变 TRP 间的干扰为有用信号，提升通讯可靠性和容量；子带全双工 / 全双工技术 / 灵活帧结构 / 短帧等技术有效的降低了通讯时延，提升资源利用效率；增强 MIMO 提升了小区容量，可以同时服务更多 XR 业务。总之 B5G 为新业务开展提供了坚实的技术基础。

04

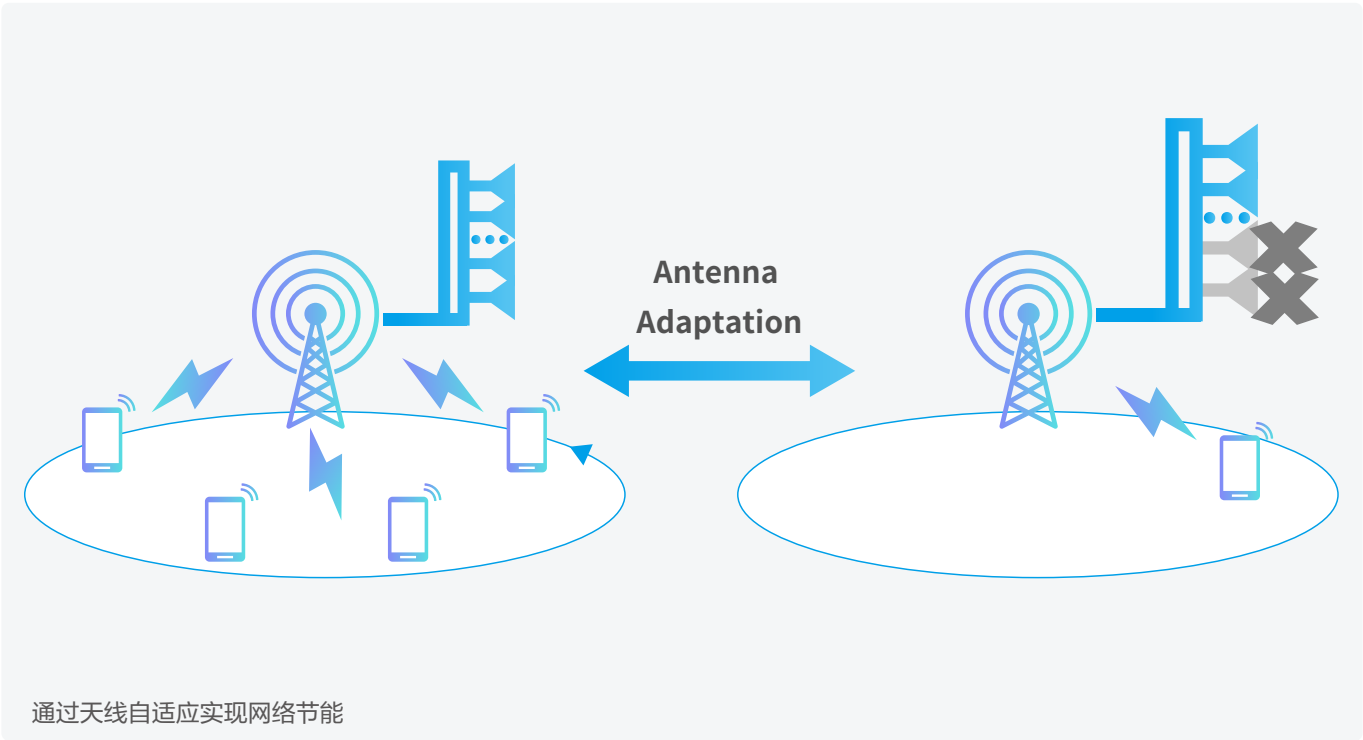
效率提升技术 (Efficiency)





4.1 能源效率

B5G 使用更高的频段作为信号载体，数据速率达到太比特每秒量级，同时全息通讯、智能交互、感官互联、数字孪生、通信感知等新业务需求不断涌现，带来网络流量的百倍甚至千倍的激增。如何在比特增长的同时尽量降低功耗，需要基于高集成芯片、高效率器件、新升级工艺、强算力算法，打造新一代绿色设备，实现极致关断深度和极致响应时间。在低能耗硬件基础之上，融入智能化网络节能技术，多频协同降低能耗，业务导航提升能效，最终赋能百业，共建绿色生态。



4.1.1 深度关断

无线软件节能技术的核心理念为通过关闭部分无线能力，降低网络冗余容量，网络能耗匹配分布在网络中的话务负荷。未来，通过硬件模块化设计和软件可弹缩架构设计、精细化设备休眠机制，持续提升器件关断深度，从而实现硬件功耗随负载逐渐逼近线性变化，最大程度降低中低负载下设备能耗。

空域：

如图所示，网络可以根据业务需求采用动态天线自适应的方法，通过关闭部分发射 / 接收天线以减少能耗。除此之外，动态发射 / 接收端口、面板和波束自适应同样可以减少网络能耗。

时域：

时域方面主要是激活网络的部分组成要素，如小区、频带等，使其进入睡眠状态可以减少网络能耗，获得节能增益。为了保障用户体验，应当考虑更精细的时域开启 - 关闭操作，更能保障用户体验。

在现有讨论中，一些公司还提出可以采用唤醒机制来实现网络节能。对于该方法，唤醒信号的功能，具体含义，传输方式以及如何避免频繁传输唤醒信号等仍需进一步研究。

节能状态下硬件响应时间是影响网络指标和用户体验的关键因素，硬件响应时间将实现从分钟级到毫秒级的跨越，使得从仅闲时节能扩展到全天都可节能。

特别地，功放作为射频核心器件，典型负荷下存在效率偏低问题，并且传统功放调压生效时间长，对用户体验和网络指标影响大，基于以上痛点引入功放包络跟踪技术，动态检测话务负荷，实时调整功放电压，在任意时刻任意负荷下将功放维持在最佳工作点上，达到整机效率最大化。

4.1.2 多维协同

整体网络的节能不只是单独基站本身的节能动作，同时也需要网络各频段，网络和终端等多维协同共同作用：

多频协同（PowerPilot）：

多频多制式深度协同降低网络能耗，实现业务与资源的动态匹配，在不明显影响用户体验前提下，实现多层无线网络协同节能。并在此基础上构建多层 AI 平台，引入大数据分析和人工智能技术，向全智能化方向演进，融合多域信息（频谱利用率、用户体验、话务趋势等）评估网络能效，结合具体场景选择节能策略，综合站型、组网配置、话务统计及预测等信息，实现对节能参数智能自配置。并根据节能效果的评估进行闭环调优，一站一策优化节能效果，实现能耗与性能之间的平衡，深化运营网络节能技术部署。

UE 协同：

如 UE 的移动性、UE 的业务模式、配置需求等，可以帮助网络更好地获取 UE 的需求，从而更准确地调整配置，在减少对用户体验影响的同时帮助网络节能。例如，对于低数据传输需求的 UE，可以动态调整天线的数量或带宽，实现网络和 UE 的节能。

网络协同：

通过网络协作，小区之间可以进行信息交互，例如小区所处状态（是否为睡眠状态等）、小区波束自适应信息等。并根据获取信息调整配置，从而实现网络节能。

4.2 空口 AI 提效

在下一代 6G 通信系统中，AI/ML 技术也将成为系统中不可缺少的一部分，但是目前 AI/ML 技术应用于无线接入网的物理层中仍处于预研阶段，是否真的可以突破传统方法的性能限现在还是一个未知数，但是一些传统方法所无法解决的问题 AI/ML 技术将为之提供一定的可能性。为此，我们将 AI/ML 技术如何与未来无线通信系统中物理层的应用相结合的情况划分为以下五个层次，具体如下：

AI/ML 技术实现特定功能：

目前无线通信系统中依然存在一些不太容易解决的问题，比如干扰发现与检测、FDD 上下行互易、信道预测等等，这些问题往往由于非线性或者无法准确建立模型而导致的，在使用传统方法时，往往性能表现得并不是很好，然而这些方面机器学习却是比较擅长的。

AI/ML 技术对现有分立模块进行更新：

传统通信系统物理层的设计一般都是基于线性模型，因此一旦系统中遇到比较强烈的非线性因素影响，则系统的性能会急剧下降，同时接收侧如果有意引入一些非线性的操作，则系统性能会有所提升。这样的模块非常多，比如编码译码模块、调制解调模块、波形设计、导频设计及信道估计、MIMO 检测等，都是通过引入一些非线性的处理算法来提升整体性能。类似地，如果系统中引入非模型的机器学习算法，或许会有一些意外的效果出现。因为常用的深度学习（Deep Learning, DL）网络已经在图像识别领域展现了强大的非线性处理能力，这也为通信系统物理层应对非线性因素干扰的情况提供了新的解决方案。

AI/ML 技术与传统方法的融合：

传统通信系统中基于模型的方法虽然有时模型过于理想化，但是毕竟能描述一个过程的主要特征，也可以将其当作一种先验信息。如果在机器学习的设计过程中借鉴一些已有模型的特征，作为额外的信息输入到机器学习中，则很有可能克服机器学习的一些固有缺陷，如需要庞大的训练数据，欠拟合或者过拟合、收敛速度慢的情况等。

物理层各模块间的联合优化：

通信系统物理层的传统设计是分模块分别优化的，这样的设计虽然可以保证每个模块是最优的情况，但是整体上做不到最优。比如编码、调制与波形在传统系统中是分别设计的，一旦把三者综合起来考虑，则往往因为接收端复杂度太高而放弃。但是对于机器学习来说，可以不需要精心地设计各类的编码方案，也不需要仔细思考各种星座图，可以通过神经网络来代替这种模块级联的方式，通过网络自主学习的方式来获取最优的端到端映射方式。物理层中哪些模块之间使用机器学习进行联合优化，这是一个未来值得探讨的方向。

物理层的机器学习结构化：

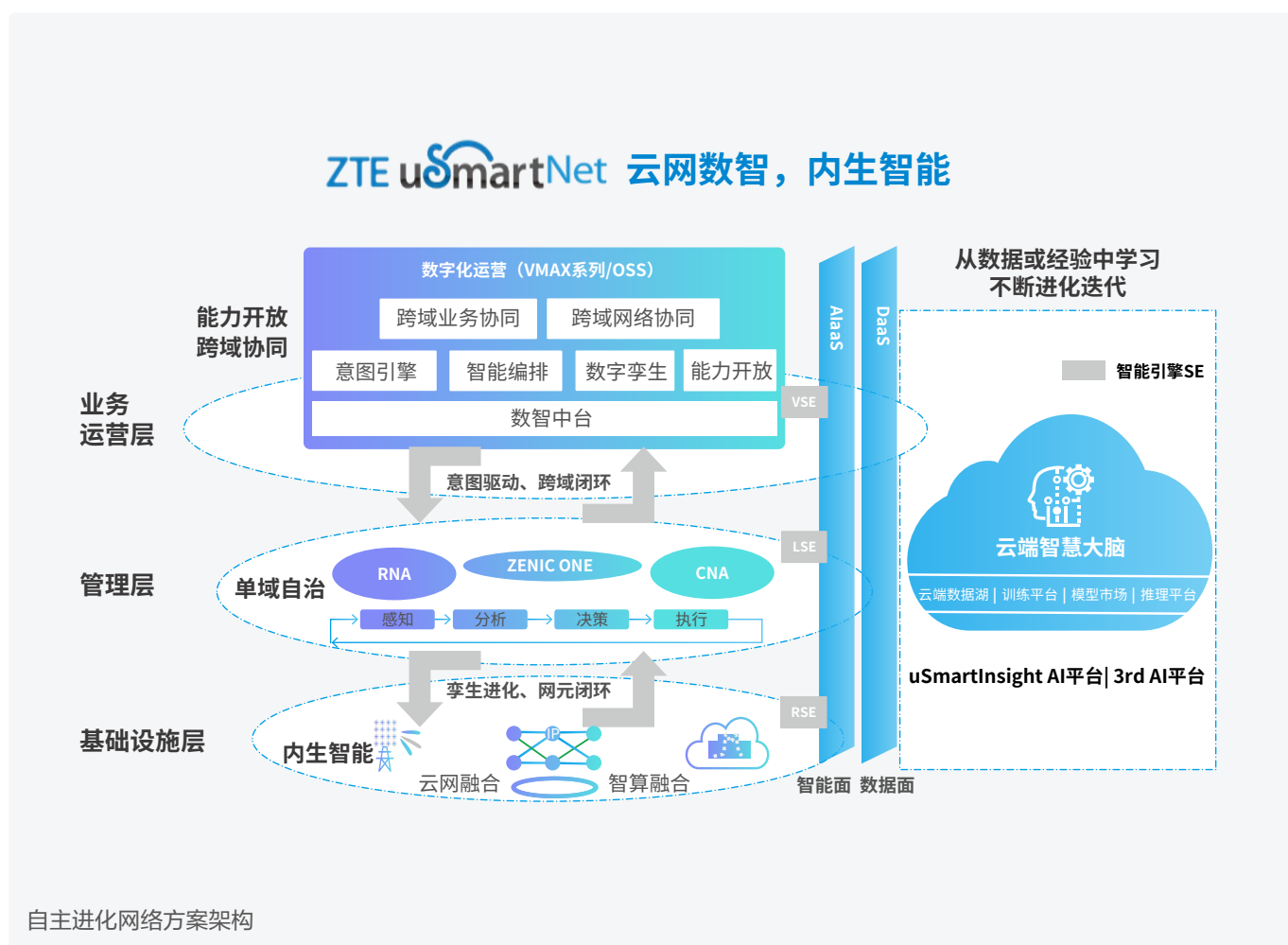
物理层的机器学习本身需要一个结构化的、能被标准化的一个功能实体，因此需要对物理层的机器学习中的各个功能进行抽象，比如抽象为数据收集、训练及分法等各种标准接口，从而可以灵活编排出各种机器学习算法来实现各种物理层功能。

4.3 网络效率

人工智能（AI）与机器学习（ML）在近 10 年中得到了全产业的极大关注，B5G 将会继续对网络智能化做进一步增强。由于 NR 系统设计灵活且拓扑复杂，存在一系列难以建模的问题，3GPP RAN 开始尝试探索 AI/ML 等新兴技术在通信网络中的应用，并在 R17 开启了针对无线 AI/ML 的研究工作，以期为运营商网络自动化与智能化提供新的思路与发展方向。R18 将基于 R17 的研究成果，进行相应的标准化讨论，从而真正使能基于无线 AI/ML 的网络自动化与智能化部署。

为了推动网络向自治智能目标迈进，中兴通讯推出自主进化网络（uSmartNet）解决方案，通过在网络的不同层面全面引入 AI，使能三大进化：网络进化、运维进化、运营进化，推动网络智商不断提高，实现网络随愿、运维至简、业务随心。

未来自主进化网络将向智能化全面自主、自治、自智的最终目标演进，使网络系统逐步实现自主操作，通过数据驱动进行自学习、自演进，实现网络系统的智能自治，使得网络投资效率、运营运维效率达到最优，并与算力网络深度融合，最终达成网络服务无所在，算力无所不达、智能无所不及的新一代网络。



此处仅以无线智能编排网络演进为例阐述自主进化网络向 L4/L5 演进的实例：

无线智能网络编排：为了应对日益增长的场景化柔性服务需求，精准满足网络发展不同时空坐标下的差异化价值诉求，无线智能编排网络将充分融合网络发展的四大趋势，围绕“编随营需”的能力愿景，依托内生智能的基础架构支撑，从以下四个方面持续推进无线智能编排能力的演进，打造场景化意图自适应的智能编排网络。

体验驱动 -> 意图驱动：针对网络不同发展阶段以及不同场景下的差异化价值诉求，实现精准匹配网络服务经营目标的意图定制及编排能力自主适配；

域内编排 -> 跨域赋能：从无线域体验驱动的单域编排到基于知识面赋能的跨域编排，驱动从用户体验到网络价值的多元化智能服务能力演进；

独立编排 -> 联合编排：通过宏观层面网络编排与微观层面用户编排的深度协同实现意图驱动下的联合最优，并基于 ToB 与 ToC 的一体化编排架构及多目标智能资源管理能力演进，实现服务差异化与能力一致性的最佳统一；

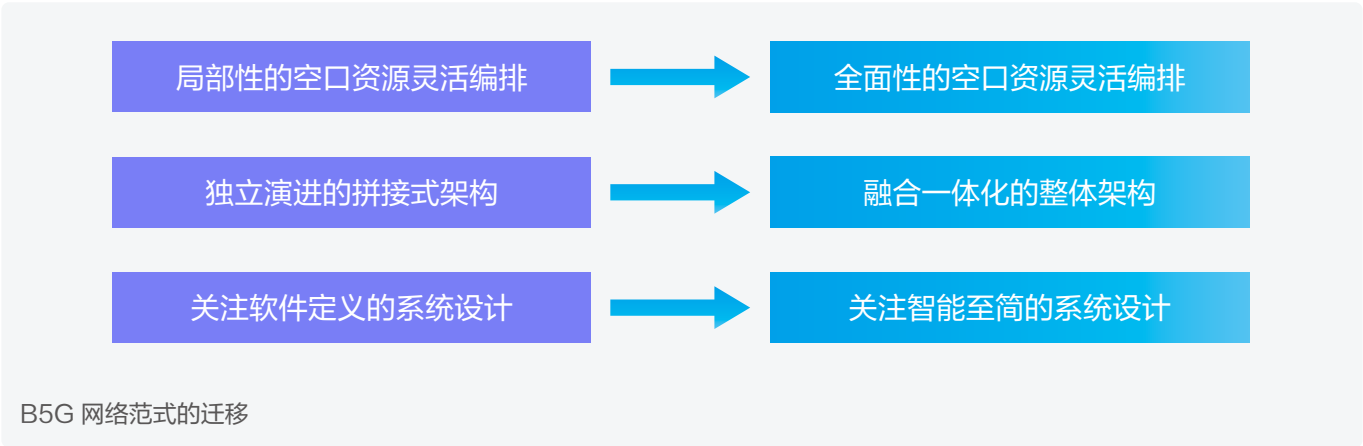
单层闭环 -> 双层闭环：依托数字孪生提供的高精度数字化建模及仿真能力，实现虚拟世界中最优编排方案的高效率搜索、效果预测及虚拟网络的闭环优化，并基于数字孪生提供的最优方案以及物理网络的闭环优化，以最低的成本、最小的风险提供最优的精准编排能力。



05

范式的迁移 (Paradigm Shift)





B5G 网络正在逐渐走出传统的网络范式，在增强（Enhancement）方面从局部性的空口资源灵活编排到全面性的空口资源灵活编排，在边界扩展（Extension）方面从独立演进的拼接式架构到融合一体化的整体架构，在效率提升（Efficiency）方面从关注软件定义的系统设计到关注智能至简的系统设计。

在增强方面，全面性的空口资源灵活编排改变了传统空口只在局部进行空口资源灵活编排的范式，而在频域（全频段融合）、空域（Massive MIMO 增强，SVC 平滑虚拟小区）、射频域（全双工）、终端域（多 UE 虚拟聚合）或其结合（例如结合空域和射频域的智能直放站）全方位的增强。

在边界扩展方面，融合一体化的整体架构改变了传统网络架构只在各个网络域（例如接入网域，核心网域，承载网域），或者各个能力方面（通信，感知），或者各个部署场景（例如空中，卫星，地面）做独立演进的拼接式架构的范式，而是从整体架构的角度做融合一体化的考虑（例如融合 ICT 信息基础设施，通感一体化，空天地一体化），端到端的打通（例如 B5G 对元宇宙的支持，对 TSN 的支持），以及内生的设计（例如内生智能和内生安全）。

在效率提升方面，关注智能至简的系统设计在传统的关注软件定义的系统设计基础上，更加注重发挥智能的作用，以简化系统运维，提升运维效率，空口效率和能源效率。

编委会成员：

顾问：

王卫斌 向际鹰

参编人员：

白晓梅 崔 卓 崔亦军 陈艺骞 陈诗军 陈永健 丁光河 段亚娟
耿 鹏 郭 诚 侯晓辉 黄 俊 胡留军 江建军 康红辉 李玉洁
李 刚 陆 婷 孙 伟 田 森 田开波 王继刚 王令斌 王 伟
吴广德 吴明皓 吴 枫 谢 峰 郁光辉 闫丽娟 袁志峰 赵亚军
周建锋

审核：

柏 钢 段向阳 王欣晖 张诗壮



5G 先锋

ZTE Corporation. All rights reserved.

版权所有 中兴通讯股份有限公司 保留所有权利

版权声明：

本文档著作权由联合发布单位共同享有，未经许可，任何单位和个人不得使用 and 泄露该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。本文档的信息随着中兴通讯股份有限公司产品和技术的进步将不断更新，中兴通讯股份有限公司不再通知此类信息的更新。