

目录

引言	P1
5G网络：挑战与机遇	P2
5G网络架构设计	P4
5G网络代表性服务能力	P8
5G网络标准化建议	P15
总结和展望	P17
主要贡献单位	P18

引言

随着5G研究的全面展开并逐步深入，业界就5G场景形成基本共识：面向增强的移动互联网应用场景，5G提供更高体验速率和更大带宽的接入能力，支持解析度更高、体验更鲜活的多媒体内容；面向物联网设备互联场景，5G提供更高连接密度时优化的信令控制能力，支持大规模、低成本、低能耗IoT设备的高效接入和管理；面向车联网、应急通信、工业互联网等垂直行业应用场景，5G提供低时延和高可靠的信息交互能力，支持互联实体间高度实时、高度精密和高度安全的业务协作。

面对5G极致的体验、效率和性能要求，以及“万物互联”的愿景，网络面临全新的挑战与机遇。5G网络将遵循网络业务融合和按需服务提供的核心理念，引入更丰富的无线接入网拓扑，提供更灵活的无线控制、业务感知和协议栈定制能力；重构网络控制和转发机制，改变单一管道和固化的服务模式；利用友好开放的信息基础设施

环境，为不同用户和垂直行业提供高度可定制化的网络服务，构建资源全共享、功能易编排、业务紧耦合的综合信息化服务使能平台。

5G国际标准化工作现已全面展开，需要尽快细化5G网络架构设计方案并聚焦关键技术方向，以指导后续产业发展。本白皮书从逻辑功能和平台部署的角度，以四维功能视图的方式呈现了新型5G网络架构设计，并提炼了网络切片、移动边缘计算、按需重构的移动网络、以用户为中心的无线接入网和能力开放等5G网络代表性服务能力。白皮书最后提出了5G网络架构和技术标准化工作的推进建议。

5G网络：挑战与机遇

1. 极致性能指标带来全面挑战

首先，为了满足移动互联网用户极致的视频及增强现实等业务体验需要，5G系统提出了随时随地提供100Mbps—1Gbps的体验速率的指标要求，甚至在500km/h的高速运动过程中，也要求具备基本服务能力和必要的业务连续性。

第二，为了支持移动互联网和物联网场景设备高效接入的要求，5G系统需同时满足Tbps/km²的流量密度和百万/km²连接密度要求，而现有网络流量中心汇聚和单一控制机制

在高吞吐量和大连接场景下容易导致流量过载和信令拥塞。

第三，为了支持自动驾驶和工业控制等高度实时性要求的业务，5G系统需要在高可靠性前提下，满足端到端毫秒级的极低时延要求。现网中，端到端时延和业务中断时间都在百毫秒量级，与5G时延要求存在两个数量级的差距，也难以满足特定业务的可靠性和安全性要求。

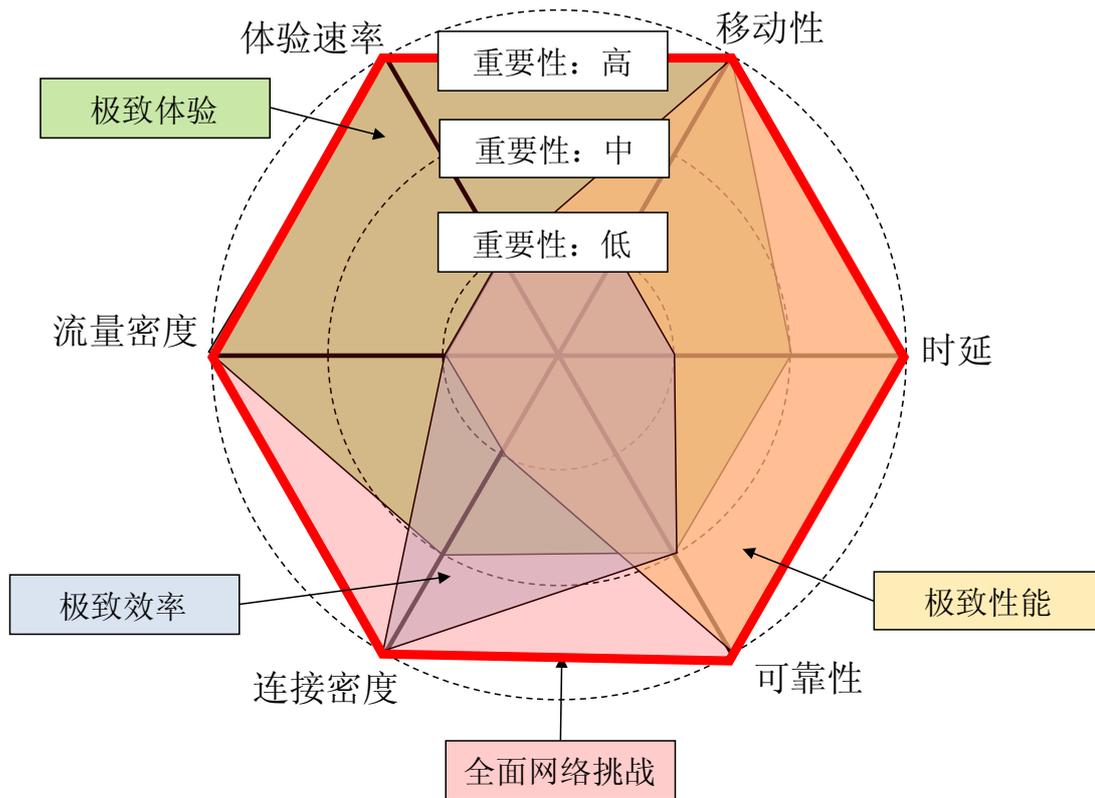


图1 5G全面的网络挑战

2. 网络与业务融合触发全新机遇

丰富的5G应用场景对网络功能要求各异：从突发事件到周期事件的资源分配；从自动驾驶到低移动性终端的移动性管理；从工业控制到抄表业务的时延要求等。面对如此多样化的业务场景，5G提出的网络与业务深度融合，按需提供服务的新理念能为信息产业的各个环节带来全新的发展机遇。

基于5G网络“最后一公里”的位置优势，互联网应用服务提供商能够提供更具有差异性的用户体验。例如，基于网络开放的位置区域、移动轨迹和无线环境等上下文信息，APP能够筛选出更恰当的服务参数，提升客户黏性；同时，利用网络边缘的内容缓存和计算能力，服务提供商可以为指定用户提供更优质的时延和带宽服务质量保障，在竞争中占得先机。

基于5G网络“端到端全覆盖”的基础设施优势，以垂直行业为代表的物联网业务需求方可以获得更强大且更灵活的业务部署环境。依托强大的网

管系统，垂直行业能够获得对网内终端和设备更丰富的监控和管理手段，全面掌控业务运行状况；利用功能高度可定制化和资源动态可调度的5G基础设施能力，第三方业务需求方可以快捷的构建数据安全隔离和资源弹性伸缩的专用信息服务平台，从而降低开发门槛。

对于移动网络运营商而言，5G网络有助于进一步开源节流。开源方面，5G网络突破当前封闭固化的网络服务框架，全面开放基础设施、组网转发和控制逻辑等网络能力，构建综合化信息服务使能平台，为运营商引入新的服务增长点。节流方面，按需提供的网络功能和基础设施资源有助于更好的节能增效，降低单位流量的建设与运营成本。

需要指出的是，随着移动网络和互联网在业务方面融合的不断深入，两者在技术方面也在相互渗透和影响。云计算、虚拟化、软件化等互联网技术是5G网络架构设计和平台构建的重要使能技术。



图2 综合化信息服务使能平台

5G网络架构设计

5G网络架构设计包括系统设计和组网设计两个方面。系统设计重点考虑逻辑功能实现以及不同功能之间的信息交互过程，构建功能平面划分更合理的统一的端到端网络逻辑架构。组网设计聚焦设备平台和网络部署的实现方案，以充分发挥基于SDN/NFV技术的新型基础设施环境在组网灵活性和安全性方面的潜力。

1. 5G系统设计：逻辑视图与功能视图

如图3所示,5G网络逻辑视图由3个功能平面构成：接入平面，控制平面和转发平面。

接入平面引入多站点协作、多连接机制和多制式融合技术，构建更灵活的接入网拓扑；控制平面基于可重构的集中的网络控制功能，

提供按需的接入、移动性和会话管理，支持精细化资源管控和全面能力开放；转发平面具备分布式的数据转发和处理功能，提供更动态的锚点设置，以及更丰富的业务链处理能力。

在整体逻辑架构基础上，5G网络采用模块化功能设计模式，并通过“功能组件”的组合，构建满足不同应用场景需求的专用逻辑网络。5G网络以控制功能为核心，以网络接入和转发功能为基础资源，向上提供管理编排和网络开放的服务，形成三层网络功能视图，如图4所示，其中：

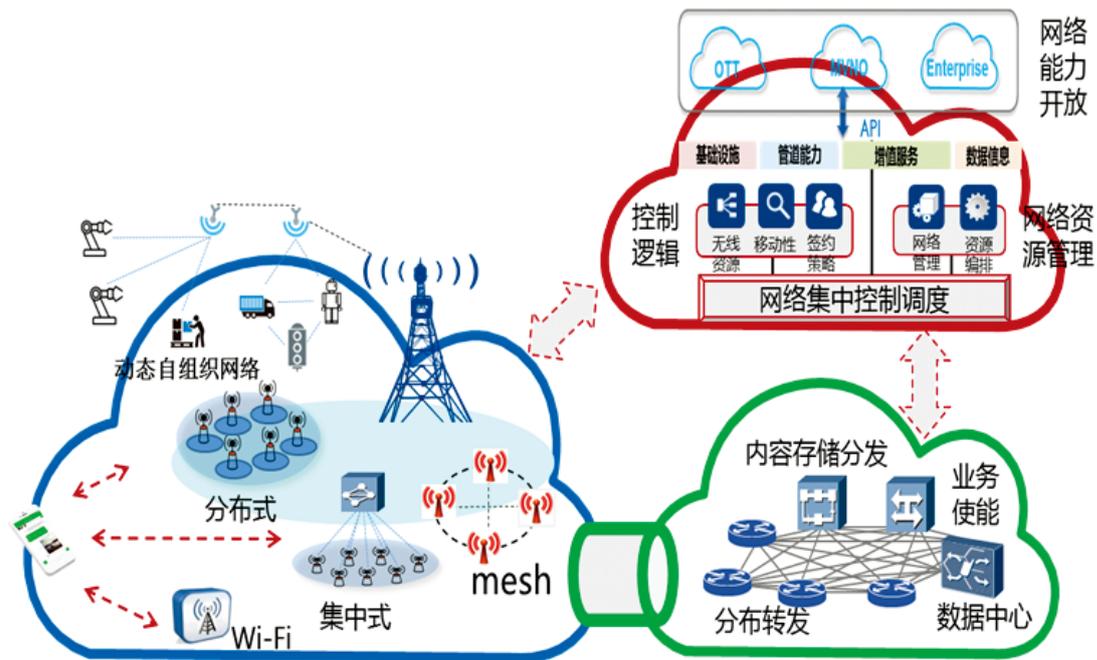


图3 5G网络逻辑视图

管理编排层：由用户数据、管理编排和能力开放三部分功能组成。用户数据功能存储用户签约、业务策略和网络状态等信息。管理编排功能基于网络功能虚拟化技术，实现网络功能的按需编排和网络切片的按需创建。能力开放功能提供对网络信息的统一收集和封装，并通过API开放给第三方。

网络控制层：实现网络控制功能重构及模块化。主要的功能模块包括：无线资源集中分配、多接入统一管控、移动性管理、会话管理、安全管理和流量疏导等。上述功能组件按管理编排层

的指示，在网络控制层中进行组合，实现对资源层的灵活调度。

网络资源层：包括接入侧功能和网络侧功能。接入侧包括中心单元（CU）和分布单元（DU）两级功能单元，CU主要提供接入侧的业务汇聚功能；DU主要为终端提供数据接入点，包含射频和部分信号处理功能。网络侧重点实现数据转发、流量优化和内容服务等功能。基于分布式锚点和灵活的转发路径设置，数据包被引导至相应的处理节点，实现高效转发和丰富的数据处理，如深度包检测，内容计费 and 流量压缩等。

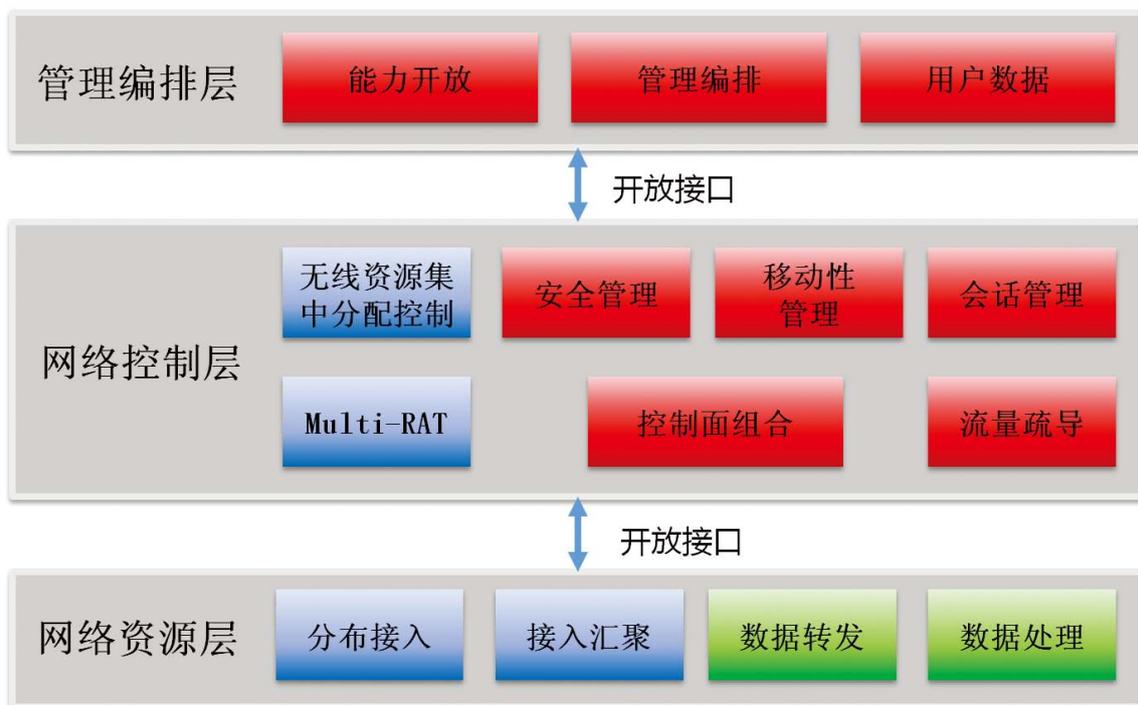


图4 5G网络功能视图

2. 5G组网设计：平台视图与组网视图

5G基础设施平台将更多的选择由基于通用硬件架构的数据中心构成支持5G网络的高性能转发要求和电信级的管理要求，并以网络切片为实例，实现移动网络的定制化部署。

引入SDN/NFV技术（如图5所示），5G硬件平台支持虚拟化资源的动态配置和高效调度，在广域网层面，NFV编排器可实现跨数据中心的的功能部署和资源调度，SDN控制器负责不同层级数据中心之间的广域互连。城域网以下可部署单个数据中心，中心内部使用统一的NFVI基础设施层，实现软硬件解耦，利用SDN控制器实现数据中心内部的资源调度。

NFV/SDN技术在接入网平台的应用是业界聚焦探索的重要方向。利用平台虚拟化技术，可以在同一基站平台上同时承载多个不同类型的无

线接入方案，并能完成接入网逻辑实体的实时动态的功能迁移和资源伸缩。利用网络虚拟化技术，可以实现RAN内部各功能实体动态无缝连接，便于配置客户所需的接入网边缘业务模式。另外，针对RAN侧加速器资源配置和虚拟化平台间高速大带宽信息交互能力的特殊要求，虚拟化管理与编排技术需要进行相应的扩展。

SDN/NFV技术融合将提升5G进一步组大网的能力：NFV技术实现底层物理资源到虚拟化资源的映射，构造虚拟机（VM），加载网络逻辑功能（VNF）；虚拟化系统实现对虚拟化基础设施平台的统一管理和资源的动态重配置；SDN技术则实现虚拟机间的逻辑连接，构建承载信令和数据流的通路。最终实现接入网和核心网功能单元动态连接，配置端到端的业务链，实现灵活组网。

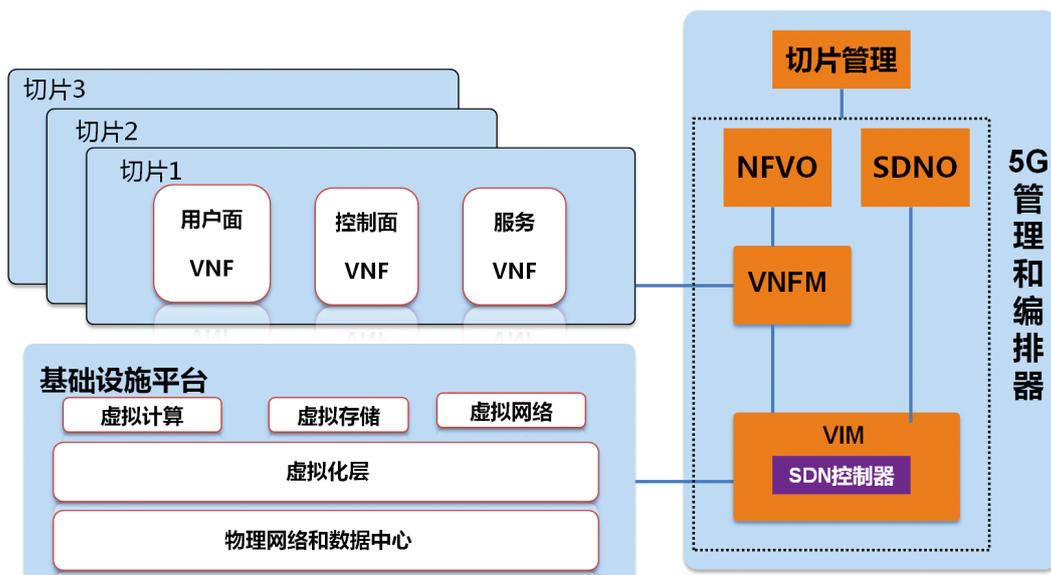


图5 5G网络平台视图

如图6所示，一般来说，5G组网功能元素可分为四个层次：

中心级：以控制、管理和调度职能为核心，例如虚拟化功能编排、广域数据中心互连和BOSS系统等，可按需部署于全国节点，实现网络总体的监控和维护。

汇聚级：主要包括控制面网络功能，例如移动性管理、会话管理、用户数据和策略等。可按需部署于省分一级网络。

区域级：主要功能包括数据面网关功能，重点承载业务数据流，可部署于地市一级。移动边缘计算功能、业务链功能和部分控制面网络功能也可以下沉到这一级。

接入级：包含无线接入网的CU和DU功能，CU可部署在回传网络的接入层或者汇聚层；DU部署在用户近端。CU和DU间通过增强的低时延传输网络实现多点协作化功能，支持分离或一体化站点的灵活组网。

借助于模块化的功能设计和高效的NFV/SDN平台。在5G组网实现中，上述组网功能元素部署位置无需与实际地理位置严格绑定，而是可以根据每个运营商的网络规划、业务需求、流量优化、用户体验和传输成本等因素综合考虑，对不同层级的功能加以灵活整合，实现多数据中心和跨地理区域的功能部署。

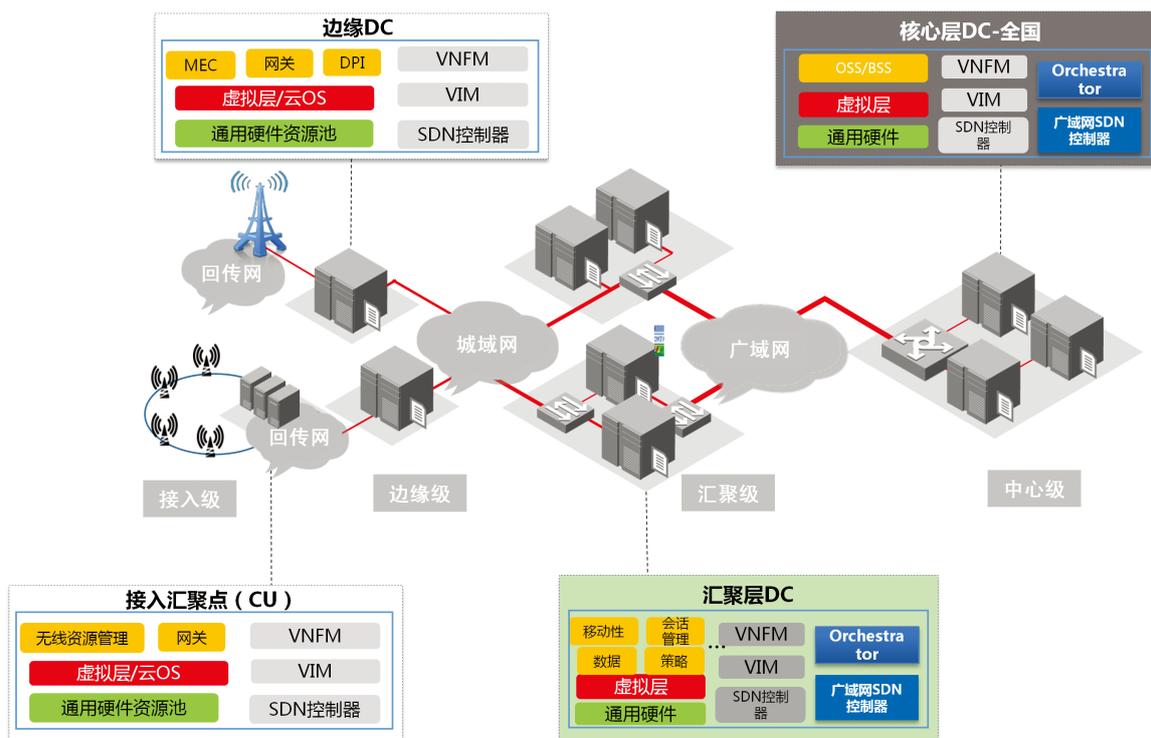


图6 5G网络组网视图

5G网络代表性服务能力

与4G时期相比，5G网络服务具备更贴近用户需求、定制化能力进一步提升、网络与业务深度融合以及服务更友好等特征，其中代表性的网络服务能力包括：网络切片、移动边缘计算、按需重构的移动网络、以用户为中心的无线接入网和网络能力开放。

网络切片

网络切片是网络功能虚拟化（NFV）应用于5G阶段的关键特征。一个网络切片将构成一个端到端的逻辑网络，按切片需求方的需求灵活地提供一种或多种网络服务。图7所示的网络切片架构主要包括切片管理和切片选择两项功能。

切片管理功能有机串联商务运营、虚拟化资源平台和网管系统，为不同切片需求方（如垂直行业用户、虚拟运营商和企业用户等）提供安全隔离、高度自控的专用逻辑网络。切片管理功能包含三个阶段：

1) 商务设计阶段：在这一阶段，切片需求方利用切片管理功能提供的模板和编辑工具，设定切片的相关参数，包括网络拓扑、功能组件、交互协议、性能指标和硬件要求等。

2) 实例编排阶段：切片管理功能将切片描述文件发送到NFV MANO功能实现切片的实例化，并通过与切片之间的接口下发网元功能配置，发起连通性测试，最终完成切片向运行态的迁移。

3) 运行管理阶段：在运行态下，切片所有者可通过切片管理功能对己方切片进行实时监控和动态

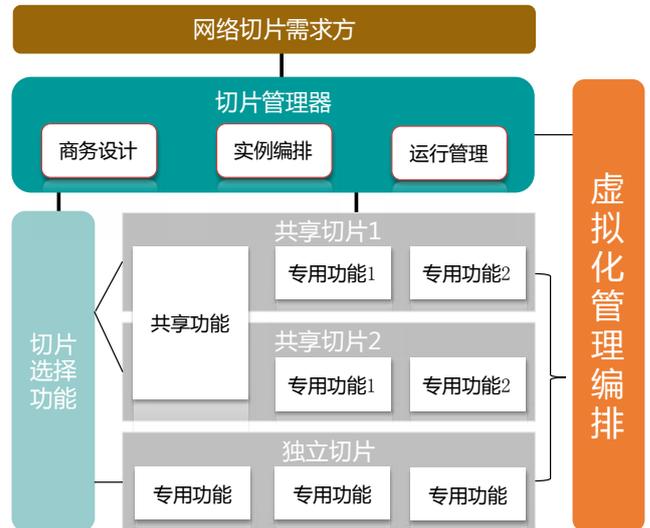


图7 网络切片架构

维护维护，主要包括资源的动态伸缩，切片功能的增加、删除和更新，以及告警故障处理等。

切片选择功能实现用户终端与网络切片间的接入映射。切片选择功能综合业务签约和功能特性等多种因素，为用户终端提供合适的切片接入选择。用户终端可以分别接入不同切片，也可以同时接入多个切片。用户同时接入多切片的场景形成两种切片架构变体：

- 独立架构：不同切片在逻辑资源和逻辑功能上完全隔离，只在物理资源上共享，每个切片包含完整的控制面和用户面功能；
- 共享架构：在多个切片间共享部分的网络功能。一般而言，考虑到终端实现复杂度，可对移动性管理等终端粒度的控制面功能进行共享，而业务粒度的控制和转发功能则为各切片的独立功能，实现特定的服务。

移动边缘计算

移动边缘计算（MEC，Mobile Edge Computing）改变4G系统中网络与业务分离的状态，将业务平台下沉到网络边缘，为移动用户就近提供业务计算和数据缓存能力，实现网络从接入管道向信息化服务使能平台的关键跨越，是5G的代表性能力。如图8所示，MEC核心功能主要包括：

1) 应用和内容进管道。MEC可与网关功能联合部署，构建灵活分布的服务体系。特别针对本地化、低时延和高带宽要求的业务，如移动办公、车联网、4K-8K视频等，提供优化的服务运行环境。

2) 动态业务链功能。MEC功能并不限于简单的就近缓存和业务服务器下沉，而且随着

计算节点与转发节点的融合，在控制面功能的集中调度下，实现动态业务链(Service Chain)技术，灵活控制业务数据流在应用间路由，提供创新的应用网内聚合模式。

3) 控制平面辅助功能。MEC可以和移动性管理、会话管理等控制功能结合，进一步优化服务能力。例如，随用户移动过程实现应用服务器的迁移和业务链路径重选；获取网络负荷、应用SLA和用户等级等参数对本地服务进行灵活的优化控制等。

移动边缘计算功能部署方式非常灵活，即可以选择集中部署，与用户面设备耦合，提供增强型网关功能，也可以分布式的部署在不同位置，通过集中调度实现服务能力。

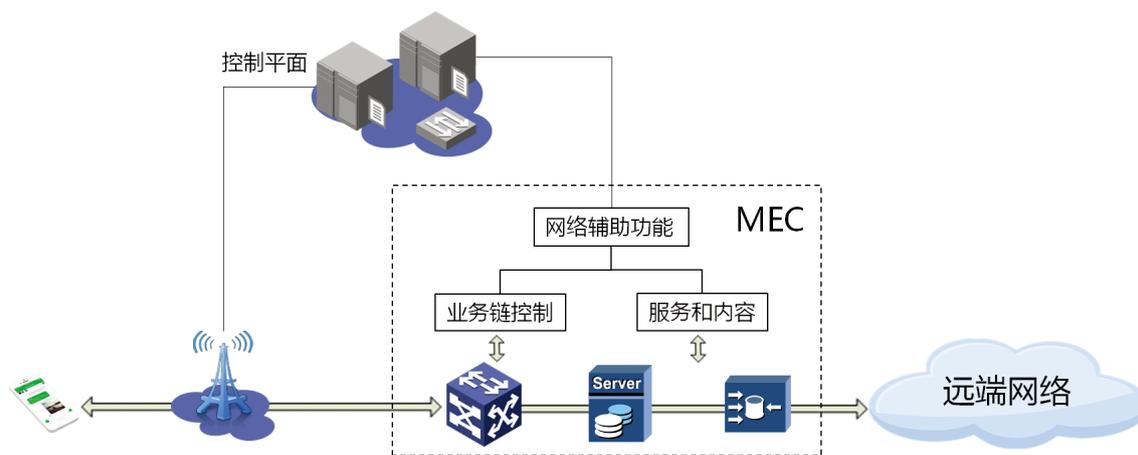


图8 5G网络MEC架构

按需定制的移动网络

与4G移动互联网相对单一的应用模式不同，5G网络的服务对象是海量丰富类型的终端和应用，其报文结构、会话类型、移动规律和安全性需

求都不尽相同，网络必须针对不同应用场景的服务需求引入不同的功能设计。因此，可以说网络控制功能按需重构，是5G网络标志性服务能力之一。

● 按需的会话管理

按需的会话管理是指5G网络会话管理功能可以根据不同终端属性、用户类别和业务特征，灵活的配置连接类型、锚点位置和业务连续性能力等参数。例如，4G中针对互联网应用的“永久在线”连接将成为5G会话的一个选项。

用户可以根据业务特征选择连接类型，例如，选择支持互联网业务的IP连接；利用信令面通道实现无连接的物联网小数据传输；或为特定业务定制Non-IP的专用会话类型。

用户可以根据传输要求选择会话锚点的位置和设置转发路径。对移动性和业务连续性要求高的业务，网络可以选择网络中心位置的锚点和隧道机制，对于实时性要求高的交互类业务则可以选择锚点下沉，就近转发；对转发路径动态性较强的业务则可以引入SDN机制实现连接的灵活编程。

● 按需的移动性管理

网络侧移动性管理包括在激活态维护会话的连续性和空闲态保证用户的可达性。通过对激活和空闲两种状态下移动性功能的分级和组合，根据终端的移动模型和其所用业务特征，有针对性的为终端提供相应的移动性管理机制。

例如，针对海量的物联网传感终端无移动性、成本敏感和高节能的要求，网络可选择检测空闲态传感器终端是否可达，只在终端主动结束休眠和网络联系的时候，才能发送上下行数据，从而有效的节约电量。在激活态，网

络可以简化状态维护和会话管理机制，大大降低终端的成本。

此外，网络还可以按照条件变化动态调整终端的移动性管理等级。例如对一些垂直行业应用，在特定工作区域内可以为终端提供高移动性等级，来保证业务连续性和快速寻呼响应，在离开该区域后，网络动态将终端移动性要求调到低水平，提高节能效率。

● 按需的安全功能

5G为不同行业提供差异化业务，需要提供满足各项差异化安全要求的完整性安全性方案。例如，5G安全需要为移动互联网场景提供高效、统一兼容的移动性安全管理机制，5G安全需要为IoT场景提供更加灵活开放的认证架构和认证方式，支持新的终端身份管理能力；5G安全要为网络基础设施提供安全保障，为虚拟化组网、多租户多切片共享等新型网络环境提供安全隔离和防护功能。

● 控制面按需重构

控制面重构重新定义控制面网络功能，实现网络功能模块化，降低网络功能之间交互复杂性，实现自动化的发现和连接，通过网络功能的按需配置和定制，满足业务的多样化需求。如图9所示，控制面按需重构具备以下功能特征：

接口中立：网络功能之间的接口和消息应该尽量重用，通过相同的接口消息向其它网络功能调用者提供服务，将多个耦合接口转变为单一接口从而减少了接口数量。网络功能之间的通信应

该和网络功能的部署位置无关。

融合网络数据库：用户签约数据、网络配置数据和运营商策略等需要集中存储，便于网络功能组件之间实现数据实时共享。网络功能采用统一接口访问融合网络数据库，减少信令交互。

控制面交互功能：负责实现与外部网元或者功能间的信息交互。收到外部信令后，该功

能模块查找对应的网络功能，并将信令导向这组网络功能的入口，处理完成后结果将通过交互功能单元回送到外部网元和功能。

网络组件集中管理：负责网络功能部署后的网络功能注册，网络功能的发现和网络功能的状态检测等。

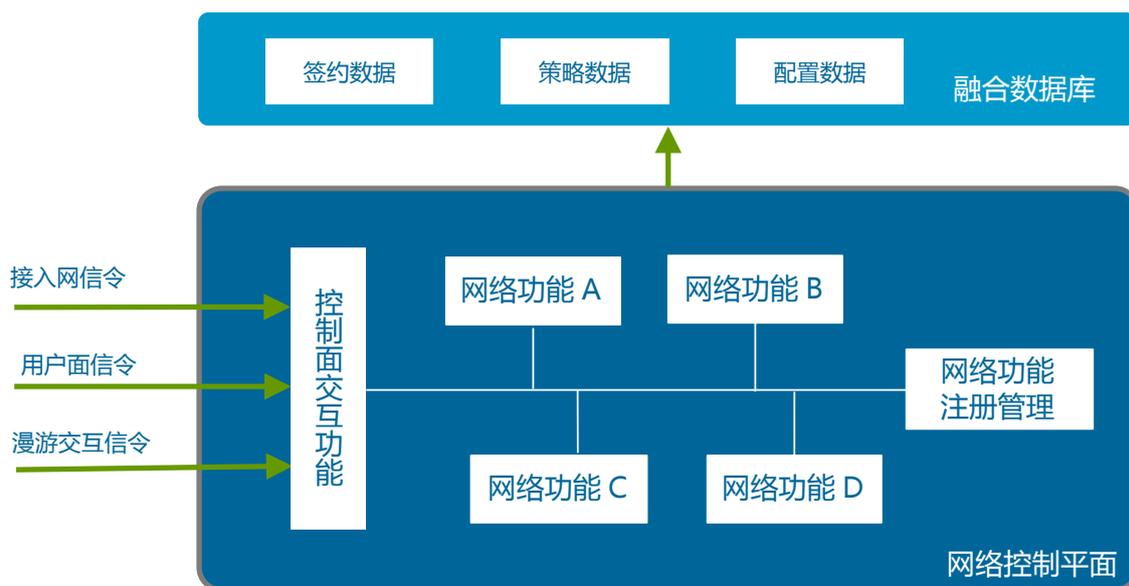


图9 按需定制的移动网络

以用户为中心的无线接入网

5G无线接入网改变了传统以基站为中心的设计思路，突出“网随人动”新要求，具体能力包括：灵活的无线控制、无线智能感知和业务优化、接入网协议定制化部署，如图10所示。

- **灵活的无线控制**

按照“网随人动”的接入网设计理念，通过重新定义信令功能和控制流程实现高效灵活的空口

控制和简洁健壮的链路管理机制。

通过将UE的上下文和无线通信链路与该UE提供无线传输资源的小区解耦，5G新型接入网协议栈直接以UE为单位管理无线通信链路和上下文，并将为该UE的服务小区作为一种空口无线资源——小区域，灵活地与时域、频域/码域和空域等进行四维无线资源的系统调度。系统每次进行

资源授权时，在确定UE可用的空口传输时间（时域）之后，首先确定UE可用的小区（小区域），在确定可用的小区后，再确定UE在这些可用的小区内的频率域/码域/功率域，以及天线选择的空域无线资源。协议栈功能可根据UE对空口信道质量的要求，对服务于UE的多种不同的物理层空口传输技术进行灵活控制。

● 无线智能感知和业务优化

为了更充分的利用无线信道资源，可以通过引入接入网和应用服务器的双向交互，实现无线

信道与业务的动态匹配。双向交互体现在，一方面接入网可以向应用服务器提供接入网络状态信息，比如当前服务用户可用的吞吐量信息，从而对应服务器进行速率估计和应用速率适配；另一方面，应用服务器可以向接入网络传递相关应用信息，比如视频加速请求信息，接入网可以提供服务适配，进行服务等级动态升级。通过无线智能感知功能增强，能够提高业务感知和路由决策的效率，能够实现业务的灵活分发和跨网关平滑的业务迁移。

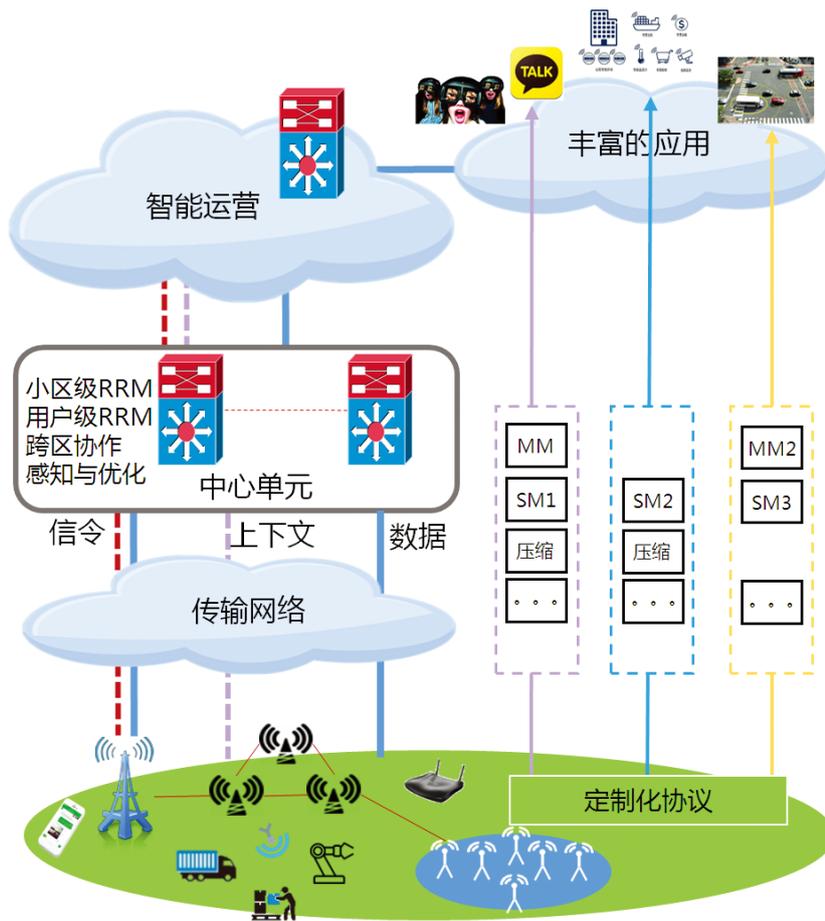


图10 以用户为中心的无线接入网

● 接入网协议定制化部署

进一步地，在无线智能感知的基础上，接入网协议栈可以针对业务需求类型提供差异化的配置，即软件定义协议技术。

软件定义协议技术通过动态定义的适配不同业务需求的协议栈功能集合，为多样化的业务场景提供差异化服务，使得单个接入网物理节点能充分满足多种业务的接入需求。当业务流到达时，接入网首先对业务流进行识别，并将其导向

网络能力开放

用户体验优化和新型商业模式探索，是移动网络发展永恒的课题。5G网络能力开放框架旨在实现面向第三方的网络友好化和网络管道智能化，将使应用能充分利用网络能力，实现更好的用户体验和应用创新；同时实现应用与网络的良好互动，优化网络资源配置和流量管理。其主要特性包括：

基于控制转发功能分离的架构原则，5G网络能力开放平台实现了对集中部署的控制面功能的统一调用

4G网络采用“不同功能、各自开放”能力开放架构，网元控制功能分布在全网不同网元上，能力开放平台南向需维护多种协议接口，导致支持能力开放的网络结构异常复杂，部署难度大，用户体验不友好。5G网络控制功能逻辑集中并中心部署，与能力开放平台间实现简单化的统一接口，实现第三方对网络功能如移动性、会话、

到相应的协议栈功能集合进行处理。例如，RAN根据业务的不同场景需求和差异化特性采用不同的协议栈功能集合，针对自动驾驶高实时性/移动性要求场景，其协议栈功能集合需要支持专用的移动性管理功能和承载管理功能，同时可以通过简化部分协议栈功能（例如，健壮性包头压缩ROHC）以减少时延；而针对百万/km²连接密度的固定物联网设备接入场景，移动性管理功能可以裁剪。

QoS和计费等功能的统一调用。

基于虚拟化的基础设施平台，5G网络能力开放平台优化了基础设施资源的管控和调度能力

现有网络刚性硬件环境和规划部署方式无法满足不同垂直行业对网络功能、资源和组网方式差异化的需求。通过能力开放平台与虚拟化MANO功能对接，5G网络可将虚拟化管理及编排能力等新型网络能力对外开放。调用NFVO功能，开放运营商网络规划、网络部署、更新及扩缩容等网络编排能力，允许第三方可动态定制的网络；通过VNFM提供对虚拟网元生命周期管理功能，实现网元功能的定制化管理；通过VIM开放对基础设施平台虚拟化CPU/内存/网络资源的管理，能实现网络虚拟化资源与硬件资源的统一调度。

基于网络边缘计算平台，5G网络能力开放平台提供第三方业务运营的管控能力

5G网络通过开放业务运营能力，引导第三方将业务逻辑和数据存储部署在运营商网络内更靠近用户的位置，使得第三方在获得高性能（时延保证与连接服务）和高可靠的业务部署环境，降低业务开发门槛的同时，可以更便捷的获取并利用网络运行信息，例如用户移动轨迹、小区负载

等，提升终端用户的服务体验。

最后，也是不容忽视的一点，5G网络实时产生海量的用户、业务、网络相关的统计信息和数据，是大数据分析的重要数据来源，能力开放平台与大数据分析中心进行对接与联动，对5G网络数据进行更详细的分析，充分发掘其蕴藏的价值。

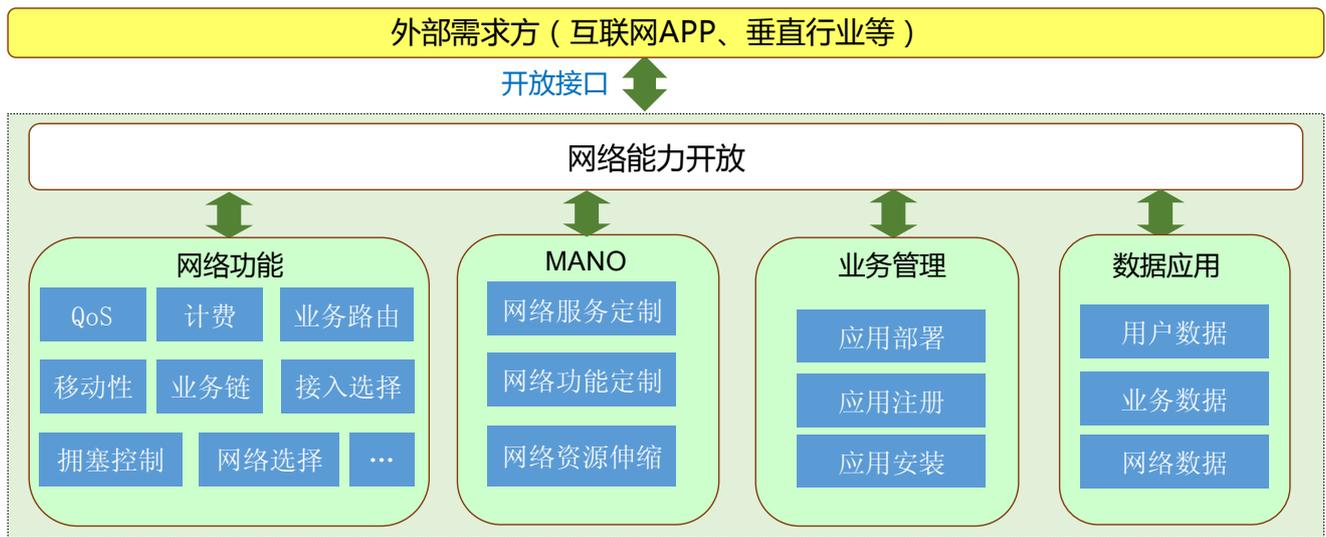


图11 5G能力开放平台

5G网络标准化建议

5G网络相关标准化工作主要涉及3GPP SA2, RAN2, RAN3等多个工作组。

核心网方面, 3GPP SA2已经成立NextGen研究项目(3GPP TR 23.799), 负责Rel-14阶段的5G网络架构标准化研究, 整体5G网络架构标准化工作预计将通过Rel-14/15/16等多个版本完成。IMT-2020建议3GPP在5G核心网标准化方面未来重点推进以下工作:

- 在Rel-14研究阶段聚焦5G新型网络架构的功能特性, 优先推进网络切片、功能重构、MEC、能力开放、新型接口和协议、以及控制和转发分离等技术的标准化研究。
- Rel-15将启动网络架构标准化工作, 重点完成基础架构和关键技术特性方面内容。研究课题方面将继续开展面向增强场景的关键特性研究, 例如增强的策略控制、关键通信场景和UE relay等。
- Rel-16完成5G架构面向增强场景的标准化工作。

接入网方面, 建议3GPP在5G接入网标准化方面未来重点推进以下工作:

- R14开展关键技术的标准化研究。
- 第一阶段标准化: 重点推进LTE-New RAT

紧耦合、RAN架构、功能和协议栈设计、RAN-CN接口与交互、无线智能感知和业务优化等关键技术的标准化工作。

- 第二阶段标准化: 重点推进定制化部署和服务、接入网功能虚拟化和网络切片、网络的自组织自优化等关键技术, 进一步增强对eMBB、mMTC和URLLC场景的支撑能力。

另外，5G网络架构所涉及的安全管理、计费管理、网络功能虚拟化、MEC等课题也需在相关的标准组织中同步推进。特别地，为了保证5G

网络能部署在成熟的NFV技术之上，ETSI NFV ISG需要考虑对齐5G网络研究标准化进程，提供可商用的虚拟化电信网平台版本。

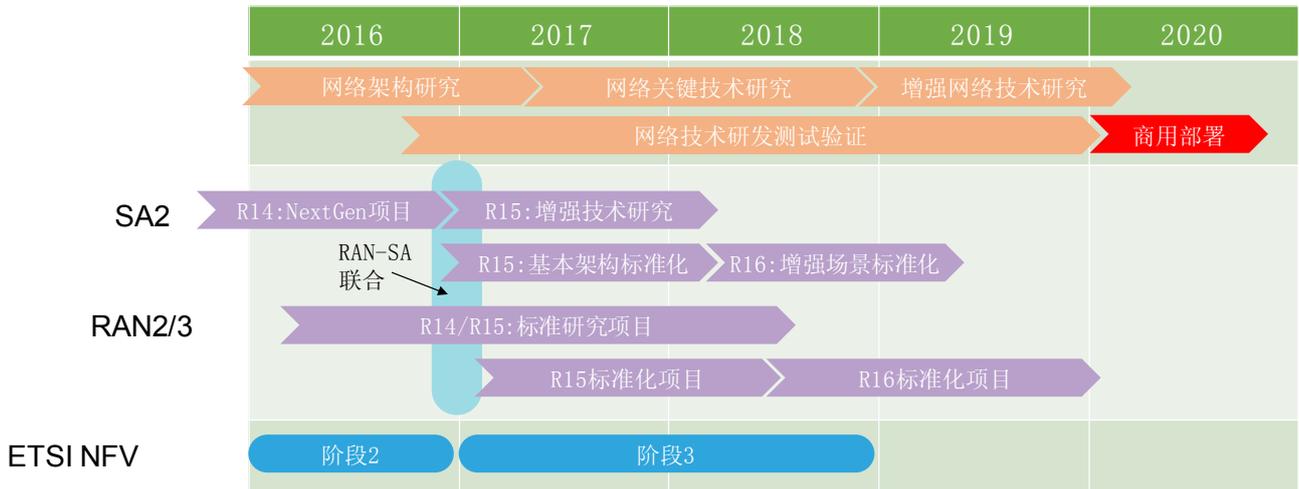


图12 5G网络标准化进程

总结和展望

为了支撑5G极致体验、效率和性能所带来的挑战，把握未来十年信息产业新的发展机遇，实现向综合化信息服务使能平台的战略转型，5G网络服务需要与业务更紧密集合，进一步增强服务定制化能力。

5G网络架构设计可以被分解为上层针对功能的系统设计和下层面向部署的组网设计，并最终呈现功能按需重构、平面合理划分、资源弹性供给和组网灵活部署的全新架构特征。5G网络典型

服务能力主要包括：网络切片、MEC、按需重构的移动网络、以用户为中心的无线接入网和网络能力开放。

随着5G网络标准化工作全面展开和研究的不深入，IMT-2020（5G）推进组愿意与全球5G相关组织、企业、科研机构 and 高校加强合作，共同推动5G网络架构和关键技术的研究，促进5G网络标准以及产业的蓬勃发展。

主要贡献单位

