

6G 网络构想与实践

Conception and Practice of 6G Network

黄峰鹤^{1,2},张康杰^{1,2},杨立^{1,2},谢峰^{1,2}(1. 中兴通讯股份有限公司,广东深圳518055;2. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室,广东深圳518055)

Huang Fenghe^{1,2},Zhang Kangjie^{1,2},Yang Li^{1,2},Xie Feng^{1,2}(1. ZTE Corporation,Shenzhen 518055,China;2. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology,Shenzhen 518055,China)

摘要:

随着各领域行业的数智化转型深入,业界对于移动网络能力需求及新应用场景的明确,未来6G新网络有望进一步深化在各行业领域的赋能应用,与各行业相互渗透协同发展共赢。从6G网络的新价值原点、新生态融合、新范式导入、新技术支撑4个主要方面阐述了6G网络的构想和实践,并论述了6G时代发展的逻辑主线和建议推进策略。

关键词:

6G;垂直行业应用;范式;Meta-cell;Stack-free
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.05.003
文章编号:1007-3043(2023)05-0012-07
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:

With the deepening of intelligent and digital transformation in each industry, the new requirements for network capabilities and application scenarios are gradually clarified. In the future, 6G new network are expected to deepen the application in various industries, and achieve mutual penetration, collaborative development, and win-win results with various industries. From four main aspects: new value origin, new ecosystem integration, new paradigm introduction, and new technology support, it demonstrates the conception and practice of 6G network, and the logical main lines and recommended promotion strategies for the development of the 6G era are discussed.

Keywords:

6G; Vertical industry application; Paradigm; Meta-cell; Stack-free

引用格式:黄峰鹤,张康杰,杨立,等. 6G网络构想与实践[J]. 邮电设计技术,2023(5):12-18.

1 概述

随着5G网络的规模部署,5G在诸多的民生和行业应用领域逐步展现出巨大的商业社会价值;与此同时,中国在“新基建战略和双碳”的框架指导下,正在从“创新大国”迈向“创新强国”。面向未来6G,“创新”仍然是时代发展和科技研发的主旋律和重要目标^[1-3]。

本文将6G创新归纳为4大类:新价值、新生态、新范式和新技术。目前业界已有共识:6G将在5G基础上进一步扩展在信息消费、实体经济、民生服务等多

个行业领域的融合应用,从以为手机终端用户服务为主,升级转向为全行业乃至全产业生态服务^[4-6],因此6G新网络将进一步成为ODICT技术融合的综合空天地海和通感算智信业务服务的平台^[7-8],它将是“数字中国”等顶层国家政策的核心底座之一。在未来多重新价值的驱动下,各行业原有的商业运营模式经过不断地磨合重塑和试验级创新,将逐步完成生态重组与更新迭代,最终形成生态体系的融合革新。传统的“中心化”“通用性”网络设计运行范式将很难满足6G新价值生态体系下的各种需求,“去中心化”“以用户为中心”“可信网络”等新范式应运而生。同时,新频谱、新芯片、新空口技术、新网络技术、新组网、新算力

收稿日期:2023-04-01

智能安全可信等技术创新,则是上述6G新范式得以落地实施的关键支撑。

2 6G网络新价值

传统电信级网络以“运营商”的核心价值为主要原点,在此原点逐步衍生出电信设备商、各类用户、生态伙伴的价值。在这种传统价值体系下,设备商、用户、第三方客户实际上受到一定的技术和商业约束限制,如网络性能与部署运营成本之间的权衡、终端极限性能与网络各类资源共享开放等。随着未来各类用户主体价值地位的不断提升和拓展(新业态重构所至),“以用户为中心”将会成为6G新价值原点,这里广义的“用户”不限于单一的ToC终端用户,可延伸至6G系统平台设备的任意使用者,网络功能应用的第三方企业等。此外,传统电信级网络还以“商业价值”为主要价值原点,将来随着6G成为国家社会的基础服务设施平台,将会逐步衍生出“国家战略价值”“创新示范价值”“社会民生价值”和“民众心理价值”等。

2.1 阶段性关键要素变更

随着ODICT在行业应用的深入,通信技术应用效果的决定要素愈发多维,从对单纯通信性能的要求逐步演变至对生态环境、政策、整体解决方案等多方的要求,受到各行业上下游产业链、外部环境等多维因素的影响。在此背景下,对通信系统的要求也随之增加,从应用的主客观角度,未来6G技术在适应性、演进性、商业模式、绿色发展等多个维度均受到发展的挑战,也意味着6G网络的价值和发展要素在不断多维化,这些价值和要素既体现了6G的关键挑战,同时也是6G网络应用效果的决定要素。

如图1所示,可将ICT技术融合到各行各业的过程分为技术设计、应用示范和生态化商业落地3个阶

段。不同阶段的价值和发展要素也随之不同,在技术设计阶段,主要价值和发展要素为技术的客观性能指标、标准生态以及技术创新性等,同时在对外宣传的影响力及品牌的标签性上也十分重要。在应用示范阶段,随着技术深入到各行业领域应用中,行业自身的数字化水平体现、整体解决方案的成熟度体现、应用企业的新技术接受度体现等都将直接决定融合应用的应用效果。而在应用示范充分验证后,步入生态化商业落地阶段,利润率、成本因素、商业模式、运营模式等整体产业生态环境因素则更为重要,如不能形成良性的商业模式,则很难建立持续发展生态,同时在此阶段也将直接体现6G对国家政策、社会民生的支撑性。目前5G技术在众多行业应用已进行了深入的应用示范探索,部分项目已经进入规模化落地阶段,未来随着行业扩展深入,6G将更多地面临应用生态化商业落地的需求,承担着更多的责任并为信息消费、实体经济、民生服务等诸多领域的各个行业提供支撑服务。

2.2 新评价指标体系

传统通信网络因应用场景较为固定,主要使用关键性能指标(Key Performance Indicator, KPI)来评估网络应用效果,而在融合应用逐渐深入的情况下,仅通过KPI指标难以对网络实际应用效果进行评估,往往存在KPI性能很好,但却难以适配行业需求、无法商业落地等情况。因此在KPI的体系之外,还需关注面向行业复杂场景、个性化需求的偏主观的关键价值指标(Key Value Indicator, KVI)因素和面向产业生态的关键发展指标(Key Development Indicator, KDI)因素。

具体KVI评估维度可包括:

a) 协同性、适配性、可移植性等。包括对网络间资源、网络能力的协同以及可交易生态等内容的评价。

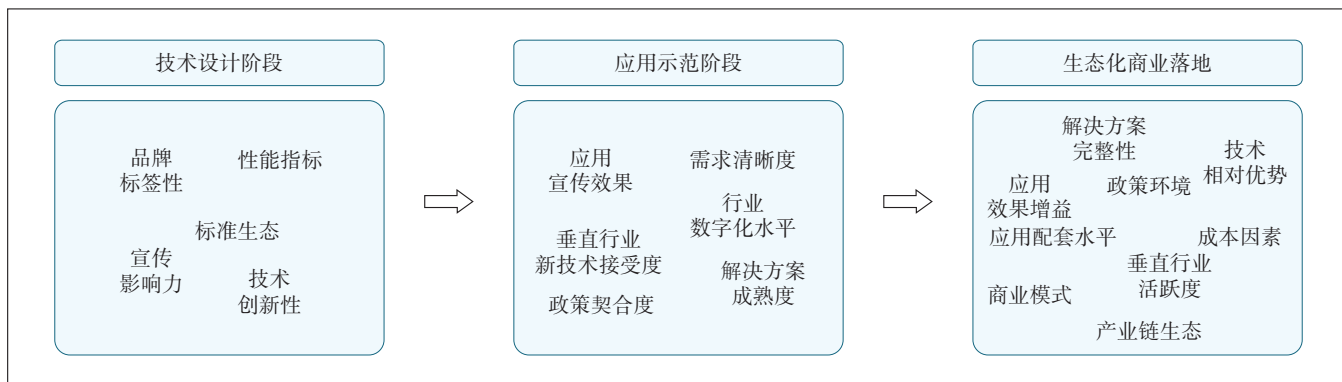


图1 通信网络阶段性关键要素

估,也包括对不同行业、企业、场景的适配能力和可移植性的评估以及对网络规模化可复制能力的评估。注重网络的灵活柔性,更好地适配行业应用,促进多领域间合作共赢及行业应用中的网络部署。截至2022年10月,在已发布的5G终端设备类型中^[9],手机、CPE及模组仍是占比最多的设备类型,其中手机的占比过半,暂时没有出现其他热门终端类型。这种情况说明5G的主要应用仍处于对现有方案(有线、4G等)性能加强替代的阶段。尤其在行业应用中,通过可移植性、兼容性加强,可以降低应用对于蜂窝通信技术的应用门槛,有望使6G应用更便于规模化推广落地。

b) 能耗、成本等。包括对行业应用中网络建设成本及收益的评估,如特殊行业、场景下能源或成本优先的网络建设,应注重网络的可持续发展能力,降低行业应用中网络建设的综合成本,提高利润率。在通信网络发展的过程中,随着网络规模不断扩大和复杂度提升,能源消耗和碳排放量不断上升。在绿色发展的大背景下,全球众多国家地区均提出碳中和目标,对移动通信网络的建网成本、能耗要求也愈发严格。与此同时,未来6G技术在赋能其他行业数字化转型的同时,也需要推进其节能减排进程。如何促进自身及赋能行业向绿色、低碳、高效节能转型,助力全球各行各业实现碳达峰、碳中和的目标,也是未来移动通信系统演进时需要考虑的因素。

c) 系统性、完备性、一致性等。对部分行业应用中复杂、碎片化、重叠化的网络系统中的网络功能、要素及领域需求融合的评估。注重网络的融合一体化,使网络功能更加完备。如在工业园区的一些复杂应用场景,同一地理场景下同时存在多种不同应用偏向的网络需求,在此情况下,更加系统、完备的网络可解决多类型网络部署带来的重复建设、成本提升等问题。

d) 易用性、可维护性等。对网络规、建、运、维、优的易用性、便捷性及网络运维管理的匹配度评估等,注重网络的数字化及智能化能力,降低网络应用普及的门槛。在行业应用中,过于复杂的部署和运维模式,会造成对网络建设投入的风险提升,通过提升行业运维人员应用的便捷性,提升短期收益,从而便于6G网络在行业应用的推广。

e) 安全性、可靠性、韧性等。对系统级可靠性、安全性能的评估,包括通信网络与行业应用网络间的互

信、可靠及韧性方面评估。注重网络的可信可靠,加速网业的融合渗透。如在行业应用中,存在通信客观指标很好,但在行业应用中的适配却存在各类问题的情况,从而导致行业应用中实际效果不好,整体系统级的可靠性、稳定性差。同时,随着对通信网络的安全性要求愈发严格,多方安全互信的问题也亟需解决。相比之下,行业注重系统级指标,如何让ICT能力更好地与行业应用多维度的需求相匹配,也成为后续6G发展重点考虑的问题。

而相较于KPI、KVI等面向通信性能及行业主观需求等较容易量化的评价指标,KDI则更多面向技术因素以外的商业模式及生态环境因素,较难量化,具体可包括:

- a) 与法规政策适配性、契合度。
- b) 必备的标准体系建设是否完善。
- c) 商业模式和运营模式是否适配。
- d) 产业链是否健全等。

KPI指标更多关注于通信系统的客观通信性能指标,KVI则关注于需求方的偏主观需求,而KDI则更多关注于较难量化的产业生态相关的因素。

3 6G网络新生态

得益于ODICT技术的融合,5G-A系统已呈现出“多能力”“高性能”“深智能”等新特性^[10-14],未来ODICT技术融合将继续为6G新系统设计和商用赋能。在跨界技术融合过程中,5G时代技术融合应用以技术探索及应用示范为主,但都未达到行业生态级的全面商业落地和价值兑现。随着各行各业的数智化推进、对网络需求的进一步明确和对新商业运营模式的不断探索,6G时代将真正进入到新生态融合的阶段^[15-16]。

3.1 从ODICT技术融合升级为生态融合

随着ODICT技术的发展,产生了诸多新兴领域及融合应用,目前融合应用集中在智慧城市、工业、公共安全、信息消费等领域,以传统电信运营商运营模式为主。在融合应用的探索初期,往往以不计成本的技术可行性验证为主,随着新应用场景的探索发掘,在经历了一段时期的应用示范后,融合应用的重心逐步转移至规模化商业落地,从潜力应用到商业落地的过程中,除技术性能KPI因素和适配性、成本、易用性等KVI因素外,还涉及到各行业领域的法规、标准、新商业模式、产业链生态重组等KDI因素。目前连接技术

及解决方案已逐步成熟,未来融合应用将从技术融合探索逐步转向为产业生态的融合重构,各行业共同寻找最适合的运营模式及商业模式,在不断的探索迭代中,最终形成新的可良性运转的融合生态。

3.2 赛道制新生态趋势

在技术应用探索阶段,往往从各项技术本身特点出发,设计或寻找对应的应用场景,应用效果类似的不同技术之间多为竞争关系。但随着融合应用的逐步商业化落地,成本、运营模式、商业模式等因素的重要性逐步凸显,各技术间的竞争不再局限于技术指标,将逐步变成整体应用效果及成本收益的综合取舍,未来各技术间将呈现出赛道制的生态替代及融合趋势。

如图2所示,6G/5G、RedCap、NB-IoT、Passive IoT等技术在设计规划时,在传统通信、感知、物联、定位等场景有着不同的侧重点,在不同赛道各司其职。而技术的最终落地则需要从技术特性(易用性、安全性、可靠性、兼容性、能耗等价值指标)及产业特性(运营模式、生态体系、政策成本等发展指标)来综合选取,最终的应用场景可能会拆分为多条细分赛道,而每一个技术(Passive-IoT、RedCap、5G、Wi-Fi、UWB)将根据自身技术及生态特点,最终可能会达到某种平衡,各自占领其中1条或几条赛道。未来应用有各类技术协同应用的趋势,而不是完全替代、纯粹竞争的关系,如某些技术在定位的主赛道为竞争关系,但由于易用性、安全性、成本因素的差别,最终将应用适配在不同

的细分场景,最终共同形成了相关产业生态。此外,为了应对多样的行业应用需求,产业特征与技术特征也是相互影响的关系,技术特征源自产业特征的需求导入,而技术特征也为产业特征做支撑。

3.3 新商业运营模式探究

随着ICT技术的发展,越来越多的设备接入网络,在各行业融合应用中也搭建了诸多数据处理、分析及应用等平台,在逐步实现万物互联之后,如何利用连接及数据实现新的应用创新也逐步成为各行业探索的重点,未来潜在的新商业模式可总结为以下几个方面。

a) 极致定制化。通过对用户需求的精准定位以及模块化组件化的网络平台,快速、精准且低成本地提供定制化服务;如果仅为了用户的个性化需求而忽略相关建设成本,则很难形成良性的商业模式,因此同时也需要通过标准化、模块化、组件化来形成低成本且灵活的网络。

b) 资产所有权模式变更。如从重资产到轻资产模式的转变,从购买实体产品到购买应用的转变,如从购买车辆到购买出行服务的转变。在未来6G网络中,网络可能是一种功能及服务的合集,是一个可以打造多种服务模式(IaaS、PaaS、SaaS、FaaS)的综合业务平台,打造灵活、柔性、可扩展、可演进的网络,从而构建多元化、高可用的网络平台和生态体系,并可将网络能力资产化,客户可根据需求选取对应的网络应用模式,如:

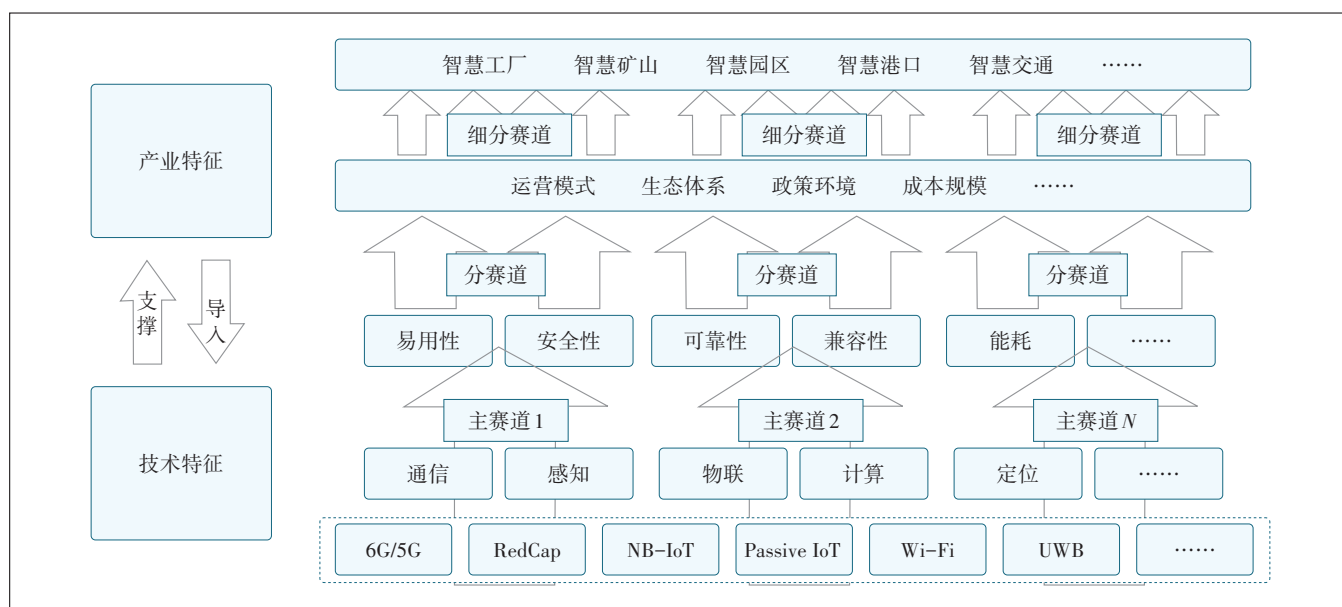


图2 不同技术间的赛道制生态

(a) 资源服务(IaaS模式)。如基础连接、计算、存储服务。

(b) 功能服务(FaaS模式)。如通信控制及执行等功能,包括寻呼、访问、移动性等。

(c) 系统级服务(PaaS模式)。如运营类,包括行业应用运营、数字孪生服务;管理类,包括网络资源、网络性能管理等;智能类,包括意图引擎、用例分析、智能决策等;数据类,包括数据搜索、数据分析等。

(d) 交易级服务(SaaS模式)。如数字资产、区块链服务等。

c) 定价模式变更。通过更多获取数据信息,有针对性地提供更高效率的定价方式,从而让用户以更低的成本获取对应的内容。

上述构想的商业模式对未来6G也提出诸多新要求,传统的商业模式及运营模式较难适配各领域、行业应用中多样化的需求,因此打造可与行业网络的需求特征相适配的商业运营模式及生态体系也变得十分重要,在适配的运营及商业模式下,网络才能更好地服务于各行业领域,从而形成良性运转的生态环境。

4 6G网络新范式

传统无线网络设计范式以“蜂窝预定义”“中心化”“通用性”“统一化”等为主要特征和指导原则。所谓“蜂窝预定义”是指在明确已知的服务场景用例和KPI指标的前提下,开展蜂窝系统的相关设计工作,因此系统自身很大程度上是被预定义限定好的^[17]。“中心化”是指网络组网部署和业务运营以核心网和应用服务器为中心,所有业务流程离不开网络端到端的全环节考虑。“通用性”是指蜂窝系统平台具备广泛且高集成的通用性能力,系统功能内核很“重”,但在面向不同对象定制化和轻量化操作方面略显不足。“统一化”是指从1G发展到5G,从当年的各种技术制式到最终汇聚统一到3GPP 5G NR,统一标准化虽然带来一定优势,但其劣势也在凸显,如导致行业内卷、垄断呈现、创新乏力、供应链的安全问题等。因此,业界希望在延承传统范式优点的同时,积极呼吁新范式的导入。

4.1 去中心化网络

6G恰逢互联网向Web3.0演进的关键时期,Web3.0相比Web2.0不仅仅是技术创新,更是一种模式上的革命。Web2.0使用户可以参与内容的生

成,并与其他互联网用户交互,但其放大了平台价值,弱化了网络内容的生产价值,使得作为互联网价值最根本来源的用户无法获得其应有的收益。Web3.0使用户可以管理自己生产的内容,并且通过各种方式获得其所有实物内容和虚拟内容的增值。6G也将具备Web3.0这一显著特征。在6G网络中,不管是运营商还是用户,都将跳出以往的管道提供商和使用者的角色。

对于运营商来说,一方面未来无线网络的共建共管共享将成为一种重要的组网方式^[18]。有些场景中可以多个运营商共同建网共同运营;也可以共享资源提高利用效率;还可以将部分网络建设和运营分离,例如企业专网可以采取企业建网,运营商运营的模式。另一方面,6G可以成为物理世界与数字世界(如元宇宙、数字孪生等)的接口,6G将内生智能、内生安全、内生可信,不仅可以承载大规模的虚拟世界网络,也将使用去中心化身份(Decentralized Identity, DID)链接现实与各种数字虚拟身份,成为物理世界与数字世界的入口。对于用户来说,6G网络不再是单纯使用和消费的对象,用户可以参与到网络的建设运营维护方面,如利用家庭现有宽带服务,只需外加无线单元,即可实现固移超融合的室内热点,完成无线热点的布网,从而可以在其他用户使用网络时收取费用。此方式投入小,用户收益大,且可利用闲置的宽带网络资源,避免传统室外无线信号穿透损耗带来的资源损失,解决运营商在室内等高业务价值场所部署难的问题。

4.2 可信网络

6G网络在通信之外,也将成为可信的基础设施。在结合DID、类区块链分布式账本(Distributed Ledger Technology, DLT)、非对称加密等技术之后,6G完全可以成为一种对外提供可信安全认证的基础设施。用户的SIM卡等实体卡片天然可以成为用户身份的凭证,6G网络在验证用户身份之后即可凭借原始凭证生成多种按需身份证明,第三方通过6G可信网络可以轻易验证用户身份证明,杜绝了数字身份容易仿冒和传统身份验证流程繁琐的问题。并且6G网络的可信服务不局限为用户个体,还包含各种物和务(服务)的联通交互。6G中物和务将超脱出用户所用的范畴,相互之间将产生各种各样的交互行为,如信息的互通、算力的交易、能量的中继等。6G网络对物联网车联网中的各种复杂行为依然能够提供可信安全的保障。

5 6G网络新技术

为了更好地支撑和推进前述的新价值构建、新生态融合和新范式导入,6G新技术手段将必不可少。既要强调创新性,更要突出实用性和适配性。6G新技术手段涵盖新频谱、新芯片、新空口技术、新网络技术、新组网、新算力智能安全可信等诸多方面^[19-20]。本章主要介绍几种具有“标签意义的”和新空口新架构组网方面的新技术。

5.1 Meta-Cell 柔性网络和组网形态

相对于5G网络,6G网络使用场景和系统能力大幅扩展,用户使用感受全面提升,为了满足这一目标,6G网络架构设计需要遵循“以用户为中心”的原则,自顶向下整体优化资源自由编排、服务灵活调用以及生态开放共享,满足不同场景用户的需求,实现用户可定制化。下面将从资源、服务和生态3个层面,分别去阐述如何实现“以用户为中心”的目标^[21]。

5.1.1 资源自由编排

为了实现资源的灵活编排,新一代小区模型不再使用传统的“烟囱式”架构,打破层间资源壁垒,使资源在层间解耦,基站可以根据用户和业务特性灵活编排不同层面的资源。资源在层内池化形成“资源池”,解除物理资源与逻辑资源之间的耦合关系,使通信系统可以根据需求灵活生成立体多层资源,从而形成以用户为中心的Meta-Cell元小区技术体系。元小区具体包含3个方面。

a) 元小区包含多个载波形成载波池,终端可以按需使用载波资源。在高吞吐量场景进行多载波合并,无需维护多个载波;在多业务并发场景使用不同配置载波,适应不同业务需求。

b) 元小区可以给一个用户同时提供多个传输信道,每一个传输信道对应一个TB,各个传输信道相对独立,优先级排序、MCS选择、频域位置选择以及HARQ反馈等操作都独立进行,使不同的业务可以在最短的时间进行差异化的发送。

c) 元小区物理信道灵活编排。在小包业务场景使用终端节能编排,使用无连接模式发送同步信息和轻量的数据。在高基站密度场景使用基站节能编排,使用系统信息和控制信息集约发送。

5.1.2 服务灵活调用

6G网络可以提供信令传输、数据传输、计算和存储、AI、感知、可信可交易等服务,服务形成组件化,并

根据用户的需求自由编排。在信令方面,不同业务对信令的需求不同,元小区根据业务需求将不需要的信令简化省略。如移动性场景通过L1链路的池化,切换时L1链路(载波/信道)发生变化,但L2的协议功能锚点不变,L2和L3服务可以保持连续,实现无缝移动。

在通信域之外,6G网络引入感知域、资源域、数据域、智能域和信任域。其中感知域负责定位、感知、成像等功能,资源域负责计算、存储和频谱管理等功能,数据域负责系统中数据的采集、处理和存储,并向其他域提供所需的数据。智能域提供智能全生命周期所需的流程,包括模型训练、验证和推理服务。信任域负责主体与主体之间身份管理、鉴权、授权管控,资源和服务使用的共识(存证)、合约、激励等。新功能“域”的引入使用户可用功能进一步升维,并助力网络实现智能内生和可信安全内生。

5.1.3 生态开放共享

6G网络支持大网网络、垂直网络和用户网络等多种网络模式,形成多模态组网和联盟网络生态。大网大而全,按照运营商商业模式设计;频谱囊括中高低频多载波的资源,功能提供全部功能组件以及智能编排服务,并向第三方开放。垂直网络是网络和业务高度匹配的网络,可以自主规划、自主演进、自治运行,并使用大网提供的服务。用户网络使用轻量化组网方式,建立用户和用户之间的多点连接;在存在大网覆盖的时候可以租用大网的部分服务能力,可以在获得大网授权时使用授权频段,也可以使用非授权频段或两者相结合。

5.2 Stack-free 柔性的广义协议栈新体系架构

随着新场景、新业务不断涌现,业务场景上的多样性会越来越明显。6G需要原生的柔性至简设计,6G广义协议栈(通感算智信综合协议栈)更需要自适应满足各种场景业务需要^[22-23]。本章将从4个角度阐述对6G广义协议栈的设计。

5.2.1 功能组件化赋能协议可扩展

当前无线通信网络的分层设计模型,存在多个层功能固定、可扩展性不足等问题,难以满足未来6G通感算智信综合服务的要求。功能组件化使用相对较小的组件颗粒度来构成功能,常用功能可做成通用组件,不常用功能通过小组件组成,并支持新功能的灵活生成。组件对功能的构建没有冗余处理,在成本、能耗和处理时延上具有先天优势。

5.2.2 面向项目的工作链编排赋能全场景定制

6G网络场景繁多,支持感知等众多新能力,需要定制场景化项目级QoS并进行对应的工作链编排。场景化项目级QoS需求能够转化成任务级广义QoS指标,包括可量化的KPI以及KVI指标。广义QoS指标会分解到各部分,进行面向场景定制的工作链编排,确定各部分工作执行顺序和协作方式,协调各工作最终达成整体QoS目标。

5.2.3 组件开放可交易赋能泛在共建共享生态和价值链

多种特性的组件构成组件库,组件库可开放给客户挑选和交易。如行业用户可根据行业标准、系统方案在组件库中挑选行业相关的组件。还可以进行多组件集成,形成通用化模组和定制化模组。模组能提供更优越的性能,并降低客户挑选组件的难度。组件粒度较小且种类丰富,在多种形式组网上具有部署优势,并且协议栈使用组件的方式也易于全网融合和全域数据传输打通。可以看到,组件化扩大了选择的自由度,有利于网络价值挖掘和价值最大化。

5.2.4 组件智能化管理和运用赋能用户为中心网络

为满足极致的用户体验,需要以用户为中心进行高质量的传输和服务。在大数据和AI引擎驱动下,组件库中各个组件都可智能提取、编排和使用。根据用户业务需要,广义用户面功能可弹性伸缩变形,支持通感算智信等多种能力,组件参数、过程和流程也可以智能配置。基于对网络数据智能分析和AI模型训练,可针对性地对用户业务提供组件新策略生成、组件策略推优等智能化建议。

6 结束语

综上所述,随着各行业自身数智化发展的深入以及AI、区块链、大数据、元宇宙等各类技术的成熟及融合,将为整个ODICT产业带来变革与机遇,同时也对未来通信网络在绿色低碳、数字化、智能化、安全互信、合作共赢等方面带来更多要求。6G有望在新技术的支撑下,形成满足各行业要求的新范式架构,从而与各行业间完成从技术、场景、商业模式的互相渗透,形成新生态融合体系,更好地赋能行业,协同发展,做好“数字中国”等顶层国家政策的核心底座。

参考文献:

- [1] 刘光毅,王莹莹,王爱玲. 6G进展与未来展望[J]. 无线电通信技术,2021,47(6):668-678.
- [2] 张平,牛凯,田辉,等. 6G移动通信技术展望[J]. 通信学报,2019,

40(1):141-148.

- [3] 闫实,彭木根,王文博. 通信-感知-计算融合:6G愿景与关键技术[J]. 北京邮电大学学报,2021,44(4):1-11.
- [4] 杨立. 5G-NR蜂窝系统功能演进趋势分析[J]. 无线电通信技术,2020,46(3):310-314.
- [5] 杨立,赵亚军,方琰崑. 从容量和覆盖升级到连接和品质——论未来无线技术的盈利拓展[J]. 信息通信技术,2020,14(6):57-62.
- [6] 杨立,方琰崑,谢峰. 论5G时代ToB领域应用拓展困境和6G突破之策[J]. 邮电设计技术,2022,556(6):30-34.
- [7] 段向阳,杨立,夏树强,等. 通感算智一体化技术发展模式[J]. 电信科学,2022,38(3):37-48.
- [8] 杨立,窦建武. 未来卫星通信和5G-NR深度融合架构设计[J]. 中兴通讯技术,2021,27(5):60-66.
- [9] GSA. 5G-ecosystem November 2022 member report[R/OL]. [2023-01-09]. <https://gsacom.com/paper/5g-ecosystem-november-2022-member-report/>.
- [10] 杨立,李大鹏. 网络切片在5G无线接入侧的动态实现和发展趋势[J]. 中兴通讯技术,2019,25(6):8-18.
- [11] 杨立,谢峰,高波. B5G毫米波通信无线接入网络的架构设计[J]. 移动通信,2020,44(8):21-27.
- [12] 杨立,黄河,张梦洁,等. 小微数据包高效无线传输技术的发展和趋势[J]. 移动通信,2021,45(1):90-95.
- [13] 张梦洁,杨立,黄河,等. 面向5G-Advanced演进的移动性增强技术[J]. 移动通信,2022,46(2):2-8.
- [14] 邵诗佳,杨立,高波. 毫米波通信中的波束管理标准化现状和发展趋势[J]. 信息通信技术,2022,16(2):65-72.
- [15] 唐怀坤,王江涛. 5G-Advanced绿色运营路径优化算法与创新商业模式[J]. 通信世界,2022(12):27-28.
- [16] 赵妍,汪卫国. 电信运营商5G商业模式创新分析[J]. 互联网天地,2022(3):40-45.
- [17] 任震,杨立,谢峰,等. 基于5G-NR演进浅析和展望未来6G系统中去蜂窝化技术的应用[J]. 信息通信技术,2021,15(2):65-71.
- [18] 曲至诚,杨立,黄峥. 区块链与6G时代未来网络融合的愿景与挑战[J]. 信息通信技术,2022,16(5):62-68.
- [19] 谢峰,王菲,刘汉超. 面向6G的多频段智能融合组网[J]. 中兴通讯技术,2022,28(4):25-30.
- [20] 赵喆,王菲,张康杰. 面向6G多载波多模态融合组网及关键技术探究[J]. 移动通信,2023,47(2):52-58.
- [21] 赵喆,王菲,杨立,等. 未来无线接入网组件化探究和实践[J]. 无线电通信技术,2022,48(5):885-890.
- [22] 薛妍,谢峰,杨立,等. 面向6G时代新通信系统的内生感知[J]. 移动通信,2021,45(4):79-84.
- [23] 薛妍,杨立,谢峰. 6G时代新用户面设计和关键技术[J]. 移动通信,2022,46(6):2-7.

作者简介:

黄峰鹤,工程师,硕士,主要研究领域为6G无线网络架构、垂直应用、网络业态等;张康杰,工程师,博士,主要研究领域为6G无线网络架构、无线资源管理、区块链等;杨立,高级工程师,主要研究方向为ODICT业态战略、系统架构功能演进&接口流程标准化、网络智能化等;谢峰,毕业于新加坡南洋理工大学,高级工程师,博士,主要研究方向为5G/6G网络业态、架构和组网等。