当今全球业界对6G关键技术仍在探索中

6G已在路上 2030年有望商用

▶ 本报记者 张伟

按照移动通信产业“使用一代，建设一代，研发一代”的发展节奏，全球业界已开启对下一代移动通信6G的探索研究。

3月22-24日，由未来移动通信论坛、紫金山实验室共同主办的第二届全球6G技术大会召开。中国工程院院士、北京邮电大学教授张平在大会6G愿景与技术需求论坛上预测说：“中国有望在2030年左右实现6G商用。”

6G在路上

4G改变生活，5G改变社会，6G改变世界。

张平解释说，4G前移动通信追求的是通信速率，而5G对通信和可靠性、时延方面提出了要求，未来6G将拓展通信空间，实现地面与卫星通信集成、空天地海一体化，通信指标相比5G将有10-100倍提升，将实现厘米级的高精度定位，走向人机物灵充分联合、虚拟结合、智慧涌现的泛在智简网络。

在场景上，张平认为，6G将实现数字孪生、智慧泛在，未来的应用场景包括全息交互、虚拟旅行、沉浸式社交等，而对于6G潜在关键技术，一方面是传统技术增强，如太赫兹、可见光等；另一方面是创新技术，如量子通信、AI赋能等。

目前，世界主要国家和地区均已启动6G研究，通过加大资金投入布局科研项目等措施，加速6G创新技术研发。

欧盟提出相对清晰的规划路线图，在2020年第三季度完成了6G产学研框架项目；芬兰发布了6G白皮书《面向6G泛在无线智能的驱动与主要研究挑战》，对于6G愿景和技术应用进行了系统性展望；韩国政府提出“引领6G商业化”目标，计划2028年实现全球第一个6G商用；日本发布B5G推进战略目标，2025年完成6G基础技术研究，2030年商用；美国也从2018年开始6G研究，前期研究包括对6G芯片的研究，并在空天海地一体化通信特别是卫星互联网通信领域开展研究实践。

“中国高度重视6G发展，在‘十四五’规划中明确提出，要‘前瞻布局6G网络技术储备’，先后成立国家6G技术研发推进工作组和总体专家组、IMT-2030(6G)推进组，扎实推进6G各项工作，取得了积极进展。”张平说。

6G改变世界

面向2030年及未来，6G网络将助力实现真实物理世界与虚拟数字世界的深度融合，构建万物智联、数字孪生的全新世界。

“6G‘数字孪生、智慧泛在’，是大家的美好愿景。”中国移动通信研究院绿色通信研究中心主任崔春风认为，6G的典型用例包括全息交互、数字孪生人、通感互联、智能交通、智慧生产以及元宇宙等，这些应用对6G网络提出更高要求：一是极致的能力，二是软件定义的分布式网络，三是全域覆盖，四是智慧泛在，五是内生安全。

“对运营商而言，我们希望实现数字孪生运营、零触碰、自动化运维的网络，在提升效率的同时降低成本，并且能够‘自生自灭自演进’。”崔春风说。

中兴通讯无线研究院射频系统高级工程师彭琳同样认为，6G时代将诞生新的服务模式，比如沉浸式的云XR的体验、全息通信、数字孪生新业态等，将进一步扩展到AI的互联网，感知互联网，迈入万物智联的6G时代。

“6G的愿景和能力需求，驱动着行业进一步开发空口资源。比如，挖掘新的频谱资源，以及向更高的毫米波以及太赫兹的频段迈进。”彭琳说。

在华为无线技术实验室技术专家王俊看来，6G将进一步发展超越通信的能力，在5G三大应用场景基础上，扩展人工智能和通信感知两大应用场景。

6G如何融合物理世界与数字世界？王俊指出，从物理世界到数字世界是典型的下行通道，将深度学习、机器学习和大数据分析等AI能力，通过AR/VR等沉浸式体验传递给用户；从物理世界到数字世界是典型的上升通道，主要应用全场景感知和面向机器学习的大数据采集，增强数字世界中大模型的完善程度和能力。

图片来源：主办方供图

探索技术路径

目前，IMT-2030(6G)愿景研究已经形成的共识包括：沉浸式云XR、全息通信、感官互联、智慧交互、通信感知、数字孪生、普惠智能、全域覆盖等新型应用。

为满足未来6G更加丰富的业务应用以及极致的性能需求，需要在探索新型网络架构的基础上，在关键核心技术领域实现突破。当前，全球业界对6G关键技术仍在探索中，并提出了一些潜在的关键技术方向以及新型网络技术。

东南大学教授许威认为，未来的6G技术发展趋势，是在更多的频段、更宽的带宽以及更深的维度进行更广泛的覆盖，是最终实现速率更快、传输更稳定，以及更双碳化、更智能化的智能网络的融合体。

“中国电信认为，内生外拓、绿色泛在，是6G网络的总体愿景，并以此打造和谐发展的新引擎。”中国电信研究院移动通信研究所所长王庆扬表示，将来的IMT-2030是内生智能与安全、外拓感知与体验，构建人、机、物智慧互联的新型系统，是人类社会和自然环境和谐发展的引擎。

“6G技术的创新发展，也因此应该以绿色节能为基本原则，提升系统的能量效率，实施生态运营；与此同时，还要考虑6G技术如何赋能千行百业，助力各行业深化数字化转型，实现绿色低碳发展。”王庆扬说。

中国科学院院士、上海交通大学教授毛军发指出，6G要在3个维度对5G实现质的提升，即更多连接、更广覆盖、更大带宽，前两者可以通过补充基站数量等方式实现连接与覆盖不足的缺陷，然而面向6G的大带宽需求，唯有毫米波、太赫兹技术才能实现目标。

与会专家在6G毫米波与太赫兹技术论坛上也表示，尽管现阶段6G毫米波、太赫兹技术的发展面临诸多技术挑战，但随着相关技术的不断突破和高频器件产业的持续发展，毫米波和太赫兹将凭借其丰富的频率带宽资源等天然优势，与其他低频段网络融合组网，广泛应用于多维度多尺度通信场景，作为未来6G通信的重要支撑技术。

全球6G技术大会重磅发布13本白皮书

本报讯（记者 张伟）3月22-24日，在第二届全球6G技术大会期间，主办方之一未来移动通信论坛重磅发布13本白皮书。

其中，在6G主题方面发布了总体白皮书《ICDT融合下的6G网络2.0》，以及9本专题白皮书，内容涉及数字孪生、下一代协议栈4.0、太赫兹、多址接入、智能超表面、零功耗、量子信息、终端友好、智能轨道交通。

6G总体白皮书《ICDT融合下的6G网络2.0》提出，ICDT融合的6G将是一个端到端的信息处理与服务系统；提出信息处理效率概念作为6G直观的能力度量，围绕通信能力、计算能力、感知能力、AI能力和安全能力定义了6G能力矩阵及性能指标等级，并探讨了信息处理效率理论框架和最大化信息处理效率的技术途径。

毫米波方面发布了《5G/6G毫米波测试技术白皮书》，指出在5G时代乃至未来6G，毫米波在测试指标体系、测试原理与方法、测试平台都将迎来重大变革。该书从5G/6G毫米波测试系统、5G毫米波设备的特点、OTA射频测试、OTA系统性能测试、6G测试技术展望等几方面，梳理了5G/6G毫米波测试标准的进展、相关测试技术的研究进展，并对6G测试技术进行了初步展望。

随着5G全方位赋能，信息视频化、视频超高清化、高清视频移动化等已经成为全球信息产业发展的大趋势。《5G毫米波赋能8K视频制作》白皮书，分别从8K视频用例、协议、需求，毫米波使能8K视频传输，典型传输案例等方面梳理了5G+8K的技术进展及其在专业视频制作领域的应用前景；《面向未来的移动宽带音视频传输协议—现状与挑战》则从视频制作域和传输域的场景、用例、关键指标入手，分析了各个场景的传输协议，并针对后5G和6G的不同的场景提出了协议应用建议。

3院士谈6G创新研究路径

邬贺铨：6G研究要聚焦十大关键问题

▶ 本报记者 张伟

3月23日，全球6G技术大会开幕式主旨发言中，中国工程院院士、未来移动通信论坛理事长邬贺铨提出，对6G研究的思考要聚焦十大关键问题。

第一，超宽带并非6G的亮点，频谱效率更值得研究。第二，元宇宙难成6G的支点。元宇宙商业模式只是小众市场，至少不是6G的刚需。第三，超宽带与减碳之间要找平衡点。双碳是6G研究的难点，减碳需要从6G网络体系架构的创新入手。第四，面向行业的应用将是6G研究的重点。工业互联网应该成为6G的研究重点，ToB要作为6G研究的重点，在架构和管理上提出创新的方案。第五，找准AI在6G应用的落脚点。6G，希望是原生AI应用，建议主攻重点L1-L3层级控制面而非应用层。第六，低频段挖潜应该是6G研究的着力点。Sub 6GHz或者毫米波的低段应作为6G频谱的主攻方向。第七，星地融合的难点。将天基互联网融合到地面移动通信系统，是低成本广覆盖的解决方案。第八，空天地海通信一体化是6G的一个卖点。通过6G可带热空天地海通信一体化的研究。第九，低成本的智简网络是6G研究的痛点。6G不仅业务类型多而且管理更复杂，多样化业务不能大一统网络也不能多元化网络。第十，创新是6G研究的基点。6G需要从基础理论做起，可能需要更大的创新。

邬贺铨表示，6G已成为国家战略竞争的高地，我国重视6G的研究理所当然。但是也要清醒认识到，不能因为竞争而不深入对6G的需求研究、不下决心做长期的颠覆性原创技术的研究，急于与国外抢进度，脱离市场需要，战略上反而会被动。

“我们需要有不受外界左右的定力。”邬贺铨说。

刘韵洁：6G新业务迫切需要网络架构作出变革

▶ 本报记者 张伟

3月23日，在6G网络架构与关键技术圆桌论坛上，中国工程院院士、紫金山实验室主任兼首席科学家刘韵洁院士在演讲中提出，推进6G研究需要重点考虑6G网络的需求和目标，未来的新业务需要网络提供海量连接、高性能端到端传输时延、网内计算缓存及灵活接入处理能力，因而迫切需要网络架构作出变革。

以当前火热的“元宇宙”为例，移动式元宇宙对网络性能提出了四大需求，一是在时延方面，元宇宙中实现XR和触感业务协同、全息感知通信等技术的目标愿景是，实现1ms端到端时延。在处理算力需求方面，元宇宙相关技术实现依靠超强算力，需达到 AR/VR:3900、区块链:5500、AI:16000(单位:EFLPOS)1级别算力以处理连续长周期、突发短周期智能服务。

在泛在缓存需求方面，元宇宙中的内容预测及分发、视觉触觉回放等功能，要求实现全网泛在缓存以配合业务计算处理。而在随时随地接入处理方面，元宇宙用户需要随时接入网络并确保移动性QoE，业务需要即时响应计算处理并提供QoS保障。

刘韵洁总结：全息通信、AR/VR、元宇宙等业务的发展，对网络提出了一系列新的要求与挑战，面向6G的未来网络将有巨大前景。确定性、可编程、云化、一体化安全，也将成为未来网络的重要发展趋势，未来将从承载、管控、业务等方面，全方位提升网络能力。

同时，未来网络创新试验环境(CENI)，可为未来网络、B5G/6G相关技术的创新提供基础环境，服务全息互联网、算力互联网、工业互联网、空天互联网等重大需求场景。

毛军发：毫米波太赫兹是6G必不可少技术

▶ 本报记者 李洋

3月22日，在全球6G技术大会首日举办的圆桌论坛上，中国科学院院士、上海交通大学教授毛军发围绕“6G毫米波与太赫兹技术”的主题，阐述了毫米波与太赫兹技术在6G中的作用。

“毫米波和太赫兹技术在6G中的角色作用肯定是必不可少的”，毛军发说，6G有3条公认的要求：比5G更高量级的大带宽，更广阔的连接，更广泛的覆盖，以实现空天地一体化的无线连接。

毛军发认为在实现6G的过程中还有不少困难，甚至有些指标之间是相互矛盾的，比如大带宽要求频率升高，但频率升高后其传输性能就会相应地下降，连接和覆盖这两个指标就会受到影响，不过这些问题可以通过其他举措来弥补，比如增加基站数量、采用大规模MIMO（多天线）技术等。而大带宽只有通过提高工作频率才能实现，频率不断提高，逐渐需要采用毫米波、太赫兹技术，尽管这样会导致功耗和成本的增加，但却是目前技术水平下实现大带宽必不可少的途径。

此外，毛军发还按不同场景展望了未来可能为6G提高速率的方法。比如，在城市场景中，由于光纤的铺设情况较好，将有线通信和无线通信结合在一起，充分利用光纤的传输性能，在入户后即将到达终端时才使用无线，也就是说未来6G微基站的架设可能不再由运营商决定，而是由用户来决定。在人口密度比较高的特定场景，可以使用无人机作为移动基站，将多种用途结合起来，那么扩展空间会非常大。如果在边远地区、沙漠地带，没有了便捷的光纤，除了使用卫星，还可以在平流层部署深空气球，既方便控制，成本也可能更低等。

1G到5G的移动通信进化简史

1G语音时代

1G即第一代语音通话系统。早在1940年就有了战地移动通信电话，1941年，摩托罗拉研发出了跨时代产品SCR-300，重16公斤。时隔40年，1980年大哥大开始民用。1G有着很多缺陷，经常出现串号、盗号现象。

2G 文本时代

2G一般定义为文字通信。2G移动通信具备高度的保密性，系统的容量也在增加。这一时代，手机开始支持短信及低速上网、文本浏览等功能。1995年，我国正式进入了2G通信时代。

3G 图片时代

3G图片时代。高频宽和稳定的传输，影像电话和大量数据的传送更为普遍。3G被视为开启行动通信新纪元的重要关键，看新闻、刷微博、下载图片、在线听音乐等，渐渐成为人们的娱乐日常。

4G 视频时代

4G即第四代无线蜂窝电话通信协议。具有速度更快、通信灵活、智能性高、高质量通信、流量费用便宜的特点。2013年，工业和信息化部向中国移动、中国电信、中国联通颁发3张4G牌照，至此，中国进入4G高速无线上网、全民娱乐时代，这也是一个视频自媒体发展的红利时代。

5G 物联网时代

5G即第五代移动通信技术。国际电联将5G未来的应用场景划分为移动互联网和物联网两大类。凭借低延时、高可靠、低功耗以及飞一般的网速的特点，5G的应用范围非常广泛、渗透到人们生产生活的各个领域，不仅能使得超高清视频、浸入式游戏等交互方式实现再升级，还能实现海量的机器通信、支持智能家居、智能设备和智能城市，此外，还将在车联网、移动医疗、工业互联网等垂直行业一展身手。

6G研发动态速递

◆ 2019年11月，科技部会同国家发展改革委、教育部、工业和信息化部、中国科学院、国家自然科学基金委在北京组织召开6G技术研发工作启动会，成立国家6G技术研发推进工作组和总体专家组，标志着我国6G技术研发工作正式启动。

◆ 2021年3月，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，前瞻布局6G网络技术储备。扩容骨干网互联节点，新设一批国际通信出入口，全面推进互联网协议第六版(IPv6)商用部署。

◆ 2021年11月，工业和信息化部发布《“十四五”信息通信行业发展规划》，提出将开展6G基础理论及关键技术研发列为移动通信核心技术演进和产业推进工程，构建6G愿景、典型应用场景和关键能力指标体系，鼓励企业深入开展6G潜在技术研究，形成一批6G核心研究成果。

◆ 2021年12月，国务院《关于印发“十四五”数字经济发展规划的通知》，提出前瞻布局第六代移动通信(6G)网络技术储备，加大6G技术研发支持力度，积极参与推动6G国际标准化工作。

◆ 2022年1月4日，紫金山实验室副主任、首席科学家尤肖虎发布国际领先水平重大原创成果——360-430GHz太赫兹100/200Gbps实时无线传输通信实验系统，创造出目前世界上公开报道的太赫兹实时无线通信的最高实时传输纪录。