

# 桂数专报

## (政策与技术跟踪专题)

2021年第4期(总第47期)

广西壮族自治区信息中心  
广西壮族自治区大数据研究院

2021年1月27日

**编者按：**在5G开启商用之际，业界就6G开展了初步探索。相比于万物互联始于5G，6G被认为是网络超大连接数性能的重要支撑，其战略重要性甚于5G，将成为推动智能信息社会关键推动力。目前，我国在6G领域取得较大进展。本期主要介绍6G技术相关情况。

### 本期要目

- ◆ 从5G走向6G，“下一个黄金10年”
- ◆ 6G技术发展曲折前行
- ◆ 6G应用场景广泛
- ◆ 力争上游：产学研聚力6G需求

## 从 5G 走向 6G，“下一个黄金 10 年”

6G 是第六代移动通信系统的简称，它是 5G 系统的延伸和发展。当前世界各国的移动通信系统基本上处于 3G 和 4G 时代，移动通信特别是第四代移动通讯彻底改变了人们的世界观、思维方式、生产方式和生活方式。从 1G 到 5G，移动通信系统基本上每 10 年更新换代一次，新一代技术的成长基本上需要 10 年时间的锤炼。在 5G 即将全面商用之际，中国、美国、英国等通讯技术大国的企业就宣布已正式开始了 6G 网络通讯技术的研发。

6G 网络将是一个地面无线与卫星通信相互集成的全连接网络通信系统。地面基站信息通过卫星通信系统布满整个地球，这样 6G 移动通信将实现全球无缝覆盖，使得网络信号能够抵达任何一个偏远地区。更为重要的是，6G 的传输能力可能比 5G 提升 100 倍，网络延迟也可能从毫秒降到微秒级，将使 5G 技术更加完善并在许多方面实现突破。此外，在全球卫星定位系统、电信卫星系统、地球图像卫星系统和 6G 地面网络的联动支持下，地空全覆盖网络还能帮助预测天气、快速应对自然灾害等。

面对 5G 网络带宽局限性、地面基站难以全面覆盖问题的出现，6G 网络正是在克服 5G 网络局限的基础上提出并研发的，因此，未来的 6G 网络将具有“更宽、更快、更广、更省”四大特点。

首先是更宽。移动网络是通过无线信号实现通信的，频率是无线信号宝贵的有限资源。从1G到4G，人们把0.9GHz（1G）到1.8GHz-2.7GHz（4G）的低频信号基本上占用完毕，5G网络在4G网络的基础上使用3GHz-6GHz更高频的信号，无线频率越建越宽。然而，如果要实现真正的万物互联，这个带宽依然不够，因此6G网络把使用频率拓展到100GHz-10THz，并开发使用太赫兹频率，这样带宽就被大大拓展，足够实现万物互联。此外，6G网络还将使用可见光来通讯，使得通讯频率更加宽广。

其次是更快。减少时间延后效应是通讯技术追求的目标，许多通讯、控制系统都有时延要求，因为信号的延后可能带来系统的不精准、不稳定甚至造成系统的崩溃。每一代移动通信技术的更迭都带来速度的大幅提升，4G的时延极限为20毫秒，5G则为1-10毫秒，这似乎已经很快，但是，对有些系统，比如无人驾驶、VR/AR系统，1-10毫秒的时延仍然不符合要求，而6G网络则将时延减少到纳秒，进入太比特时代（Tb/s），因此相比5G，6G速度提高了上百倍，基本上接近无时延的要求，实现了真正的“在线”目标。

再次是更广。4G网络将人与人全部网罗其中从而形成“人联网”，5G网络则在“人联网”的基础上外加“物联网”。5G把人、物皆接入网络中，似乎穷尽了一切，但是5G仍然有局限，而6G在如下方面弥补了5G的局限：一是5G局限于地面网络，而6G则将地面网络与卫星相连接，共同构成一个天罗地网；二是5G网络在天空、深海、沙漠、森林等

地仍然有网络盲区，6G 则通过一系列新技术与卫星相结合，解决了这些盲区的覆盖问题。6G 比 5G 的网络覆盖面更广，真正做到网络无死角，信号全覆盖。

最后是更省。6G 时代，为了建立物联网，需要在海量的物品中植入微型传感器。这些海量的传感器一方面感知事物的状态及其变化情况，另一方面将所感知的数据发送到附近的接收器，最后通过 6G 网络将万事万物的感知状态相互连通，形成人、事、物全面关联的互联网。这样，最底层的传感器就成了构建物联网的基础，但这些传感器需要电源的支持，没有电源也就失去了联系的基础。以往使用的传感器往往比较耗电，这样就必须提供持续的有线供电或者经常更换电池，而 6G 时代的传感器数量多、分布广，很难有线供电或经常更换电池，因此需要功耗更低的传感器件或设备。低功耗、更省电是 6G 网络的基本要求，也是其基本特点之一。（中国产业信息网）

## 6G 技术发展曲折前行

相较于 5G，6G 网络的峰值速率、用户体验速率、时延、流量密度、连接数密度、移动性、频谱效率、定位能力、频谱支持能力和网络能效等关键指标都有了明显的提升，具体指标对比如表 1 所示。

表 1 6G 与 5G 关键性能指标对比

指标	6G	5G	提升效果
速率指标	峰值速率：100Gbps-1Tbps 用户体验速率：Gbps	峰值速率：10-20Gbps 用户体验速率：0.1Gbps-1Gbps	10-100倍
时延指标	0.1ms，接近实时处理海量数据时延	1ms	10倍
流量密度	100-10000Tbps/平方公里	10Tbps/平方公里	10-1000倍
连接数密度	最大连接密度可达1亿个连接/平方公里	100万个/平方公里	100倍
移动性	大于1000km/h	500km/h	2倍
频谱效率	200-300bps/Hz	可达100bps/Hz	2-3倍
定位能力	室外1米，室内10厘米	室外十米，室内几米甚至1米以下	10倍
频谱支持能力	常用载波带宽可达到20Ghz，多载波聚合可能实现100Ghz	Sub6G常用载波带宽可达100Mhz，多载波聚合可能实现200Mhz；毫米波频段常用载波带宽可达400Mhz，多载波聚合可能实现800Mhz	50-100倍
网络能效	可达到200bits/J	可达100bits/J	2倍

当前 6G 尚处于早期探索阶段，关键技术尚不清晰。对于 6G 将包含的关键技术，不同研究机构给出的观点具有较大差异，下面就当前业界讨论比较多的一些 6G 潜在关键技术进行探讨：

太赫兹通信技术是指频率在 0.1THz ~ 10THz 的电磁波，具有极为丰富的频谱资源，可用频谱资源甚至可达数十 GHz，可满足 100Gbit/s 到 Tbit/s 级的极高传输速率频谱需求，是未来移动通信中极具潜力的无线通信技术。太赫兹通信由于频段高、波长短，单位面积可以集成大量的天线阵元，利用波束赋形技术可有效补偿路径损耗，满足密集组网覆盖需求。太赫兹通信具有独特的技术优势，但当前仍然面临诸多方面的挑战，其中最重要的是太赫兹器件成熟度不高，固态太赫兹功率放大器的输出功率无法满足大覆盖需求，太赫兹相控阵天线尚未突破，高指向性太赫兹波束对准和动态跟踪也有待研究。基于射频模块的太赫兹通信系统小型化程度不够，无法满足地面通信应用场景的要求。

可见光通信是指利用可见光波段的光作为信息载体进行数据通信的技术，与无线电通信相比，可见光具有多方面的优势。首先是可提供大量潜在的可用频谱，且频谱使用不需频谱监管机构授权；其次是可见光不产生电磁辐射，具有绿色无污染的特点，可广泛应用于医院、加油站等对电磁干扰敏感的场所；最后，可见光通信技术安全性高，由于无法穿透墙壁等遮挡物，可有效避免传输信息被恶意截获，从而可以保证信息安全。当前日、美、德等国的高校及科研机构开展了可见光通信技术研究，试验样机的峰值传输速率已超过了 10Gbit/s。可见光通信当前主要的应用瓶颈在于可见光收发器件，一方面发射机的调制带宽只有大于毫米波，可见光才有应用优势，另一方面，检测器带宽和灵敏度还比较低，难以满足 NLOS 场景下的检测需求。此外，终端侧需要精准对光束进行操控，实现集成光子天线的收发器件。

轨道角动量是利用具有不同本征值的涡旋电磁波的正交特性，通过多路涡旋电磁波的叠加实现高速数据传输，为移动通信提供了新的物理维度。轨道角动量技术分为量子态轨道和统计态两种模式，目前在在无线通信中的应用仍处于探索阶段。轨道角动量技术在光领域已经有所应用，美国与日本在轨道角动量领域的研发处于领先地位，我国清华大学完成了世界首次微波频段轨道角动量电磁波 27.5km 长距离传输实验。当前，轨道角动量在无线通信中应用仍面临挑战，如业界尚未突破轨道角动量微波量子产生与耦合设备小型化技术，射频统计态轨道角动量传输技术也面临正交涡旋电

磁波的产生、涡旋电磁波的检测与分离以及如何降低传输环境对涡旋电磁波影响等问题。

无线通信业务量爆发与频谱资源短缺的矛盾日益突出，提升频谱效率，消除传统 TDD<sup>1</sup>、FDD<sup>2</sup>模式的频谱资源使用与管理方式的差异性，成为移动通信发展演进的目标之一，全双工技术将成为解决这一问题的潜在技术方案。全双工利用自干扰消除技术在收发链路之间实现灵活频谱资源利用，达到提升吞吐量及降低传输时延的目的。目前全双工技术已经形成了空域、射频域和数字域联合的自干扰抵制技术路线，空域自干扰抵制主要依靠天线位置优化、空间零陷波束等技术手段实现空间自干扰的辐射隔离；射频域自干扰抵制通过构建与接收自干扰信号幅相相反的对消信号，在射频模拟域完成抵消；数字域自干扰抵制针对残余的线性和非线性自干扰进一步进行重建消除。当前业界全双工自干扰抵制能力已经超过了 115dB，可满足小功率简单场景下的全双工通信需求。但全双工技术在实用化过程中，仍面临大功率动态自干扰抵制、多天线射频域自干扰抵制、全双工组网技术以及全双工核心器件芯片等问题。

在传统蜂窝网络基础上，将卫星通信、短距离通信等非蜂窝网络进行系统架构、通信协议和信息的融合，可构建起全面覆盖、立体分层、全时空统一服务的新型网络，覆盖太空、空中、陆地、海洋等自然空间，实现多层覆盖、多网融

<sup>1</sup> 时分双工 (TDD)，也称为半双工，只需要一个信道。无论向下还是向上传送信息都采用这同一个信道。因为发射机和接收机不会同时操作，它们之间不可能产生干扰。

<sup>2</sup> FDD，即频分双工，是指上行链路（移动台到基站）和下行链路（基站到移动台）采用两个分开的频率（有一定频率间隔要求）工作，该模式工作在对称频带上。

合的高速宽带无线通信网络。但天地一体化网络尤其是天基网络受空间传播环境等因素的影响，与传统的地面移动通信网络存在明显的差别，需要重点解决网络架构、接口标准、卫星系统与移动通信网络互联互通、频谱资源分配管理等问题。（《移动通信》）

## 6G 应用场景广泛

6G 未来将以 5G 提出的三大应用场景（大带宽，海量连接，超低延迟）为基础，不断通过技术创新来提升性能和优化体验，并且进一步将服务的边界从物理世界延拓至虚拟世界，在人-机-物-境完美协作的基础上，探索新的应用场景、新的业务形态和新的商业模式。

数字技术对人体健康的监测主要应用于宏观身体指标监测和显性疾病预防等方面，实时性和精准性有待进一步提高。随着 6G 技术的到来，以及生物科学、材料科学、生物电子医学等交叉学科的进一步成熟，未来有望实现完整的“人体数字孪生”，即通过大量智能传感器（>100 个/人）在人体的广泛应用，对重要器官、神经系统、呼吸系统、肌肉骨骼等进行精确实时的“镜像映射”，形成一个完整人体的虚拟世界的精确复制品，进而实现人体个性化健康数据的实时监测。此外，结合核磁、CT、彩超、血常规等专业的影像

和生化检查结果，利用 AI 技术可对个体提供健康状况精准评估和及时干预，并且能够为专业医疗机构下一步精准诊断和制定个性化的手术方案提供重要参考。

为了给乘客提供飞机上的空中上网服务，4G/5G 时代通信界为此做过大量的努力，但目前飞机上的空中上网服务仍然有很大提升空间。当前空中上网服务主要有地面基站模式和卫星模式两种模式，若采用地面基站模式，由于飞机具备移动速度快、跨界幅度大等特点，空中上网服务将面临高机动性、频繁切换以及基站覆盖范围不够广等带来的挑战。若采用卫星通信模式，空中上网服务质量可以相对得到保障，但成本太高。为解决这一难题，6G 将采用全新的通信技术以及超越“蜂窝”的新颖网络架构，在降低网络使用成本的同时保证在飞机上为用户提供高质量的空中高速上网服务。

影响虚拟现实与增强现实技术、应用和产业快速发展的一大因素是用户使用的移动性和自由度，即不受所处位置的限制，而 5G 网络能够提升这一性能。随着技术的快速发展，可以预期 10 年以后（2030~），信息交互形式将进一步演进至高保真扩展现实交互为主，甚至是基于全息通信的信息交互，最终将全面实现无线全息通信。用户可随时随地享受全息通信和全息显示带来的体验升级——视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉甚至情感将通过高保真充分被调动，用户将不再受到时间和地点的限制，以“我”为中心享受虚拟教育、虚拟旅游、虚拟运动、虚拟演唱会等完全沉浸式的全息体验。

随着数字时代的不断演进，通信网络成为智慧城市群不

可或缺的公共基础设施。对城市管理部门而言，城市公共基础设施的建设和维护是重要职责。目前，由于不同的基础设施由不同的部门分别建设和管理，绝大部分城市公共基础设施的信息感知、传输、分析、控制仍处于各自为政现状，缺乏统一平台。作为城市群的基础设施之一，6G将采用统一网络架构，引入新业务场景，构建更高效更完备的网络。未来6G网络可由多家运营商投资共建，采用网络虚拟化技术、软件定义网络和网络切片等技术将物理网络和逻辑网络分离。人工智能深度融入6G系统，将在高效传输、无缝组网、内生安全、大规模部署、自动维护等多个层面得到实际应用。

6G将由地基、海基、空基和天基网络构建成分布式跨地域、跨空域、跨海域的空-天-海-地一体化网络。到2030年以后，“泛在连接”将成为6G网络的主要特点之一，完成在沙漠、深海、高山等现有网络盲区的部署，实现全域无缝覆盖。依托其覆盖范围广、灵活部署、超低功耗、超高精度和不易受地面灾害影响等特点，6G通信网络在应急通信抢险、“无人区”实时监测等领域应用前景广阔。例如，在发生地震等自然灾害造成地面通信网络毁坏时，可以整合天基网络（卫星）和空基网络（无人机）等通信资源，实现广域无缝覆盖、随时接入、资源集成支撑应急现场远距离保障和扁平化的应急指挥。利用6G网络还可以对沙漠、海洋、河流等容易发生自然灾害的区域进行实时动态监控，提供沙尘暴、台风、洪水等预警服务，将灾害损失降到最低。

利用6G网络的超高带宽、超低时延和超可靠等特性，

可以对工厂内车间、机床、零部件等运行数据进行实时采集，利用边缘计算和 AI 等技术，在终端侧直接进行数据监测，并且能够实时下达执行命令。6G 中引入了区块链技术，不需经过云中心，智能工厂所有终端之间可以直接进行数据交互。不仅限于工厂内，6G 可保障对整个产品生命周期的全连接。基于先进的 6G 网络，工厂内任何需要联网的智能设备、终端均可灵活组网，智能装备的组合同样可根据生产线的需求进行灵活调整和快速部署，从而能够主动适应制造业个人化、定制化 C2B 的大趋势。智能工厂 PLUS 将从需求端的客户个性化需求、行业的市场空间，到工厂交付能力，不同工厂间的协作，再到物流、供应链、产品及服务交付，形成端到端的闭环，而 6G 贯穿于闭环的全过程，扮演着重要角色。

目前，一些汽车技术研究人员正在研究智能网联汽车。6G 有助于网联机器人和自主系统的部署，无人机快递系统是个典型案例。基于 6G 无线通信的自动车辆可以极大地改变我们的日常生活方式。6G 系统将促进自动驾驶汽车或无人驾驶汽车的规模部署和应用，支持可靠的车与万物相连以及车与服务器之间的连接。自动驾驶汽车通过各种传感器来感知周围环境，如光探测和测距、雷达、GPS、声纳、里程计和惯性测量装置。对于无人机，6G 将支持无人机与地面控制器之间的通信。无人机在军事、商业、科学、农业、娱乐、城市治理、物流、监视、航拍、抢险救灾等许多领域都有广阔的应用空间。此外，当蜂窝基站不存在或者不工作时，

无人机可以作为高空平台站为该区域的用户提供广播和高速上网服务。（《6G 概念及愿景白皮书》）

## 力争上游：产学研聚力 6G 需求

移动通信技术已经成为赋能经济社会数字化转型的重要抓手，6G 将在 5G 的基础上进一步拓展系统能力，衍生出更多的应用场景、业务形态和商业模式。凭借在 5G 建设中的优势，中国很有可能在未来引领着全球 6G 技术的方向。6G 规划的应用场景远超 5G，未来的市场规模也远大于 5G 市场。到 2025 年，中国 5G 将拉动近 10 万亿元的市场规模，6G 正式商用后将拉动更大的市场规模。6G 标准的完成和商业化最早可能于 2028 年实现，大规模商业化可能于 2030 年左右实现。

作为运营商龙头，中国移动率先行动起来。在 2020 合作伙伴大会期间，中国移动面向中长期的需求愿景、技术趋势和网络架构等主题，发布三份全新的研究报告：《2030+愿景与需求白皮书（第二版）》、《2030+网络架构展望白皮书》以及《2030+技术趋势白皮书》。近日，中国信科集团旗下大唐移动通信设备有限公司发布《全域覆盖·场景智联——6G 愿景与技术趋势白皮书》，将在 6G 的研究与标准化过程中，结合“全域覆盖、场景智联”的发展愿景，不遗余力地推进通信产业的健康发展。

研发工作启动以来，我国 6G 已取得较大进展。工信部已于 2019 年成立 6G 研究组，并在 2019 年底将原有的 IMT-2020 推进组扩展到 IMT-2030 推进组，开展 6G 需求、愿景、关键技术与全球统一标准的可行性研究工作。中国科学技术部牵头在 2019 年 11 月启动了由 37 家产学研机构参与的 6G 技术研发推进组，开展 6G 需求、结构与使能技术的产学研合作项目。2020 年 11 月，世界 5G 大会“5G 与媒体业之变革变局”高峰论坛上，清华大学新闻与传播学教授崔保国表示，清华大学已经和丹麦的课题组合作开始 6G 的试验。2020 年 11 月 6 日，全球首颗 6G 试验卫星“电子科技大学号”（星时代-12/天雁 05）搭载长征六号遥三运载火箭在太原卫星发射中心成功升空，这是太赫兹通信在空间应用场景下的首次技术验证，标志着中国 6G 研究取得突破性进展。

除大学等研究机构外，华为凭借领先全球的通信技术，也在进行 6G 技术的预研。2020 年上半年，华为已经参与 6G 相关预研工作，已预研 6G 以用毫米波段为主，现正处于场景挖掘和技术寻找阶段。除华为外，中兴团队也已在进行 6G 研发。2020 年 5 月，中国联通与中兴通讯签署 6G 战略合作协议，双方将充分发挥各自在 6G 领域的创新优势，共同探讨 6G 目标愿景和技术趋势，开展 6G 系统潜在关键技术研究和技术创新及标准合作，实现战略协同发展。中兴通讯无线技术研究团队围绕 6G 技术开展了研究与创新工作，例如服务架构无线接入网络、平滑虚拟小区技术、智能反射表面 MIMO 技术<sup>3</sup>与增强多用户共享接入。（亚时财经）

<sup>3</sup> MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 技术，即多入多出技术，指在发射端和接收端分别使用多个发射天线和接收天线，使信号通过发射端与接收端的多个天线传送和接收，从而改善通信质量。

广西壮族自治区信息中心  
广西壮族自治区大数据研究院

---

编辑部地址：南宁市体强路 18 号广西信息中心 1412 号房

联系电话：0771-6113592

电子邮箱：dsjyjs@gxi.gov.cn

网 址：<http://gxxxxx.gxzf.gov.cn/>



扫描二维码获取  
更多决策参考信息