

# 6G：立体泛在 智联天下

黄维 廖建新

移动通信以大概十年为周期发展演进，每一代移动通信技术从研究到商业应用基本上都需要十年左右的时间。2019年是5G商用元年，当前5G发展方兴未艾，一些重要的场景和能力还没有充分展现出来，但学术界和产业界普遍预测，无论5G发展是否能达到预期，到2030年，6G都将在全球范围内投入应用。当前，我国已启动6G基础研究，如何设计6G网络，以应对十年后的全球挑战，满足未来世界中不断变化的通信需求，是我们当下在6G研究中需要思考的问题。我们认为，6G的研究应遵循“远近结合”的总体思路，即一方面要对十年后的需求和场景进行大胆展望和预测，提出足够超前的先进技术方案，另一方面要密切关注“5G+”发展过程中遇到的现实问题以及5G难以克服的内生困难，进行有的放矢的理论研究和攻关。我们认为这种远近结合的思路可以兼顾超前性和现实性，有利于达成6G研究与落地的目标。

用性、可扩展性、可解释性，由原始数据提炼知识，由模型实践积累经验，并融入人类的领域知识与记录，共同驱动网络智能化进程。在6G阶段，我们期望将智能全面赋予整个网络，将知识加载到众多的网元节点上，使其像人类一样具备自主学习、自主感知、自主决策的能力，从而使6G网络能够提供面向场景的高度个性化的智慧服务，这就是知识驱动的物联网。



## 炫彩科技亮相世界智能大会

近日，第五届世界智能大会暨世界智能科技展在天津梅江会展中心举行，全方位呈现了智能科技带来的便利与智能，各种智能科技成果展示令人目不暇接，人工智能等新技术、新产品、新应用层出不穷。图为机器人与乐手合奏音乐。新华社记者 李然摄

### 网络性能指标将大幅提升

每一代新的移动通信技术都将大幅度提升传输速率。5G的三大场景中，增强移动宽带场景（eMBB）着重提升用户体验速率，提高人与网络的连接能力，而低时延高可靠场景（uRLLC）、低功耗大连接场景（mMTC）则能够更好地支持物与网络的连接和通信。相对于5G 10-20 Gbit/s的峰值速率，0.1G-1Gbit/s的用户体验速率，1ms的空中接口时延，100万连接/平方公里的连接密度以及米级定位精度，6G的性能指标将实现十到百倍的提升，预计6G的峰值速率可达1Tbit/s，用户体验速率可达1Gbit/s，空中接口时延将低于1ms，连接密度将达到1000万连接/平方公里，定位精度可达厘米级。与此同时，6G性能指标也突破了单纯的通信连接的范畴，对安全、智能、效率等方面提出了更多需求。

5G在发展过程中将融合大数据、物联网、人工智能等技术，与垂直行业深度融合，以解决行业用户基础连接需求中的痛点。6G一方面重点解决5G三大业务场景并存的实际问题，另一方面提出宏大的“全业务场景”，期望满足用户个性化的极致性能需求，实现以人为本的按需服务。

### 网络可用资源将丰富多样

6G将融合卫星网络、无人机网络、水下通信等新技术，实现全球立体覆盖，将空间、陆地以及海洋紧密无缝地连接起来。宏观上，6G网络中可用资源不仅包括地面移动通信网络资源，如基站、无线路由器等，还将包括卫星网络资源、无人机网络资源，以及水面及水下网络资源。各网络协作进行通信，实现立体覆盖。微观上，6G将进一步发展以人为中心的体域网。6G网络将形成既有广度又有深度的多层覆盖，提供陆地通信、空间通信、设备和设备间的短距离通信，以及物理空间与虚拟空间的通信服务。

随着多技术的融合，6G移动通信系统的基础服务能力将得到进一步拓展。6G可用于业务的资源，按照资源用途可分为感知资源、计算资源、通信资源、存储资源与控制资源。这五类资源无处不在，丰富多样，通过6G网络的智能管控实现透明、动态、优化的调度，支撑下一代人工智能、数字孪生、虚拟现实、增强现实等技术和应用。

### 新业务愿景将以人为本

当今，全球范围内对6G新业务的畅想不断涌现，虚拟世界、隔空穿越、触手可及、超级智能……6G业务是否会像科幻电影里描绘的那样神奇魔幻？我们认为，总体而言，6G业务将以全面提升用户体验为目标，进一步拓展与深化在垂直行业中的应用，同时进行新业务场景与新商业模式的探索与创新。基于当前技术发展趋势，我们预判6G将能够实现沉浸式全息通信、虚实融合、基于数字孪生的人、网、城市等业务愿景，构建与人类社会和物理世界紧密连接的网络空间。

6G网络将成为虚拟世界与物理世界之间的桥梁。基于物理世界可生成数字化的虚拟世界，物理世界中的人与人、人与物、物与物之间可通过数字化世界来传递信息。例如，全息通信业务将远程重构与再现真实的三维世界，以可交互的方式将全息图像或视频从一个或多个信源传输到一个或多个信宿，并高保真全息实时地显示出来，让用户在任何时间任何地点都能获得完全沉浸式的交互体验。上述全息通信和虚实融合技术在未来视频会议、在线课堂、远程全息手术等业务场景中将有巨大的应用前景。此外，全感官类业务也是重要的6G业务愿景，该业务将支持视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉的全感官体验，甚至心情、病痛、习惯、喜好等个体感受，通过人、机、物间多模态数据的精准传输与交互，实现身临其境的体验。

新业务创新与实践依赖于通信网络技术的发展，同时也离不开诸多新型材料的突破。例如，先进的柔性电子材料技术能够在柔性塑料或薄金属基板上制作有机/无机材料的电子器件，柔软、轻薄、透明、便携，可以弯曲、折叠、扭曲、压缩、拉伸，极大地扩展了电子器件的适用范围。柔性电子材料可用于制作众多轻薄且柔软的可穿戴传感器，甚至无线皮肤接口，其采集的信息可携带更多感官感受，可将人类的真实状态精准地反映至数字世界，基于数字孪生技术构建全景式虚拟环境，从而实现动态实景交互，提高控制决策效率，实时反



▲黄维肖像画。

▼廖建新肖像画。

本栏目画家 张武昌绘



馈评估效果。

可以说，新一代的柔性电子材料技术将为数字、物理和生物世界的融合奠定材料技术基础。

展望未来，6G网络将融合信息通信、新型材料、生物科学、社会科学等诸多技术领域的创新成果，具备更加强大的综合能力，从而更加深刻地改变人类的生产和生活方式。

### 将形成知识驱动的物联网

6G时代，更高级更复杂的大数据与人工智能应用需要先进的网络技术支撑，个性化、定制化理念将持续深化。行业用户和个人用户不再满足于简单地使用网络，而是希望通过意图或需求来设计和配置网络。例如，6G将具备全面智能化的网络配置与管理能力，使网络不再是专业人员的专属领地。用户将可以像使用个人电脑一样使用6G网络，拥有专属主题的配置，定制化地使用多种资源。面对如此纷繁复杂的需求，传统的人工设计与规划必然无能为力，必须采用智能化的方法。

网络智能化一直是网络控制与管理追求的目标。网络飞速发展，单纯的数据运算、问题求解和功能搜索等已经很难适应网络管控的需求，人工智能与网络技术融合是大势所趋。从智能水平上看，5G主要在网络优化、智能运维、数据分析等局部领域使用了人工智能。6G网络将全面采用知识驱动的人工智能，更注重智能模型的通用性、复

用性、可扩展性、可解释性，由原始数据提炼知识，由模型实践积累经验，并融入人类的领域知识与记录，共同驱动网络智能化进程。在6G阶段，我们期望将智能全面赋予整个网络，将知识加载到众多的网元节点上，使其像人类一样具备自主学习、自主感知、自主决策的能力，从而使6G网络能够提供面向场景的高度个性化的智慧服务，这就是知识驱动的物联网。

### 业务网络将提供按需服务

电信网络的发展演进是“需求牵引技术，技术推动需求”的螺旋上升过程，在整个过程中“网络资源”与“业务需求”之间始终存在彼此不能适配的根本矛盾。为了解决这个根本矛盾，二十余年来，我们提出并深化了业务网络的核心思想和理论，使我国业务网络从无到有，持续演进。

业务网络是业务导向型逻辑网络，重点关注业务与网络的适配。移动智能网是业务网络的初级阶段。在2G跟随时代，我国在移动通信领域首次突破了国外垄断，建成了全球规模最大、技术最先进的移动智能网，并在后续3G、4G、5G上业务网络的各阶段持续保持全球领先。近年来，业务网络逐步实现全面分层解耦与细粒度能力的智能开放，让传统封闭的电信网络向行业用户赋能。例如通过使用现有电信网络的呼叫接续能力和号码翻译能力，为网约车、外卖快递、网络招聘等应用场景提供了保护双方隐私的中间号（虚拟号码）业务。

6G的业务网络将是网络之上的网络。从电信业务网络发展为跨越各种网络的通用业务网络，通过开放、共享、融合，将多维度多领域各类网络映射为统一的逻辑网络。当前，我们正在基于业务网络的思想进行6G网络的研究，实现无线网络、广域网络、卫星网络等多种叠加覆盖网络的协作与联动，面向未来各种业务场景中的功能和性能需求，支持应用的灵活性和多样性，提供按需服务。在此过程中，希望达成多个性能指标的全局最优。为满足多样化应用场景需求，6G业务网络应具备智能感知和自主策略生成能力。例如，网络应根据业务数据流（比如沉浸式多媒体业务中视觉、触觉、味觉、嗅觉、听觉对应的数据流）的直接相关性和重要性，对流进行优先级排序或其他相关处理。

6G业务网络可以智能感知用户需求，并根据业务属性对不同数据流提供不同优先级的传输服务。例如，涉及人类生命生活健康的感知业务对可靠性的要求非常严格，数据丢失应尽可能小；而全息交互的娱乐类业务对可靠性要求相对不高，但对传输带宽和时延要求更高。

总体而言，通过对场景信息的实时感知和智能分析，可以根据服务对象和场景智能选取不同的资源调配策略进行6G业务网络的资源配置，从而提供差异化网络服务，同时降低网络运营和管控成本。6G业务网络支持立体覆盖、网络孪生、内生智能以及内生安全，这使其连接极为复杂，结构非常庞大，因此可以认为6G业务网络是一个复杂巨系统。要实现“以人为本、按需服务”这一6G业务网络的目标，必须对多目标最优化、智能模型的可解释性、群体策略的公平性、控制稳定性等理论问题进行深入地探索和研究。

信息通信的大潮滚滚向前，正在改变整个世界。5G已来，即将在未来十年逐步发挥出其巨大的潜力，而作为下一代移动通信技术的6G承载了人们更加美好的愿望，将具有更加强大的能力，提供更加丰富多彩的业务，从而更加深刻地改变世界。

（黄维：中国科学院院士，亚太工程组织联合会主席。廖建新：北京邮电大学网络智能研究中心主任。）

## 凝聚起科技创新的强大精神力量

万劲波

“人无精神则不立，国无精神则不强”。在我们党领导革命、建设、改革的百年历程中，一代代科学家践行科学报国、科学报国、科教兴国、科技强国，铸就了不同时代独特的科学精神和科学家精神，其中包括“两弹一星”精神、新时代北斗精神、载人深潜精神、探月精神、载人航天精神等。

近年来，习近平总书记在这些考察、讲话、致信致电中为这些精神点赞，号召、激励全国科技工作者进一步弘扬光大这些精神，勇攀科学高峰、努力攻克关键核心技术，为建设世界科技强国汇聚磅礴力量。在近日召开的院士大会、中国科协十大上，习近平总书记殷切希望广大院士做胸怀祖国、服务人民的表率，做追求真理、勇攀高峰的表率，做坚守学术道德、严谨治学的表率，做甘为人梯、奖掖后学的表率；勉励广大科技工作者弘扬科学家精神，涵养优良学风。

今年是中国共产党成立100周年，也是“十四五”规划开局之年，摆在全党全国各族人民面前的使命更光荣、任务更艰巨、挑战更严峻、工作更伟大。各地区各部门各单位都要牢固树立全国一盘棋思想，心怀“国之大者”，以完整把握、准确理解、全面落实党中央决策部署为前提，确保科技自立自强和科技强国建设各阶段的目标任务落到实处，把美好蓝图变为现实。

“一代人有一代人的奋斗，一个时代有一个时代的担当”。立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局，实现高水平科技自立自强，为伟大精神的传承、弘扬、塑造提供了广阔空间。广大科技工作者和知识分子在弘扬科学家精神上负有神圣的使命和责任。

砥砺“天下为公、担当道义”的情怀。家国情怀深深植根于中华民族血脉，是实现中华民族伟大复兴的精神动力。继承弘扬“胸怀祖国、服务人民”的爱国精神和“淡泊名利、潜心研究”的奉献精神。坚持国家至上、民族至上、人民至上，始终胸怀大局、心有大我。坚守正道、追求真理，立足我国国情，放眼观察世界，不妄自菲薄，不人云亦云。实事求是、客观公允，重实情、看本质、建真言，多为推进党和人民事业发展献计出力。任何时候任何情况下，都要心系祖国和人民，坚守伦理道德底线，绝不做出有损国家民族尊严、有损知识分子良知的事。

塑造“勇立潮头、引领创新”的品格。一个知识分子，不论在哪个行业、从事什么职业，不论学历、职称、地位有多高，唯有坚持“勇攀高峰、敢为人先”的创新精神和“追求真理、严谨治学”的求实精神，才能探究更多未知、获得更多真理，才能为社会作出更大贡献。就科技工作者而言，要坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，增强创新自信和创新意识，要引进和学习世界先进科技成果，更要走前人没有走过的路，不迷信学术权威，不盲从既有学说，敢于大胆质疑、认真实证、不断试验，不断向科学技术广度和深度进军，努力抢占国内国际科技创新制高点。

恪守“学为人师、行为世范”的追求。牢记“立德树人”使命，秉持“集智攻关、团结协作”的协同精神和“甘为人梯、奖掖后学”的育人精神，使所学所行成为世人之师和世人之范。把握创新特点，遵循创新规律，“既奇思妙想、‘无中生有’”，努力追求原始创新，又兼收并蓄、博采众长，善于进行集成创新和引进消化吸收再创新；既甘于“十年磨一剑”，开展战略性创新攻关，又对接现实需求，及时开展应急性创新攻关；既尊重个人创造，发挥尖兵作用，又注重集体攻关，发挥合作优势，攻坚克难、追求卓越，让创新成果更多更快造福社会和人民。

广大科技工作者和知识分子主动肩负起时代赋予的重任，自觉把自身的前途命运同国家和民族的前途命运紧密联系在一起，紧跟时代、不断学习、不懈奋斗，坚守岗位、求真务实、锐意进取，把本职工作做好，把平凡的事做好，就一定能够在平凡的岗位上创造非凡的成就。

（作者为中国科学院科技战略咨询研究院研究员）



### 科技名家笔谈

本版携手科学出版社推出

中国科学院院士黄维（中）受聘为科技部6G研发国家重点专项咨询专家。