



面向 6G 网络的 AI 与通信融合探析: 基础、挑战与未来研究机遇

崔琪楣¹, 尤肖虎^{2*}, 倪巍³, 南国顺^{1*}, 张雪菲¹, 张建华¹, 吕昕晨¹, 艾明⁴,
陶小峰¹, 冯志勇¹, 张平¹, 武庆庆⁵, 陶梅霞⁵, 黄永明², 黄崇文⁶, 刘光毅⁷,
彭程晖⁸, 潘志文², 孙韬⁷, Dusit NIYATO⁹, Tao CHEN¹⁰,
Muhammad Khurram KHAN¹¹, Abbas JAMALIPOUR¹²,
Mohsen GUIZANI¹³, Chau YUEN¹⁴

1. 北京邮电大学信息与通信工程学院, 北京 100876, 中国

2. 东南大学移动通信国家重点实验室, 南京 210096, 中国

3. 复旦大学信息科学与工程学院, 上海 200433, 中国

4. 中信科移动通信技术股份有限公司, 北京 100020, 中国

5. 上海交通大学电子信息与电气工程学院, 上海 200240, 中国

6. 浙江大学信息与电子工程学院, 杭州 310058, 中国

7. 中国移动研究院, 北京 100053, 中国

8. 华为技术有限公司, 上海 201206, 中国

9. College of Computing and Data Science, Nanyang Technological University, Singapore 639798, Singapore

10. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Espoo FI-02044, Finland

11. Center of Excellence in Information Assurance, King Saud University, Riyadh 11362, Saudi Arabia

12. School of Electrical and Information Engineering, University of Sydney, Sydney NSW 2006, Australia

13. Mohamed bin Zayed University of Artificial Intelligence, Abu Dhabi 99163, UAE

14. School of Electrical and Electronics Engineering, Nanyang Technological University, Singapore 639798, Singapore

* 通信作者. E-mail: xhyu@seu.edu.cn, nanguo2021@bupt.edu.cn

随着第六代移动通信 (6G) 向超高速率、全域覆盖和智能服务方向的演进, 人工智能 (AI) 与通信技术的深度融合已成为突破传统性能边界、重构网络生态体系的核心驱动力^[1,2]. 在该趋势下, 6G 网络将实现从“人-人连接”“人机物连接”到“万物智联”的跨越. AI 强大的数据分析与决策能力, 能使网络更好地感知、理解和适应复杂多变的无线环境, 满足差异大、个性化的用户需求. 然而, 6G 网络与 AI 的深度融合也面临多重矛盾性挑战: 从数据层面看, AI 语义压缩技术可以提高编码效率并减少带宽占用, 但模型参数、训练数据等附加传输需求可能抵消其带来的部分增益; 从能耗方面

看, AI 驱动的智能资源分配能够显著提高能效, 但其算法的运行与计算又带来了额外的能耗, 需要在能效提升与算力消耗之间寻求平衡; 从可靠性看, AI 的动态优化能力可以增强网络的弹性响应性能, 但在复杂环境下, 其算法决策的不确定性可能引发新的可靠性风险. 为应对这些挑战, 需要更细致、深入地探讨如何将 AI 集成到 6G 系统的网络架构、网元和功能流程中, 以确保 AI 与 6G 网络之间实现真正的协同效应. *Science China Information Sciences* 第 68 卷第 7 期出版了“Overview of AI and communication for 6G network: fundamentals, challenges, and future research opportunities”, 该文的研

英文原文: Cui Q M, You X H, Ni W, et al. Overview of AI and communication for 6G network: fundamentals, challenges, and future research opportunities. *Sci China Inf Sci*, 2025, 68: 171301, doi:10.1007/s11432-024-4337-1

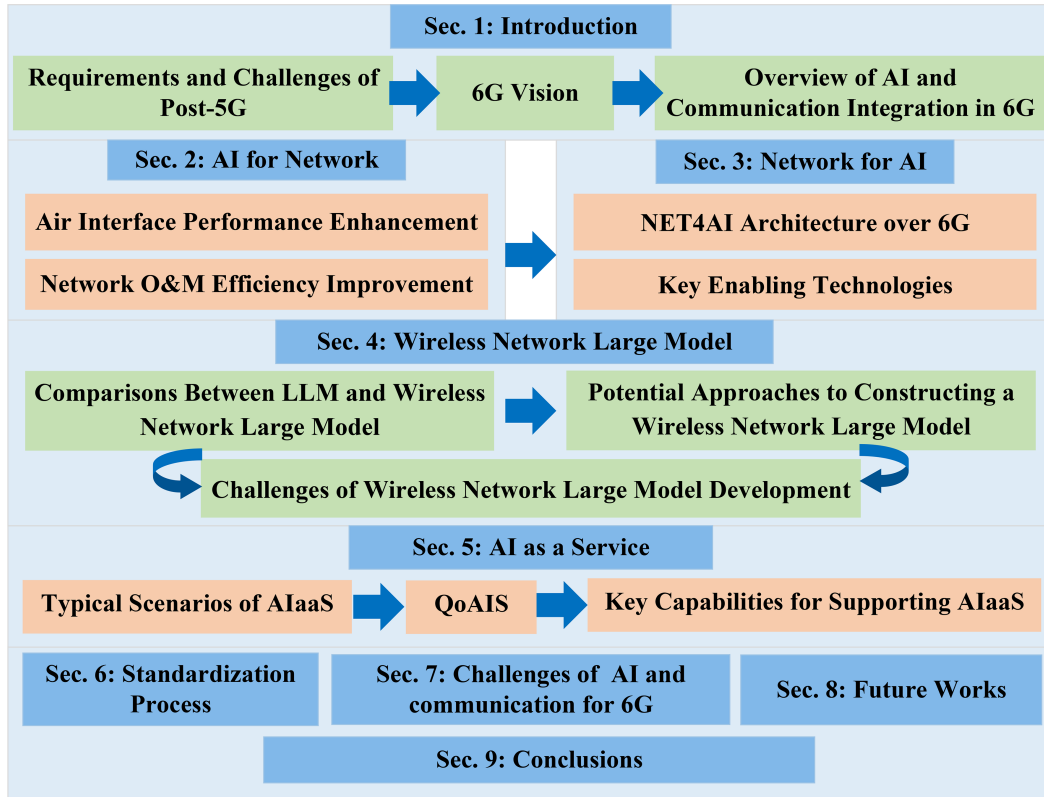


图 1 (Color online) 文章组织结构.

Figure 1 (Color online) Organization of this article.

究意义在于从技术层面系统分析了 AI 与通信融合过程中面临的挑战和关键问题, 探索可能的解决路径, 为 6G 网络内生智能化理论及技术研究提供基础指导.

本文的组织结构如图 1 所示, 首先回顾了 6G 背景下 AI 与通信的融合, 探讨了 AI 赋能无线通信的驱动因素, 以及 AI 与 6G 融合的总体愿景. 然后详细阐述了 AI 与通信融合的研究进程, 包括 3 个关键渐进阶段: AI for network (AI4NET), network for AI (NET4AI) 和 AI as a service (AIaaS).

第 1 阶段 —— AI4NET, 重点是利用 AI 技术增强网络性能, 优化效率, 提升用户服务体验. 随着以深度学习为代表的 AI 技术日渐成熟, 集连通性和计算能力于一体的新型基础设施的出现, AI4NET 相关应用将变得更加丰富和复杂, 并可能进一步向纵深发展. 本文从无线空口性能增强和网络运维改进两方面详细介绍一些典型案例, 进而讲述 AI4NET 的概念和现状.

第 2 阶段 —— NET4AI, 其强调通过云、网、AI 的全融合, 增强网络全局智能自治管控能力, 构建云网和泛在终端的原生 AI 能力. 文中首先总结了当前工业界和学术界中与 NET4AI 有关的架构与思想, 然后给出了

NET4AI 的 5 个重要组成, 从系统上构建了 NET4AI 的关系与架构, 并基于新型 NET4AI 架构介绍了关键使能技术. 此外, 本文将无线网络大模型与传统的大语言模型 (LLM) 进行了比较, 探讨了构建无线网络大模型的潜在技术思路和面临的关键挑战.

第 3 阶段 —— AIaaS, 网络将原生地为 AI 业务和应用提供高效的端到端支持, 实现无处不在的通用智能, 为用户提供 AI 即服务.

本文展示了多个场景下网络提供 AI 服务的案例, 并总结了 AI 服务的服务质量指标, 用于从不同维度表征 AI 服务的性能. 同时, 深入分析了 6G 中 AI 与通信深度融合所面临的核心挑战. 最后, 探讨了自适应学习机制、新型网络架构设计、绿色可持续性发展、基于 LLM 的 6G 认知网络等潜在的未来研究方向.

参考文献

- 1 Tao Z, Xu W, Huang Y, et al. Wireless network digital twin for 6G: generative AI as a key enabler. *IEEE Wireless Commun*, 2024, 31: 24–31
- 2 ITU-Rec M2160. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond. 2023. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2160-0-202311-I/en>