

6G 卫星通信与地面移动网络的融合：未来展望与挑战

张元政

中国电信股份有限公司新疆无线通信局，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着通信技术的飞速发展，6G 卫星通信与地面移动网络的融合已成为未来通信领域的重要趋势。文章首先介绍了 6G 卫星通信和地面移动网络的概念、特点和技术，然后分析了两网融合的必要性和优势，最后探讨了融合过程中可能面临的挑战和未来的发展方向。

[关键词]6G；通信；移动网络

DOI: 10.33142/sca.v8i5.16439

中图分类号: TP393

文献标识码: A

The Integration of 6G Satellite Communication and Ground Mobile Networks: Future Prospects and Challenges

ZHANG Yuanzheng

China Telecom Xinjiang Wireless Communication Bureau, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the rapid development of communication technology, the integration of 6G satellite communication and ground mobile networks has become an important trend in the future communication field. The article first introduces the concepts, characteristics, and technologies of 6G satellite communication and ground mobile networks, then analyzes the necessity and advantages of their integration, and finally explores the potential challenges and future development directions in the integration process.

Keywords: 6G; communication; mobile network

引言

随着互联网的普及和物联网的快速发展，人们对通信的需求越来越高，通信技术也面临着巨大的挑战。6G 卫星通信和地面移动网络作为未来通信的重要领域，两者的融合将为解决通信难题提供新的解决方案。本文将探讨 6G 卫星通信与地面移动网络融合的未来展望与挑战。

1 6G 卫星通信与地面移动网络的特点

(1)6G 卫星通信:6G 卫星通信利用卫星作为中继站，实现了全球范围内的通信和数据传输。6G 卫星通信具有覆盖范围广、可实现全球无缝连接、传输速率高等优点。然而，6G 卫星通信面临着传输延迟、信号衰减、复杂度高等技术挑战。6G 卫星移动通信中，移动终端具有功耗小、成本高等优点，但同时也给相应的星载基台提出了新的要求。因此，需要对 6G 卫星通信的各种工作过程进行简单的处理，这样才能更好地提高访问的效率。

(2)地面移动网络:地面移动网络是指通过基站、路由器等设备构成的通信网络，实现移动终端之间的通信和数据传输。地面移动网络具有高速率、低延迟、高可靠性等优点。然而，地面移动网络的覆盖范围有限，尤其是在偏远地区和人口稀少地区。

2 6G 卫星通信与地面移动网络的融合

2.1 优势互补

6G 卫星通信与地面移动网络的融合可以实现优势互补，扩大覆盖范围、提高传输速率、降低延迟等。例如，

在偏远地区或人口稀少地区，可以通过卫星通信实现基本的通信服务，而在城市等地区，可以利用地面移动网络提供高速率、低延迟的通信服务。

在 6G 网络中，卫星通信感知一体化网络将充分利用现代信息技术，实现天基、空基和地基网络的深度融合。它融合了通讯、传感、智能等多种科技，建立了覆盖天、地的立体覆盖网。基于空间和时间的融合方法。5G 到 6G 的演进凸显强调了非地面网络在 5G 网络中的重要性以及它在 6G 生态系统发展中的关键作用。非地面网络的优点是可以实现世界范围内的连续的、普遍的大容量的互联。

2.2 全球覆盖

通过卫星通信，可以实现全球范围内的通信和数据传输，满足不同地区和场景的通信需求。同时，与地面移动网络的融合可以进一步扩展覆盖范围，提高服务质量。

空天地一体化网络架构能够有效地将卫星、空中、地面三大网相结合，达到了世界范围内的无缝覆盖与有效、灵活的通讯。这种体系结构的优点是可以有效地利用每个节点的运算与通信资源，并通过协作式的运算来实现对各种业务的最优配置，以适应多样化的业务需要。基于人工智能与 SDN 相融合的天空与地面融合的新体系结构，能够有效地对各种资源进行有效地管理与优化。其特点是提出了一种基于多层次的深层增强学习算法，以满足空中、地面等复杂环境下的动态异构特性，并通过局部与全局控制点配置，达到精确的资源配置与网络优化。

地基网络作为 6G 架构中的主要通信枢纽,其核心是提供大容量低时延的宽频访问,能够支撑海量终端及终端的海量信息,并与天基、空天等多网深度融合,提供全方位的信息传播与高精度的认知服务。地基网可以支持 6G 移动网、Wi-fi、蓝牙等多种无线接入方式,使其可以与各种终端进行无缝互联和互通。在此基础上,地面网络中的节点能够通过安装高程传感计算装置采集天基与空基传感信息,并对其进行处理与分析,为任务决策、通信优化以及各种联觉服务等应用奠定基础。将与星基网、空基网相结合,为用户提供更加准确、快捷的信息服务,从而达到对高可靠性、低延迟、大连接、大覆盖等多元化的通信业务的要求。同时,还能够支撑智慧城市、工业自动化、远程医疗、智能交通等各种新型的业务,让各个领域都能够满足对通信与感知的需要。

2.3 高可靠性

融合后的 6G 卫星通信与地面移动网络可以提供多路径传输和备份功能,从而提高通信的可靠性和稳定性。在发生自然灾害、战争等极端情况下,融合网络可以保持部分连通性,降低通信中断的风险。采用无人机、飞艇等高海拔环境下搭载先进信标与传感装置,构建灵活高效的网络业务与信息采集体系。卫星导航系统是实现空基与空基互联互通的关键。这些传感器能够在需要的情况下迅速在某一地区展开,为局部地区提供实时的通信与认知服务。在突发事件中,空基无线传感器能够及时地对受灾地区进行实时监测,并为其提供必要的信息支撑与信息。空基通信系统中的传感装置可以实现大面积的环境监测、交通监测等任务,采集重要的信息,并将这些信息及时传送到地面或使用者手中。这些信息的采集与传递,是实现资源最优配置,提高突发事件应对能力的关键。空基通信网络的另外一大特色就是它能够与地面网,卫星网相结合。空基网络可通过多维采集、多源信息进行融合,大幅提升整个网络的感知性能。6G 的综合组网结构包括:空基组网、天基组网和地面组网。该体系结构不但可以实现世界范围内的无缝互联,同时也可以将高级传感技术与人工智能相结合,使其不仅仅作为一种信息传递渠道,同时也具备了环境监控、目标追踪等智能传感功能。

3 关键技术

3.1 通感波束形成

通感波束成形是 6G 通信感知一体化系统中的一项关键技术,是实现高效率通信与精准认知的重要手段。通感波束成形将通信与传感相结合,可在相同的硬件条件下同时完成两项工作,从而大幅提升了系统的运行速度与柔性。通感波束成形采用了一种新型的基于相控阵的方法,通过对阵列单元的相位与幅值进行调节,实现对特定方位(例如:被探测目标、被测对象等)且能被聚焦于某一波段的光束,从而提高系统的通信与传感能力。在无线通信中,

在支援多个使用者的情况下,以提升讯号强度、降低干扰、提升资料传送率与通信品质为目的。从认知角度看,波束赋形技术的目的在于增加波束方向性,改善其空间分辨能力,从而达到精确定位、成像与跟踪的目的。

3.2 通感波形设计

在通信与感知功能融合的框架下,感知信号和通信信号的集成,实现对传感与通信信号的共同控制。该方案使得无线通信在收发过程中既能实现数据的传递,又能对周围的环境进行感知,从而极大地提升了网络的带宽利用率及硬件资源利用率。利用精密的讯号同步与最佳化演算,可保证各种方式的讯号稳定与精度,降低讯号间的干扰。通信信号的传输和信号的设计包括:感知引导、通讯引导和通讯感知折中。感知引导以雷达信噪比最大、感知精度最小为目的,在满足通讯要求的前提下,使感知系统的感知性能达到最佳。

3.3 星间链路技术

星间链路可以实现多个卫星间的有效通信,也就是每颗卫星都可以成为一个网络中的一个节点,可以和其他卫星进行直接的信息交互,从而提高了卫星的通信和探测的效果。利用星间链路技术,无线网络中的用户能够获得更加稳定的、抗干扰能力更强的业务。此外,星间传感信息的融合也为实现对环境监测、目标跟踪等更为精准的探测提供了新的途径。星间链路的传输方式有两大类,一是微波通讯,二是光纤通信。微波通信由于其使用范围较广,且技术较为完善,已逐渐发展为一种新的通讯方式,但由于带宽、体积及成本等方面的制约,其提高速度将会受到一定程度的制约。而激光通信具有明显的优点,其所具有的宽频特性,能够极大地提升卫星无线通信系统的承载能力,并减轻其载荷的体积与质量。更重要的是,光通信可以在大范围内实现大范围的单跳接入,极大地降低了传输时延,在实时性高的传感应用中具有非常重要的意义。

3.4 星上处理技术

当前的卫星系统仍面临着信号传输延迟、传输质量不佳和系统容量有限等问题,这些问题严重制约了系统的性能。为了克服这些限制,卫星系统需要具备强大的处理能力,这不仅包括通信任务中的信号切换、精准调制和高效波束形成,也涵盖了感知任务中对数据的深度处理、特征的智能提取和信息的精准融合。强大的星上处理能力,是提升通信感知能力的关键。

3.5 卫星天线技术

随着时间的推移,各种类型的天线相继问世,而相控阵天线技术则成为一种新的研究热点。而相控阵天线技术在星间融合中同样发挥着关键的作用,其优点在于:(1)多波束成形,可在同一时间完成波束变换,形成多个方位的收发波束。(2)波束赋形,通过调节阵列内各个阵元的幅值和相位,实现对阵列中各个阵元的波束赋形,从而实

现对阵元的定向和波束赋形；(3) 具有很好的抗干扰性：相控阵可以将多个阵元的能量聚集起来，使其在一定的方位上聚集，提高了系统的抗干扰性；(4) 采用多个阵列并联构成的相控阵，在某些部件发生故障时，也能保证整个系统的正常工作。在“先通后断”的情况下，相控阵天线通过电阵法实现对波束间的定向，避免了传统的无源的情况。相控阵列天线可以使用 3 种方法：模拟波束赋形法、数字波束赋形法和混合型波束赋形法。仿真波束赋形网络为静态结构，可获得的波束数较小，且不能及时地进行波束数和极化模式的变化；数字波束赋形网络具有柔性和多个波束的优点，但是其设备复杂，功耗高，成本高，散热困难；将仿真光束成形与数字光束成形技术相融合，可以实现光束数目的柔性调节，实现性能、成本、复杂度及能耗的一体化优化。

4 6G 卫星通信与地面移动网络融合的挑战

(1) 技术难题：融合 6G 卫星通信与地面移动网络涉及多个技术领域，如卫星通信技术、移动通信技术、网络融合技术等。技术集成和优化面临一定的难度和挑战。

(2) 成本问题：融合 6G 卫星通信与地面移动网络需要投入大量的研发和建设成本。同时，为了实现全球覆盖，需要在不同地区建设大量的地面设施和卫星系统，成本较高。

(3) 标准制定和国际合作：6G 卫星通信与地面移动网络的融合需要制定统一的标准和规范，以便实现不同系统之间的互操作性和兼容性。此外，国际合作也是推动融合发展的重要因素，需要各国共同参与和合作。

(4) 安全性与隐私保护：融合后的网络面临着更多的安全性和隐私保护挑战。需要研究和开发高效的安全加密算法和身份认证技术，保障网络的安全性和用户的隐私。

(5) 环境可持续性：在建设和发展融合 6G 卫星通信与地面移动网络时，应考虑环境可持续性。这包括选择环保材料、降低能源消耗、减少对环境的影响等方面。

5 未来发展与展望

随着科技的不断进步和需求的不断增长，6G 卫星通信与地面移动网络的融合将呈现出以下趋势和发展方向：

(1) 高频段和大规模 MIMO 技术的应用：为了满足更高的数据传输速率和容量需求，未来研究将关注于高频段和大规模多输入多输出 (MIMO) 技术的应用。采用大型阵列天线进行信息采集，能够降低多路径影响，降低信号的损耗，大幅提高信息传输与传感能力。采用波束赋形技术，将多个天线的能量聚集在一起，形成一个锥形的光束，可

以增强通信和感知的指向性，降低对拥挤和干扰的敏感性，从而提升整个体系的效能，从而实现更高效的通信服务。

(2) 智能化的网络管理和资源调度：随着网络规模的扩大和复杂性增加，智能化的网络管理和资源调度将成为关键。通过引入人工智能和机器学习技术，可以实现自适应和智能化的网络管理，从而提高网络的运行效率和性能。

(3) 网络安全与隐私保护技术的创新：随着网络攻击和安全威胁的多样化，未来的研究将注重于网络安全与隐私保护技术的创新和发展。这包括新型的安全加密算法、身份认证技术以及网络防御策略的研究和应用。开发更加安全的路由协议、增强路由节点的物理和网络安全防护，并在此基础上研究更多的感知与通讯分享方法，降低重要信息泄露的危险，保障使用者的个人隐私。此外，还要强化对信息系统的安全隐患的监控与预警，增强其抵御各种攻击的能力，保证其在复杂的网络环境下仍能正常工作。

(4) 绿色可持续的通信发展：随着对环境保护的重视，绿色可持续的通信发展成为未来研究的重要方向。这包括研究低功耗、高效能的通信技术和设备，使用可再生能源来降低能源消耗，以及推广环保材料的应用等措施。

(5) 跨学科领域的合作与交流：随着 6G 卫星通信与地面移动网络的融合涉及多个学科领域，跨学科领域的合作与交流将变得更加重要。通过加强国际合作和交流，共享知识和资源，可以共同推动融合网络的发展，并在不同领域取得更多的突破。

6 结论

6G 卫星通信与地面移动网络的融合是未来通信领域的重要趋势，具有广泛的应用前景和巨大的发展潜力。然而，在技术、成本、标准制定、安全性、可持续性等方面仍面临一定的挑战。未来研究应关注于高频段和大规模 MIMO 技术的应用，智能化的网络管理和资源调度，创新网络安全与隐私保护技术，以及推动绿色可持续的通信发展等方面。同时，加强跨学科领域的合作与交流，共同推动融合网络的发展，以实现更高效、可靠、安全的通信服务。

[参考文献]

- [1] 胡延伟, 弓健, 马占书. 5G/6G 移动通信星地融合频率共享技术分析[J]. 电信科学, 2024, 40(12): 107-113.
 - [2] 瞿重希, 毛浩斌, 许懂, 等. 面向 6G 的星地融合网络频谱共享技术[J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(4): 50-56.
- 作者简介: 张元政 (1982—), 2013 年 7 月毕业于南开大学, 专业: 计算机科学与技术, 研究方向: 卫星应急通信。