

# 读书笔记

## ——量子无人机和网络的前景技术综述

文献标题: Survey of Promising Technologies for Quantum Drones and Networks

文献链接: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9527199>

1953729 吴浩泽

### 概述/是什么

这篇文章探讨了量子无人机、量子无人机网络和无人机与卫星连接等领域的最新进展和应用优势。以下是主要内容:

1. 量子计算问题: 讨论了量子数据处理、技术、电路和算法等与量子无人机及其网络相关的量子计算问题。
2. 量子网络的研究趋势: 探讨了与量子网络相关的量子计算、量子安全计算和后量子密码学的最新研究趋势。
3. 量子技术、无人机和网络的优势和限制: 讨论了与量子技术、无人机和网络相关的众多优势、限制、未来进展和研究问题。
4. 量子相关领域的分类和综述: 基于学习逻辑, 对与量子相关的各个领域进行分类和综述, 包括量子算法、量子卫星在无人机网络和通信中的作用, 量子人工智能和量子机器学习对量子无人机、网络和未来应用的重要性, 量子攻击、量子遗传算法以及后量子和量子安全密码学的重要性。
5. 挑战和研究方向: 探讨了这些领域面临的挑战和研究方向。
6. 对量子无人机和网络重要性的综述: 对最近发现的对量子无人机和网络重要的各种有前景的技术进行了综述。

接下来介绍一些重点:

#### a. 量子无人机

无人机作为一项颠覆性技术, 近年来引起了广泛关注, 因为它们可以提供许多优势, 并具有操作的灵活性。无人机可用于多种用途, 包括社区安全、物流配送、区域覆盖、应急事件、交通监控和拥堵控制、海岸巡查、森林复育等。然而, 最重要的无人机技术问题之一是实现最佳部署。无人机是发展最快、使用最广泛的高级无人机系统之一。尽管如此, 碰撞检测和轨迹规划仍然是未解决的问题。这是因为当前的实践存在实际和理论问题。最重要的是, 与无人机在社会中引起的令人印象深刻的颠覆和创新同时, 人们还在探索量子计算技术的潜在巨大趋势时对这一领域进行了快速发展的研究。

量子计算被视为一个将工程、物理学和计算机科学知识整合在一起的研究领域。现在, 许多计算任务在量子处理器上的执行速度可以比传统的中央处理器快指数倍。量子计算建立在量子物理学的基础上, 包括量子叠加、不可克隆定理和量子纠缠。由于这些过程没有经典的对应物, 传统计算无法产生等效的结果。已经开展了多项量子计算实验, 并正在进行许多研究。在最近的一项研究中, 利用超导量子比特构建的处理器成功建立了53比特的量子态。根据研究结果, 该处理器花费200秒对一个量子电路的一次实例进行一百万次采样, 而超级计算机可能需要一万年才能完成相同的分析。这些发现展示了

量子计算在各种民用和战略应用中的可能性,例如与其他尖端技术(如无人机)的结合。

量子信息处理在计算、通信和网络领域开辟了新的可能性。在机器学习领域,量子算法的及时发展已经产生了复杂的结果,表明量子计算机可以更快地解决人工智能问题,超过传统方法。这些最新进展开辟了将这些颠覆性技术整合并启动关于量子机器学习(QML)和量子人工智能(QAI)的研究领域。这些领域有潜力在物流配送、交通监控、军事等各种民用目的中取得突破性的发展和创新。

#### b. 量子机器学习 (QML)

量子机器学习(QML)是一项具有颠覆性的技术,它在科学界和工业界都获得了重要的关注。QML利用量子计算应用于机器学习,从而获得了许多优势。在这种情况下,主要的好处与处理维度的前所未有的增加有关。机器学习算法的典型潜在实际应用包括量子算法的开发、信息处理算法、电路、设备和材料。文献中的研究结果提供了关于QML在信息处理方面的进展的一致框架。研究人员还在各种机器学习应用中展示了量子优势。文献中展示了最近在无人机目标检测和视觉识别方面QML的发展。

机器学习在无人机应用中具有广泛的潜力,并为解决无人机相关问题提供了新的方法和解决方案。它可以用于增强无人机的感知能力、决策能力和控制能力,从而改善无人机的性能和功能。此外,通过使用机器学习算法,还可以提高无人机与其他系统的集成和协作,实现更高级别的智能和自主性。

总而言之,机器学习在无人机技术中的应用涵盖了多个领域,包括导航与控制、感知与感知、任务规划与决策、通信与协同等。这些应用为无人机提供了更高级别的智能、自主性和适应性,使其能够更好地应对各种任务和环境。随着机器学习技术的不断发展和创新,预计将看到更多的机器学习方法和算法应用于无人机技术中,推动无人机的进一步发展和应用。

#### c. 量子人工智能 (QAI)

人工智能对量子计算或相关领域和应用的重要性也是显而易见的。AI可以为量子计算提供以下优势:

1. 数据预处理和特征提取: 人工智能可以在量子计算任务之前对数据进行预处理和特征提取。这将帮助提高量子计算的效率和准确性,并减少计算所需的时间和资源。
2. 错误校正和噪声抑制: 量子计算面临着噪声和错误的挑战,这可能会影响计算结果的准确性。人工智能可以应用在量子计算中,提供错误校正和噪声抑制的方法,以提高计算结果的可靠性。
3. 优化算法: 人工智能可以为量子计算开发和优化算法,以提高计算效率和解决更复杂的问题。AI可以通过机器学习和优化技术改进量子计算的性能,并为特定应用场景提供更好的解决方案。
4. 自适应计算和控制: AI可以应用于量子计算中,实现自适应计算和控制的方法。这将使量子计算能够根据实时情况自动调整计算策略和参数,以实现更高的效率和适应性。

总的来说,量子计算和人工智能之间存在着相互促进的关系,彼此的进展和应用可以为各自领域带来重要的优势和突破。未来的研究和发展将进一步探索这两个领域之间的交叉点,以实现更强大和智能的计算系统。

#### d. 量子算法与无人机

量子计算涉及使用量子力学性质解决计算问题的工程领域。利用量子力学现象,许多优化问题通常可以高效地解决。遗传算法的发展的关键因素是适应度函数的选择、种群大小、交叉概率和突变概率。遗传算法展示了一种替代种群并产生更好的平均适应度值的方法。突变算法和量子计算机的结合在构建量子遗传算法方面越来越受欢迎。

量子遗传算法通过染色体、评估函数和基础种群力量的描述来进行说明。相较于数值、二进制或符号化,量子遗传算法主要使用量子比特 (qubit) 来进行可能性表示。qubit 的主要优点是它可以处于一个叠加态空间中的多个状态,即它可以同时存在于多个状态。与其他表示方法相比, qubit 的表示具有更高的种群特征。量子旋转门用于帮助算法朝着最佳空间进行探索,并增加算法的速度。突变程序和基于量子力学的过程的结合构成了完整的量子突变算法。最终目标是应用量子原理,如态叠加、量子门和量子寄存器,克服优化问题的卓越质量。

量子激励的遗传过程不需要真实的量子系统来解决问题。量子原理主要包括相干性、量子并行性和状态叠加,旋转门和量子寄存器的所有可能自旋,有助于保持种群的多样性并扩大范围。量子比特的概率振幅用于编码。量子编码与交叉和突变算子相结合,以增加种群范围,减小种群规模,并提高找到全局最优解的可能性。

1. 一种基于量子的协调探索过程,用于解决0/1优化问题。解决了多维背包问题。该算法的优点包括将问题的所有可能解表示为量子态的叠加、由于其概率性,量子测量为问题提供了良好的搜索范围,以及量子干涉操作增强了最佳解之间的搜索操作。在多维背包问题中,不仅考虑一个背包,还考虑m个容量为 $c_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) 的背包。从给定的物品中选择最佳的 $x_i$ ,并且所选择的物品必须存在于所有背包中,其重量取决于背包j,例如,所选元素在第一个背包中的负载为2,在第二个背包中的负载为6,在第三个背包中的负载为4,以此类推。该过程的主要目标是通过识别一组元素来最大化利润,并且所选择的项必须在所有背包中都可用。作者展示了通过将解状态表示为量子态的叠加,并使用量子干涉操作,他们能够在状态空间中搜索最佳解,实现理想结果。
2. 解决接送排程问题的思路,这也是无人机系统的一个重要整合或应用。一种基于量子的遗传过程来解决该问题,因为量子算法能够处理大量组合由于态的叠加。使用具有等概率幅度的量子状态的量子编码,并且它们的变异算子仅修改 $\alpha$ 以满足等式条件 $\alpha^2 + \beta^2 = 1$ ,  $\beta$ 在算法内部计算。问题的总估计是通过考虑起点和终点的位置、源和目标之间的距离、涉及的代理数量以及环境条件来构建的,适应度函数与总估计成反比。
3. 一种解决作业车间规划问题的量子染色体过程。该算法由子种群组成,这些子种群进一步划分为聚类,每个聚类称为宇宙。该算法使用量子比特表示、交叉、变异和旋转角度算子,并且使用灾变算子来避免早期合并。首先,初始化所有种群的原始种群大小、交叉概率和变异概率。然后,使用量子比特表示子种群,并根据适应度值对每个子种群应用量子交叉和量子变异算子。接下来,应用灾变算子。如果尚未发生早期收敛,则应用量子旋转门并重新计算值。接下来,在宇宙中的每个子种群中应用迁移策略。对于所有宇宙,应用量子交叉算子,并记录每个子种群的最佳调度。该过程对所有的宇宙都重复进行,并最后显示最佳解决方案。
4. 一种基于量子的遗传过程,用于解决多目标规划问题。首先,构建了一个称为任务图的图形,其中包含优先级。当任务到达执行时,创建一个队列。根据队列大小设置染色体大小,并随机产生初始种群。对基因进行评估,并使用能力函数选择有效解决方案,并计算能力值。使用计算出的能力值选择最适合的遗传物质,并应用量子替代门在由更高遗传物质构成的量子位上生成新的种群。以二进制表示评估每个染色体的适应度值,并从种群中选择合适的染色体,并在所选的工作站上进行作业调度。该过程对所有任务重复进行。

总的来说,量子遗传算法与无人机的结合在多个应用领域中显示出了潜力。这些算法通过利用量子计算的特性,如量子叠加、干涉和量子比特操作,能够在搜索空间中进

行高效的优化。无人机系统中的问题，如资源分配、任务分配、故障诊断、作业车间规划和服务多播路由等，可以通过量子遗传算法得到解决。这些方法可以提供更好的解决方案，并在性能和效率方面提供改进。然而，进一步的研究和实验仍然是必要的，以进一步验证这些方法的有效性和实用性。

## 边界/限制

1. 目前的量子计算在输出方面存在限制，无论量子比特具有容纳多个值的属性，它只能表示一个经典结果。这种特性意味着输出将是概率性的，而不是确定性的。如果未达到期望的结果，则需要多次重复运行计算。
2. 量子计算中的去相干问题由于振动、温度变化、电磁波的性质和其他与环境的相互作用而导致量子性质被破坏。因此，目前设计的量子计算机无法产生正确的结果。现有的硬件无法保持相干性，因此需要设计和制造能够支持大规模计算的硬件。
3. 目前的量子计算机和经典计算机受到各种错误来源的影响。目前没有消耗大量量子比特进行纠错的量子纠错 (QEC) 方案。需要开发这样的算法，通过减少其执行复杂性，有效地处理存储、逻辑和计算设施。
4. 目前的量子计算机只能支持65个量子比特，并且正在努力在2023年前制造1121个量子比特的计算机。因此，目前的量子计算机对大规模计算任务的支持非常有限。
5. 缺乏优化算法和其他执行有意义任务的算法。在嘈杂的环境中，如果没有这些算法，执行有用任务将变得困难。因此，需要克服这个限制。
6. 设备效率不高：IBM、Google和Intel等公司推出的通用量子计算设备似乎是真实存在的。然而，由于误差校正，可供使用的量子比特数量通常较少。
7. 输入和相关成本：量子算法可能对处理数据有用，但读取数据往往不具有优势。在某些情况下，输入的读取驱动量子算法的成本。这需要进一步研究。此外，需要探索量子算法来实现输入与输出的相关性。根据最近的观察，量子计算在与机器学习集成的场景中成本较高，即从量子算法中学习解决方案作为位串使得量子机器学习不高效。
8. 性能的变化：量子算法的性能因领域和应用而异。在某些情况下，启发式方法或后量子机制被发现更好。因此，在宣称某种最高效方法之前，有必要对量子算法进行标记。
9. 量子纠缠的改进：最近的许多研究认识到量子纠缠在不同应用中的重要性。类似地，关于量子纠缠的模拟提出了在耦合、可持续性和反馈场等各个因素上的改进。然而，还需要在许多其他量子纠缠改进方向上进行进一步扩展，如纯态、集合、改进密度度量以及非局部或可操控态。
10. 成本问题：与经典设备相比，量子设备成本较高。例如，已经进行了降低低温制冷机成本的努力。
11. 量子雷达问题：在量子雷达中存在许多问题，包括减小由于电线、设计、材料、电线直径和长度、信号流架构引起的信号损耗、降低总体成本、优化冷却装置和相关参数、需要低温操作条件的新颖设计、使用低温稀释冷却器以及提高传输功率等。这些问题需要解决。
12. 缺乏混合量子-经典算法：缺乏混合经典-量子算法。这些算法能够在量子计算机上执行关键部分，而在经典计算机上执行其他大部分。这种进展可以实现无误差的计算能力。因此，在当前嘈杂的量子计算环境下处理计算任务将变得更容易。
13. 缺乏大规模量子计算能力：为了解决复杂的挑战，我们期望在不久的将来拥有量子

计算机。可以通过多种方式实现大规模计算，包括高效的硬件（即物理实现）、更多量子比特的计算机设计、分布式拓扑结构、带有较少存储的算法优化、机器学习或深度量子学习，以及量子逻辑门和电路、量子比特类型的变化以及用于量子比特的高效电子设计。

14. 新解决方案的范围：量子计算有潜力提供环境友好型技术和解决方案，例如与热能、水和风能相关的新能源和电力系统。因此，它具有广泛的研究范围可供探索。

## 未来/展望

该研究回顾了关于量子无人机、卫星、攻击、架构、算法以及量子PQC方面的最新研究。此外，该研究还探讨了这些领域的最新研究未来方向。由于量子计算及其相关方面在不久的将来被认为具有巨大潜力，因此该研究对于探索量子领域的各种方向将是很好的。因此，该研究描述了量子无人机、架构、算法、卫星、物联网设备、卫星星座、远距离通信、量子网络和通信中的攻击以及PQC方面的各种研究方向、挑战和未来方向。

下面是一些可能的未来研究方向：

1. 深入研究混合算法：本次调研从分类开始，涵盖了不同领域的主要问题。然而，可以选择混合算法（即在量子计算机和混合计算机上部分运行的算法）进行深入研究。在这里，对混合算法的分析、重要性和比较分析将是未来探索的有趣方向。
2. 模拟网络行为：量子无人机、量子卫星、量子卫星星座、量子无人机互联网及相关领域最近被设计和开发出来。与该领域相关的应用非常广泛，包括环境清洁、二氧化碳和氢气控制、清洁技术、能源系统建模（如热能、水能和风能）、星球物联网等等。大多数这些概念可能需要时间来发展。因此，可以设计、开发或探索模拟软件，帮助推进与量子相关的应用或领域。
3. 量子网络安全、攻击和战争：如前所述，量子网络可能包含多个系统，如雷达、水下无人机、卫星、磁强计、化学检测器、发射器和接收器。研究这些系统及其特性，以探索相关挑战的识别和处理，将是有益的。在这些系统及其网络中，不能忽视网络攻击的可能性。因此，可以探索量子网络安全、攻击和战争等领域，以事先了解并设计相应的对策。
4. 量子材料和电子器件的发展：类似于基于氧化物的量子材料、电子和磁性结构以及晶体管在主要信息和通信技术中发挥重要作用。因此，可以扩展工作，探索类似材料的可行性及其在设计新的量子方向中的重要性。
5. 对数值或统计方法的详细研究：可以扩展这项工作，探索用于预测量子机器属性的数值和统计方法。例如，研究用于确定任意量子自旋模型行为的数值方法将是有趣的探索方向。
6. 量子计算用于轨迹规划和无人机：本项研究将量子计算与无人机、它们的轨迹规划以及它们在实际生活中的应用联系起来，提出了基于量子启发式强化学习算法。该算法提出了选择策略和强化策略，以改进结果。在这里，使用了量子计算理论。类似地，可以扩展这项工作，应用不同的量子有限自动机来分析步骤并优化结果。
7. 盲量子计算：量子基础设施除了快速处理外，还可以保护资源的隐私。在盲量子计算中，输入、计算函数和输出都对计算机隐藏。最近的研究已经做出了各种努力，提出了用于盲量子计算的框架和算法。然而，对其在应用中的真实优势尚需详细探索，这有助于解决量子云面临的重大挑战。因此，有必要对量子云、用于云的盲量子计算及其在实时应用中的用途进行研究。