

脑-芯融合：神经形态芯片与脑控无人系统的应用

秦华谦^{*}，王涛老师[†]

中山大学 智能工程学院，深圳 518000

【摘要】 在科学技术不断发展的背景下，人们对脑机接口和无人系统的关注和研究逐渐增加。其中，新兴的神经形态芯片技术，凭借其模拟人脑神经元功能和结构的特性，为无人系统的脑控技术发展开辟了新的可能性和机遇。

文章首先介绍了神经形态芯片的基本工作原理。接着，分析了当前脑控无人系统的状况和面临的挑战。然后，文章着重展望了神经形态芯片在医学和军事领域的潜在应用，尤其是在医学领域，神经形态芯片有可能促进脑机接口技术的进步，从而改善失能患者的生活质量。在最后的结论部分，文章强调了神经形态芯片在脑控无人系统中的潜力和未来应用前景。

对于未来的研究方向，文章建议对神经形态芯片的设计和制造技术进行进一步的改进，以提升其计算和处理能力，同时开发更先进的脑控无人系统应用。此外，也需要解决与脑控技术相关的伦理、安全和隐私问题，以保证其应用的合理性和可行性。

【关键词】 神经形态计算芯片，脑机接口技术，无人系统前景

Brain-Chip Fusion: Applications of Neural Morphology Chips and Brain-Controlled Unmanned Systems

Huaqian Chin, Prof. Wang Tao

School of Intelligent Engineering, Sun Yat-sen University, Shenzhen 518000, China

Abstract: In the context of the continuous development of science and technology, people's attention and research on brain-computer interface and unmanned systems have gradually increased. Among them, the emerging neuromorphic chip technology, by virtue of its characteristics of simulating the function and structure of human brain neurons, has opened up new possibilities and opportunities for the development of brain control technology for unmanned systems.

The article first introduces the basic working principle of the neuromorphic chip. Then, the current status and challenges of mind-controlled unmanned systems are analyzed. Then, the article focuses on the potential application of neuromorphic chips in the medical and military fields. Especially in the medical field, neuromorphic chips may promote the advancement of brain-computer interface technology, thereby improving the quality of life of disabled patients. In the final concluding section, the article highlights the potential and future application prospects of neuromorphic chips in brain-controlled unmanned systems.

For future research directions, the article recommends further improvements to the design and manufacturing technology of neuromorphic chips to enhance their computing and processing capabilities, while developing more advanced brain-controlled unmanned system applications. In addition, ethical, security and privacy issues related to brain control technology also need to be resolved to ensure the rationality and feasibility of its application.

Key Words: Neuromorphic Computing Chips, Brain-Computer Interface Technology, Prospects for Unmanned Systems

1 引言

科技进步的浪潮中，脑机接口和无人系统的研究已经取得了显著成果。脑机接口技术实现了人类与计算机或机器的直接交流，而无人系统则通过自主行动，无需人工干预，完成各类任务。神经形态芯片，这项新兴技术，提供了一种全新的视角和机遇，推动了脑控无人系统的发展，并展示出巨大的潜能。

神经形态芯片是一种仿生的计算芯片，模拟了大脑神经元的结构和功能。相比传统的计算机芯片，它能更有效地处理复杂信息，具备学习和适应的能力，这使得它在脑控无人系统中具有巨大的应用潜力，实现更为智能化和自主化的操作。

本研究的目标是深入探讨神经形态芯片在脑控无人系统中的应用，同时分析其在医学、军事等领域的发展前景。我们将从解析神经形态芯片的基本原理开始，介绍它如何模拟神经元功能及其优点。然后，我们将概述脑控无人系统的现状和面临的挑战，以理解神经形态芯片能够解决的问题。我们还将介绍神经形态芯片在脑控无人系统中的应用案例，包括单个无人车系统、多无人车系统、无人船和太空飞行器等。此外，我们将讨论神经形态芯片在医学和军事领域的可能应用，并对可能涉及的伦理和社会问题进行讨论。

我们希望通过对这些主题的研究和分析，能够深化对神经形态芯片在脑控无人系统中应用的理解，并为其未来的研究和发展提供参考。神经形态芯片在脑控无人系统中的应用展示了令人期待的前景，将进一步推动无人系统技术的进步，并引领我们步入一个更智能和自主的未来。

2 实验原理

3 神经形态芯片的基本原理

3.1 神经形态芯片概述

神经形态芯片是一种受到人脑神经系统启发设计的芯片，其结构和功能模拟大脑神经元。这与传统计算机芯片有所不同，因为神经形态芯片利用模拟神经元和神经元间连接的方式进行信息处理，其处理方式更接近于人脑。

3.2 模拟神经元功能

3.2.1 神经元组成仿生

神经形态芯片的基础构成单元是模拟神经元的神经元模拟器，这种模拟器可以模拟生物神经元的基本功能。通常，神经元模拟器由多个子单元组成，包括模拟膜电位、突触传输和神经递质释放等功能的部分。这些子单元模拟神经元内外电位变化以及突触间的信号传导，从而复制了神经元的兴奋和抑制过程。

3.2.2 神经形态芯片的连接结构

神经形态芯片模拟了神经元之间的连接结构，从而实现了神经网络的建立。通常，神经元间的连接采用可调的突触权重，这种权重可以调整神经元之间信号传递的强度和方向。通过这种可调的突触权重，神经形态芯片具备了学习和适应外部输入的能力，并能形成动态的神经网络拓扑结构。

3.2.3 神经形态芯片的并行处理能力

通常，神经形态芯片会利用并行计算的策略来增强信息处理的能力。每个神经元模拟器都具备同时处理众多输入信号的能力，且能在极短的时间里产生相关的输出。借助于并行的计算进行的同时，神经形态芯片有能力迅速地处理复杂的信息，实现神经网络计算的高效性。

3.2.4 学习和适应能力

神经形态芯片具有学习和调整自身的能力，能够根据外部输入的变动对神经网络的连接权重进行改变。此种学习和自我调节的能力让芯片有可能自我调整其功能，以满足各种任务和环境的需求。通过这种学习和自我调节，神经形态芯片能更有效地模拟人脑的认知和决策过程。

3.3 优势

神经形态芯片的基础理论使其具备模拟和执行人脑神经功能的能力，为脑控制无人系统提供了强大的计算实力。通过融合神经形态芯片与脑机接口技术，无人系统能与人脑直接交流和互动，达到更智能、自主的操作和决策。这种依赖神经形态芯片的脑控制无人系统具有巨大的应用潜力，可以运用于独立无人车系统、多无人车系统、无人船以及空间飞行器等领域。

4 脑控无人系统的现状和挑战

4.1 脑机接口技术概述

脑机接口技术 (Brain-Computer Interface, BCI) 是一种使大脑活动信息转换成机器可解码的形式的方法。利用脑电图 (EEG) 和功能磁共振成像 (fMRI) 等工具, 我们能够获取人脑中的电信号以及血液中的氧合水平等生理数据。经过数据处理和模式检测算法, 这些信号可以与计算机或无人系统进行有效沟通, 从而控制无人系统通过思维指令进行操作。

4.2 无人系统的发展和应用

无人系统在军事、航天、医疗和物流等领域都有着广阔的使用范围。无人驾驶汽车、无人飞行器、无人船等自主执行任务的无人系统具备在高效、精准及危险环境下操作的可能性。尽管随着科技的进步, 无人系统自我决策、智能化和灵活性上已有所提升, 但仍需面临一些挑战。

4.3 脑控无人系统的挑战和限制

虽然脑机接口和无人系统各自已取得显著的进步, 但要两者融合形成脑控无人系统, 仍需克服一些困难和局限。诸如信号解析度、实时响应、用户训练以及适应性, 还有伦理和隐私问题等, 都是脑控无人系统所需面临的挑战。战胜这些困难将成为脑控无人系统发展的关键推动力, 并促使其在各种领域得到更广泛的应用。

4.3.1 信号分辨率和准确性

脑控无人系统的运作需要准确捕捉并解析大脑信号, 再将这些信号转化为可执行的命令。然而, 现有的脑机接口技术在信号解析度和精度上仍有一定的短板。因素如大脑信号中的噪声、干扰以及对特定动作和意愿的辨识精度等问题, 都在阻碍脑控无人系统的精确性和可信度。

4.3.2 实时性和延迟

对脑控无人系统而言, 快速地响应并执行来自大脑的指令是至关重要的, 这就要求系统能够及时解读大脑信号并将其转化为具体行为。但是, 在收集信号、处理信号以及传递指令的各个环节中出现的时间延迟都可能对系统的实时反应性产生负面影响。因此, 缩短这种延迟, 并提升信号处理与传输的效能是脑控无人系统必须面对和解决

的问题。

4.3.3 用户训练和适应性

为了确保脑控无人系统能够有效运行, 用户需要进行一定的训练和适应过程, 以在其大脑信号和系统操作间建立稳定的映射关系。用户的训练时间长短以及效果的好坏直接决定了脑控无人系统的实用性和用户的体验感。因此, 如何让用户的训练过程更为便捷, 以及提升用户适应系统的能力, 是一个需被解决的关键问题。

4.3.4 伦理和隐私问题

由于脑控无人系统需要获取并利用个体的大脑信号, 因此涉及到伦理和隐私的问题。确保用户隐私和个人数据的安全, 以及保证系统的合规使用和道德行为, 是这个领域需要重视并解决的问题。

5 神经形态芯片在脑控无人系统中的应用案例

神经形态芯片在脑控无人系统中的应用范围包括但不限于单个无人驾驶系统、多个无人驾驶系统、无人船以及太空飞行器等。由于神经形态芯片具有智能模拟和自我适应的能力, 它使得脑控无人系统能以更智能、自主的方式执行任务, 并实现与人脑的精准交流和互动。这些应用实例为脑控无人系统的未来发展展示了巨大的应用潜力。

5.1 单无人车系统

在单个无人驾驶系统中, 神经形态芯片的应用能显著提升系统的智能化和自主化水平。通过与脑机接口技术的结合, 神经形态芯片能解读驾驶员的意愿和指示, 并将其转变为无人车的行动和决策。比如, 驾驶员可以通过思维来控制无人车的行驶、转向和停止等操作。此外, 神经形态芯片的学习和适应能力还能使无人车从驾驶员的行为中吸取经验并改善其驾驶策略, 从而提升驾驶的安全性和效率。

5.2 多无人车系统