
生物信号处理新框架精准解码细胞复杂语言

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34821.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

生物信号处理新框架精准解码细胞复杂语言。如何精确指挥细胞执行特定任务，是合成生物学发展的关键挑战。7月31日，中国科学院深圳先进技术研究院研究员陈业团队联合湖南省农业科学院单杨团队在《自然-通讯》发表最新研究。他们建立了一套全新的生物信号处理框架，能够精准解码细胞感知的复杂信号。

该研究建立了一个可拓展的、解决复杂信号处理问题的通用基因线路解决方案，并成功设计出生物学运算放大器作为实现该框架的物理载体，为解决多维信号调控难题提供了创新的工程化思路。

生物在亿万年的演化中，发展出了一套精密复杂的信号感知与响应系统。细胞能够同时感知环境中的营养、温度、种群密度等多种信号，并将这些信号整合、互作，从而做出最有利于自身生存的复杂决策。这种信号的复杂性和相互作用，对于生物适应多变的环境至关重要，是其生存智慧的重要体现。

然而，当研究人员尝试将细胞改造为细胞工厂或传感器以执行特定的生产或识别任务时，这种天然的复杂性反而可能成为障碍。对于工程化目标而言，信号间的相互干扰（串扰）和不可预测的互作，会严重影响基因线路的稳定性、调控精度和后续信号强化，使得细胞无法精准地执行人工设计的程序。

为解决这一核心矛盾，陈业团队从模拟电子电路的核心组件——运算放大器中获得启发，创新性地提出了一套全新的解决方案。研究团队首先建立了一个通用信号解码框架，将细胞感知复杂环境并调整自身基因表达的过程视为一个编码过程——细胞将多种输入信号编码成一个混合的、非正交的响应信号。而该工作通过运算放大器实现的信号处理方案，则扮演了解码器的角色。可对细胞生成的混合信号进行精确线性运算，将其解码为多个相互正交的干净信号，从而让工程师能够清晰地理解细胞状态，并施以精准、有效的下游调控。

利用该框架，研究人员实现了无诱导剂的动态调控。该框架使大肠杆菌能够智能地感知自身所处的生长阶段，并自主切换基因表达模式——在成长期专注生长，在生产期高效合成目标产物。整个过程无需添加昂贵诱导剂，实现了过程自动化和生产高效化。

此外，该研究还实现了高维信号分解。面对三种常见的细菌群体感应信号相互串扰的复杂情况，该框架成功将三维混合信号分解并消除串扰，实现了三个清晰独立的正交输出。这充分证明了该框架在处理多维、高复杂度信号系统中的强大能力。

这项研究建立的信号处理框架，为合成生物学领域提供了一个新的底层技术。它通过解码细胞的内在状态，使得对复杂生物系统的精准、可预测调控成为可能。这一基础性突破不仅为解决当前生物制造中的诸多瓶颈问题提供了新思路，也为未来设计更加智能、鲁棒的细胞计算机，应用于医药健康、环境治理和可持续能源等领域铺平了道路。（来源：中国科学报 刁雯蕙）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-025-62464-9>

作者：陈业等 来源：《自然—通讯》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发