
【复旦大学迟楠教授团队】无监督跨域适应：未知动态信道中的单像素图像传输

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36978.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！

【复旦大学迟楠教授团队】无监督跨域适应：未知动态信道中的单像素图像传输

。复旦大学未来信息创新学院迟楠教授团队提出了一种基于无监督学习领域自适应网络的单像素成像信息传输框架，为在未知且动态变化的环境中实现可靠的信息传输开辟了新的范式，在生物医学成像、海洋勘测、自动驾驶等领域具有广泛的应用潜力。

在我们日常生活中，成像技术无处不在，从手机摄像头到医学影像设备，它们帮助我们获取图像、感知物体。尽管如此，当我们遇到一些复杂的环境时，比如雾霾、浓云或人体内部的组织，传统成像技术往往难以应对。这些环境中的光线容易被散射，导致成像模糊不清，就像在风雨中试图听清远方的声音，外界干扰使得成像的准确性和稳定性受到挑战。

单像素成像技术作为一种高效的散射介质成像方法，通过将结构光照明方案与压缩感知算法结合，能够在极简的探测系统下工作。只需要一个简单的一维信号探测器，再配合一系列特殊设计的光学掩模对目标场景进行调制，就可以利用极少的数据重建出清晰的图像。可以将其类比为用一个单一镜头从不同角度观测，通过拼凑不同的视角来还原完整的图像。这种技术大大提高了成像的灵敏度，使得其在复杂环境下表现尤为突出。

然而，尽管单像素成像技术在很多领域已经表现出色，它仍面临一个挑战：如何从有限的精确重建信息。当前主流的单像素成像方法通常依赖神经网络或物理模型来准确表征信道条件，但当信道发生动态变化、且其传输特性无法直接测量时，现有的图像传输方案的性能会显著下降。如何在动态且不稳定的散射介质环境中实现精准的图像传输，仍然是亟待解决的难题。

针对上述问题，复旦大学未来信息创新学院迟楠教授团队提出了一种基于无监督学习领域自适应网络的单像素成像信息传输框架。该框架通过对抗学习实现不同领域中传感器采集信号的特征对齐，并复用源域预训练的特征解码模块来实现目标域的信息重建，从而在未知复杂动态信道下实现高质量的无监督信息传输，如图1所示。该工作以Unsupervised learning enabled label-free single-pixel imaging for resilient information transmission through unknown dynamic scattering media为题，作为封面文章发表在Opto-Electronic Advances 2025年第10期。

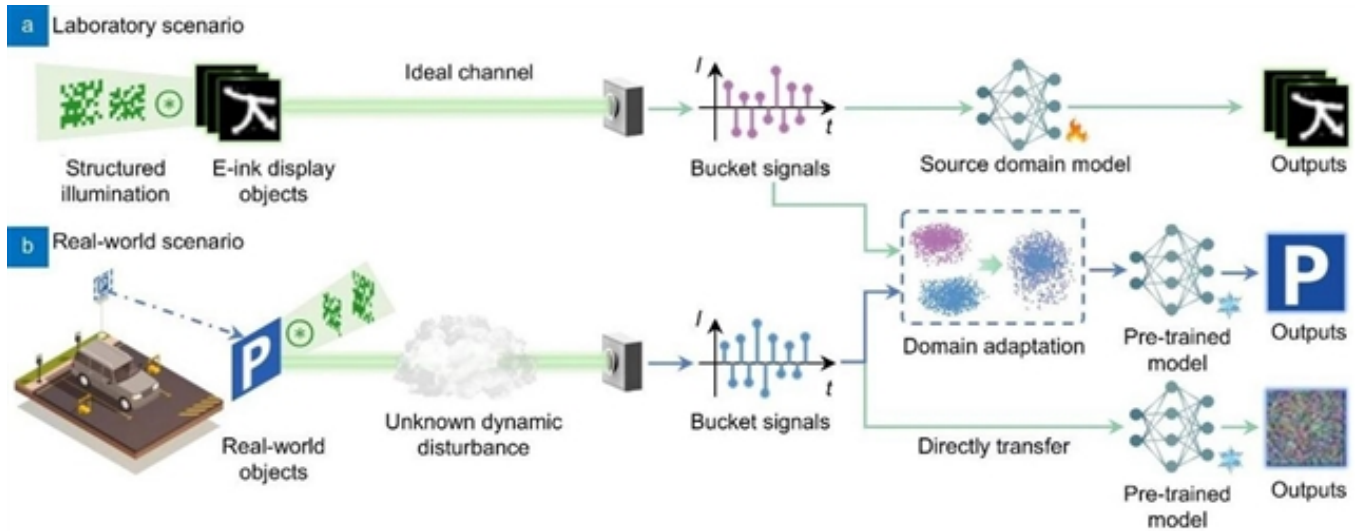


图1 基于无监督学习领域自适应网络的单像素成像信息传输框架

近年来，深度学习技术的引入为复杂信道下的高质量单像素图像传输提供了新的思路，使得在多种复杂场景中实现可靠的信息传输成为可能。然而，现有的单像素成像技术大多聚焦于特定场景下的信道条件，当面临未知的动态变化信道环境（如信号衰减不同、光照条件变化等）时，源域中预训练的深度学习模型往往在目标域中表现不佳。为了解决这一问题，研究团队将单像素成像任务中的图像重建过程分解为编码器和解码器两个阶段，并借助对抗学习的思想，将不同信道条件下的单像素探测信号映射到同一特征空间，从而实现不同数据分布之间的特征对齐。这一方法使得源域中的解码器模块可以在目标域中复用，进而实现目标域中图像的无监督高质量重建。

实验结果表明，当压缩比低于0.2时，所提出的方法能够在各种复杂湍流信道中实现结构相似性超过0.9的高保真图像传输。在实际的5m水下动态湍流信道中，该方案相较于传统方法，USAF目标的成像信噪比提高了超过13 dB。此外，该方案还成功展示了在水下动态湍流信道中对分辨率为720 × 720的彩色视频进行近乎无损的传输，验证了通过动态散射介质进行长时程信息传输时的超高精度。

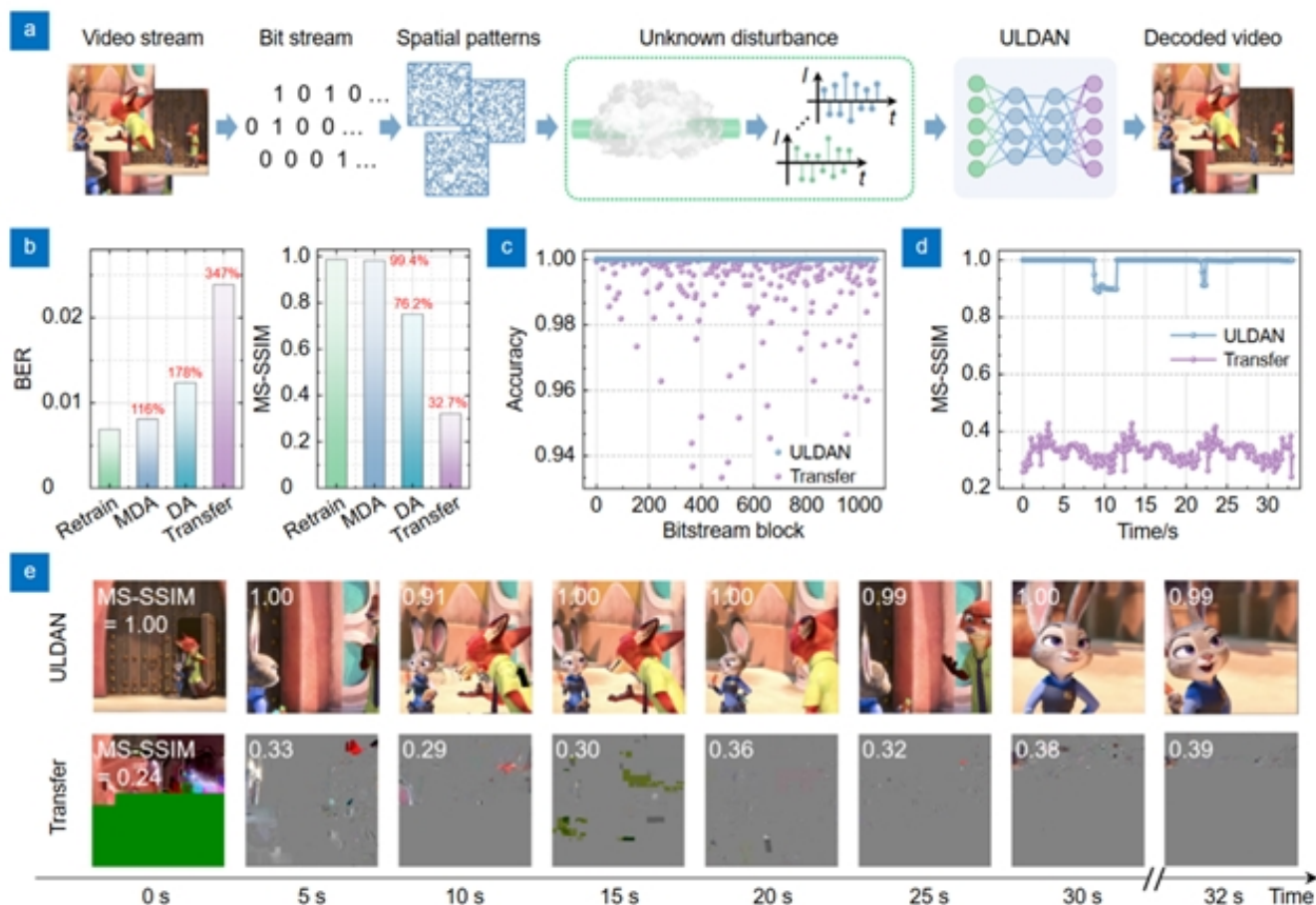


图2 未知动态湍流信道中720 × 720彩色视频压缩编码传输实验

该研究通过无监督学习领域自适应技术，有效解决了单像素成像任务中端到端有监督训练方法对大量标注训练数据集的依赖问题，同时显著提升了成像质量和效率。该方案为在未知且动态变化的环境中实现可靠的信息传输开辟了新的范式，为穿越迷雾和雾霾提供了全新的思路，在生物医学成像、海洋勘测、自动驾驶等领域具有广泛的应用潜力。

研究团队简介



迟楠 教授

迟楠，复旦大学教授，博士生导师，国家杰出青年科学基金获得者，美国光学学会会士。担任中国通信学会光通信专委会委员、水下通信分会副主任委员，中国电子学会通信分会副主任委员、电路与系统分会副主任委员。长期从事高速可见光通信方面的研究。发表论文400余篇，Google引用15000余次，H因子60，出版专著10部。出版新闻出版署十四五国家重点出版专项、十三五国之重器重点图书、复旦大学百本精品教材等高速光通信相关专著4部。连续3年获得全球前2%顶尖科学家，连续4年获得Elsevier中国高被引学者。获得中国通信学会自然科学一等奖，河南省科技进步一等奖，中国光学工程学会科技进步一等奖等荣誉。

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

来源：科学网

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