

摘要

数字视频历经数十年发展，至今已经成为人们日常娱乐与信息获取的重要渠道。随着视频应用场景多样化以及 4K、8K 超高清视频快速普及，视频数据量正在急剧增长，海量数据为存储与传输带来了巨大挑战。如何更快速度、更高质量地压缩视频数据，是当下亟待解决的关键问题。近年来，随着硬件算力提升，新编码技术不断被提出，视频编码标准也不断发展。作为新一代视频编码标准，国际多功能视频编码标准（Versatile Video Coding, VVC）与国内第三代音视频编码标准（The Third Generation of Audio and Video coding Standard, AVS3）在前一代标准的基础上大幅提升了压缩效率，为视频应用奠定了坚实基础。然而，AVS3 编码器与编码标准中的现有技术仍存在一定局限性，其编码速度与质量尚有提升空间。本文针对视频的高效编码技术展开研究，在编码速度层面解决现有 AVS3 编码器中帧级并行技术加速不充分的问题，在编码质量层面解决 AVS3 标准中仿射预测技术未直接利用非局部信息的问题。本文的主要贡献如下：

第一，提出了基于时域参考层级结构的帧级并行编码。针对现有帧级并行技术中加速不充分的问题，从 AVS3 随机访问（Random Access, RA）分层 B 帧配置下的时域参考规律出发，提出了一种基于逐层编码的帧级并行方法，提升了编码速度。首先，从 RA 配置下的帧级参考关系入手，提出了图像的层级结构划分与逐层编码方案，并分析了其特性。接着，将这种层级结构划分由单个图像组长度逐步推导至全视频序列，设计了完整的帧级并行编码。最后，推导了所提方法的理论加速上限。所提方法充分利用视频的时域参考规律性，实现了高效帧级并行编码，并可通过调整参数灵活适应不同并行度需求。在 AVS3 内容感知编码（Content-Aware Coding, CAC）平台上对所提方法进行实验验证，其对各测试序列实现了平均 10 倍左右的并行加速，且不影响编码质量。其中，部分 4K 超高清序列达到了 12 倍以上的并行加速。所提方法已作为关键技术被 CAC 平台的实时编码档次采用。

第二，提出了基于非局部运动相关性的仿射预测编码。针对现有仿射预测技术中未直接利用非相邻块信息的问题，从 AVS3 仿射候选列表的构建过程出发，提出了一种基于非局部信息的仿射预测方法，提升了编码质量。首先，设计了非局部仿射信息表结构，记录最大编码单元（Largest Coding Unit, LCU）行中先前的仿射编码块参数。接着，利用该表为后续仿射预测提供先验信息，通过构造虚拟相邻仿射编码块的方式，产生新的仿射模型候选，实现了仿射候选列表的扩充。所提方法充分利用视频的非局部运动相关性，实现了高效仿射预测编码。在面向下一代编码标准 AVS4 的探索视频模型（Exploration Video Model, EVM）平台上对所提方法进行实验验证，其对各测试序

列实现了平均 0.25% 的率失真性能提升，对多数序列实现了仿射模式选中率提升，且几乎不影响编码速度。其中，4K 超高清序列的编码性能平均提升了 0.30%。所提方法已作为新技术被 EVM 平台采纳。

综上所述，本文针对现有面向 AVS3 标准的编码技术，提出了基于时域参考层级结构的帧级并行编码与基于非局部运动相关性的仿射预测编码。本文提出的方法分别在视频编码的速度和质量两个方面取得了提升，为视频的高效编码提供了新的解决方案。

关键词：AVS3，视频编码，帧级并行，仿射预测