

摘 要

近年来, 由于无线视频监控、无线 PC 相机、移动视频电话等新型应用领域的出现, 使得分布式视频技术受到人们越来越多的关注。传统的视频编码技术例如 H.26x、MPEG 等, 都是在编码端充分挖掘视频信号的冗余信息, 通常编码复杂度是解码复杂度的 5—10 倍, 非常适合于视频信号一次编码而多次解码的应用场合, 如视频广播、视频点播、视频光盘存储等。但是, 一些应用场合恰恰相反, 它们需要低复杂度的编码器, 解码端可以具有较高复杂度。例如近期引起广泛关注的无线传感网络 (wireless sensor network), 无线传感器网络是由大量的集成了传感器、数据处理单元和通信模块的微小节点构成的全分布式的自组织网络。网络中传感器节点功能简单、处理能力弱、资源有限、功耗受限, 要求编码算法复杂度低。同时, 无线信道的复杂性和无线网络结构的易变性, 要求编码技术具有良好的容错功能。因此, 分布式视频编码 (DVC: Distributed Video Coding) 技术开始受到关注。分布式视频编码的最大特点是编码简单, 具有良好的抗误码特性。

但是, 目前已有的分布式视频编码系统还存在编码效率不高, 解码复杂度高, 存在反馈信道等诸多问题。同时, 网络的异构性、带宽的波动性和各类不同用户的多重服务要求对当前的视频编码技术提出了新的挑战。可分级视频编码方案是解决 Internet 流媒体应用中带宽波动的一种有效方法。但是, 针对可分级分布式视频编码方面的研究才刚刚起步。本文针对这些问题, 研究高效、复杂度可控制, 空域可分级的分布式编码器。针对上述研究目标, 本文在应用于分布式视频编码的优化的非均匀量化、高效分布式视频编码以及低延迟分布式视频编码等方面进行了深入的研究。本文的具体研究内容如下:

1. 提出一种应用于像素域分布式视频编码的非均匀标量量化算法, 对 Wyner-Ziv 帧进行优化量化, 目的是使得在这种量化区间划分下率失真得到优化。首先, 分析 Wyner-Ziv 帧中像素值的分布, 并在编码端建立码率—量化区间与失真—量化区间之间的关系。其次, 利用拉格朗日乘法法建立关于码率和失真的模型。然后利用一种改进的 Lloyd Max 算法对量化区间进行调整, 并根据率失真模型估计量化区间调整后的率失真度, 以决定率失真是否达到优化的量化区间分割, 最终实现 Wyner-Ziv 帧编码的率失真在某种非均匀标量量化下达到优化。

2. 提出一种空域可分级的小波域分布式编码系统。在这个系统中, 利用小波变换的多分辨率分析特性, 将 Wyner-Ziv 帧分解为低分辨率子带和高分辨率子带。在低分辨率子带编码中, 应用了自适应差分脉码调制 (DPCM) Wyner-Ziv

编码和基于 DCT 变换的 intra 块编码。由于高频子带的低能量特性，则直接应用了 Wyner-Ziv 编码。在解码端，如果进行全分辨率层解码，那么应用一种有效的低分辨率子带边信息(side information)生成方法，就是利用全分辨率已解码的重构参考帧应用运动补偿内插方式生成当前帧的全分辨率边信息，并对此全分辨率边信息进行小波分解，得到的低频子带作为低频子带边信息。对于高频子带的边信息生成，则应用了一种精细化方法，这种方法同时考虑到了时域相关性和子带间相关性。实验结果证明这种编码系统有效提高了分布式编码效率。

3. 提出了一种基于空域辅助信息的低延迟分布式编码系统。在已有的低延迟分布式编码中，由于在解码端缺乏当前帧的信息，边信息生成采用了一种基于运动补偿的向外插值(MCE)方法。如果相邻帧间的物体运动为匀速的平移运动，这种运动补偿插值的方式生成的边信息是准确的。但是，在一般视频序列中，帧间的运动轨迹不规则，并且运动速度是变化的，所以在分布式视频编码中基于运动补偿插值方法生成的边信息质量较差，造成编码效率偏低。因此，我们提出一种基于空域辅助的分布式视频编码方法。首先，利用小波变换分解出 Wyner-Ziv 帧的低频子带作为空域辅助信息，并且利用差分脉码调制编码方法对空域辅助信息进行编码。其次，利用 DCT 变换域分布式编码方法对 Wyner-Ziv 帧进行编码。在解码端，首先解码空域辅助信息。然后，在辅助信息的帮助下，利用空域辅助运动补偿插值算法生成 Wyner-Ziv 帧的边信息。最终，经过 DCT 域 Wyner-Ziv 解码，得到 Wyner-Ziv 帧的重构。实验结果证明本系统有效提高了低延迟分布式编码的编码效率。

关键词： 分布式视频编码；边信息生成；非均匀标量量；小波变换；辅助信息