

基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧压缩重构研究

郭青青,李 雷

(南京邮电大学 非结构化数据计算与应用研究中心,江苏 南京 210023)

摘 要:文中首先针对由于视频帧间相关性利用不彻底而导致系统重构效率较低的现象,提出了视频封装帧设计方案,从压缩端和重构端双重考虑视频帧间相关性,并通过理论和仿真实验证明了封装帧方案的可行性和提高系统性能的科学性。其次针对目前重构算法对视频大数据压缩处理的先天不足,提出了自迭代阈值正则化正交匹配追踪(SiT-ROMP)算法,该算法既保证了很好的视频压缩重构质量,又大大缩短了重构时间,同时,通过仿真实验说明了 SiT-ROMP 算法的可行性以及相比其他重构算法的高效性。最后,将视频封装帧方案和 SiT-ROMP 算法相融合,提出了基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧压缩重构技术,并通过仿真实验表明了基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧压缩重构技术在视频压缩重构的质量和效率两个性能方面的合理性和优越性。

关键词:压缩感知;视频压缩;封装帧;自迭代阈值 ROMP

中图分类号:TN919.81

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)08-0113-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.08.024

Research on Compressing and Reconstructing of Encapsulated Video Frame Based on Self-iterative Threshold ROMP Algorithm

GUO Qing-qing, LI Lei

(Research Center of Unstructured Data Calculation and Application, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Firstly, a design scheme of Encapsulating Video Frame (EVF) is proposed, aiming at ameliorating the situation where the efficiency of reconstruction system is low because of incomplete correlation between video frame. Hence it takes full use of correlation of video frame between compression and reconstruction, what's more, its feasibility and the scientificity of improving the system performance are proved by theories and experiments. Then, according to disadvantages of compressing big data technology by current algorithms, the new improved algorithm named Self-iterative Threshold Regularized Orthogonal Matching Pursuit (SiT-ROMP) is proposed. This algorithm not only guarantees the good quality of compression and reconstruction on video, but also shortens the reconstruction time greatly. And the experiment results show its feasibility and efficiency compared with other algorithms. Finally, combined EVF scheme and SiT-ROMP algorithm, propose a new method of SiT-ROMP algorithm based on EVF scheme. And the experiment results show that this scheme has considerable rationality and superiority in the quality and efficiency of compression and reconstruction on video.

Key words: compressed sensing; compression of video; encapsulated frame; self-iterative threshold regularized orthogonal matching pursuit

0 引言

现有的视频压缩编码标准是建立在以 H.26x 和 MPEG 标准为核心的传统视频编解码框架上的。在此标准下,信号采样受奈奎斯特采样定理限制,即必须以不小于信号带宽的 2 倍的采样率进行采样才能实现信号的精确重构。此外,在完成高速采样后,还需要对采

集到的数据进行压缩,剔除冗余数据,这样的操作过程势必带来数据和系统资源的极度浪费。针对这些现象,考虑在信号本身可压缩的情况下,直接采集剔除冗余后的数据。直到 2005 年,Donoho 等提出了压缩感知(Compressed Sensing, CS)^[1]理论,使得这种采样方法成为可能。CS 理论^[2]指出,若信号具有稀疏性或可

收稿日期:2014-10-13

修回日期:2015-01-13

网络出版时间:2015-07-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61070234,61071167,61373137)

作者简介:郭青青(1991-),女,硕士生,研究方向为压缩感知及其在视频方面的应用;李雷,博士,教授,研究方向为压缩感知及其在视频方面的应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150721.1453.095.html>

压缩性,那么便可以以远小于奈奎斯特采样速率进行采样,同时,该理论的提出实现了采样和压缩的一体化,避免了不必要的浪费。

随着 CS 的不断发展,其在视频方面的应用逐步成熟和深入,主要的处理方法有两种:逐帧单独压缩重构和独立编码联合重构。逐帧单独视频处理技术,忽略帧间相关性,故失真现象严重^[3];独立编码联合重构视频处理技术的代表是分布式视频压缩感知(Distributed Compressed Video Sensing, DCVS)^[4-9]。该技术先对每个信号进行独立随机观测,然后在解码端利用信号相关性进行联合重构操作。这种视频编码方式仅在解码端考虑了相关性,故相关性利用不彻底,因而该系统效率较低。针对这一现象,有学者提出在编码和解码端同时增加一个参考帧,通过参考帧生成残差帧,利用残差帧稀疏度较高的特性来降低观测率,从而可以较好地利用视频的时间相关性,提高系统性能^[10]。

为充分利用视频帧间相关性,文中提出联合压缩重构的处理方法^[11],即先对视频进行联合封装处理,然后对封装帧压缩观测,最后联合重构。但是考虑到封装处理数据量会增加,重构端的计算复杂度将增大,因此,文中针对这一现象提出新的改进算法,降低系统的计算复杂度,从而提高系统效率。仿真实验表明,提出的视频处理系统能够实现对视频的高效重建。

1 预备知识

1.1 CS 理论

CS 理论指出若目标信号在某个变换域上是稀疏的,那么便可以用一个与基变换不相关的观测矩阵将变换所得到的信号投影到一低维空间上,由于这种投影保持了重建信号所需的信息,故可通过求解一个优化问题就可以从这些少量的投影中以较高的概率来重构出原始信号。CS 系统概括为三步骤:信号稀疏表示、观测矩阵设计和信号重构。

设离散信号 $X \in R^{N \times N}$, $R^{N \times N}$ 空间的任何信号都可以用基矩阵 $\Psi \in R^{N \times N}$ 表示,于是任意信号 X 都可以表示为:

$$X = \Psi\Theta \quad (1)$$

其中, Θ 是 X 在 Ψ 域上的投影系数。如果 Θ 的非零个数 K 比 N 小很多,那么称向量 Θ 是 K 阶稀疏的,同时也说明信号 X 具有稀疏性。在此稀疏条件下对该信号进行观测采样,设观测矩阵 $\Phi \in R^{M \times N}$ ($M < N$),观测值 $Y \in R^{M \times N}$,则

$$Y = \Phi X = \Phi \Psi \Theta = D\Theta \quad (2)$$

由于观测值的维数 $M < N$,故这是一个求解欠定方程组(Underdetermined Linear Equations, ULE)问题。

Candes 等指出,若矩阵 D 满足有限等距性质(Restricted Isometry Property, RIP)准则或者观测矩阵 Φ 和变换基矩阵 Ψ 满足不相关性,则可实现信号的精度重构^[12-13]。

重构的算法有很多,主要包括三类方法:松弛方法、贪婪方法、非凸方法。由于贪婪算法计算复杂度较低,故其在重构算法中占据很重要的位置,包括:匹配追踪(Matching Pursuit, MP)^[14]、正交匹配追踪(Orthogonal Matching Pursuit, OMP)^[15]、正则化正交匹配追踪(Regularized Orthogonal Matching Pursuit, ROMP)^[16]、压缩采样匹配追踪(Compressive Sampling Matching Pursuit, CoSaMP)^[17]、梯度追踪(Gradient Pursuit, GP)^[18]等等。其中,ROMP 算法的基本思想是:在每次迭代过程中,利用正则化的方法从观测矩阵中找出候选原子集合中能量最大的原子集合,在所有支撑集的稀疏信号中利用最小二乘法找到最小解作为当前估计值,并以此来更新残差公式,然后继续选出冗余向量的最大支撑集,经过数次迭代,信号便可由一些原子线性表示。

1.2 基于 CS 的视频编解码技术概述

基于 CS 的视频编解码系统是针对整幅视频图像进行的处理,相比基于宏块操作的传统方式其结构简单很多。

传统方式的视频编码端包含变换、量化、熵编码及运动估计和补偿过程,这些繁杂的操作大大增加了编码端的计算量,使得编码端的复杂度远高于解码端,形成编解码严重不对称的结构。而基于 CS 的视频编解码将计算复杂度由编码端转移到了解码端,大大减轻了编码端的负担。同时,基于 CS 的编码方式不需要传统模式下的帧间运动估计和补偿操作过程,仅使用观测矩阵对信号数据进行观测,大大降低了计算的复杂度。

此外,CS 编码是将高维信号投影到低维空间上进行观测压缩获得观测值,由于这些观测值包含传统方式下所有样本的部分信息,故可避免传统方式因高频分量的舍弃而产生的细节丢失现象;并且,因为视频信号在某变换域上具有可稀疏性,故根据 CS 理论,可通过远小于传统视频图像采样数进行精确重构^[19-20]。

相比传统视频编解码,基于 CS 的视频编解码系统的优势显而易见,故研究 CS 在视频压缩重构系统中的应用拥有很好的发展前景。

2 基于自迭代阈值 ROMP 算法重构的视频封装帧 CS 技术

2.1 基于 CS 的视频封装帧设计

针对逐帧单独处理忽略帧间相关性和单独编码联

合重构相关性考虑不彻底的现象,文中提出基于 CS 的视频封装帧设计方案。先对视频帧进行封装操作,形成封装帧(Encapsulated Frame, EF),然后在编码端对 EF 整体进行稀疏观测,最后在解码端对 EF 进行联合重构操作,从编、解码双方面考虑,充分利用帧间相关性。

封装过程的数学语言表达如下:

不失一般性,设视频单帧信号为 $\mathbf{x}_i (\mathbf{x}_i \in R^{M \times N})$ 。当对视频进行联合封装处理时,考虑帧间冗余,故在对视频信号进行封装操作的同时,将剔除视频帧间的冗余数据,仅对视频图像数据进行封装操作,从而减小计算量、节约资源。

设剔除帧间冗余后的单帧信号为 $\mathbf{q}_i (\mathbf{q}_i \in R^{M' \times N}, M' < M)$ 。当封装帧数为 f 帧时,采样所得到的封装帧为:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{q}_1 \\ \mathbf{q}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{q}_f \end{bmatrix}$$

其中, \mathbf{X} 为封装帧数据,其维数为 $fM' \times N$ 。

一般单帧视频信号在某些变换域上具有可压缩性,但是这并不能保证封装后的视频封装帧具有可压缩性的定理依然成立,因此文中将对其给予证明,为方便证明,给出如下引理。

引理:如果 $\mathbf{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 是一个 n 阶满秩方阵,且 $\mathbf{B} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$ 是一个 m 阶满秩方阵,那么 $r\begin{pmatrix} \mathbf{A} & 0 \\ 0 & \mathbf{B} \end{pmatrix} = r(\mathbf{A}) + r(\mathbf{B})$ 成立。

信号在某变换域上具有可压缩性等价于信号在其上的投影具有稀疏性,故证明封装帧在某变换域上具有可压缩性的定理成立,只需证明存在某种基矩阵使封装帧在其上面的投影具有稀疏性,证明过程如下。

定理:如果 $\mathbf{x}_i = \Psi_i \theta_i$ 成立 (Ψ_i 是基矩阵, θ_i 是稀疏的),那么,存在基矩阵 Ψ ,使得 $\mathbf{X} = \Psi \Theta$ 成立,且 Θ

$$\text{具有稀疏性,其中 } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix}。$$

证明:由于单帧视频图像在某个变换域上是可稀疏表示的,则对于单帧视频序列 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n$,存在对应的稀疏基 $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$,使得 \mathbf{x}_i 在 Ψ_i 的投影 θ_i 具有 K_i 阶稀疏性,其中, $\mathbf{x}_i, \theta_i \in R^{M \times N}, \Psi_i \in R^{M \times M}$ 。

接下来,需要证明的是对于封装视频帧 \mathbf{X} ,存在稀疏基 Ψ ,使得 \mathbf{X} 在其上的投影 Θ 具有 K 阶稀疏性。

经观察,显然有

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \Psi_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{bmatrix} \text{ 成立, 令 } \hat{\Psi} = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \Psi_n \end{bmatrix}, \hat{\Theta} = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{bmatrix}, \text{ 于是有 } \mathbf{X} = \hat{\Psi} \hat{\Theta} \text{ 成}$$

立,此时 $\hat{\Theta}$ 显然是稀疏的,倘若 $\hat{\Psi}$ 是基矩阵,那么令 $\Psi = \hat{\Psi}, \Theta = \hat{\Theta}$ 即可完成证明。

因为 Ψ_i 是基矩阵,则 $r(\Psi_i) = M$,由引理知,当 $\Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 \\ 0 & \Psi_2 \end{bmatrix}$ 时,有 $r(\Psi) = nM$,即 Ψ 是满秩方阵,因此

Ψ 是基矩阵。于是,由数学归纳法推得,当 $\Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \Psi_n \end{bmatrix}$ 时,则 $r(\Psi) = nM$,即 Ψ 仍然是基矩阵。

因此存在基矩阵 Ψ 使得 $\mathbf{X} = \Psi \Theta$ 成立,且 Θ 具有稀疏性。

通过上述证明过程,得出封装帧在某变换上是可稀疏化的,即封装帧依然满足稀疏性,于是说明对视频进行封装操作是可行的。

2.2 自迭代阈值正则化正交匹配追踪 (SiT-ROMP) 算法设计

由于封装操作后的信号数据量增大,故对其进行压缩重构操作的计算复杂度增大,因此会产生系统延时的现象^[21]。为缓解这一问题,文中提出一种改进的重构算法,提高重构效率,从而改善时延现象。文中提出的改进自迭代阈值正则化正交匹配追踪 (Self-iterative Threshold - Regularized Orthogonal Matching Pursuit, SiT-ROMP) 算法是在 ROMP^[22] 算法的基础上形成的,它同 ROMP 算法一样一次迭代多个原子,但它比 ROMP 算法多了一个迭代阈值设置条件。由于数据量增大,解码端采用 ROMP 算法重构时,倘若继续按 ROMP 迭代终止条件设置,迭代次数必然会迅速增加,这便导致重构时间大大增长;而 SiT-ROMP 算法根据信号本身信息设置一个迭代阈值条件,用于调节迭代的终止限制条件,从而合理地控制迭代时长,减小重构端的计算复杂度。正是由于根据自身信息设置的阈值,使得当重构质量满足规定的要求后,便自动跳出迭代过程,从而合理地均衡了重构质量和重构时长两性能,实现了对大数据信号快速高效的重建。

在 SiT-ROMP 算法中,其迭代阈值是依赖于原始

信号自身的,由几组原始数据及其对应的观测重构值确定(为方便讨论,文中在选取 3 组数据的基础上进行),故称为自迭代阈值。一方面,在压缩前,需要事先等距地抽取并存储原始视频信号中的三组数据 $\{x_1, x_2, x_3\}$ 及其对应位置 $\{\text{pos}_1, \text{pos}_2, \text{pos}_3\}$; 另一方面,在重构时,首先需为迭代终止变量设置一个初值 delta_0 ,接着利用 ROMP 算法对压缩前存储位置对应的观测值 $\{y_1, y_2, y_3\}$ 进行重构,得到三组重构数据 $\{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3\}$,然后分别求三组重构数据与之前预存储的原始数据的距离 $\{d_1, d_2, d_3\}$,并计算三个距离的平均值 d ,同时对这个距离平均值乘上系数 α ,用 αd 来更新迭代阈值 delta ,最后用 delta 做其余全部观测信号重构时的迭代终止限制。在其他重构步骤中, SiT-ROMP 算法同 ROMP 算法一致,每次迭代都以 $\Phi^T r$ 中前 m 个绝对值最大的非零坐标相对应的原子作为信号支撑的候选,然后利用正则化的方法找出候选集合中能量最大的原子集合 J_0 ,接着在所有支撑集为 J_0 的稀疏信号中利用最小二乘法得到当前估计值 \hat{x} ,并以 $y - \Phi \hat{x}$ 来更新残差。

该算法过程如下:

算法 1: SiT-ROMP 算法。

(1) 已知原始三组数据 $\{x_1, x_2, x_3\}$ 及其对应位置 $\{\text{pos}_1, \text{pos}_2, \text{pos}_3\}$, 设置初始迭代阈值 $\text{delta} = 1e - 3$ 和距离系数 $\alpha = 0.1$;

(2) 利用 ROMP 算法重构位置 $\{\text{pos}_1, \text{pos}_2, \text{pos}_3\}$ 对应的观测值 $\{y_1, y_2, y_3\}$, 得到重构数据 $\{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3\}$;

(3) 计算原始数据 $\{x_1, x_2, x_3\}$ 和重构数据 $\{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3\}$ 之间的距离,求距离平均数,然后乘以系数 α ,更新迭代阈值 delta ;

(4) 设置残差向量初值 $r_0 = y$, 指标集合 $I = \Phi$, 迭代次数 $i = 1$, 残差值 $\|r\| \leq \text{delta}$ 时重复下列步骤, 否则, 直到 $|I| \geq 2m$;

(5) 计算 $u = \langle r_{i-1}, \Phi_j \rangle$;

(6) 支撑候选原子准则: 选取 m 个最大的非零坐标构成的集合或其对应的非零坐标, 然后选择其中较小的坐标设为 J ;

(7) 正则化处理: 在所有具有可比较坐标的子集 $J_0 \subset J$ 中, 对所有 $i, j \in J_0$, 选择满足 $|u(i)| \leq 2|u(j)|$ 且具有最大能量 $\|u|_{J_0}\|_{L_2}$ 的集合 J_0 ;

(8) 更新指标集和残差: 增加 J_0 到指标集合, 即 $I \cup J_0 \rightarrow I$; 新的残差:

$$\hat{x} = \arg \min_{z \in R'} \|y - \Phi z\|_{L_2}, r = y - \Phi \hat{x}$$

2.3 基于 SiT-ROMP 算法重构的视频封装帧 CS 技术

将视频封装帧技术和 SiT-ROMP 算法相结合, 形成基于 SiT-ROMP 算法重构的视频封装帧 CS 技术。在该技术形成的系统框架的压缩过程中, 首先, 对视频图像进行封装处理得到 EF; 然后, 对 EF 进行稀疏化处理, 并获取观测值; 最后利用 SiT-ROMP 算法对 EF 进行重构。

该技术的压缩重构过程如图 1 所示。

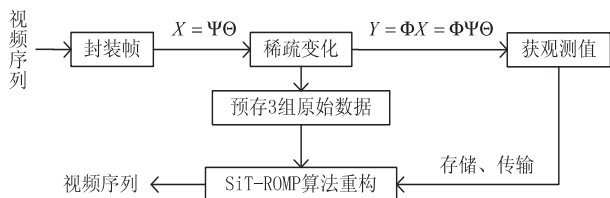


图 1 基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧压缩重构

3 实验仿真

文中选用格式为 cif 的标准视频序列 foreman 做 Matlab 仿真实验, 该视频单帧图像大小为 288×352 pix。在压缩过程中, 设置固定的采样率 $v = 0.333$, 采用离散余弦变换 (Discrete Cosine Transform, DCT) 形成离散余弦基对封装帧进行稀疏化处理, 然后选取随机高斯矩阵对封装帧进行观测, 获得封装观测值。此外, 文中从重构质量和重构效率两个角度来分析实验仿真结果, 即以峰值信噪比 (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR) 来描述视频图像的重构质量, 以平均重构耗时间来描述视频图像的重构效率。

实验一: 分别令封装帧数 $f = 1, 2, 3$, 然后依次采用 OMP、ROMP、CoSaMP、GP 和 SiT-ROMP5 种算法对封装视频帧进行重构。当 $f = 1$ (表示未进行封装操作) 时, 所得重构 PSNR 值分别为: 20.351 6 dB, 12.789 8 dB, 24.302 2 dB, 26.092 5 dB, 19.722 9 dB; 当 $f = 2$ 时, 所得重构 PSNR 值分别为: 26.813 5 dB, 19.747 7 dB, 29.129 9 dB, 36.182 3 dB, 23.433 1 dB; 当 $f = 3$ 时, 所得重构 PSNR 值分别为: 28.930 9 dB, 33.916 1 dB, 29.400 8 dB, 36.475 3 dB, 35.755 5 dB。

同时, 封装三帧和未封装的仿真效果对比图如图 2 所示。

根据实验数据, 对比经封装处理和未经封装处理后的实验结果。不难发现, 无论是对改进算法还是其他四种算法, 封装处理后的重构 PSNR 值均有所增加, 图 2 的对比图更加直观和清晰地说明了这一现象。

实验二: 分别令封装帧数 $f = 2, 3, 4$, 然后依次采用实验一中的四种算法和改进的 SiT-ROMP 算法对封装视频帧进行重构, 所得实验数据如表 1 所示。

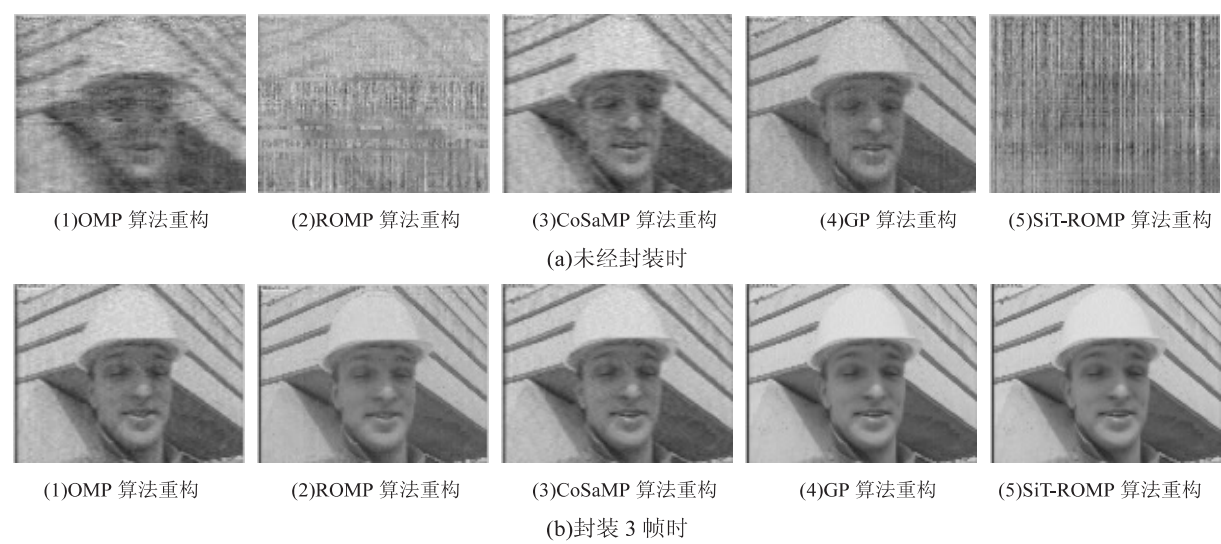


图 2 未经封装和封装 3 帧时五种算法的仿真效果对比图

表 1 随封装帧数增加五种算法重构的 PSNR 和平均耗时变化值

算法	PSNR/dB			耗时/s		
	2	3	4	2	3	4
OMP	26.813 5	28.930 9	30.408 5	6.83	13.35	17.16
ROMP	19.747 7	33.916 1	47.147 3	8.11	28.85	50.83
CoSaMP	29.129 9	29.400 8	29.530 6	40.04	40.27	41.38
GP	36.182 3	36.475 3	36.628 5	22.06	22.14	22.58
SiT-ROMP	23.433 1	35.755 5	38.060 0	4.07	8.01	9.36

由于封装处理,信号的数据量增大,故重构计算复杂度增大,耗时增长。为缓解这一现象,文中提出了改进算法 SiT-ROMP。观察表 1 的仿真结果, SiT-ROMP 算法在平均耗时上明显低于其他几种算法,且稳定于一个较低值,这表明改进算法在很大程度上改善耗时长而导致的时延现象。同时,随封装帧数增加, SiT-ROMP 算法在重构质量上也不输于其他几种算法。

实验三:令 $f=2,3,\cdots,7$,利用改进 SiT-ROMP 算法对视频封装帧进行重构。实验结果中,重构 PSNR 值分别为:23.433 1 dB,35.755 5 dB,38.060 0 dB,37.063 5 dB,37.096 8 dB,37.186 3 dB;平均耗时分别为:4.07 s,8.01 s,9.36 s,9.49 s,9.98 s,9.99 s。由实验结果作两性能的变化曲线图,如图 3 所示。

随封装帧数增加,重构耗时不断增长,虽然增加缓慢,但是依然会引起一定的时延现象,故封装帧数并不是越多越好。通过观察图 3 的曲线变化,发现当封装帧数 frame 增加到 3 帧后,基于 SiT-ROMP 算法的重构 PSNR 逐渐平稳且近似趋于一个固定值 37.1 dB,而每帧平均耗时也基本稳定,因此,封装帧数定为 3 帧是较优选择。

实验四:令 $f=3$,选用格式为 cif 的标准视频序列 foreman、waterfall 和 mother-daughter 做 Matlab 仿真实验,观察不同对象下 SiT-ROMP 算法的重构效果图,如

图 4 所示,从而肯定改进算法的普遍适用性。

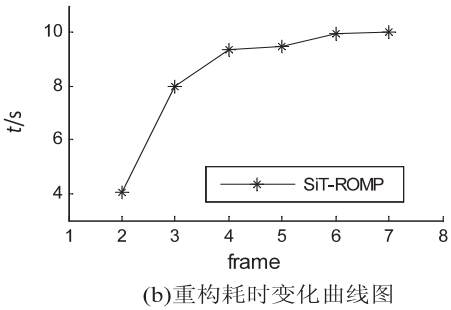
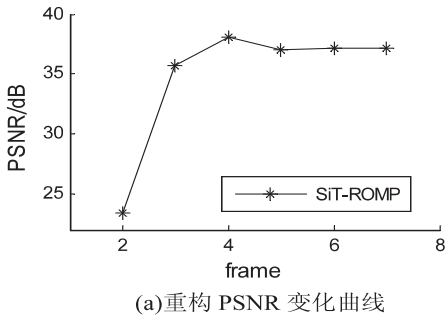


图 3 随封装帧数 frame 的增加利用 SiT-ROMP 算法重构下 PSNR 和耗时变化曲线图

综上所述所有实验,首先可以肯定封装帧设计可以改善由于忽略帧间相关性而导致的率失真现象,提高重构精度;其次改进 SiT-ROMP 算法可以缓解由于数据量增大而带来的重构耗时长的问题。此外,基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧 CS 技术具有普遍适用性,可以高效地实现不同视频序列的压缩重构。仿真实验主要从重构质量和重构效率两个性能分析,说明了基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧 CS 技术的合理可行性和稳定性及其优越性。

4 结束语

文中主要从视频图像帧的设计和重构算法的改进

两方面着手,研究 CS 在视频领域的应用。首先,提出了封装视频帧技术,充分利用了帧间相关性,改善了由于忽略帧间相关性而导致的率失真差的现象;然后,提出了 SiT-ROMP 算法,实现了对大数据的高效重构;最后,综合封装视频帧技术和 SiT-ROMP 算法,提出了基于 SiT-ROMP 算法的视频封装帧压缩重构技术,实现了对视频图像的高效压缩重构,并通过实验,验证了该技术的有效性和稳定性。文中未对稀疏化表示和观测矩阵的设计做深入研究,且所提出的技术忽略了视频结构,因此下一步将考虑这些方面,更深入地研究 CS 在视频领域的应用。



(a)重构 foreman 视频帧效果图



(b)重构 waterfall 视频帧效果图



(c)重构 mother-daughter 视频帧效果图

图 4 封装 3 帧时 SiT-ROMP 算法重构
不同视频序列的仿真效果图

参考文献:

- [1] Donoho D L. Compressed sensing[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52(5): 1289-1306.
- [2] 石光明, 刘丹华, 高大化, 等. 压缩感知理论及其研究进展[J]. 电子学报, 2009, 37(5): 1070-1081.
- [3] 翟冲. 基于压缩感知的视频编码技术研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [4] Mun S, Fowler J E. Block compressed sensing of images using directional transforms[C]//Proc of international conference on image processing. Cairo, Egypt: IEEE, 2009: 3021-3024.
- [5] Prades-Nebot J, Ma Y, Huang T. Distributed video coding using compressive sampling[C]//Proc of picture coding symposium. Chicago, IL: IEEE, 2009: 1-4.
- [6] 李然, 干宗良, 朱秀昌. 基于分块压缩感知的图像全局重构模型[J]. 信号处理, 2012, 28(10): 1416-1422.
- [7] Chen Huaixin, Liu Jie. A distributed compressed sensing for images based on block measurements data fusion[J]. Journal of Software Engineering and Applications, 2012, 5(12B): 134-139.
- [8] 李明阳, 柏鹏, 王徐华. 基于频谱池边界检测的宽带压缩感知方法[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2014, 26(1): 13-17.
- [9] 范念飞, 刘雨, 李庆, 张琳. 联合模拟网络编码和压缩感知的数据传输方案[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2012, 24(5): 566-572.
- [10] 邓世洋, 王安红. 残差分布式视频压缩感知[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(4): 1553-1556.
- [11] 李然, 干宗良, 崔子冠, 等. 联合时空特征的视频分块压缩感知重构[J]. 电子与信息学报, 2014, 36(2): 285-292.
- [12] Haupt J, Nowak R. A generalized restricted isometry property[R]. Wisconsin: University of Wisconsin Madison, 2007.
- [13] Baraniuk R, Davenport M, de Vore R, et al. A simple proof of the restricted isometry property for random matrices[J]. Constructive Approximation, 2008, 28(3): 253-263.
- [14] Mallat S, Zhang Z. Matching pursuits with time frequency dictionaries[J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1993, 41(12): 3397-3415.
- [15] Tropp J A, Gilbert A C. Signal recovery from random measurements via orthogonal matching pursuit[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2007, 53(12): 4655-4666.
- [16] Averbuch A Z, Neittaanmaki P, Zheludev V A. Deconvolution by regularized matching pursuit[M]//Spline and spline wavelet methods with applications to signal and image processing. Netherlands: Springer, 2014: 215-246.
- [17] Needell D, Tropp J A. CoSaMP: iterative signal recovery from incomplete and inaccurate samples[J]. Applied and Computational Harmonic Analysis, 2008, 26(3): 301-321.
- [18] Liu P, Li L. Variable metric method based gradient pursuit algorithm for compressed sensing[J]. Journal of Computational Information Systems, 2014, 10(10): 4129-4142.
- [19] 尹宏鹏, 刘兆栋, 柴毅, 等. 压缩感知综述[J]. 控制与决策, 2013, 28(10): 1441-1445.
- [20] Liu F, Fu W W, Tang H. Encoding and reconstruction about video image via compressed sensing[J]. Advanced Materials Research, 2013, 765: 2617-2620.
- [21] Giryes R, Nam S, Elad M, et al. Greedy-like algorithms for the cosparsity analysis model[J]. Linear Algebra and its Applications, 2014, 441: 22-60.
- [22] Needell D, Vershynin R. Signal recovery from incomplete and inaccurate measurements via regularized orthogonal matching pursuit[J]. IEEE Selected Topics in Signal Processing, 2010, 4(2): 310-316.

基于SiT-ROMP算法的视频封装帧压缩重构研究

作者：[郭青青](#)，[李雷](#)，[GUO Qing-qing](#)，[LI Lei](#)
作者单位：[南京邮电大学 非结构化数据计算与应用研究中心, 江苏 南京, 210023](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(8)

引用本文格式：[郭青青](#). [李雷](#). [GUO Qing-qing](#). [LI Lei](#) [基于SiT-ROMP算法的视频封装帧压缩重构研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(8)