文章编号：2096-1472(2017)-06-15-02

基于压缩感知的感兴趣区域编码

杜 梅[1]，曹蔚然[1]，赵怀慈[2]
(1.沈阳师范大学软件学院，辽宁 沈阳 110034；
2.中国科学院沈阳自动化研究所，辽宁 沈阳 110016)

摘 要：受无线信道带宽的约束，图像经传统图像压缩方法压缩并经无线信道传输后，图像质量受损严重，会影响后续探测识别结果的准确性，本文针对这个问题提出一种基于压缩感知(Compressed Sensing，CS)的感兴趣区域(Region Of Interest，ROI)图像压缩方法。首先，将位平面位移技术引入压缩感知，对获得的图像进行量化、位平面分解；然后位移ROI位平面，并给出编码方案；最后，在解码端通过解码、重构，得到ROI质量良好的重构图像。仿真结果表明，本文算法重构图像的ROI部分PSNR高于传统的压缩感知编码方法，验证了方法的可行性和有效性，从而为ROI图像编码提供了一种可行的解决方案。

关键词：感兴趣区域；压缩感知；位平面位移；探测识别
中图法分类号：TP751.1 **文献标识码**：A

Region of Interest Coding Based on Compressed Sensing

DU Mei[1],CAO Weiran[1],ZHAO Huaici[2]
(1.*Software Institute*,*Shenyang Normal University*,*Shenyang* 110034,*China*;
2.*Shenyang Institute of Automation*,*Chinese Academy of Science*,*Shenyang* 110016,*China*)

Abstract: In order to solve the conflict between the requirement for high image quality for detection and recognition task and the constraint of wireless channel bandwidth,the paper proposes a ROI(Region of Interest) coding algorithm based on compressed sensing.Compressed sensing is employed to compress images due to its excellent anti-interference capability,and bit plane scaling technology is introduced into it.First,the blocked compressed sensing signals are quantified and decomposed to bit planes.Then,the bit planes of the region of interest are shifted.Finally after decoding,the high-quality reconstructed ROI image is achieved.Experimental results indicate that the PSNR of the reconstructed ROI part encoded through the bit plane shifting algorithm is higher than that through the traditional compressed sensing coding technology. Therefore the ROI coding algorithm based on compressed sensing can improve the efficiency of the wireless image transmission system,and meet the requirements of target detection and identification better.

Keywords:ROI(Region Of Interest);compressed sensing;bit plane shifting;detection and identification

1 引言(Introduction)

用于目标探测识别的图像在采集后通常需要经无线传输到大终端，而无线信道普遍受带宽约束且噪声和电磁干扰严重，因此研究，即研究如何通过窄带宽传输后，仍然能够保持图像ROI区域的质量，即研究ROI图像压缩方法，对无线图像传输具有重要的意义[1]。

传统的ROI图像压缩技术，都以小波变换为基础，且以JPEG2000图像压缩标准为代表。其中提到的ROI编码方法[2]：位平面位移法广为熟知。JPEG2000以其压缩性能优越而著称，但抗噪性能不足，在信道传输过程中需要联合信道编码共同抑制噪声和干扰[3]。

CS是近几年提出的新的信号采样理论[4]。CS具有的压缩采样和抗干扰的优点使其非常适合于远程图像采集并传输[4,5]。很多需要远程传输的图像如卫星图像、水下图像、红外图像等具有对比度低、轮廓不完整、细节不清晰等特点，因此低对比度图像压缩采样后，如何提高重建图像的质量，是研究的重点和难点。本文在前人工作基础上，针对ROI图像压缩采样如何提高重建质量的问题展开研究，并将位平面位移的ROI编码技术引入CS，从而给出了ROI优先的图像压缩编码方案。

2 ROI编码(Coding of ROI)

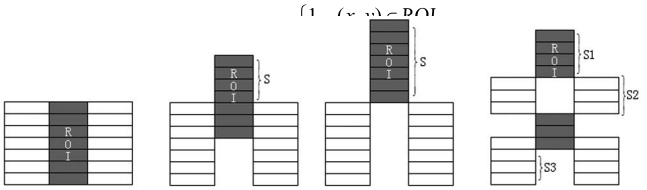
ROI图像编码过程中，重点是ROI区域编码以保证解码后ROI质量，JPEG2000压缩标准通过位移ROI位平面来实现，具体来说包括比例位移、最大位移和交错位移三种方法[6]。

基金项目：沈阳师范大学科研基金(L201516)；辽宁省自然科学基金项目(2013010420-401).

www.rjgczz.com

比例位移法是最基本的方法，它首先对图像进行变换和量化，再将量化得到的系数分解为多个位平面，然后设定位移量S，并将S层ROI位平面上移。编码策略为，上移的ROI平面优先编码，其余位平面延后编码，从而保证ROI比特流处于编码后数据前端。这种编码顺序的好处是即使由于传输干扰等原因导致图像数据传输中途被截断，也能优先保证解码ROI清晰度。在这里S值的设定决定了接收图像ROI的优先程度，应根据实际需要进行设置。比例位移法示意图如图1(b)所示。

对ROI的标识采用掩模及二值图像的方法，即ROI区域用1标识，非ROI区域用0标识，如下式所示：



(a)无位移 (b)比例位移法 (c)最大位移法 (d)交错位移法

图1 位平面位移示意图

Fig.1 Schematic diagram of bit plane scaling

将ROI位平面全部上移，如图1(c)所示，则为最大位移法，它的位移量满足：

$$S > \log_2(C_{\max}) \tag{1}$$

这里$C_{\max}$是非ROI数据量化后最大值。位移后，ROI位平面全部高于背景位平面，因此解码后的ROI质量不受S控制。

比例位移法和最大位移法都有各自的优点和不足，将二者优点综合即得到交错位移法，位平面示意图如图1(d)所示。

3 基于压缩感知的感兴趣区域编码与渐进传输方案(Scheme of ROI coding and progressive transmission based on CS)

传统CS编码方法为[7]：对CS数据量化、编码并传输。为使CS技术适用于ROI图像编码，我们将位平面位移技术与CS技术相结合。CS信号重构算法有多种，由于对高维图像数据采用分块压缩感知[8]测量，会引入块效应，因此重构时需要优化处理，选取适合的阈值迭代法进行重构。

IST算法的具体步骤如下：

步骤1：设定迭代终止值ε，对于每个分块$\boldsymbol{y}_B$，根据$\boldsymbol{x}_k = \tilde{\boldsymbol{\Phi}}_k^T \boldsymbol{y}_k$得到每个图像分块$\boldsymbol{x}_B$的初始值$\boldsymbol{x}_{B0}$；

步骤2：对图像$\boldsymbol{x}$进行Wiener滤波操作；

步骤3：对图像的每个分块$\boldsymbol{x}_{Bt}$，通过$\boldsymbol{\Gamma}_\lambda(\boldsymbol{x}_{Bt})$处理来更新估计值$\boldsymbol{x}_{B(t+1)}$；

步骤4：如不满足迭代终止条件，返回步骤2，如满足转到步骤5；

步骤5：输出最终重构图像$\boldsymbol{x}$。

编码基本思想为：采用位平面位移并编码代替传统CS数据编码，流程图见图2。编码过程为：

(1)将ROI对应到图像分块上，然后采用分块CS测量图像；(2)CS数据量化、位平面分解；(3)确定位移量S，并位移ROI位平面；(4)编码。

解码过程为：

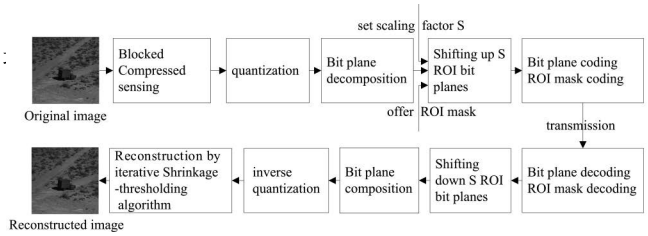


图2 基于压缩感知的比例位移编码流程图

Fig.2 Flow chart of general shift coding based on compressed sensing

4 实验结果与分析(Result and analysis of the experiment)

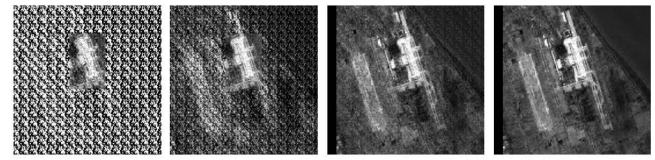
实验图像选自USC-SIPI Image Database数据库，图像大小256×256。CS采样率0.3位移量S=3，量化等级Q=7。将本文方法与普通CS方法做比较，以比例位移法为例。原图见图3。

首先解码ROI位平面，再解码ROI和背景位平面，实验结果如图4(a)—图4(d)所示。图4(a)为解码4层ROI位平面、1层背景位平面后的重构图像，记作$l_{roi}=4$，$l_{bg}=1$，其他图同理。可以看出，随着解码位平面的增多，ROI与背景清晰度差异逐渐缩小直至完全消除。相同码率下普通CS方法重构的图像如图4(e)—图4(h)所示。

(a)15.7dB (b)18.52dB (c)19.62dB (d)20.41dB

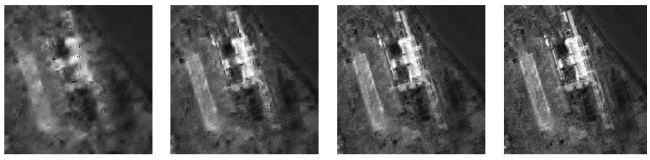
图3 原图

Fig.3 Original images



(a)0.34bpp 15.7dB (b)0.86bpp 18.52dB (c)1.35bpp 19.62dB (d)1.81bpp 20.41dB

($l_{roi}=4, l_{bg}=1$) ($l_{roi}=6, l_{bg}=3$) ($l_{roi}=7, l_{bg}=5$) ($l_{roi}=7, l_{bg}=7$)



(e)0.34bpp 14.54dB (f)0.86bpp 17.71dB (g)1.35bpp 18.89dB (h)1.81bpp 20.41dB

图4 比例位移法与普通CS编码重构图像比较

Fig.4 Comparison of reconstructed images between general shift and general CS coding method

(下转第14页)

www.rjgcz.com