

基于 LEON2 和 FPGA 的在轨图像小波变换模块设计*

马瑞敏**, 金声震

(中国科学院国家天文台空间天文技术实验室 北京 100012)

摘要:利用 Leon2 处理器核和具有丰富内部资源的 FPGA 芯片,为空间太阳望远镜(SST)图像压缩单元成功设计了高性能的基于纯硬件架构的(5,3)整数-整数二维小波变换模块。该模块对 $2048 \times 1024 \times 2B$ 的太阳图像进行变换耗时约为 0.2 s,比欧空局(ESA)的 DSP 软件方法提高了数十倍运算速度,不仅满足 SST 卫星在轨图像压缩的任务指标,而且在结构上也易于与之后的多种编码处理灵活衔接,同时还具有体积小、功耗低、容错性好、通用性强等特点,可以广泛应用于多种航天图像压缩领域。

关键词:SST;图像压缩;Leon2;FPGA;小波变换

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0086(2008)12-1682-04

Implementation of on-line wavelet transform based image compression with LEON2 and FPGA

MA Rui-min**, JIN Sheng-zhen

(National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The highly efficient (5,3) Integer-to-Integer wavelet transformation module is constructed for the data compression unit of space solar telescope(SST), which is developed by using Leon2 processor and FPGA chips. It only takes this module around 0.2 second to transform the images of sun with resolution 2048×1024 , which is much quicker than the DSP method designed by ESA. Besides that, this module can fulfill the requirements of SST, and structurally easily be connected to other subsequent programs; and with the nature of small size, low power dissipation, advanced fault-tolerance features and universal application, this module can be applied to various fields relating to space image compression.

Key words: SST; image compression; Leon2; FPGA; wavelet transform

1 引言

随着航天器飞行任务的不断加重与复杂化,载荷仪器高分辨率采集到的天文数据量明显增加,而卫星通讯能力的限制导致星载计算机必须完成大量包括图像压缩在内的处理任务。对于我国自主研制的太阳同步轨道观测卫星空间太阳望远镜(SST, space solar telescope, 简称 SST)而言,1750GB/天的科学观测数据进入星上科学数据处理系统(SDPU)^[1],经预处理后缩减为 40 GB,仍与 8 GB 的下传数据量存在矛盾,目前尚没有已投入实际使用的合适的现成压缩方案可解决。欧空局(ESA)是在 DSP 软件上使用 JPEG 标准来实现压缩的,速度为 1M 位/16 s(40 MHz 时钟),其中变换时间约为 4 s。不但压缩速度达不到 SST 的实时要求,从而采用大大增加系统资源负担的 DSP 处理器并行的离线压缩模式,而且基于 DCT 的编码方法去掉了图像低权重的高频系数,对于 SST 图像的高信噪比区域,会丢失其必需的 0.1" 的极限分辨率。此外,国内星上信息处理较为简单,可靠性要求也不高。

为了提高处理能力、降低压缩时间并减少星上资源消耗,我们利用 FPGA 高效空间结构和可重构性的优点,对 SST 图像压缩单元展开了纯 FPGA 硬件架构的研究,即放弃如 DSP 等体积和功耗大的处理器芯片,将具有高可靠性航天应用的 Leon2 处理器核直接置入 FPGA 中。同时针对 SST 图像对局部高分辨率重构的要求,我们采取在硬件中固化基于(5,3)^[2]整数-整数小波变换^[3,4]的图像压缩编码方法,而用 leon2 实现必要的控制和通讯功能。

我们应用上述思想研发了 SST 图像压缩单元中的(5,3)小波变换模块。本文在给出 SST 数据压缩需求的基础上,分析了可供选择的压缩方案和(5,3)小波图像变换算法,接着详细描述具体的结构设计和数据处理过程,并对模块进行了测试,结果表明其可高效满足 SST 卫星的压缩需求,最后对本文工作给予了总结。

2 设计需求

进行观测时,SST 卫星载荷仪器根据科学目标分为爆发模

收稿日期:2007-10-12 修订日期:2007-12-18

* 基金项目:国家高技术研究发展计划“863”资助项目(863-2.5.2.25)

** E-mail: rmdy@163.com

式、活动区模式和宁静模式,分别以 30 s、3 min、30 min 为周期进行循环操作。CCD 相机采集到的数据实时送入预处理单元(IMFU),除去图像序列的时间相关性并提高信噪比后,每周期产生 4 幅向量 Stokes 磁图,以 4 图/30 s 的最高速率进入图像压缩单元(DCU),经过消除帧内空间冗余量处理后再进入存储单元(DSU),由下传系统 DLS 送往地面,全部过程由管控机(CEU)进行控制协调。因此单幅图的压缩和传输总时间要小于 7 s,以通常图像变换耗时约占整个压缩过程的 25%来估算,小波变换模块处理数据的时间应小于 1.5 s,图像大小为 2048×1024×2B。根据卫星过顶时间和信道容量确定压缩比为 5,信噪比要求大于 26 dB。

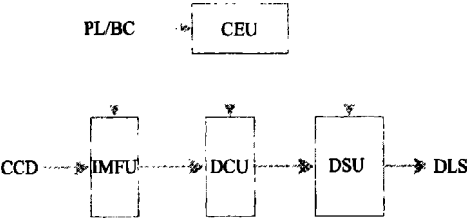


图 1 图像压缩单元的外围接口
Fig. 1 Peripheral interface of Data Compression Unit

3 算法分析

3.1 压缩方法选择

无损图像压缩具有较低的压缩比,即便其可以保证重构信息无失真,亦不能满足 SST5 倍压缩图像的要求,所以必须进行有损压缩。若采用对图像高信噪比区域进行无损或近无损压缩、而对其它区域进行有损压缩的办法,可以很好地解决高压缩比与图像重要信息重建质量之间的矛盾。

小波变换具有良好的时-频局域化特征,能在获得高压缩比的同时保留感兴趣区域的细节信息,并且它的多分辨率特性便于与人眼的视觉特性相结合,这些是传统的傅里叶变换、余弦变换等所比不上的,也因此成为满足 SST 图像压缩需求的有效方法。本文选择双正交(5,3)整数小波,不但易于 FPGA 实现,其所具有的对称性也使图像边界经延拓后的变换能达到最小化失真。

由于信号在小波变换域能量集中于少数系数上,采用某种确定的保留数据策略,丢弃不需要的数据,可大大减少存储量,从而也达到了图像压缩的目的。为最佳渐进传输与压缩设计的 SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) 算法[5]充分利用了小波变换后图像数据成树状分布的特点,支持多码率解码,并用了嵌入式编码,能够对输出比特率进行精确控制,压缩效率较高,缺点是运算复杂,速度较慢。基于天文数据处理的稀疏矩阵编码方法利用阈值将小波变换后高频区域大面积的小幅值系数置零,将高权重系数和其在阵列中的坐标作为编码结果和重构图像的基础。该算法可靠快速,硬件结构设计得当的情况下,可将通常编码时间大大缩短,不过性能比 EZW[6] (Embedded Zerotree Wavelets)、SPIHT 等算法差一些。以上压缩编码算法各有利弊,但经测试其硬件实现结果均可满足 SST 要求。

3.2 (5,3)小波提升算法与图像变换

小波变换是将一个时间函数在具有自适应时频窗的小波基下展开,即投影到一个二维的时间-尺度相平面。离散序列的小波理论与数字信号处理中多采样率双通道滤波思想一致,其中滤波器 H0 具有低通性质,滤波器 H1 具有高通性质,见图 2。

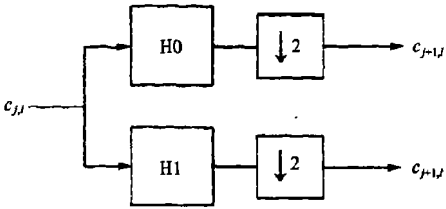


图 2 离散序列的双通道滤波
Fig. 2 Discrete wavelet transform expressed using two channels filter

对于(5,3)整数小波,H0 和 H1 长度分别为 5 和 3,它们的多相矩阵用提升格式(Lifting Scheme)[7]进行分解滤波的步骤为:

$$d_{j,l} = c_{j-1,2l+1} - [(c_{j-1,2l} + c_{j-1,2l+2})/2]$$
$$c_{j,l} = c_{j-1,2l} + [(d_{j,l} + d_{j,l-1})/4]$$

以上两式就是通常所讲的预测(predict)和更新(update),在 lazy 小波变换基础上进行,即把输入信号 $c_{j,l}$ 分裂(split)为偶数集合 $c_{j,2l}$ 和奇数集合 $c_{j,2l+1}$ 。相比一代小波所依赖的卷积运算,Lifting Scheme 大大降低了计算复杂度。

以图像数据作为初始离散序列进行二维小波变换时,将边界进行对称延拓,对行、列分别进行多尺度分析。每行/列一次分解得到的低频概貌 c_j 和高频细节 d_j 经重新排列分组后取代输入信号的位置,并不占用额外空间,可充分节省硬件资源。将概貌部分进一步分解,就得到下一尺度上的低频和高频信息。本文采用标准法小波变换,即对图像的所有行、列都进行四级分解。与常被使用的金字塔法、小波包变换法比起来,标准法采用了更高的方向分辨率,重建质量相对更好。

4 系统结构设计

4.1 硬件开发平台

本文所述系统在图 3 所示开发平台上构建完成。

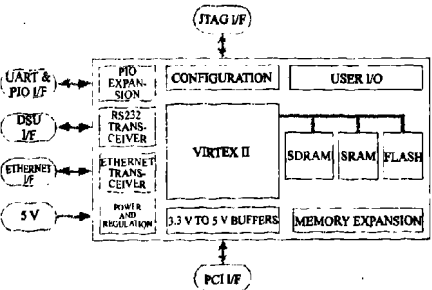


图 3 硬件开发板结构框图
Fig. 3 Frame diagram of the hardware development board

FPGA 为 Xilinx Virtex[®]XC2V3000, 作为高密度、高性能芯片的代表, 它逻辑资源丰富并支持多种接口标准, 大容量的 BlockRAM 为本系统并行处理模块的硬件结构设计提供了基础。Leon2 是一款开放的 32 位处理器 IP 核, 它是基于 Sparc V8 的可综合 VHDL 模块, 具有高度可配置性和良好可靠的容错性, 特别适合于航天应用。板上存储器包括 SRAM、SDRAM 和 FLASH, 另外配备一些辅助电路接口。

4.2 总体设计

关于二维离散小波变换的硬件结构,已有相关文献讨论了多种方案,各有其优缺点。其中文献[8]提出的图像分割方法将 $N \times N$ 大小的图像切分为 k 个 $q \times q$ 大小的子图像,然后把每个子图像完整输入到FPGA内部进行独立的压缩,将FPGA与外部存储器的数据交换限制为变换前子图像初始像素值的输入和压缩后编码结果的输出,对于通常遍历时需频繁访问外部RAM的SPIHT算法,很好地解决了有限带宽造成的瓶颈问题,而且对使用稀疏矩阵编码方法也没有造成任何影响。因此本文运用图像分割的思想,针对SST卫星空间应用和具体开发板情况,将文献[8]中的实现方法在模块结构、数据处理、存储访问和逻辑控制等方面做了很大变动和改进,使小波变换模块不但能够与多种压缩编码模块进行有效衔接,而且运算速度也比文献[8]有所提高。

将存放在 SDRAM 中 2048×1024 的图像切分为 $512 \times 64 \times 64$ 的子图像,鉴于有限序列边界延拓的必要性,为了避免打破图像完整性所带来的“方块效应”,并使行/列的一维离散小波变换(1D-DWT)的四级分解能够正常进行,切割面需要从相邻子图像“借”45 个像素值,从而未处在原图像边界的子图像共需 109×109 个数据参与运算^[8]。由于数据总线为 32 位,一个时钟只能向 FPGA 中的运算模块输入一行的 2 个相邻像素值,因此行变换只由一个 1D-DWT 单元来实现。为了提高处理速度,我们采用并行模块设计,通过一个输入数据选择单元,将两幅子图像分别送到两个互不关联的由变换模块和压缩编码模块组成的相同结构中进行运算存储,这样既能保证速度与资源占用之间的平衡,减少数据流输入的中断次数,又能防止出现时序混乱和存储覆盖。当一幅子图像全部压缩完毕后,外部 RAM 才能向同一变换模块输送另一幅子图像。

在单个变换模块内部,将行分解得到的小波系数存入双口 RAM1 中,两组独立的数据线可以使列变换以两个 1D-DWT 单元并行分解的结构来实现。最终结果小波系数存储在双口 RAM2 中,等待其后的压缩处理。FPGA 全部处理过程由一个控制单元进行管理协调。Leon2 负责与控制单元及外部模块通讯,并将可调参数(如阈值、信噪比等)置入其中以避免重复加载。系统的总体结构见图 4。

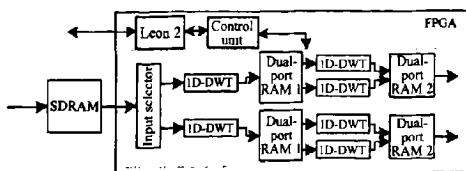


图 4 总体模块设计

Fig. 4 System design of the structure

4.3 一维小波的多级分解结构

行/列变换都是通过向 1D-DWT 单元连续输入初始信号序列来执行的。通常利用 FPGA 的结构特点对小波多级分解进行流水处理可以大大减少变换时间,并充分节省中间结果的存储空间。四个结构类似的串行处理器构成四级流水变换,每个处理器的基本内部设计如图 5 所示。

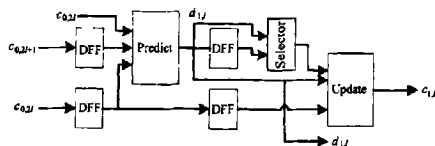


图 5 1D-DWT 单元各级处理器内部基本结构

Fig. 5 Basic structure of the processor for each transform level in the 1D-DWT unit

其中选择单元接收到控制单元根据子图像在原始图像中的不同位置发出的控制信号后,按照原图像边界和子图像切割面的不同延拓方式分别给予相应的数据过滤,使 Update 单元的运算误差达到最小。第一级处理器每个时钟输出一个低频系数和一个高频系数,而由于后一级变换的速度受前一级低频系数输出速率的制约,因此二、三、四级处理器内图 5 中表示为灰色的延迟寄存器在原位置增加至两个,它们在后两级中的触发时钟频率也依次减半。Predict 单元和 Update 单元结构比较简单,由加法器、减法器、移位寄存器和适当的触发器依相应运算步骤联接即可实现。

4.4 片内存储访问

对于一个 1D-DWT 单元,第一级和第三级变换结果的输出在时间上没有交叠,可以共用一个存储端口,同理,第二级和第四级的变换结果可以共用另一个存储端口,因此我们为行变换后小波系数划分存储区双口 RAM1,总容量理论上需 $109 \times 64 \times 16$ bits,但为了两列并行分解的需要,把连续两行的对应结果系数存到 RAM1 的同一个地址中,即把同一列的两个相邻系数放在一个存储字里,我们将 RAM1 数据宽度设为 32 bits。另外,要使列变换能互不干扰、独立地输入输出数据,还需要划分 $64 \times 32 \times 32$ bits 大小的双口 RAM2 来存储列变换后的小波系数,换为同一行的两个相邻系数占用一个存储字。

5 模块测试结果

我们在开发板上利用 PC 机环境对本文所设计的小波变换模块进行了测试,并根据结果对其性能作出分析。Leon2 通过 PCI 接口将 $2048 \times 1024 \times 2B$ 的不同太阳图像送入板上的 SDRAM 后,向控制单元发出确认信号,接着 FPGA 开始进行切割处理和分解运算,工作频率按星载处理器可靠性标准取 20 MHz。整个变换过程用时约 0.2 s,按前述总压缩过程通常时间消耗比例的分配,SPIHT 编码时间约占 75%,即 0.6 s,而稀疏矩阵编码由于算法相对简单且部分运算可与小波变换并行,速度可比 SPIHT 算法等结构复杂性编码提高一倍以上。因此,本文方法可以满足 SST 卫星的在轨压缩需求,并比 ESA 的 DSP 软件方法提高了数十倍的运算速度。此外,根据综合

分析报告来看,本设计最高能支持在 180 MHz 时钟频率下实现变换运算。

6 结 论

本文利用 Leon2 处理器核与 FPGA 成功设计出的(5,3)小波变换模块,在速度上满足了 SST 卫星的任务要求,并在结构上也易于与其后的多种编码处理灵活衔接,从而为 SST 在轨图像压缩提供了保障和应用选择空间。同时本文的纯硬件结构与通常 DSP 参与工作的功能模块相比,在资源节省、功耗和容错性方面都占有很大优势。此外,本模块的通用性和所支持的频率范围也使其能广泛应用于不同实时图像压缩领域。

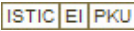
参考文献:

- [1] JIA Zhi-hong, GENG Li-hong, SUN Cai-hong, et al. Compression technique for onboard CCD image of space solar telescope[J]. Journal of Optoelectronics • Laser(光电子 • 激光), 2007, 18(3): 285-288. (in Chinese)
- [2] Cohen A, Daubechies I, Feauveau J. Biorthogonal bases of compactly supported wavelets[J]. Communications on Pure and Applied Math, 1992, 45: 485-560.
- [3] PENG Yu-hua. Wavelet transform and engineering application[M]. Beijing: Science press, 1999. 13-62. (in Chinese)
- [4] ZHANG Li-bao, YU Xian-chuan. Remote sensing image compression based on integer wavelet transform and double threshold alternating [J]. Journal of Optoelectronics • Laser(光电子 • 激光), 2006, 17(10): 1245-1249. (in Chinese)
- [5] Said A, Pearlman W A. A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, 6(3): 243-249.
- [6] Shapiro J M. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1993, 41(12): 3445-3462.
- [7] Sweldens W. The lifting scheme: a custom-design construction of biorthogonal wavelets[J]. Appl. Comput. Harmonic Analysis, 1996, 3(2): 186-200.
- [8] Ritter J. Wavelet based image compression using FPGAs[D]. Halle: Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, 2002.

作者简介:

马瑞敏 (1980—), 女, 河南省洛阳市人, 博士研究生, 主要从事空间电子技术及图像处理方面的研究。

基于LEON2和FPGA的在轨图像小波变换模块设计

作者: 马瑞敏, 金声震, MA Rui-min, JIN Sheng-zhen
作者单位: 中国科学院国家天文台空间天文技术实验室, 北京, 100012
刊名: 光电子·激光 
英文刊名: JOURNAL OF OPTOELECTRONICS · LASER
年, 卷(期): 2008, 19(12)
被引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. JIA Zhi-hang, GENG Li-hong, SUN Cai-hong [Compression tech nique for onboard CCD image of space solar telescope](#) 2007(03)
2. Cohen A, Daubechies I, Feauveau J [Biorthogonal bases of compactly supported wavelets](#) 1992
3. PENG Yu-hua [Wavelet transform and engineering application](#) 1999
4. ZHANG Li-bao, YU Xian-chuan [Remote sensing Image compression based on integer wavelet transform and double threshold altemating](#) 2006(10)
5. Said A, Poarlman W A [A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees](#) 1996(03)
6. Shapiro JM [Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients](#) 1993(12)
7. Sweldens W [The lifting scheme:a custorn-design construction of biorthogonal wavelets](#) 1996(02)
8. Ritter J [Wavelet based image compression using FPGAs](#) 2002

相似文献(9条)

1. 学位论文 谢华 应用于SST的基于JPEG2000的图像压缩技术研究 2006

本文对应用于SST的基于JPEG2000的图像压缩技术进行了研究。文章在对SST的观测数据以及压缩单元方案进行分析之后, 给出了具体的压缩任务指标。针对指标, 对JPEG2000做了可行性分析, 给出其各方面性能表现。由于SST数据量和JPEG2000计算量都很大, 讨论了几种加速可能性, 确定了多处理器并行的软件实现方案。为了减少并行处理器的个数, 着眼于JPEG2000算法的修改和简化。

在分析了时间瓶颈后, 文章对JPEG2000最消耗时间的Tier1编码提出了修改策略, 改变了编码顺序, 改变了率控制方法, 并在德国布伦瑞克技术大学计算机通信工程研究所的“VenusExpress”监测相机DPU平台上和SST的SDPU仿真平台上分别完成了仿真试验。修改后的算法大大简化了编码策略, 根据不同的压缩比, 在运算量上有不同程度的节约, 运算速度提高了1至5倍。重建图像在性能上没有明显下降, 完全能满足SST技术需求。修改后的算法减少了并行处理器的数目, 提高了航天可靠性, 降低了运营成本。此外, 对中德两种数据处理平台也做了比较, 结果显示中方基于DSP处理器的平台对于SST的在轨图像压缩任务占用的资源更少。

2. 期刊论文 朱希安, 金声震, 周金和, ZHU Xi-an, JIN Sheng-zhen, ZHOU Jin-he 小波变换分解层次对图像压缩效果的影响 -北京机械工业学院学报(综合版) 2006, 21(2)

小波分析(wavelet analysis)是近10年迅速发展起来的新兴学科, 具有深刻的理论意义和广泛的应用范围。简述了小波分析的基本原理, 重点地分析了采用嵌入式小波零树编码时, 小波变换分解层次对SST(空间太阳望远镜)图像仿真压缩效果的影响。结果表明, 随着压缩倍数的增加, 所需小波变换的分解层次亦应增加; 但当小波变换的分解层次增加到某一值时, 信噪比和峰值信噪比将基本保持不变。压缩倍数和小波变换的分解层次之间存在一个较佳匹配问题, 对此进行了较为详细的讨论。

3. 会议论文 贾志宏, 金声震, 耿立红, 王景宇 空间太阳望远镜星载图像压缩系统的研究 2006

受存储容量和对地传输能力的限制, 空间太阳望远镜(Space Solar Telescope, SST)15个CED采集的科学数据必须在轨进行5倍的压缩。在分析了SST对图像处理的需求基础上: 综合中德合作的离线压缩方案, 以及国内的设计能力, 提出实时在线压缩的方案; 采用基于小波变换的压缩算法, DSP和FPGA器件, 设计了星载压缩系统(Onboard Data Compression Unit, BCU)。仿真实验表明上述方法满足SST系统需求。

4. 期刊论文 马瑞敏, 王景宇, 王国权 空间太阳望远镜FPGA星载图像压缩模块的设计与实现 -宇航学报2008, 29(4)

应用(5, 3)整数小波变换和稀疏矩阵的游程编码方法, 为空间太阳望远镜卫星(SST)中的图像压缩单元(DCU)构建了一种高效高速的FPGA运算模块, 使DCU压缩2048×1024大小太阳图像的时间由原先中德联合设计的32秒减为0. 23秒, 压缩速度提高了两个数量级, 各项技术指标均满足SST科学任务需求, 为今后扩展功能及航天高精度遥感技术发展提供了宝贵的经验和技术储备。

5. 期刊论文 贾志宏, 耿立红, 孙才红, 金声震, JIA Zhi-hong, GENG Li-hong, SUN Cai-hong, JIN Sheng-zhen 空间太阳望远镜星载CCD图像压缩单元的研究 -光电子·激光2007, 18(3)

针对空间太阳望远镜(SST)卫星上海量的观测数据和在轨存储、下传能力有限的矛盾要求在轨压缩科学数据, 本文在分析SST星载CCD图像压缩需求基础上, 根据空间环境的限制和国内的设计研制能力, 采用基于小波变换(DWT)和稀疏矩阵压缩的压缩算法, 设计了星载压缩单元(DCU), 并在DSP加FPGA结构的硬件平台上进行算法仿真和系统联试。测试结果表明, DCU可以在6 s内对2 048×1 024 pixels的太阳图像进行大于5倍压缩, 压缩信噪比(SNR)优于26 dB, 均满足SST图像压缩需求。DCU实现了星载图像处理系统的国产化设计, 已通过验收。

6. 学位论文 马瑞敏 空间太阳望远镜星载图像压缩FPGA模块的研制 2008

空间太阳望远镜(Space Solar Telescope, SST)是一颗大型天文观测卫星, 它将以0. 1角秒的高分辨率对太阳活动区磁场进行精细观测。SST装载

5个有效载荷,共具有15个成像CCD相机,它们高空间、高时间分辨率地采集来自太阳的信息,每日产生1750GB的天文观测数据,经辐射校正、几何校正、图像积分等预处理后缩减为原先的1/40。然而由于卫星通信能力的限制,下传的数据总量只达8GB,因此SST的数据压缩系统(Data Compression Unit, DCU)必须在轨完成5倍以上图像压缩。

本文根据SST的科学目标和任务需求,在分析并研究了中德合作设计、改进JPEG2000和样机的DSP软件方法等实现方案和已有文献对压缩算法结构的相关设计后,采用(5,3)整数小波变换和稀疏矩阵的游程编码方法为DCU构建了一种新的高效高速的FPGA运算模块。在模块结构的具体设计中,使用了并行处理、流水线技术、串并转换方法和技巧,并将变换单元与编码单元进行了有效衔接,使得它们可以实现部分并行处理,避免重复读写外部RAM,充分节省了硬件资源,并大大提高了速度。

本文的FPGA压缩模块不仅达到了SST的各项技术指标,而且与以往的设计方法相比,使得在轨图像压缩时间有了量级的缩短,为SST卫星的星载处理、功能扩展和航天应用提供了可靠的保证,同时为我国其它卫星的高速数据处理和图像压缩技术发展提供了宝贵的经验。

关键词: SST;图像压缩;FPGA;小波变换;稀疏矩阵;RLE

7. 期刊论文 [贾志宏. 金声震. 耿立红. 王景宇. JIA Zhi-hong. JIN Sheng-zhen. GENG Li-hong. WANG Jing-yu 空间太阳望远镜星载图像压缩系统的研究 -光学技术2006, 32\(z1\)](#)

受存储容量和对地传输能力的限制,空间太阳望远镜(Space Solar Telescope, SST)15个CED采集的科学数据必须在轨进行5倍的压缩.在分析了SST对图像处理的需求基础上:综合中德合作的离线压缩方案,以及国内的设计能力,提出实时在线压缩的方案;采用基于小波变换的压缩算法, DSP和FPGA器件,设计了星载压缩系统(Onboard Data Compression Unit, BCU).仿真实验表明上述方法满足SST系统需求.

8. 会议论文 [朱希安. 范京. 金声震. 宁书年 嵌入式小波零树压缩算法在SST图像仿真压缩中的应用 2004](#)

SST(空间太阳望远镜)科学卫星是中科院重点支持的国家863重大科研项目. SST每天获取的数据处理后,待下行传输的数据量约为50GB,而由信道容量和卫星过顶时间决定了每天可传输的数据量仅为10GB.所以整个数据必须进行压缩才能满足下传到地面的要求.小波分析(Wavelets Analysis)是近十年迅速发展起来的新兴学科,具有深刻的理论意义和广泛的应用范围.本文阐述了小波分析的基本原理,重点地分析了采用嵌入式小波零树编码三种小波的SST图像仿真压缩效果.结果表明采用嵌入式零树小波压缩编码算法完全能够满足SST图像压缩的要求.

9. 学位论文 [田丽霞 空间太阳望远镜中图像的小波压缩算法及软件设计 2002](#)

该文主要介绍了空间太阳望远镜中图像的小波压缩算法及软件设计.具体如下:从工程的角度简要介绍了小波变换的基本理论,然后在此基础上提出二维小波变换程序设计过程中遇到的几个问题及其解决办法.由嵌入式小波零树编码(EZW)引入,详细阐述了其变体——“基于集合划分的等级树编码(SPIHT)”的算法思想,以及SPIHT编程序设计过程中遇到的一些问题.实验结果表明,小波SPIHT编码已足敷SST应用.为了进一步提高图像压缩质量,在SPIHT编码的基础上引入了算术编码.该文简单介绍了算术编码的基本思想,实验结果表明,在小波SPIHT编码的基础上加入算术编码,图像压缩效果有所改善.小波包图像压缩是当前小波包图像压缩领域的一个新热点,前人已经在这方面做了很多工作.该文介绍了小波包的基本概念,并着重介绍R-D小波包优选算法;阐述了零树编码应用于小波包图像压缩时出现的不规则父子关系及其解决办法;针对R-D小波包优选算法与零树编码相结合时量化精度不“匹配”的问题,创造性地提出修正R-D优选算法的思路;实验结果表明,在较大的压缩比(较大比特率)下,采用修正R-D优选小波包零树编码方案可以得到比前人的最大熵优选小波包零树编码方案更优越的图像压缩效果.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gdzjg200812027.aspx

授权使用: 陕西理工学院(sxlgxy), 授权号: f9518f87-09b7-4da8-8d5a-9df20107cda5

下载时间: 2010年9月15日