

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5461. 2012.03.002

高分辨率 CCD 压缩视频的快速存取及实现

陈苏婷, 张燕

(南京信息工程大学江苏省气象探测与信息处理重点实验室, 江苏 南京 210044)

摘 要: 针对航测高分辨率 CCD 巨量压缩视频数据的存取, 提出了一种基于文件结构的快速存取系统方案, 并给出了该方案在实际存储器中的实现结构。该存取系统主要由图像基本信息和详细信息组成。图像基本信息包括帧号、缩略图、编码长度和地址。通过图像帧号获得图像的基本信息, 实现快速浏览; 并可进一步读取任意帧图像的详细编码信息。同时, 构造了基于小波变换的缩略图方法, 并通过对相关存取结构的设计, 给出了整个存取系统在存储器中的实现。通过对该系统的研究, 可高效快捷地实现对任意帧图像数据的快速存取和查找, 大大提高了工作效率。

关键词: 图像与信息处理; 快速存取; 文件; 小波变换

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1007-5461(2012)03-0265-04

Quick access method and realization of high resolution CCD compressed video

CHEN Su-ting, ZHANG Yan

(Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Observation and Informaiotn Processing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Aimed at the access of high resolution CCD compressed video in aerial photography and measurement, a quick access scheme based on document structure is put forward. The access system consists of basic and detail image information. The realization structure of the system is proposed in practical memory. On the one hand, image basic information includes frame number, thumbnail, encoding length and address. Through frame number, image basic information is acquired and quick view is implemented. Furthermore, detailed encoding information can be accessed through related image detailed information. On the other hand, thumbnail displaying method based on wavelet transform is designed. Through above access structure, the whole access design was realized. Through the whole access system of compressed high-resolution CCD data, quick view and access were implemented rapidly and efficiently.

Key words: image and information processing; quick access; document; wavelet transform

1 引 言

在实际的航空摄影测量系统中, 高分辨率 CCD 视频的数据量是惊人的。高分辨率 CCD 像素达 9216×9216 , 数据分辨率为 12 bit, 则单幅图像数据量就高达 162 MB。由于一次飞行要拍摄千幅图像, 整个 CCD 视频数据量是巨大的^[1]。对于如此海量的 CCD 图像数据, 即使经过实时压缩数据量也是惊人的^[2,3], 给压缩视频的快速访问和浏览带来了压力。因此, 实现海量压缩视频的快速存取, 将有助于提高信息存取速率, 提高效率。本文将从“文件”的角度出发, 将整个压缩视频看成一个“文件”, 通过对这个庞大“文件”

基金项目: 江苏省产学研联合创新基金项目 (BY2009105)、中国博士后科学基金 (2011M500940)

作者简介: 陈苏婷 (1980-), 女, 江苏南京人, 博士, 副教授, 主要从事实时信号处理研究, E-mail: sutingchen27@163.com

收稿日期: 2011-05-16; **修改日期:** 2011-06-09

存取方法的研究,提出了基于文件结构^[4]的快速存取系统方案,并设计了基于小波变换的缩略图方法,很好地实现了对海量连续的 CCD 视频的快速存取。

2 基于“文件”的存取系统设计方案

针对实际工程应用,航测高分辨率 CCD 压缩视频数据具有如下特点: 1) 数据量巨大,单幅图像数据量就达到 162 MB。2) 由于每帧图像拍摄内容不相同,图像包含的信息冗余量不同,导致每帧图像的压缩比不同,所以压缩后的每帧图像数据长度是不等长的。同时,对于高分辨率 CCD 视频快速存取系统,要实现以下两大功能:首先通过图像帧号得到图像的基本信息,实现图像的快速浏览;另外,还需要进一步读取任意帧图像的详细编码信息。

结合上述高分辨率 CCD 视频数据的特点和系统的两大功能需求,对于超分辨率 CCD 视频数据这个庞大“文件”,采用如下组织结构,如图 1 所示。把每帧图像作为文件的一个“记录”,每条记录^[5,6]主要包含两部分,即图像的基本信息和图像压缩编码的详细信息。其中,图像基本信息由每帧图像的一些简单信息组成,通过它一方面可以了解图像的基本信息,另一方面,也可用于访问图像的详细信息。每帧图像的基本信息包括帧号、缩略图、压缩编码长度和地址组成,且每帧基本信息长度相等。帧号主要反映了图像的拍摄时间顺序;缩略图是图像的一个概貌,用于表征图像拍摄的大致内容;压缩编码长度是图像编码后的长度;地址是压缩数据存放起始地址,从当前地址开始,它结合压缩编码长度用来访问压缩图像详细信息,从这个意义上讲,图像基本信息相当于每幅图像,即每条记录的一个目录。图像详细信息主要指图像压缩后,按一定格式存放的编码数据。

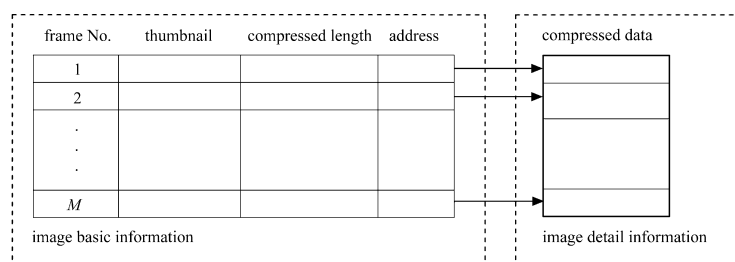


Fig.1 Realization structure of access system

3 缩略图的原理及实现方法

要实现视频信息的快速有效存取,每帧图像,即每条记录的图像基本信息的获得是关键。而在上述图 1 存取系统的实现结构图中,缩略图的获取是图像基本信息的核心内容。缩略图获取的常用方法有:抽点法、感兴趣区域显示方法和像素合并方法^[7,8]等。

抽点法是利用分频技术降低对图像数据的采样频率,实现对图像数据的抽点采样。该方法的优点在于实现简单,仅需通过简单的分频即可实现,然而图像显示效果差。

感兴趣区域法仅关注图像的部分区域。为实现对感兴趣区域的快速实时显示,需要确定感兴趣区域波门大小,并构造 6 个寄存器(行计数器、列计数器、列起始地址、行起始地址、行宽、列宽)。当 CCD 图像数据输入时,启动行、列计数器,只有行计数器和列计数器分别等于行起始地址和列起始地址,并在行宽和列宽范围内时,对原始图像予以保留,否则予以舍弃。

像素合并方法是一种将几个相邻像素合并成一个像素的方法。假设原始图像像素分辨率大小为 $M \times N$, $n \times n$ 为合并的像素数。则 $n \times n$ 像素合并方法采用的是将相邻 n 行 n 列数据相加求均值的思想,公式为

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=i}^{i+n-1} a_{kj} + a_{k,j+1} + \cdots + a_{k,j+n-1}}{n \times n} \quad (1)$$

由公式(1)可知,该方法仅用一个像素就可代替原始图像的 $n \times n$ 个像素,大大降低了图像分辨率,从而

实现图像的快速浏览。可见，采用像素合并方法可在一定程度上减少采用基于抽点显示的快速浏览方法带来的图像失真问题，然而该方法会出现图像的模糊效应。

针对上述缩略图方法各自存在的不足，提出一种基于小波变换的缩略图方法。小波变换以其良好的多分辨分析和“数学显微镜”特性，在图像压缩处理中取得了极好的应用^[9,10]。小波变换把信号分解为多个具有不同时间和频率分辨率的信号，从而可以在一个变换中同时研究信号的低频和低频信息，其中变换后得到的低频信息分量就可以用于代表图像的概貌，作为缩略图。图 2 给出了原始图像进行 3 层小波变换的分解示意图， LL_3 分量表示 3 层小波分解后的低频子带分量， HL_n 、 LH_n 和 HH_n 分别代表水平、垂直和对角线方向高频子带分量。由于 LL_3 分量即可大致反映图像基本信息，则得到原始图像的缩略图。

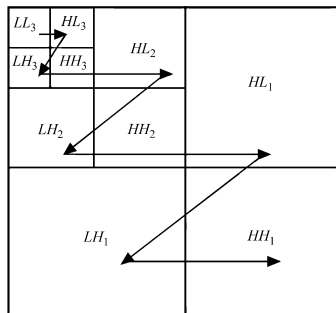


Fig.2 The decomposition of wavelet transformation

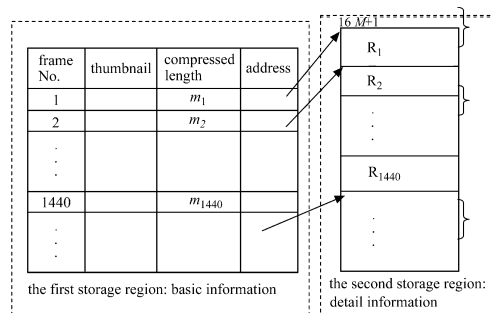


Fig.3 The configuration of storage region

4 高分辨率 CCD 压缩视频存取结构的实现

4.1 存取结构设计

在本系统中，采用 SCSI 硬盘实现高分辨率 CCD 压缩视频的存取。在实际航测系统中，由于单幅 CCD 图像的像素分辨率为 $9k \times 9k$ ，数据分辨率为 12 bits。假设一次飞行过程持续 2 h，最短拍摄间隔为 5 s，则一次飞行下来总共拍摄 1440 帧图像。12 位按像元分辨率 2 字节考虑，如不进行压缩，则一次飞行下来的总数据量为 233 GBytes，须通过 2 个硬盘组成阵列才能实现对一次飞行下来的所有 CCD 图像数据的实时存储。若飞行时间更长，则需要多个硬盘组成阵列，整个存储记录系统显得极为庞大复杂。经过对 CCD 图像数据的实时压缩，对像素分辨率高达 9216×9216 的 CCD 图像，平均每像素仅需 5.81 比特，则压缩后的总数据量为 85 GBytes，仅用一个硬盘就可实现对一次飞行下来所有压缩图像数据的实时存储，大大减少了系统体积。

对于上述庞大的整个视频图像数据文件，由于文件每条记录中，即每幅图像的基本信息的长度是定长的，因此给每个数据项分配的存取空间也是等长。图像基本信息所需存储空间设计如下：“帧号”主要反映了图像的拍摄时间顺序，按一次飞行下来拍摄 1440 幅图像计算，则用 11bit 即可表示图像帧号的数据大小。由于分配空间采用字节的表示方式，“帧号”需要 2 Byte 的存储空间。“缩略图”是图像的一个概貌，用于表征图像拍摄的大致内容，若按 6 层小波变换计算，则得到的每帧缩略图大小为 $(9216/64) \times (9216/64) \times 2 = 41472 \text{ bit} = 5184 \text{ Byte}$ 。因此“缩略图”需要 5184 Byte 的存储空间。“压缩长度”是图像压缩编码后的长度，由于压缩后的每帧图像数据不相等，压缩后图像平均比特率最高的一帧图像为 6.0124 bpp，按此标准计算，则压缩后的图像数据量为 $9216 \times 9216 \times 6.0124 = 510661125 \text{ bit}$ ，最多需要 29 位 bit 的编码长度。为此，设计“压缩长度”需要 4 Byte 的存储空间。“地址”是压缩数据存放的起始地址，从这个地址开始，它结合压缩编码长度用来访问压缩图像详细信息，由于压缩后的总数据量为 85 GBytes，需要 37 位 bit 表示，则“地址”需要 5 Byte 的存储空间。

可见，按一次飞行拍摄 1440 幅图像计算，则图像基本信息共需要的存取空间容量为

$$(2 + 5184 + 4 + 5) \times 1440 = 7480800 \text{ Byte} = 7.48 \text{ Mbytes} , \tag{2}$$

而图像的详细信息即为压缩后的总数量，其需要的存储空间为 85 GBytes。则一个 SCSI 硬盘存储器完全可以满足对 CCD 文件中图像基本信息和详细信息的存储。

4.2 高分辨率 CCD 压缩视频存取结构的实现

基于上述设计分析,将视频存储器 SCSI 硬盘的地址空间作如下分配:由于图像基本信息仅需 7.48 Mbytes 的存储空间,为计算方便,将存储器相对应的 0 ~ 16 Mbytes 的地址空间作为第一存储区。而将剩余的地址空间分配给第二存储区即图像的详细。整个存储区配置结构图如图 3。

由此可见,本系统的优点在于可以一次性写入,多次读出。整个压缩视频存取流程如图 4 所示:当视频数据输入时,首先将图像的帧号、缩略图、编码长度和地址这些图像的基本信息写入存储器相对应的地址空间。其中,地址是压缩数据存放的起始地址,第一帧的起始地址为 $16M + 1$,下一帧起始地址为上一帧结尾地址加 1,根据地址信息结合压缩长度,可以将图像的详细信息写入存储器相对应的地址空间。依次循环,直至将所有帧图像信息写入存储器。而从 SCSI 硬盘读出任意帧图像信息,则十分方便。首先,通过随机存取方式,只需输入图像帧号,即可得到图像的基本信息,在图像基本信息的数据项中,通过基本信息中缩略图这一数据项,可以实现对当前帧图像的快速浏览,得到当前帧图像的概貌。如需进一步获得当前帧图像数据的详细信息,则通过文件基本信息中的“地址”数据项的指针,结合“压缩长度”数据项,找到 SCSI 硬盘存储器相对应的详细信息的地址空间,通过地址映射,可以方便地对当前帧的详细信息进行读取。

5 结 论

针对实际工程应用,对压缩后的高分辨率 CCD 视频数据的存取问题进行了研究。论文从文件的角度出发,将一次飞行下来的所有 CCD 压缩视频看成一个文件,研究了视频图像数据文件的快速存取方法,并提出了庞大的视频图像数据文件的组织结构。针对应用的存储器 SCSI 硬盘,给出了压缩后的海量连续 CCD 图像数据流在该记录系统中快速存取的实现。由此,可以高效快捷地实现对任意帧图像数据的快速存取和查找,大大提高了工作效率,具有十分重大的工程意义。

参考文献:

- [1] Chen Suting. Intelligent real-time CCD data processing system based on variable frame rate [C]. *ISPDI*, 2009, 7384(1): 562-567.
- [2] Chen Suting. A lossless compression algorithm based on high resolution CCD images [J]. *Semiconductor Optoelectronics* (半导体光电), 2008, 29(6): 976-979 (in Chinese).
- [3] Chen Suting. FPGA design and implementation of image compression based on IB-IWT [J]. *Information and Control* (信息与控制), 2009, 38(1): 110-113 (in Chinese).
- [4] Jiang Kehua, Dubois E. Lifted wavelet-based image dataset compression with column random access for image-based virtual environment navigation [C]. *IEEE International Workshop on Digital Object Identifier*, 2005, 136-139.
- [5] Khan T H, Shahabuddin G M, Wahid K. Design of a bridge to randomly access high speed image sensor pixels in embedded systems [C]. *ICECE*, 2010, 3(5): 450-453.
- [6] Khan T H, Wahid K. Towards design of a bridge to enable high speed image sensors for random access [C]. *ICM*, 2010, 431-434.
- [7] Peng Yuhua. *Wavelet Transform and Engineering Application* [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [8] Fu Lihui. Application of a speech recognition about robust feature which combines wavelet with spectral compression scheme [J]. *Chinese Journal of Quantum Electronics* (量子电子学报), 2009, 26(4): 398-404 (in Chinese).
- [9] Jin Zheng. *Control of CCD Camera and High Speed Image Data Transmission Technology* (CCD 相机的控制与高速图像数据传输技术) [D]. Chengdu: Masterial Thesis of Institute of Optics and Electronics, Chinese Academy of Sciences, 2006 (in Chinese).
- [10] Haibo L, Lundmark A, Forchheimer R. Image sequence coding at very low bit rates [C]. *IEEE Trans. on Image Processing*, 2008, 3(5): 589-609.