

# 基于 LCTF 的艇载高光谱数据采集与存储

## Hyper Spectral Data Acquisition and Storing System Based on LCTF

(1.中国科学院合肥智能机械研究所;2.中国科学院  
安徽光学精密机械研究所;3.解放军炮兵学院)

方薇<sup>1</sup> 罗军<sup>2</sup> 钱玮<sup>1</sup> 易维宁<sup>2</sup> 张冬英<sup>3</sup>

FANG Wei LUO Jun QIAN Wei YI Wei-Ning ZHANG Dong-ying

**摘要:** 本文介绍了一种基于液晶可调谐滤光片 LCTF 的艇载高光谱数据采集系统,采集系统是由光学镜头、LCTF 和 CCD 探测器组成, 试验中采用电调谐 LCTF 方法获取从 420nm 到 720nm 16 个波长的带宽分辨率为 20nm 的高分辨率地物光谱数据。文章阐述了基于 PC 104 计算机的数据采集与存储系统软硬件设计思路, 介绍了一种可方便存储与读取的遥感数据文件格式 HDF。试验验证了该系统可满足高光谱遥感实际应用的需求。

**关键词:** 数据采集; 高光谱遥感; 液晶可调谐滤光片; HDF

中图分类号: TP368; TP73

文献标识码: B

**Abstract:** Based on LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter) a hyper spectral data acquisition and storing system onboard of airship is introduced in the paper. The data acquisition system consisted of an optic lens, a LCTF and a. CCD camera. Using by electric tune method, the hyper spectral data of the objects on ground which consists of 16 wavelengths from 420nm to 720nm with 20nm high resolution were obtained at the experiment. The system function and structure of PC104 based hardware and software are elaborated. In the system a HDF data format which specially suites for remote sensing field was used for data storing. The experiments showed that this data acquisition system could meet the requirements of a remote sensing application.

**Key words:** Data acquisition; Hyper spectral Remote Sensing; Liquid Crystal Tunable Filter; HDF

技术创新

### 引言

根据光谱学理论, 不同物质的分子结构特征和形状决定了其反射、吸收和辐射的电磁波特性。人们将成像技术与光谱技术结合在一起发展了多光谱成像和高光谱成像, 利用高光谱图像可有效地区分和识别地物, 从而大大提高了遥感应用的范围与能力。高光谱遥感是当前遥感的前沿技术, 具有波段多, 光谱分辨率高的优点, 因而被广泛地应用于国土资源、生态、环境监测和城市遥感 1 中。艇载高光谱数据处理系统采用小型的嵌入式计算机 PC/104, 它具有良好的稳定性、兼容性、抗震性以及低功耗(1W-2.5W)等特点, 从可靠性出发, 我们将固态电子盘作为存放控制程序和图像数据的外存储设备。

### 1 LCTF 高光谱数据采集系统介绍

对于低空艇载遥感平台而言, 为了便于后期图像的数据处理如自动拼接、定标、仿真、三维重现等, 需要获取高质量、高分辨率的图像数据, 高光谱数据除了二维几何图像外, 还包含了光谱维。液晶可调谐滤光片 LCTF(Liquid Crystal Tunable Filter)与红外相机是整个高光谱数据采集系统的重要部件, 它们共同组成了多波段成像系统。LCTF 成像光谱范围覆盖了从可见光到近红外波段, 光谱带宽分辨率从 5nm-20nm 可选。相对于传统的滤光片, 现在采用的是一种电调谐的 LCTF<sup>2</sup>, 它用电调谐代替机械滤光片转轮, 由于具有能实现波段的快速调谐; 有较

高的空间分辨率和光谱分辨率; 体积功耗小; 重量轻; 控制方便; 对平台稳定性要求较低等优点, 因而成为新一代高光谱数据采集的核心部件。数据采集与处理则由稳定性好、体积与功耗小的 PC104 嵌入式计算机进行操作与控制。

#### 1.1 系统结构

基于 LCTF 技术的高光谱成像系统由光学镜头、液晶可调谐滤光片 LCTF 和电荷耦合器件 CCD (charge-coupled device) 图像探测器组成。图 1 是相机外部结构图。其工作原理是: 地物反射的太阳光经过光学镜头, 由 LCTF 调谐滤波, 在 CCD 面阵探测器成像, 通过 CCD 相机的 Camera Link 接口由 PC104 采集卡完成对 CCD 相机的目标图像数据的获取, 经由 PCI 总线存放到 PC104 内存缓冲中, 最终以文件形存储在硬盘上。图 2 为相机与 PC104 系统连接的结构图。

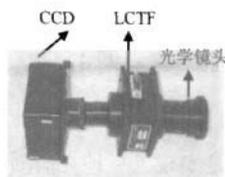


图 1 LCTF 相机外部结构

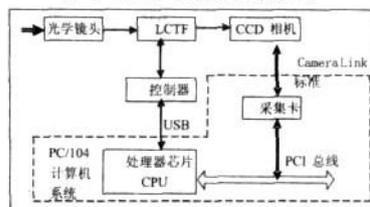


图 2 数据采集系统结构

方薇: 工程师

基金项目: 高分辨光谱大气环境遥感监测新技术研究

(2006AA12Z131)

颁发部门: 国家高技术研究发展计划(863 计划)

#### 1.2 软件设计

高光谱数据采集模块通过总控模块的指令控制,分别实现对相机的初始化(开/关机、加载动态连接库、开辟图像存储缓存)、工作模式设置(包括曝光时间、波长选择和循环拍摄次数等)、采集/存储和数据选择性下传等功能。图3为数据采集模块工作流程。所有应用软件均用C++语言开发。

### 1.3 LCTF 相机的数据采集

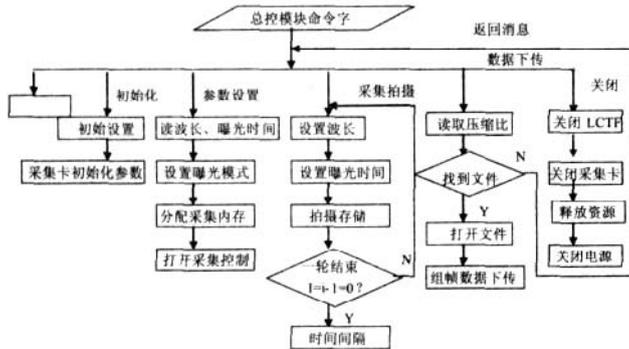


图3 LCTF 采集模块程序流程

液晶可调谐滤光片 LCTF 是一种新型光器件,它在很宽的光谱范围内有高的透过率。本系统中 LCTF 相机的波段范围设定为 420nm 到 720nm,共计 16 个波段,带宽分辨率 20nm,波长精确度为 7/8 nm,调谐反应时间最大为 50 毫秒,半角可视范围 7.5 度,最大帧频 10fps。

艇载主控计算机 PC104 通过 USB 口向 LCTF 控制器发送电调谐命令及对滤光片进行初始化操作,由电信号的强弱实现对波长的调谐。对 LCTF 相机的拍摄操作是由计算机通过 PCI 总线向采集卡发送拍摄指令,采集卡遵循 Camera Link 协议对 CCD 相机接口进行拍摄控制。

高光谱采集系统中,CCD 相机主要实现地面图像数据的采集。CCD 面阵探测器分光敏区和蔽光区,探测器光敏区 1024 x 1024 个像元在曝光期间根据地物光强积累电荷,一旦曝光完毕,光敏区内积累的电荷被高速地转移到另外一个 1024 x 1024 像元的蔽光区;在蔽光区,图像帧被每次一行地读出,与此同时,下一帧又开始曝光。本系统采用 DALSA 公司 1M30 型科学级数字 CCD 相机,该相机探测器是帧转移体系结构,具有像元复位和反晕功能,无需快门,像元分辨率为 1024 x 1024,视场角 16.6 度,在飞艇移动平台高度 500-1000 米时,地面分辨率为 0.1-0.2 米,数据精度 12 位,帧频可达每秒 30 帧,即对一个波段的图像数据 CCD 可以在 33.3ms 内完成采集。考虑到 LCTF 电调谐的最大响应时间需 50ms,因此 LCTF 相机帧频设定为 10 fps,即每获取一组 LCTF 原始 16 个波长的图象数据需要 1.6 秒。上述采集速度满足艇载飞行平台在某一定点低空稳定平衡时间 2 秒的要求。

基于 PC/104 的高光谱数据采集系统已成功应用于低空高分辨光谱大气环境遥感监测。图 4 是在湖北地区获取的部分高光谱立体图像数据。试验过程中 LCTF 装置垂直于地面观测,高度 500 米;试验中 LCTF 从 420nm 调谐到 720nm,间隔 20nm,一组数据共 16 个波长。图 4 为 680, 700, 720nm 连续 3 个波长的图像数据。由图可见,该高光谱数据采集系统分辨率较高,成像质量较好。

## 2 LCTF 相机的数据存储

文件是数据保存的主要形式,目前国际上普遍采用 HDF 文件格式存储遥感数据。HDF 是一种自我描述、多对象的文件格式 4,主要用于存储和分发科学数据,易于容纳将来新增加的

数据模式,且与其他标准格式兼容性好,它是一个计算平台无关的文件格式,HDF 文件格式已经成为遥感应用中应用最广的格式之一。

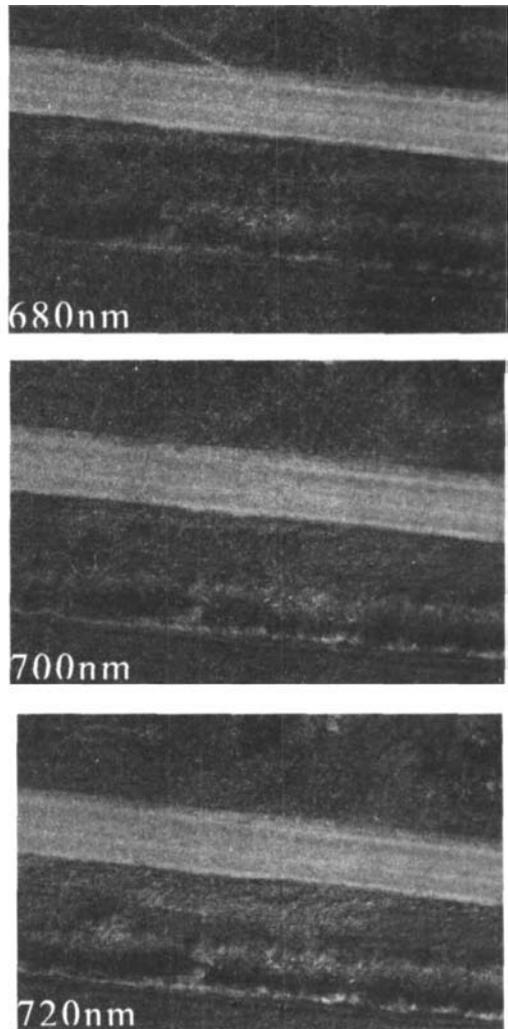


图4 680-720nm 局部图像

LCTF 高光谱数据采集系统搭建于低空艇载飞行,由于飞行平台的可移动性,且 16 波长图像并不是在同一时间内成像,所以采集获得的高光谱图像数据必须先进行图像配准,才能进行后期数据分析和应用。实验中通过配准、定标等数据处理,最终将 16 个原始图像 raw 格式文件合并生成 HDF 格式标准遥感图像文件,存储于硬盘中。按采集周期 2 秒计算,获取 16 个不同波长的数据,故数据量为 1024 x 1024 x 16 x 12bit=240Mbit。实际存储器开设 2byte 来容纳 12 比特的数据,故实际存储量为 1024 x 1024 x 16 x 16bit=268Mbit,即占 32MB。

### 2.1 HDF 文件结构与数据类型

#### 2.1.1 文件结构

HDF 文件格式比较复杂,在一组文件里,可以包含许多不同种类的信息。每一个 HDF 文件结构包括一个文件号(file id)、至少一个数据描述符(data descriptor)、没有或多个数据内容(data element)。文件头是一个 4 字节的值,占用 HDF 的前 4 个字节,是文件格式的标志。数据描述符 12 字节长,由 4 个域组成,分别为:一个 2 字节的标签、一个 2 字节的引用字、一个 4 字节的的数据偏移量以及一个 4 字节的的数据长度。数据内容是数据对象的原始数据部分,包含每个象素的值,它的大小由数据描述符最后 4 字节的数据长度确定。

## 2.1.2 数据类型

HDF 文件主要有 6 种基本数据类型, 分别是: 光栅图像、调色板、科学数据集、注解、虚拟数据和虚拟组。HDF 为每一个数据类型分别提供了不同的应用程序接口, 利用这些接口函数可以对每一种数据类型进行操作。

## 2.2 HDF 文件操作

HDF 文件操作主要有文件的创建、读取、保存和信息查询, 利用 HDF 提供的库可以实现对 HDF 不同数据类型的操作, 头文件 hdfh 和 mfhdf.h 分别封装了操作 HDF 文件所需要的函数和涉及到的数据类型, 在对文件进行操作之前, 首先把 HDF 库和头文件添加到项目工程中, 然后就能够调用函数进行不同的操作。

## 2.3 HDF 应用编程方法

科学数据集(SDS)是一个用来存储和描述科学数据多维数组的数据结构, 每一个科学数据集必须包含一个科学数据集数组、一个名字、一个数据类型和数据集数组的维数, 此外它还有三种可选的组件: 预定义属性、用户定义属性和维数尺度<sup>4</sup>。

遥感图片是经常使用的信息源。为了对高光谱数据进行亮度计算对比、统计分析、仿真等不同处理, 将 LCTF 相机拍摄到的 16 幅不同波段的原始图像文件保存在一个 HDF 文件里, 统一进行存储。原则上, 这些数据文件可以保存到各种 HDF 不同的数据类型中, 也可以保存为同一种数据类型。这里, 我们把 16 个波段图像文件保存为 16 个不同的科学数据集, 对相机的定标文件单独保存为另一个科学数据集, 其它的辅助信息和文件说明统一放到注释数据中。保存文件和从 HDF 文件中读取信息的算法编程分别说明如下:

```
void SaveAsHDF()
```

```
{
    创建同时打开一个 HDF 文件;
    For(j = 0; j < 16; j++)
        设置并打开科学数据集(SDS)名称;
    读取原始文件名中的文件数据保存到缓冲区中;
    将缓冲区中的数据写到打开文件的数据集里;
    关闭当前科学数据集;
}
```

```
把定标文件写入科学数据集;
```

```
打开注释
```

```
设置 HDF 文件信息和辅助信息;
```

```
保存到注释中;
```

```
关闭注释、文件;
```

```
}
```

```
void Open HDF()
```

```
{
    根据文件名打开 HDF 文件;
    读取文件信息获取其中科学数据集数目;
    选择所要打开的某个数据集并打开它;
    读取科学数据集各种参数信息;
    读取科学数据集具体数据;
    对数据进行其他操作;
    关闭数据集、文件;
}
```

## 3 小结

利用电调谐多波段 LCTF 和 CCD 面阵探测器组成的高光谱成

像系统, 可获取可见光 420nm-720nm 带宽为 20nm 的 16 个波长地物图像数据, 成像质量良好。经初步的数据处理生成了可用于光谱分析的高光谱标准遥感图像数据。该成像系统体积小、数据处理功能强大, 可有效地应用于空间受限的窄小遥感艇载检测平台。该系统搭载在飞艇平台, 于 500 米低空进行了成功的野外试验。有关艇载设备数据与地面的通信方式将在另外的文章中介绍。

本文作者创新点:

本文介绍了一种新的高光谱探测技术, 提出一种轻小型、高可靠性的光谱数据采集系统, 将 LCTF 调谐技术应用到高光谱遥感系统中。基于这种方法, 文章给出了该数据采集系统的软、硬件设计、实现过程以及利用 HDF 图像文件格式打包存储海量数据和各种对象信息, 方便索引。

参考文献

[1] 钱乐祥, 泮学芹, 赵芊. 中国高光谱成像遥感应用研究进展. 国土资源遥感 NO.2, 2004

[2] Shin-Tson Wu. Design of a Liquid Crystal Based Tunable Electrooptic Filter. Applied Optics, 1989, 28: 48-52

[3] 柴家凤, 费仁元, 王民等. 基于 PC104 总线的数据采集系统设计及应用. 微计算机信息[J], 2006, 6-2: 70-71, 118

[4] HDF4.3 使用简介[J]. 国家卫星气象中心.

作者简介: 方薇(1977--), 女, 安徽合肥人, 中国科学院合肥智能机械研究所, 研究方向: 计算机应用研究与信息处理。

Biography: FANG Wei (1977--), female, native place: Hefei in Anhui province, she is working at The Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences. Title: Research Assistant. Research field: Computer control and information processing.

(230031 安徽合肥中国科学院合肥智能机械研究所) 方薇

(230031 Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences) FANG Wei

通讯地址: (230031 安徽合肥西郊董铺中国科学院合肥智能机械研究所) 方薇

(收稿日期: 2008.07.13)(修稿日期: 2008.08.25)

(上接第 65 页)

[3] 缪学勤. 现场总线与工业以太网技术最新进展 (C) 第五届工业仪表与自动化学术会议论文集. 2004, 4: 17-31

作者简介: 唐瑞尹, 女, 1976 年出生, 硕士, 讲师, 主要从事工业过程控制方面的研究。

Biography: TANG Rui-yin (1976-), Master's degree, lecturer, working in College of Computer and Automatic Control, Hebei Polytechnic University, mainly in industrial process control study.

(063009 河北理工大学计控学院) 唐瑞尹 粘山坡 王嘉伟

(063009 华北煤炭医学院) 何鸿鲲

(College of Computer and Automatic Control, Hebei Polytechnic University, Tangshan, China) TANG Rui-yin

NIAN Shan-po WANG Jia-wei

(Library, North China Coal Medical University, Tangshan 063009, China) HE Hong-kun

通讯地址: (063009 河北唐山新华西道 46 号 河北理工大学计控学院) 唐瑞尹

(收稿日期: 2008.07.13)(修稿日期: 2008.08.25)