

GMS展宽云图实时接收和图象处理系统

孙松青 吴志根

(上海市气象局业务试验所)

提 要

GMS展宽云图实时接收和图象处理系统由卫星信号接收设备、实时高速数据接口、图象处理三部分组成。系统的主要工作原理：天线接收的卫星信号，通过接收机，解调器和同步器，将GMS展宽数据流送到高速接口板；经数据缓冲后，计算机一边将展宽数据存入硬磁盘，一边对所选的 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ 窗口中的图象实时地在高分辨屏幕上进行伪彩色显示。

一、引言

GMS卫星云图对热带风暴等灾害性天气系统的生成、发展、移动的监测、分析和预报具有十分重要的作用。由于原来的GMS云图资料在播发方式上存在实时性差、时间间隔长等缺点，日本将从1988年底改播展宽数字云图，以取代原来的HR-FAX播发格式。由于新的播发体制已将原来的模拟调频/调频(FM/FM)的调制方式改为DPSK调制，其码速率约为 $660\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$ ，信号带宽为 2MHz ，因此，必须对原台站使用的接收系统进行相应的更新和改造。同时，配备计算机数据处理系统以解决展宽数字资料的通道分离、资料存贮和图象处理方面的问题。本系统由接收机、高速接口以及计算机

三部分构成。整个系统的配置如图1所示。在系统中，高速并行的数据接口是连接接收机和计算机的桥梁。该板的使用大大加强了AT机的实时数据吞吐能力，使IBM-PC/AT机在实时数据接收方面，达到并超过了某些小型机的水平。

二、接收系统

1. GMS展宽云图数字资料的产生过程

卫星扫描辐射计以100转/分的速度对地球进行扫描。每次扫描CDA站可以得到3行红外(其中两个红外现为备份没有内容)和4行可见光原始图象数据。CDA站以 $14\text{Mb} \cdot \text{s}^{-1}$ 的码速率接收卫星上发下的原始信息，并对其在时间上展宽编码后发回到星体上，星体再以 $660\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 的码速率转发给用户。因此，地面站收到的是经过CDA站展宽处理后的不归零制的二进制0/1码串行数字云图。其展宽帧格式见图2。从格式中可见，每一帧资料有3个红外通道的云图，一个可见光通

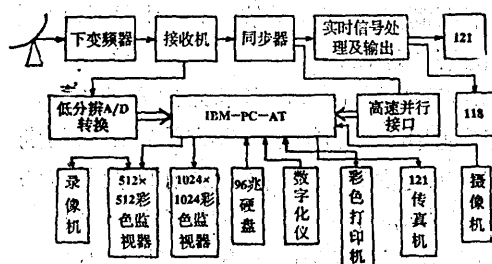


图1 系统配置示意图

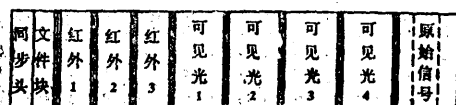


图2 展宽帧格式

道的云图以及文件区、同步头等资料构成。其中每幅红外云图的数据量为 $2293 \times 2500 \times 8 \text{ bit}$,可见光图容量为 $9166 \times 10000 \times 6 \text{ bit}$ 。一帧展宽资料有45k左右的数据。完整的一次展宽资料共有2500帧。

为了得到相等分布的射频频谱,以及确保接收站同步信号解调能够稳定无误,CDA站对原始的数据进行了二级编码,即:

(1) 偶字节取反

从文件数据资料开始,以8 bit为一个字节,对所有的数据进行偶字节取反处理。这个编码过程一直延续到每一帧同步码的开始。这样做的目的是为了消除原始资料中连续两个字节的值为全“1”现象,以防止这种

情况影响15位全“1”的同步头检测。

(2) PN 加密编码

第二级编码为PN加密编码。它包括同步码发生器输出的同步码。经过一级编码后的数据,与PN码发生器输出的以同步码为起始的PN码,分别加到异或门的两端,经异或门输出NRZ-L信号(即不归零制的0/1——绝对码)。若将绝对码直接进行PSK调制发射(PSK为移相键控),则接收端解调后的信号会产生相位正负极性不能确定。因此,在PSK调制之前,要对信号进行绝对码到相对码(NRZ-M)的转换,再进行NRZ-M信号的DPSK调制。整个展宽资料发射的调制编码过程见图3。

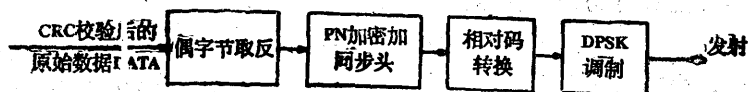


图3 发射信号的调制编码过程

2. 接收机的基本原理

接收系统由天线、微波放大器、变频器、中放、DPSK解调器以及同步器等部分组成(见图4),本系统的天线仍保留了原HR

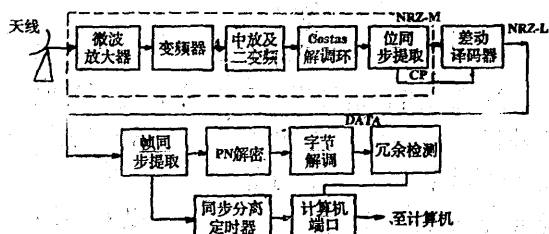


图4 接收系统框图

虚线框内为接收机,其余部分为同步器

-FAX接收系统的6m天线。微波放大器的噪声系数小于1.5db。变频器将1687.1MHz的信号变频到70MHz。中放部分的功能主要是将70MHz的信号放大并变频到12.5MHz。经变频和放大后的信号送到科斯塔斯解调环,解调后得到NRZ-M的信号。NRZ-M的码信号送到位同步电路,取出位同步信号。从接收机输出的NRZ-M和位同步信号送到同步

器,由同步器将NRZ-M码经差动译码后形成不归零电平码(NRZ-L),然后进入帧同步提取电路。对20000位比特帧同步码进行允许识别,提出帧同步脉冲,送到分离定时器,作为定时器的起始信号。再由PN解密电路对经过加密的数据DP进行解密,恢复数据D。最后再在取反字节解调电路中解调出原始数据。同步分离定时器以帧同步为起始点,产生各种定时控制信号,分别送到计算机接口板、循环冗余检测和帧同步等电路。其中循环冗余检测传输资料的质量和误码情况,计算机接口电路产生各种计算机所需的信号。

下面简述本接收系统中,对DPSK调制信号的解调过程。

由于DPSK调制信号的载波分量为零,因此不能用一般的锁相解调方法,必须用别的手段来提供参考相位。常用的两种方法是,倍频锁相环,科斯塔斯环(Costas),又称同相-正交环(IQ环)(见图5)。我们采用的是科斯塔斯环进行解调。加到科

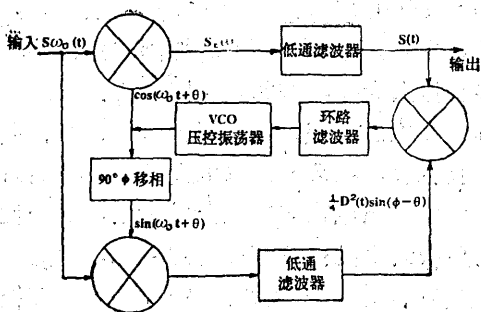


图5 科斯塔斯环示意图

斯塔斯环上去的 DPSK 调制信号的数学表达式为:

$$S_{BPSK}(t) = D \cdot \cos(\omega_0 t + \phi) \quad (1)$$

由环路压控振荡器产生的信号数学表达式是:

$$S_{\omega_0}(t) = \cos(\omega_0 t + \theta) \quad (2)$$

将这两路信号加到乘法器,乘出来的信号的数学表达式为:

$$S_1(t) = \frac{1}{2} D(t) [\cos(\phi - \theta) + \sin(2\omega_0 t + \phi + \theta)] \quad (3)$$

在(3)式中,第一项为NRZ-M码信号;第二项为载波信号。经低通滤波器滤去载波分量后输出相对码 NRZ-M码信号。它的数学表达式为

$$S(t) = \frac{1}{2} D(t) \cos 2(\phi - \theta) \quad (4)$$

环中另一路 $S_{BPSK}(t)$ 信号与 VCO 输出的经 90° 移相后的信号相乘,并经低通滤波后,得到一正弦信号与解调出的信号相乘。相乘后的信号经环路滤波后控制 VCO 的频率,使环路跟踪载波。

三、高速并行接口板

高速并行接口板是连接计算机和接收机的桥梁,也是本系统的核心部分。核板的设计采用了多处理器,利用数据缓冲和计算机总线切换技术,将高速大容量的展览信号实时存盘并开窗显示。其工作原理是,高速接口

板上的 CPU 和 AT 机中 80286 构成了双 CPU 并行处理机,实时交替地将两个数据缓冲区中的云图信号输入到计算机内存中。操作过程:在接收某一帧数据时,接口板上的 DMA 将同步器送来的数据存入两个缓冲区中的某一个区间。在同一时刻,主机 AT 的 CPU 80286 则从另一个数据缓冲区中将数据取到内存,并记入磁盘且将开窗部分的图象送到高分辨显示器进行实时显示。即 DMA 在往缓冲区 I 中存放数据时,80286 则从缓冲区 II 中读数据;反之, DMA 往缓冲区 II 存数据时,80286 则从缓冲区 I 中取数据。两个缓冲区的切换由同步器提供的 600ms 帧同步信号进行控制。该帧同步信号硬件设计时,作为一个单独的触发信号在被锁存在一个 I/O 口中。在运行时,只要该口中的值发生变化,则高速板上的控制程序就立刻对 DMA 字节计数器重新加载。由于一帧展览云图的播发时间为 600ms,所以,设计要求 AT 机的 80286 芯片必须在 600ms 时间内将一帧数据处理完毕(包括记盘和显示),否则将造成信号丢失,直接影响云图的接收效果。该接口板上有 2kB 软件,用于初始化 DMA 传送方式、字节长度、设置缓冲区的首址、I/O 口的初始状态以及一些数据保护子程序和功能子程序。这些程序全部固化在 EPROM 中,地址安排从 0000 开始。一旦机器通电, CPU 自动执行这些程序,完成接口板的初始化工作。

主机 AT 的初始化是在 GMS 云图进图程序中完成的。图 6 为进图程序框图。由图可见,当初始化参数设置完毕后,程序便进入查询 I/O 口的状态。一旦状态发生变化,则说明新的一帧数据开始,程序控制将正确的文件参数存入取名为 DOC 的文件中,供云图处理时调用这些参数和数据。同时程序也生成一个红外云图文件和一个可见光云图文件。

展览云图的实时显示可选择任一通道的

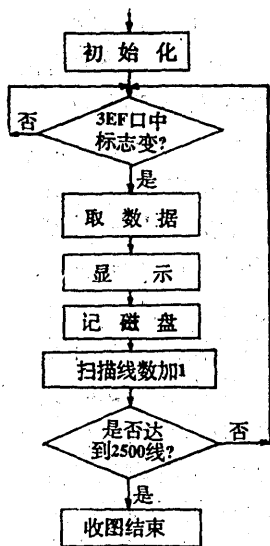


图6 计算机进图简易框图

云图。显示窗口为 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ 。进图时，为了保证云图显示相位的一致性，在软件中设计了相位纠错保护程序，保证了图片的质量。此外，实时进图程序还有删除 DOS 段中错误数据的功能，该程序能将实时展宽资料中的时间等参数挑出来显示在屏幕上。

高速接口板与同步器的接口由五组信号组成。即，600ms 帧同步信号；可见光、红外展宽云图数据流；一帧数据结束信号(500ms)；像素点发送信号（其中红外资料为 $12\mu\text{s}$ ，可见光资料为 $9\mu\text{s}$ ）；CRC 检验信号。

四、图象处理

1. 硬件配置

系统的图象处理部分的硬件配置见图7。其中虚线部分是选配件，其余部分是图象处理的基本配置。主机是 IBM-PC/AT，并增配了 80287 协处理器。计算机内存为 512kB，1.2M 高密度和 360kB 软盘各一个。另外在系统中还配有 80M 和 20M 硬盘各一个。主机工作在 6 兆时钟下。

图象处理的 1024×1024 显示子系统由一块高性能的 AGC 板控制。该板能同时任选

256 种颜色在屏幕上显示，图形和图象功能较强，它采用了 63484 CRT 控制芯片，并有 20 多种作图命令，例如，画圆、线、弧线、椭圆、多边曲线等。在该板上有红、绿、蓝 3 个查找表，在数字化仪的配合下，可实时地改变象素颜色和灰度映射的关系，十分便于利用增强手段检测某一特定目标，诸如热带风暴眼、等温区域等。另外，在 AGC 板上有 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ 的帧存贮器，可以单幅或多幅方式放置云图。用控制命令可实现对屏幕图象的放大、平移、动画显示等效果。该控制板还可由软件设置在屏幕上写字、画线等。由于 1024 屏幕显示器是非隔行扫描，所以图形显示效果较好，图象十分清晰，色彩明亮鲜艳，无闪烁现象。

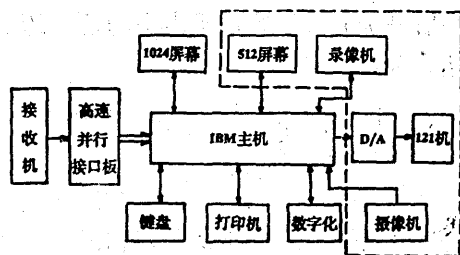


图7 图象处理硬件配置示意图

选配件 512 $\times$ 512 屏幕采用的是 F103 视频信号接口板，利用它可实现主机与普通彩色电视机的连接。该接口还可将计算机里存贮的图象录制到一般的录象带上，也可以从该接口将摄像机摄入的照片显示到屏幕上，由计算机对其作各种图象处理。由于该接口与电视制式相兼容，本系统便将卫星云图与广播电视系统相连接，这样不仅可解决原先存在的云图资料的保存问题，而且还大大降低了卫星云图的接收成本。经初步估计，若按每天接收 24 幅低分辨率云图计算，每幅图以 $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ 记录在录相带上，大约只需用一盒磁带便可记录一年的 LR-FAX 云图。避免了许多旧的云图接收方式和资料保存方

式带来的麻烦。F-103板的帧存容量为 $512 \times 512 \times 12\text{bit}$ ，其图象显示和功能基本与AGC板类似。

数字化仪是一个以单工方式工作的外设。可以感应由专用画笔所点位置的绝对坐标，并输入主机。通过它，用户可方便地与计算机实现人机对话，完成一系列图象处理功能。该数字化仪与计算机接口的标准是RS-232标准。

2. 软件及功能

图象处理软件均在DOS3.1操作系统下运行，在软件的整体设计上采用了模块—程序—菜单的结构形式。

全部软件分为，图象输入/输出；图象显示；几何变换；图象处理；云图分析等五大类共30多个子程序。

由于展宽云图的图象资料不带有网格和地形线的数据，为了使以 5° 间隔离散点的网格数据在图象上连续显示，我们采用AKIMA方法进行插值，使套上去的网格线连续平滑。我们还将地形线输入计算机，形成地形数据文件，在加上网格线后，再将地形线叠加在图象上。

本系统不仅用于接收GMS展宽云图及LR-FAX云图，而且还可用于接收TIROS-N系列的气象卫星云图。

A system for GMS stretched data real-time receiving and image processing

Sun Songqing Wu Zhigen
(Shanghai Meteorological Centre)

Abstract

This system consists of a receiver, a real-time high speed interface and an image computer-processing subsystem. The main principle is that the GMS frame data are transmitted to the high-speed interface through the demodulator and synchronizer. Then the buffered data are put into three files (i. e. document file, infrared and visible files) and ingested in a hard disc with large capacity, at same time a selectable- 1024×1024 -pixel image is shown on the high resolution screen in the real-time and pseudo-color mode.