

HRPT数字卫星云图信号接收

无44 姜宏伟 2014011041
无46 杨志坚 2014011183
无46 严靖凯 2014011192
无46 黄秀峰 2014011193
无48 黄佳新 2014011248

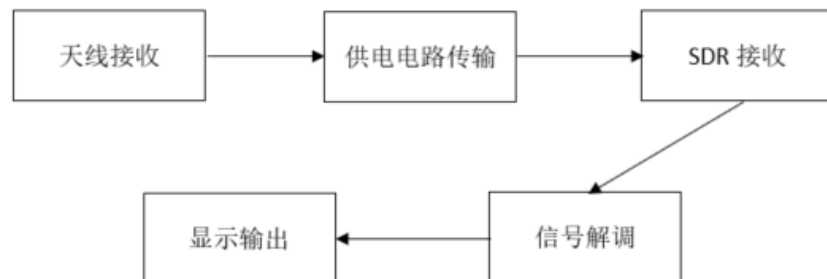
1 背景

卫星云图接收是电子系统设计中的一个经典项目。在传统的卫星云图信号接收中，人们通常选择接收美国国家海洋和大气局（NOAA）于20世纪中期发射的气象卫星NOAA-15,16,17，因为其发送的信号未进行复杂的编码，且频段较易接收。截止至今日，这三颗卫星中只有NOAA-17还在工作，因此本实验中考虑对该卫星发送的信号进行接收。

NOAA-17卫星所发送的信号包含多路信号，其中最常用且重要的为APT（Automatic Picture Transmission）信号和HRPT（High-Resolution Picture Transmission）。两路信号所传输的内容一致，但图像的分辨率不同，信号的频段、带宽、编码方式等也不同。APT信号的下行频率约为137.7MHz。该频率的信号可以通过软件无线电（SDR）直接接收与解码，并利用WXtoImg等软件直接显示。这是目前大多数卫星云图信号接收系统所采用的信号。HRPT信号的下行频率约为1.70GHz，由于频段过高，无法直接采用SDR接收。APT信号的接收已被广泛研究，不具有任何挑战性，因此我们在本实验中主要考虑对HRPT数字卫星云图信号的接收。

2 系统框架

我们设计的系统框架如下图：



其中，天线接收部分利用主楼楼顶的卫星天线，供电电路需要自行设计制作，SDR接收利用现有

的仪器实现，信号解调通过设计合适的方式实现，显示输出部分实现类似WXtoImg的功能。以下几节详细介绍了各模块的实现。

3 HRPT信号解调

为了对HRPS信号进行接收处理，我们首先查阅了NOAA-17卫星的数据手册与用户说明，了解了其数据制式与编码方式。HRPT信号将8bit的数字图像数据进行相位调制，其中符号0用前半周期为 $+68^\circ$ ，后半周期为 -68° 的调相信号表示；符号1用前半周期为 -68° ，后半周期为 $+68^\circ$ 的调相信号表示。传输的比特率为665400bit/s。

假设我们已完成了HRPT信号的接收，此时需要进行相位解调。相位解调的传统方法需要利用本地的同步载波，但由于卫星信号在传输过程中的多普勒频移等因素，同步解调将非常困难，因此需要采用其他方法。我们采用以下无需同步载波的方法：

假设待解调的调相信号为

$$f(t) = A \cos(\omega t + \varphi(t)),$$

其中 $\varphi(t)$ 为时变的调相部分。我们考虑采用任意相位（无需同步）的正弦与余弦本地载波

$$g_1(t) = A \cos(\omega t + \psi),$$

$$g_2(t) = A \sin(\omega t + \psi).$$

将 $g_1(t)$ 余 $g_2(t)$ 分别与 $f(t)$ 相乘，得到

$$\begin{aligned} f(t)g_1(t) &= A^2 \cos(\omega t + \varphi(t)) \cos(\omega t + \psi) \\ &= \frac{A^2}{2} (\cos(2\omega t + \varphi(t) + \psi) + \cos(\varphi(t) - \psi)), \\ f(t)g_2(t) &= A^2 \cos(\omega t + \varphi(t)) \sin(\omega t + \psi) \\ &= \frac{A^2}{2} (\sin(2\omega t + \varphi(t) + \psi) - \sin(\varphi(t) - \psi)). \end{aligned}$$

注意分解出的两项，分别为频率为 2ω 的高频分量与常数分量。在一个符号周期内进行积分，由于比特率665400bit/s远低于载波频率1.70GHz，故高频分量的积分结果将约等于0。因此我们有

$$\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)g_1(t)}{\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)g_2(t)} \approx -\tan(\varphi(t) - \psi).$$

此时，再利用arctan并进行相位的unwrap，便可以得到 $\varphi(t) - \psi$ 的值。

值得说明的是，此时便足以对信号进行解调， ψ 的取值并无影响。这是因为这里的相位调制采用的是 68° 而非 90° ，可以通过两个值的相对位置关系进行判断。倘若相位调制采用的是 90° ，则无法通过此方式解调，必须使用同步载波。

4 放大电路设计

5 使用信号发生器模拟发送

在完成了放大电路模块后，我们利用接收天线尝试了对HRPT信号的接收，但发现由于天线状态

不佳、信号自身信噪比较差等因素，所接收的信号几乎无法复原。由于该困难相对难以克服，需要更好的接收天线等条件，因此我们不得已而选择对NOAA-17所发送的信号进行模拟发送，并进行接收与解调。为此，我们研究了HRPT信号发送的编码方式，然后逆向生成了发送数据，并用信号发生器和SDR模拟发送。

本次实验使用SFU信号源作为信号发生器，使用WinIQSIM和IQWizard处理数据生成.wv文件用于信号源生成信号，具体流程如下。

5.1 用Matlab处理数据生成mat文件

首先用Matlab处理我们要发送的数据，生成需要发送的I、Q两路信号数组（数值在-1至1之间），将数据保存为single类型（注意，如果不保存single类型，IQWizard在读取时会出错）。最后通过

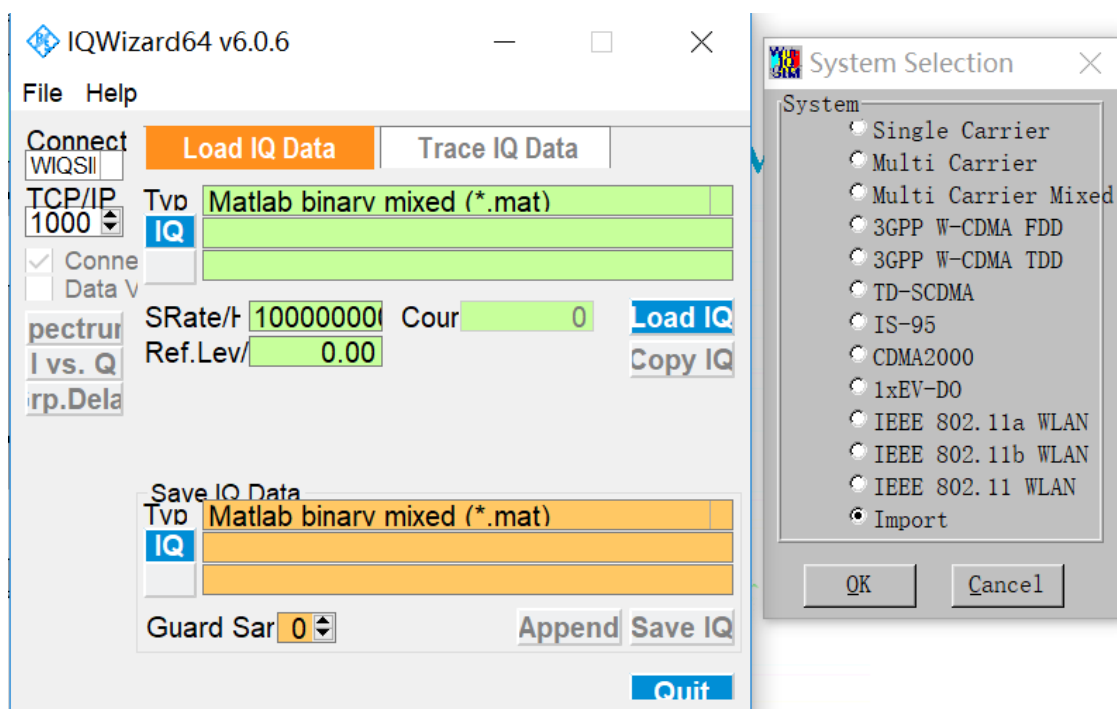
```
save('data.mat','-v6',I,Q)
```

将数据存储为mat文件

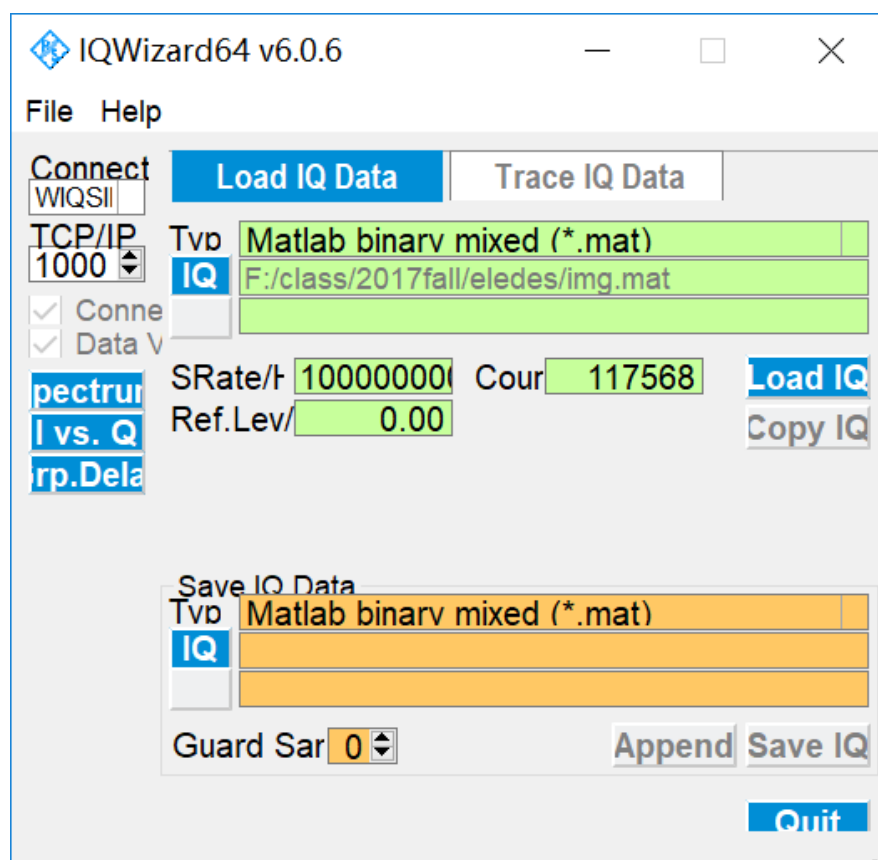
5.2 用WinIQSIM和IQWizard生成wv文件

利用WinIQSIM和IQWizard可以将mat文件转化为信号源可读取的mv文件。

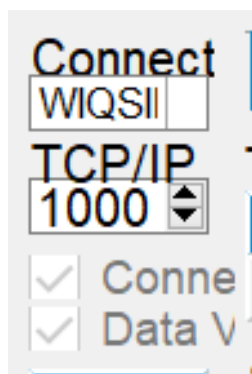
首先利用端口通信连接WinIQSIM和IQWizard



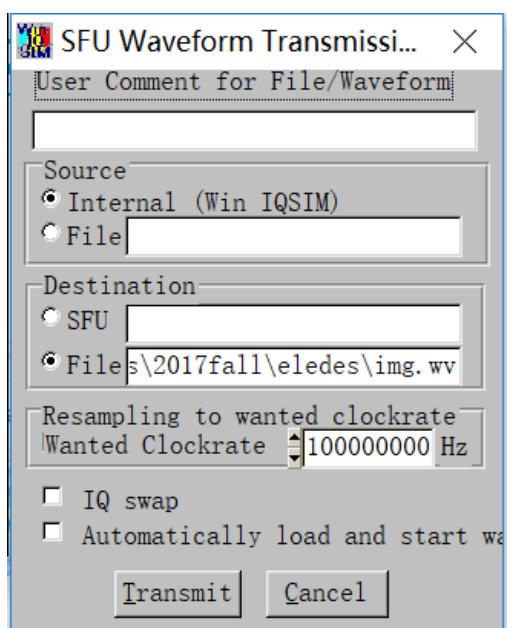
将mat文件导入到IQWizard中



将数据从IQWizard传输到WinIQSIM

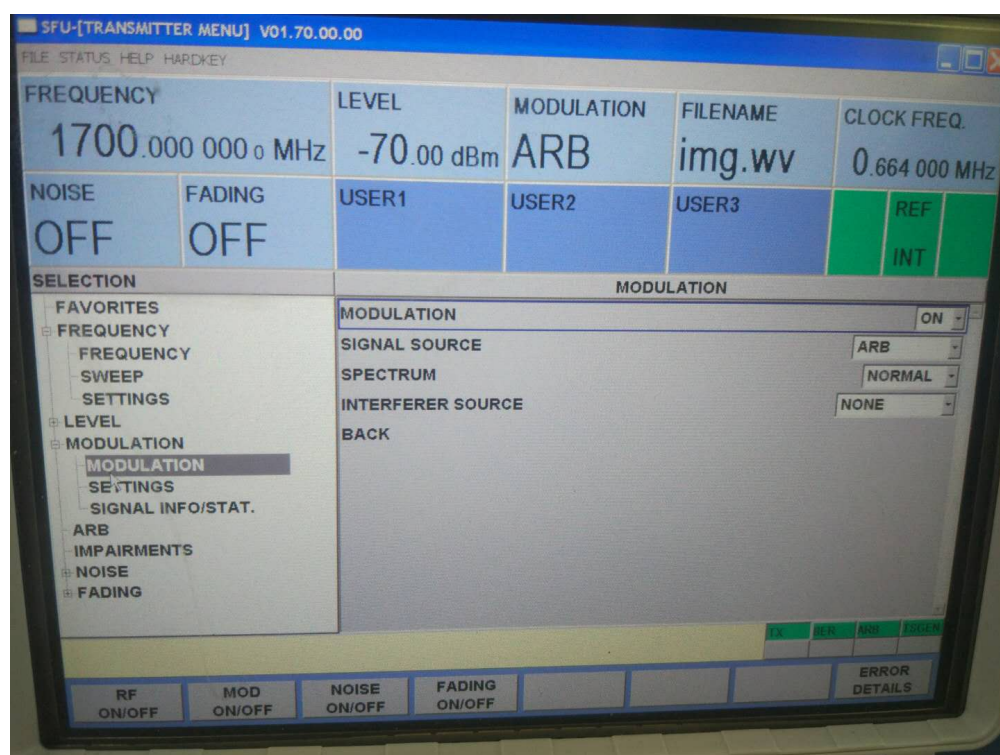


利用WinIQSIM将数据导出为SFU可读的wv文件

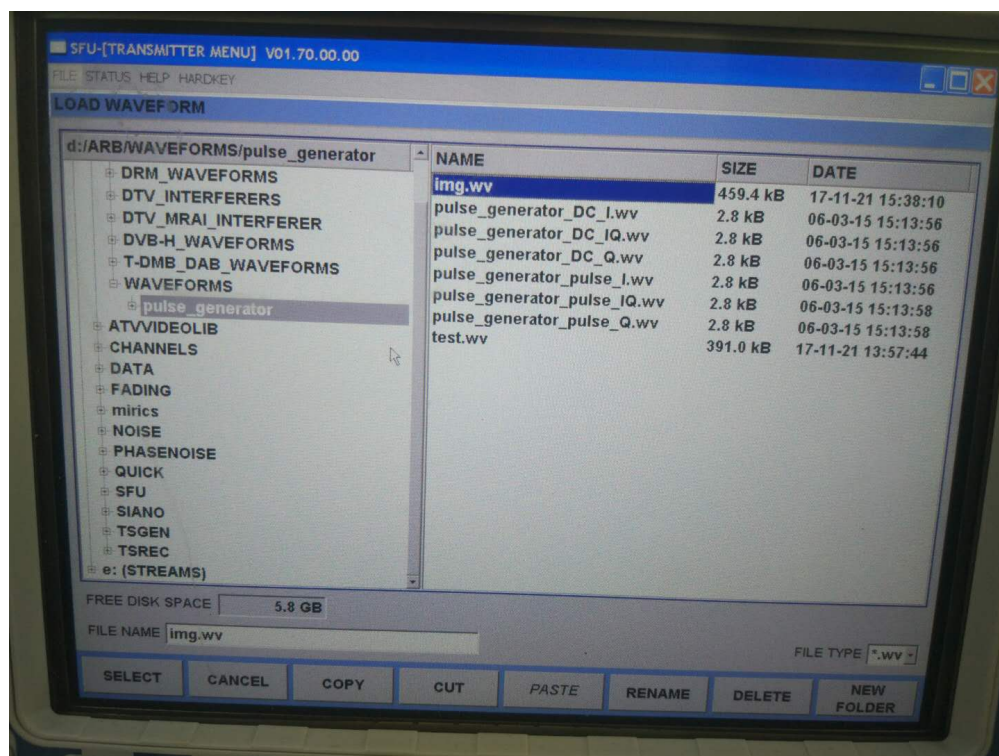


5.3 使用SFU信号源发送信号

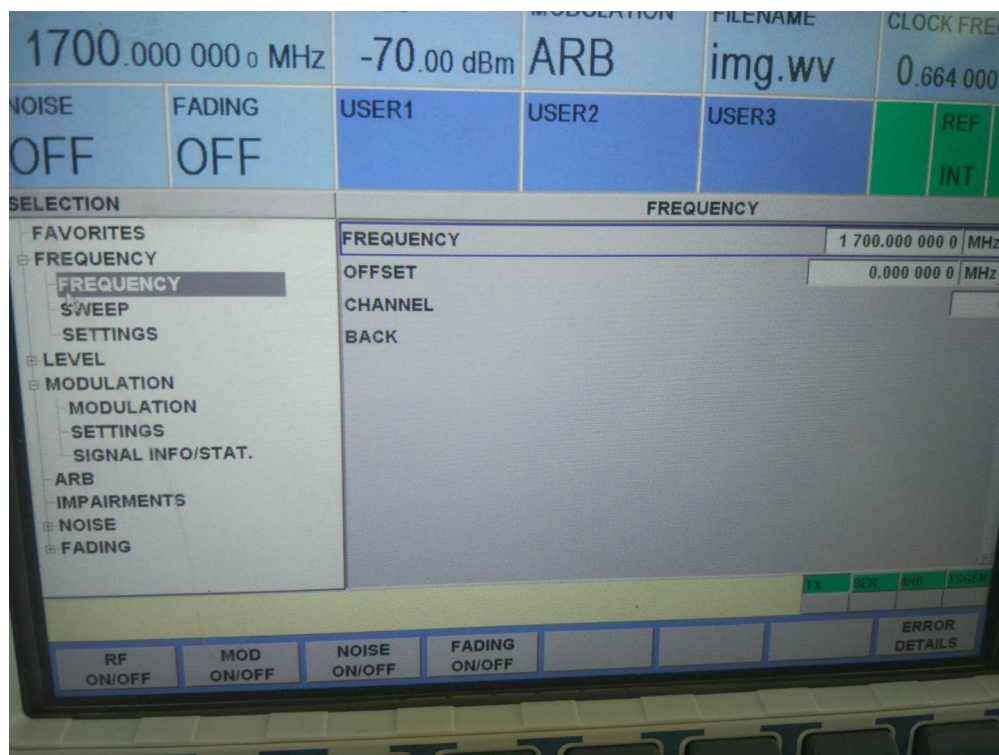
选择SIGNAL SOURCE为ARB



导入wv文件



选择载波频率



设置成功后，会循环发送wv文件中的信号。

6 测试结果

7 分析与讨论