

# 开源软件在无线电监测领域的应用

谷 鸣

民航新疆空管局, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2022年7月20日; 录用日期: 2022年8月19日; 发布日期: 2022年8月24日

---

## 摘 要

针对愈发紧迫的无线电干扰监测问题, 本文从低成本、高便携的角度介绍了可行的软硬件组合, 通过三个已测试的案例验证了开源软件与低成本便携硬件组合在无线电监测领域的可用性。

## 关键词

开源软件, 无线电, 监测

---

# The Application of OSS APPs in Radio Monitoring

Ming Gu

Xinjiang ATMB, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 20<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 19<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 24<sup>th</sup>, 2022

---

## Abstract

Aiming at the increasingly urgent problem of radio interference monitoring, this paper introduces the feasible combination of software and hardware from the perspective of low-cost and high portability, and verifies the availability of the combination of open source software and low-cost portable hardware in the field of radio monitoring through three tested cases.

## Keywords

OSS, Radio, Monitoring

---

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 研究背景

随着无线电技术的发展,获取各种无线电发射设备的门槛变得更低,各种无线电干扰事件也变得层出不穷。根据近期全国民航无线电干扰统计,2022年6月无线电干扰事件共发生52次,X地区125.700 MHz和Y地区应急频率121.500 MHz频繁受到严重干扰。

无线电干扰排查是非常困难的技术工作。需要无线电管理人员具备极高的技术素养和实践经验,以及相当昂贵的技术设备。

2018年,新疆地区ADS-B设备出现信号跳变现象。起因是由于机载GPS系统受到不明信号干扰,最终导致了5月11日25号跑道仪表着陆系统定期飞行校验工作无法继续进行。如图1所示,左图是干扰期间飞机ADS-B信号航迹。作为对比,右图是正常期间的ADS-B航迹。

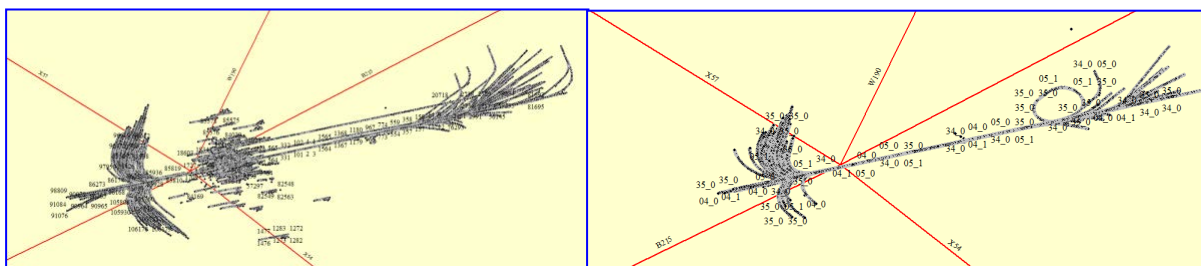


Figure 1. Comparison of the tracks under interference

图 1. 受干扰的航迹对比图

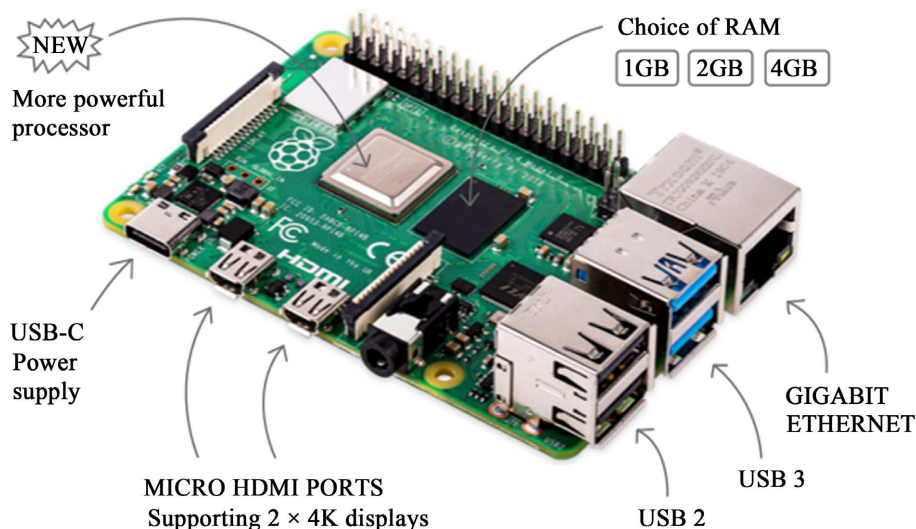
空管监视设备保障单位根据干扰轨迹推测了两个区域,一个位于新联市场附近,一个位于米东区。其中第一个区域与校验机组推测的区域高度重合。乌市无委监测部门和联防部门紧急排查,最终在新联市场附近的仓库内查获干扰源。排查期间所用的工具为R&S公司的便携式无线电监测仪PR100。这一类的无线电监测设备非常昂贵。根据河南省政府采购招标公示文件,其采购的新一代监测设备单价51万,手持天线12万。

这一类的进口设备质量较好,性能强劲,与之相随的是高昂的售价和重达几公斤甚至十几公斤的重量。实际使用时,尤其是无发射规律的大范围无线电干扰排查中,此类设备性能过剩,便携性不好。而且,几十万的价格使技术人员执行排查工作时,因设备遗失、损坏导致的责任风险较大。如果有一台设备,能够满足较轻的重量和够用的性能,还能足够的便宜,将对无线电干扰排查工作产生较大的帮助。

## 2. 硬件介绍

### 2.1. 树莓派

“树莓派”由注册于英国的“Raspberry Pi 慈善基金会”开发,埃本·阿普顿(Eben Upton)为项目带头人。2012年3月,英国剑桥大学的埃本·阿普顿正式发售世界上最小的台式机,又称卡片式电脑,外形只有信用卡大小,却具有电脑的所有基本功能,这就是Raspberry Pi 电脑板,中文译名“树莓派”[1]。树莓派原本是为没有电脑的小孩子们提供计算机科学教育,后来才发现买家大多是不缺电脑的“极客”们,他们在此基础上开发出各种电子项目。



**Figure 2.** Raspberry Pi 4B  
**图 2.** 树莓派 4B

本次测试中所采用的是 2019 年 6 月 24 日发布的“树莓派”4B 版本，如图 2 所示，搭载 64 位四核处理器，主频 1.5 GHz，内存 4 G，配备铝合金外壳和 5V3A 供电适配器。

## 2.2. DVB-T 电视棒

DVB (Digital Video Broadcasting, 数字视频广播)是由 DVB 项目维护的一系列国际承认的数字电视公开标准。DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), 地面数字电视广播, 是欧洲通用的地面数字电视标准。

无线电爱好者们发现一些常见的低成本 DVB-T USB 加密狗, 使用了瑞昱 RTL2832U 作为控制器, 宏观微电子 R820T 作为调谐器, 具备非常好的无线电开发潜力。



**Figure 3.** The price of DVB-T on Taobao  
**图 3.** 淘宝上的 DVB-T 硬件价格

如图 3 所示, 最便宜的 DVB-T 电视棒, 在淘宝价格不超过一百元, 而性能更好的 SDR 接收机, 例如 MSI SDR, 或者 Hack RF 价格也不过数百元。

### 3. 开源软件

开源软件(open source software, OSS)又称开放源代码软件,是一种源代码可以任意获取的计算机软件,这种软件的著作权持有人在软件协议的规定之下保留一部分权利并允许用户学习、修改以及以任何目的向任何人分发该软件。

严格地说来,开放源代码软件与自由软件是两个不同的概念,只要符合开源软件定义的软件就能被称为开放源代码软件(开源软件)。自由软件是一个比开源软件更严格的概念,因此所有自由软件都是开放源代码的,但不是所有的开源软件都能被称为“自由”。但在现实上,绝大多数开源软件也都符合自由软件的定义。比如,遵守 GPL 和 BSD 许可的软件都是开放的并且是自由的。

#### 3.1. 开源操作系统(Linux)

Linux 是一个开源的操作系统(OS)。它由 Linus Torvalds 于 1991 年构思设计而成,最初这只是他的一项兴趣爱好。当时还在读大学的 Linus 想要基于 Unix 的原则和设计来创建一个免费的开源系统,从而代替 MINIX 操作系统。自此,这项兴趣爱好便逐步演变成了拥有最大用户群的操作系统。如今,它不仅是公共互联网服务器上最常用的操作系统,还是速度排名前 500 的超级电脑上使用的唯一一款操作系统。

Linux 有很多的分支,空管领域内的空管自动化系统也在使用不同的分支。例如莱斯自动化即将升级为 RHEL,二所的 ADS-B 数据中心也在使用 RHEL,而华泰所使用的 Thalix 也是基于 Linux 系统高度定制形成的。



Figure 4. The icons of Linux desktop systems

图 4. Linux 桌面分支图标集

图4是Linux系统目前最受欢迎的桌面分支表,里面比较熟悉的有REHL,Fedora,ArchLinux,Debian,SUSE,Ubuntu,CentOS。我们国内比较火的系统 Deepin,也是基于 Debian 分支定制的,而统信 UOS 系统则是 Deepin 的商业发行版,目前被广泛应用于政府部门。也许在将来,政府的办公电脑都会统一安装 UOS 系统。

言归正传,Debian 还有个分支,叫做 Raspberry Pi OS (原为 Raspbian)是为树莓派开发的操作系统。从 2015 年起,树莓派基金会正式将其作为树莓派的官方操作系统。

### 3.2. 软件定义无线电(SDR)

接下来介绍 SDR 的概念。软件定义无线电(SDR)是一种无线电通信系统,其中传统上以硬件实现的组件(例如混频器、滤波器、放大器、调制器/解调器、检测器等),改为通过个人计算机上的软件或嵌入式系统来实现。

与传统无线电系统相比,软件无线电系统的 A/D、D/A 变换移到了中频,并尽可能靠近射频端,对整个系统频带进行采样,这是软件无线电的一个突出特点。软件无线电以可编程力强的 DSP 器件代替专用数字电路,使系统硬件结构与功能相对独立。这样就可基于一个相对通用的硬件平台,通过软件实现不同的通信功能,并对工作频率、系统带宽、调制方式、信源编码等进行编程控制,系统灵活性大为增强[2]。

软件无线电的硬件平台采用模块化设计,是一个具有开放性、可扩展性和兼容性的通信平台。基于这一相对通用的硬件平台,通过加载不同的软件来实现不同的通信功能。通过使用软件无线电,可以快速改变信道接入方式或调制方式,利用不同软件即可适应不同标准,构成具有高度灵活性的设备[2]。

虽然 SDR 的概念并不新鲜,但数字电子技术迅速发展的能力使许多曾经仅在理论上可行的过程变得实用。一个基本的 SDR 系统可能包括一台配备声卡或其他模数转换器的个人计算机,前面是某种形式的射频前端。大量的信号处理被移交给通用处理器,而不是在专用硬件(电子电路)中完成。

例如,联合战术无线电系统(JTRS)是美国军方的一项计划,旨在生产提供灵活和可互操作通信的无线电。需要支持的无线电终端的示例包括手持、车载、机载和便携无线电设备。

常用的 SDR 开源软件包括 AirShark, GQRX, Dump1090, VirtualRadar 等等。下面介绍相应的使用案例。

## 4. 应用案例

### 4.1. 案例一: ADS-B 信号跟踪

Antirez 是意大利西西里岛的一名软件工程师。Dump1090 是他在 2012 年圣诞节期间的某个空闲时间编写的业余项目[3]。Dump 1090 是专为 RTLSDR 设备设计的 S 模式解码器。Dump1090 可解析对空数据链中的 DF0、DF4、DF5、DF11、DF16、DF17、DF20 和 DF21 等 DF 格式信息。

图 5 中是利用树莓派和电视棒搭建的一个应用平台。实验平台搭建在二楼,电磁环境和遮挡情况并不理想,两座小高层几乎挡住了所有可视角度。在此环境下,该设备仍能够接收到的附近区域航班信号。

需特别提醒,后续的开源无线电爱好者们在 dump1090 代码基础上开发出了多种应用。某些 Dump1090 分支(例如 FlightRadar 版本)具有将信号发送至美国服务器的功能,是央视保密宣传节目点名批评过的,所以软件版本选择问题需要谨慎对待。

此外,原版软件中地图适配 GoogleMap,因为众所周知的原因,需要从 GitHub 下载百度地图适配版本。

一位上海无线电爱好者加装了相应的设备后,作用距离得到极大的提高。

- 1) 采用 1090 Mhz 频段专用天线;
- 2) 串接 LNA (需要 Biastee 供电或者 USB 单独供电);
- 3) 串接 1090 Mhz 滤波器;

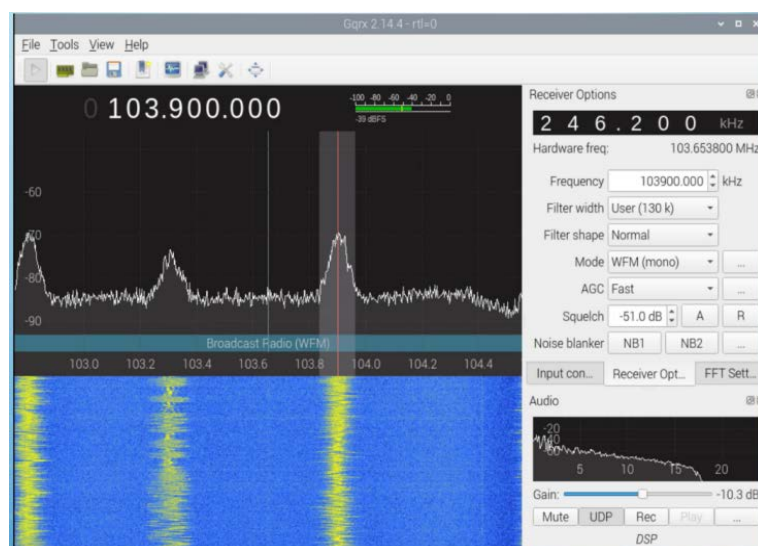
采用以上方法之后,一般可以收到 200~300 km 范围的航空器信号,数量能够达到 100 多架。设备性能媲美专业的 ADS-B 接收机。这个案例可以应用在 ADS-B 站点的选址评估阶段,可便捷地衡量拟选站址的优劣,避免浪费国家投资。



**Figure 5.** Test system built with Raspberry Pi 4B and DVB-T  
**图 5.** 利用树莓派 4B 和 DVB-T 搭建的测试平台

#### 4.2. 案例二：VHF 频率的监测

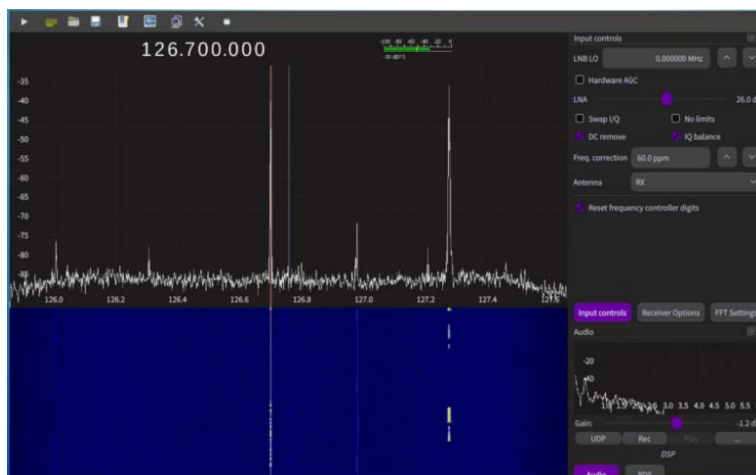
Gqrx 是一个开源软件定义无线电接收器(SDR)，由 GNU Radio 和 Qt 图形工具包提供支持。它是开源免费软件，根据 GNU 通用公共许可证授权，允许任何人修复和修改它以供使用。Gqrx 支持多种 SDR 硬件，包括 Airspy、Funcube Dongles、rtl-sdr、HackRF 和 USRP 设备。



**Figure 6.** Freq of a certain tourism & music radio  
**图 6.** 某地旅游音乐台频率

如图 6 所示，利用 Gqrx 可以接收到某地较为熟悉的 103.9 音乐广播，在 103.9 MHz 频率的左侧还看

见了 103.3 MHz 频率上有强烈的无线电信号。当然，GQRX 不仅仅被当作收音机使用，它可以解析 AM、WFM、LSB、CW 等多钟调制方式的无线电信号。

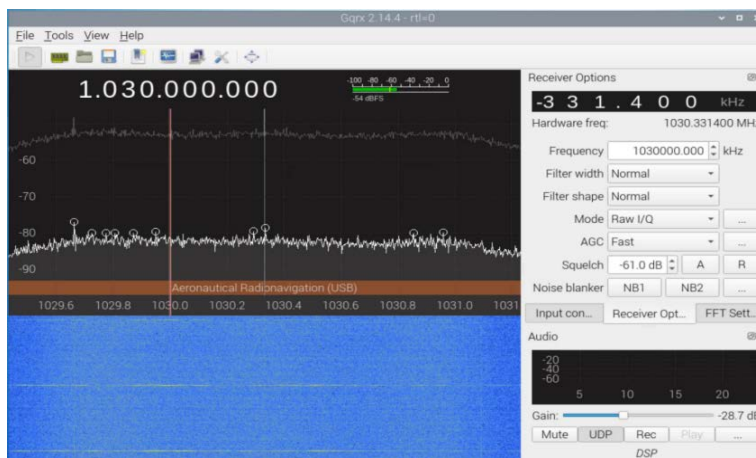


**Figure 7.** Freq of D-ATIS in a certain airport  
**图 7.** 某地机场数字通播频率

图 7 是某地机场 126.7 通播信息。在该信号的右侧，我们还看到了 127.0 和 127.3 附近有不明确无线电信号。此外，测试平台还接收到了塔台主频 118.1 的音频片段，这一频段的不明确无线电信号较多，有些可能是若干其他设备的谐波污染。

### 4.3. 案例三：雷达频率监测

图 8 是相同现场的 1030 MHz 监测案例。监测设备天线和区管二次雷达之间直线距离 6 公里左右，设备捕捉到了 1030 MHz 信号，信号周期四秒左右。根据现场环境判断传播途径有遮挡，所以信号比较弱。该频段的不明确无线电信号比较少，频谱还是比较干净的。



**Figure 8.** Signal in 4 seconds period of SSR  
**图 8.** 某地民航二次雷达 4 s 周期信号

现在终于可以“看见”无线电了，下一步将实现“找到”，即无线电测向。图 9 展示了目前手上可用的天线：拉杆天线，2.4 G 和 915 M 的莫克森天线，2.4 G 八目天线，5.8 G 平板天线。



**Figure 9.** Aerials in the test  
**图 9.** 测试所使用过的天线

其中拉杆天线的频率适用性较宽，但是没有方向性；其余天线有方向性，但是频率不适用。淘宝上还有对数周期天线，但是只适用 280 MHz~10 GHz 频段，对干扰最频繁的 VHF 通信频段不适用。后期将继续寻找方向性较好的 VHF 天线。

## 5. 总结

**便携性：**整个设备包括树莓派，电视棒和天线，体积小，总重量不超过 200 g，如果将树莓派的合金外壳去掉，还能控制在 100 g 以内。这样小巧的设备可以随时架设在树顶，塔尖等高处。此外，将该设备与无人机相结合，将革新无线电干扰排查的思路，大大提高排查效率。

**价格优势：**树莓派 4B 购买时价格 400+，近期因芯片短缺已经涨价到 800+，电视棒 65 元，拉杆天线 7 元，MMCX-SMA 转接馈线 12 元，整套设备不超过 1000 元，即使排查过程中设备损坏或者遗失，所带来的损失也是可以承受的。

## 参考文献

- [1] 树莓派[EB/OL]. <https://www.raspberrypi.org/about/>, 2022-04-15.
- [2] 软件定义无线电[EB/OL]. <https://zh.m.wikipedia.org/zh-hans/软件定义无线电>, 2022-08-18.
- [3] Salvatore Sanfilippo. <https://github.com/antirez>