



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Proyecto de sistemas electrónicos integrados

Diseño de un sistema de captación de señales satélites NOAA con corrección de efecto Doppler

Recepción y procesamiento de imágenes APT.

Autores

Andrés Biedma Pérez
Javier Lobato Martín
Sergio Zapata Caparrós

Director

Javier Díaz Alonso



Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación

Granada, Enero de 2023

Índice

1. Introducción	2
1.1. Estándar APT	2
1.2. Problema del efecto Doppler	2
2. Distribución del proyecto	2
3. Hardware	2
3.1. Antena	2
3.2. RTL-SDR	2
4. Software	2
4.1. Programa Gpredict	2
4.2. Diagrama de flujo en GNU Radio	3
4.3. Corrección del efecto Doppler	4
5. Resultados	4
6. Dificultades en la realización del proyecto	4
7. Conclusiones y líneas futuras	4

1. Introducción

1.1. Estándar APT

1.2. Problema del efecto Doppler

2. Distribución del proyecto

3. Hardware

3.1. Antena

3.2. RTL-SDR

4. Software

4.1. Programa Gpredict

Se ha utilizado como herramienta de apoyo el programa *Gpredict*. Es un programa que llega a proporcionar información sobre una gran cantidad de satélites, así como su órbita, velocidad y frecuencia a la que emiten, tiempo en función de la posición...

Es necesario definir primero una estación base. En el caso de este proyecto, se han definido las coordenadas de Granada, España. Una vez definida la estación base, se seleccionan los satélites a los que les quieres realizar el seguimiento. En este caso serán los satélites NOAA activos (NOAA-18, NOAA-19 y NOAA-15). La interfaz del programa con la estación base y los satélites definidos se muestra en la *Figura 1*.

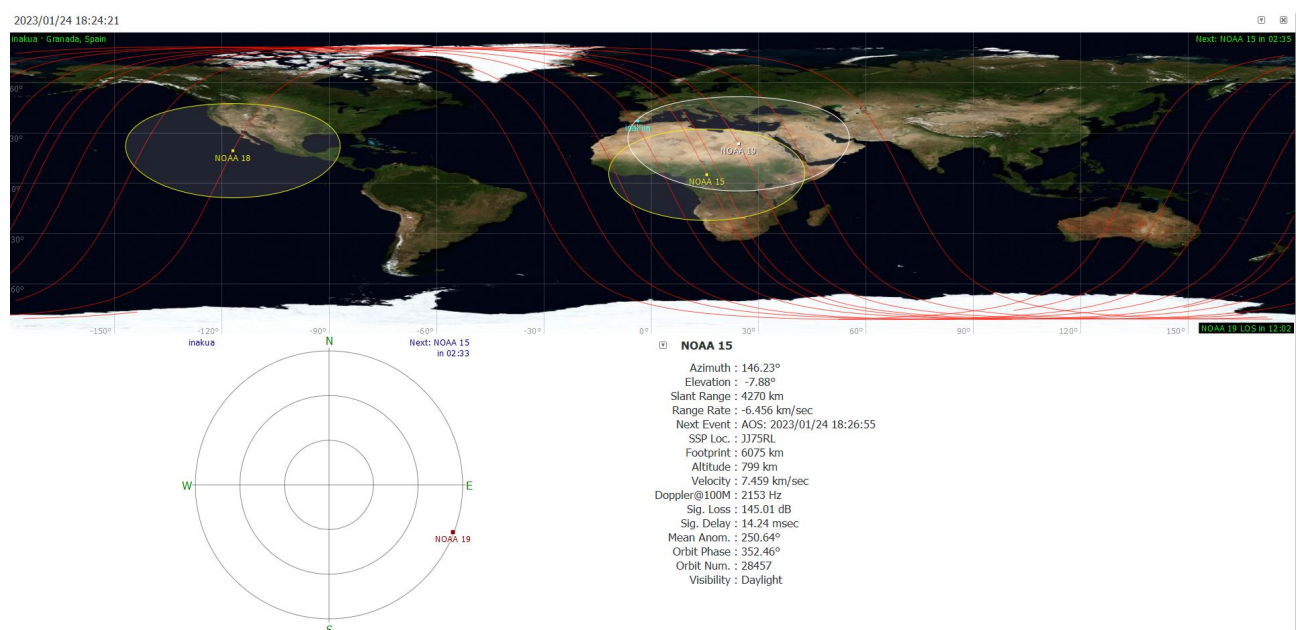


Figura 1: Gpredict satélites NOAA

En la parte inferior de la captura de pantalla se puede visualizar la posición en coordenadas del satélite y otros datos como la velocidad, altitud, fase, elevación y hasta una aproximación del efecto Doppler en unidades de frecuencia.

Más información sobre cada satélite se puede consultar mediante click derecho en el satélite en cuestión. Es de interés la información de *Future Passes*, la cual ayuda a saber a qué momento del día va a pasar el satélite cerca de nuestra ubicación de la estación base.

Dentro de esta misma opción, se puede visualizar gráficamente la trayectoria del satélite, como se observa en la *Figura 2*. Esta representación es de gran ayuda para saber el tiempo óptimo a la

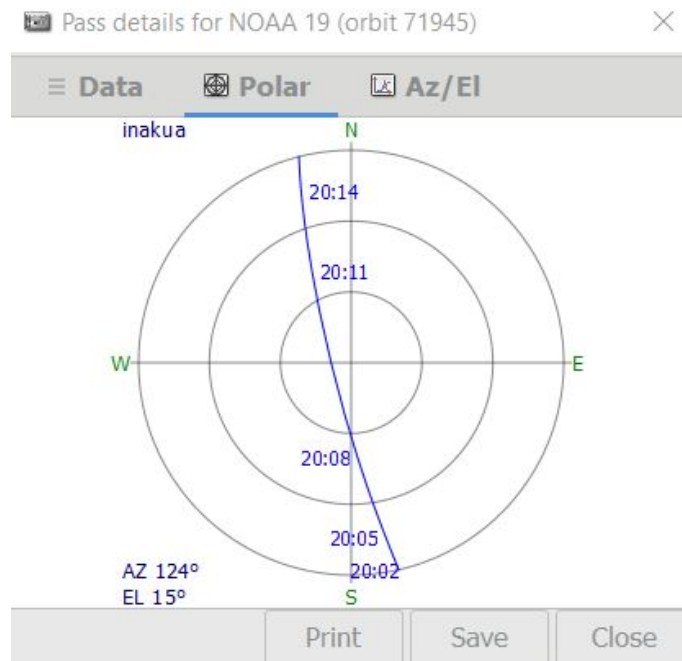


Figura 2: Trayectoria NOAA-19

hora de captar la señal. Con los datos proporcionados por *Gpredict*, se ha logrado en este proyecto captar las señales de los satélites NOAA para los tiempos previstos, por lo que es de gran utilidad.

4.2. Diagrama de flujo en GNU Radio

Con el propósito de procesar la señal recibida del RTL-SDR a tiempo real se ha creado un diagrama de bloques en GNU Radio. Los pasos a realizar en el procesamiento de la señal se han realizado teniendo en cuenta el estándar APT y son los siguientes:

1. Filtrado paso baja y decimado
2. Demodulación FM
3. Remuestreo a la frecuencia de audio
4. Demodulación AM y construcción de la imagen

En la *Figura 3* se aprecia el diagrama de flujo completo. Después de obtener la señal de audio a la frecuencia de $11,025\text{kHz}$, se llega a un bloque jerárquico llamado *WavToImg* el cual realiza la correspondiente conversión de señal de audio a imagen APT. El interior de este bloque se muestra en la *Figura 4*.

El procedimiento se basa en una demodulación AM teniendo en cuenta que la información APT de interés se encuentra en una subportadora de $2,4\text{kHz}$. Según el estándar, se recomienda hacer un remuestreo a una frecuencia de 100kHz antes de hacer la demodulación. Para llevar la subportadora a banda base se ha utilizado un coseno a una frecuencia de $-2,4\text{kHz}$ y se ha hecho un filtrado posterior.

La salida del bloque "WavtoImg" proporciona la señal APT demodulada y se muestra la imagen por pantalla a tiempo real.

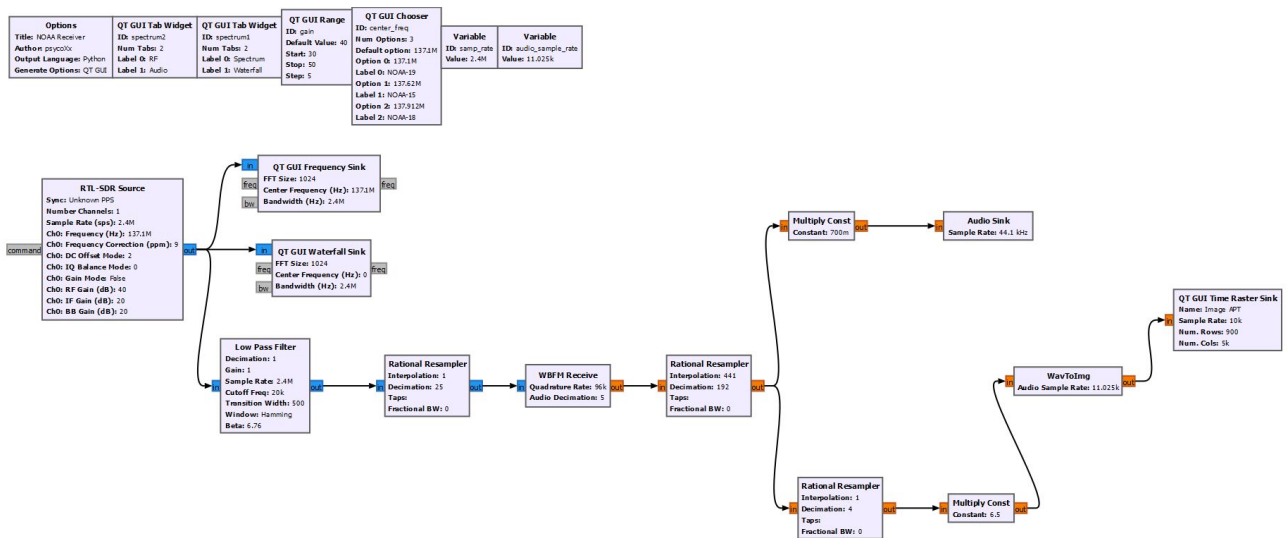


Figura 3: Diagrama de flujo

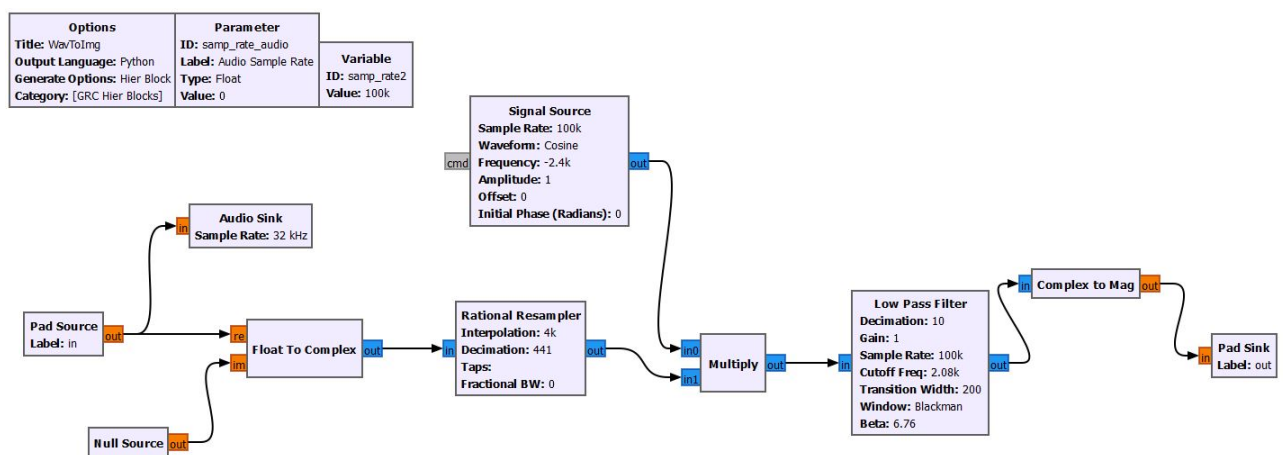


Figura 4: Bloque WavToImag

4.3. Corrección del efecto Doppler

5. Resultados

6. Dificultades en la realización del proyecto

7. Conclusiones y líneas futuras