

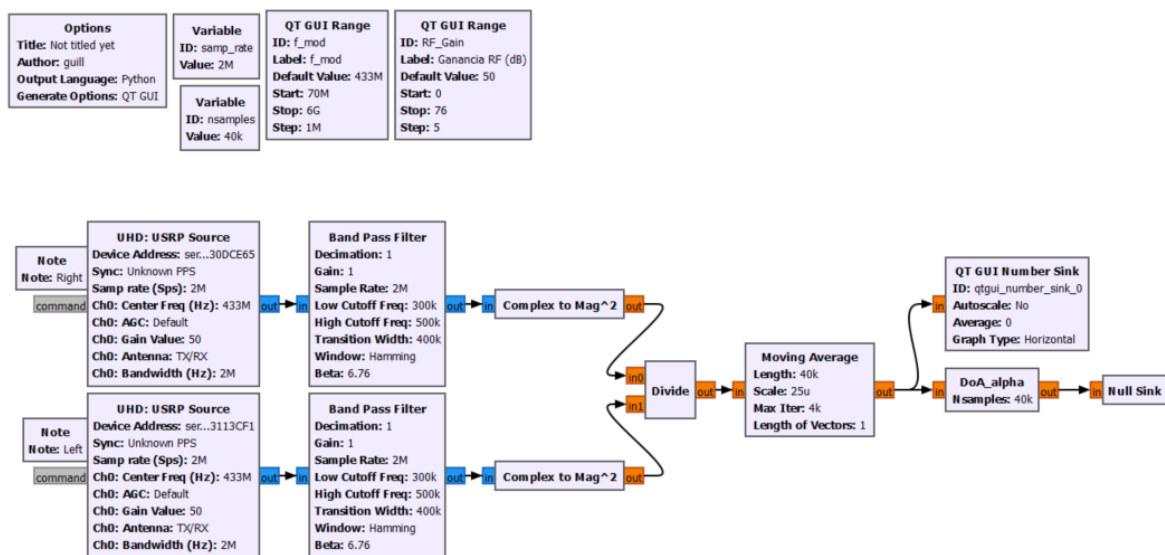
GNURadio – Distance estimation

En primer lugar, cabe destacar que la estimación de la distancia se compone de dos procesos separados: DoA y Distance Estimation. Como primera acción, se pretende encontrar la dirección de llegada de una señal conocida (un tono) para alinear las antenas receptoras del robot con el emisor en un escenario de LOS para, acto seguido comenzar con la estimación de distancia.

DIRECTION OF ARRIVAL (DoA)

Prueba_DoA.grc

Para las primeras pruebas de desarrollo de un sistema de DoA mediante los niveles de potencia relativos en SDR, se ha implementado el Flow-graph que aparece a continuación.



La idea principal sobre la cual se fundamenta esta idea es la de comparar el nivel de potencia obtenido en cada USRP y en función del resultado decidir si la señal llega por un lado u otro.

De esta forma, comenzando por la izquierda, en primer lugar, aparecen los bloques “UHD: USRP Source”. Cada uno de estos bloques controlan respectivamente a un USRP poniendo a su salida las muestras IQ en banda base de la señal recibida, demodulada previamente a la

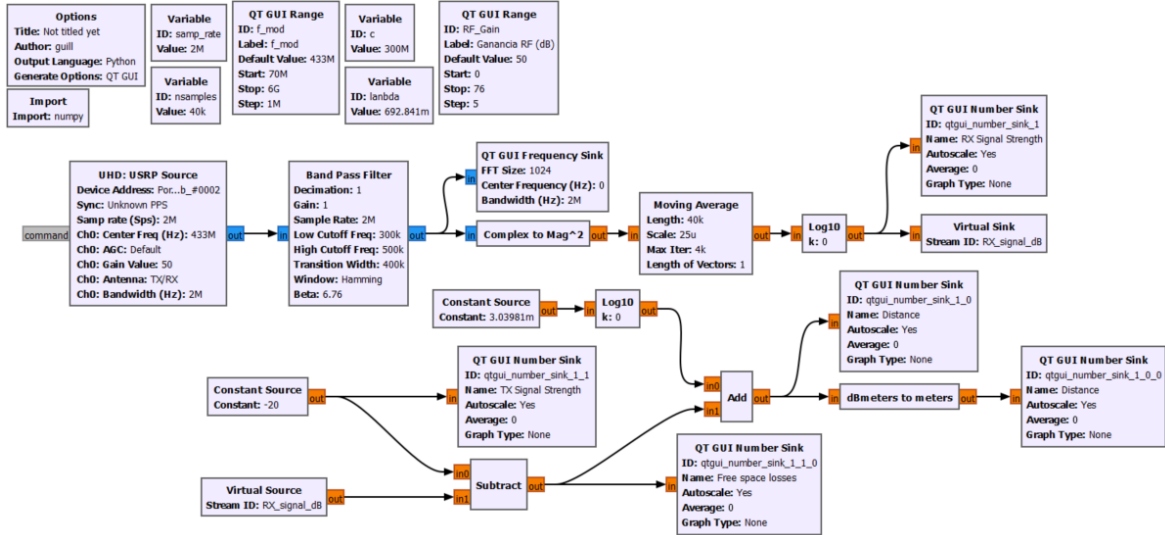
frecuencia central especificada en el mismo. En este mismo bloque se especifican también tanto el ancho de banda como la frecuencia de muestreo utilizada en el programa, esto es, 2 millones de muestras por segundo para el presente caso. En segundo lugar, aparece respectivamente en cada rama, el bloque “Band Pass Filter”, el cual tiene como finalidad realizar un filtrado paso banda centrado en la frecuencia del tono transmitido (400 kHz) para reducir el nivel de ruido. A continuación, las muestras QI pasan por el bloque “Complex to Mag^2 ”, por medio del cual obtenemos a la salida el nivel de potencia relativo de la señal. Después, las muestras ya en tipo float pasan por el bloque “Moving Average”, el cual a la salida pone el valor de la media de las últimas “length” muestras (40k para este caso). Por último, este promediado entra en un bloque Python diseñado para tomar la decisión y mostrar por la terminal si la señal le llega de frente, por la derecha o por la izquierda, en función de su entrada.

Cabe destacar que también se muestra el numero obtenido tras el bloque “Moving Average” mediante el bloque “QT GUI Number Sink”.

DISTANCE ESTIMATION

Prueba_free_space_loss_USRPs.grc

Para las primeras pruebas de desarrollo de un sistema de estimación de distancia mediante SDR, se ha implementado el Flow-graph que aparece a continuación.



La idea principal del método empleado se basa únicamente en las pérdidas de espacio libre. De esta forma, calculando la atenuación que sufre la señal recibida, conociendo previamente el nivel de potencia de señal transmitida, se puede conseguir una estimación de la distancia a la que se encuentra el transmisor.

A continuación, se expone la ecuación matemática que describe las pérdidas de espacio libre, de las cuales, al ser directamente proporcionales al cuadrado de la distancia, podemos despejar esta última sin mayor complejidad. Cabe destacar que, para una implementación mas sencilla por medio únicamente de sumas y restas, se implementa todo en dB.

$$l_{fb} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2 \text{ (u.n.)}$$

$$L_{fb} = -20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right) \text{ (dB)}$$

$$L_{fb} = -20 \log(\lambda) + 20 \log(4\pi) + 20 \log(R) \text{ (dB)}$$

$$20 \log(R) = L_{fb} + 20 \log(\lambda) - 20 \log(4\pi) \text{ (dBmetros)}$$

$$R = 10^{(L_{fb} + 20 \log(\lambda) - 20 \log(4\pi)) / 20} \text{ (m)}$$

Una vez explicada la base teórica sobre la que se fundamenta el sistema a desarrollar, podemos detallar el Flow-graph mencionado anteriormente. No obstante, antes de comenzar cabe mencionar que, como señal transmitida se genera desde un USRP transmisor un tono a una frecuencia arbitraria de 400 kHz modulado en una portadora de 433 MHz.

En primer lugar, el bloque “UHD: USRP Source” controla el USRP que recibirá la señal que se esta transmitiendo para la medida. En este bloque se ha de configurar la frecuencia de portadora sobre la cual viaja la señal transmitida para demodularla correctamente, así como la tasa de muestreo y la ganancia en la recepción del propio USRP. Seguidamente, la señal saliente del bloque descrito anteriormente, ya en banda base, atraviesa el bloque “Band Pass Filter” el cual realiza un filtrado en la banda del tono recibido para reducir el nivel de ruido de la señal. A continuación, la señal resultante, con muestras complejas en fase y cuadratura (IQ), pasa por el bloque “Complex to Mag^2” que resultara a su salida el modulo al cuadrado de las muestras a la entrada de este. De esta forma, se obtiene el nivel de “potencia relativa” de la señal, obviando su fase. Los valores resultantes, ya del tipo float, son pasados al bloque “Moving Average” para obtener una media del valor de las últimas “length” muestras. Finalmente obtenemos en ese punto el nivel de señal recibido en dB tras pasar el flujo de muestras por el bloque “Log10”.

Una vez obtenido el nivel de señal recibido, podemos obtener las pérdidas de espacio libre restando al nivel de señal transmitido, previamente calibrado, el nivel de señal recibido. De esta forma se obtiene ese valor de pérdidas de espacio libre en dB tras el bloque “Substract”. En este punto, mediante el bloque “Add” se le suman las componentes constantes de longitud de onda y 4π restantes para obtener la estimación de distancia en dBmetros. Finalmente, mediante un bloque de Python llamado “dBmeters to meters” se pasa a metros el valor obtenido.