

TRABAJO PRÁCTICO 3

Radar pulsado

Ejercicio 1 Elaborar el código de un simulador que consiste en:

1. Un transmisor que genere pulsos de duración τ y amplitud A_o tal que la potencia instantánea del pulso sea $P_o = A_o^2$. Considerar una tasa de sobremuestreo N_{OS}
2. Un modelo de canal que compute la atenuación de potencia α , el retardo (o tiempo de vuelo) Δt y el cambio de fase $\Delta\theta$ generado por un target, en base a las siguientes expresiones:

$$\alpha = \frac{P_{RX}}{P_{TX}} = \frac{G_T G_R \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (1)$$

$$\Delta t = 2R/c \quad (2)$$

$$\Delta\theta = e^{j2\pi c/\lambda \Delta t} \quad (3)$$

Agregar al simulador todos los parámetros necesarios para computar los tres elementos listados. Considerar redondear Δt a un valor entero de muestras del canal. Considerar una tasa de sobremuestreo N_{OS} , idéntica a la tasa de sobremuestreo del transmisor. Revisar la teoría para identificar el significado de los parámetros mostrados en las ecuaciones de arriba.

Agregar un parámetro al canal para describir el rango máximo (o el pulse repetition frequency PRF). Con este parámetro, asegurarse que la salida del canal sea siempre un vector de igual tamaño, independientemente del rango del target R . Esto es equivalente a simular desde el inicio del pulso actual hasta el inicio del siguiente pulso (considerando el PRF)

3. Un analog front-end formado por una ganancia de detección G_D y una adición de ruido blanco gaussiano complejo con densidad de potencia N_o (two-sided). Ajustar la potencia de ruido para lograr la densidad de potencia deseada independientemente de la tasa de sobremuestreo del sistema.
4. Un receptor basado en un filtro apareado (MF) a la señal transmitida, más un detector de envolvente. Esto es:

$$y(t) = |r(t) \otimes h(t)| \quad (4)$$

Donde $r(t)$ es la entrada del filtro apareado, $h(t)$ es la respuesta del filtro, y $y(t)$ es la salida del detector de envolvente.

Para chequear que el simulador funciona, apagar el ruido del sistema y chequear que la salida del detector de envolvente tenga la forma esperada y la posición esperada a la salida del MF (e.g. cambiar el rango del target y verificar que el pico a la salida del MF se mueva en el eje horizontal). Calibrar las escalas de tiempo en forma adecuada para visualizar rápidamente el tiempo de vuelo. Además, agregar un segundo eje horizontal al plot de la salida del MF, expresado en metros, que indique la distancia al target simulado.

Ejercicio 2 Fijar los siguientes parametros:

- $G_T = G_R = 35dB$
- Max range = 2.5km
- $P_o = 5000W$
- $f_o = 77GHz$
- $\sigma = 1m^2$
- Detector gain = 5
- Input VOLTAGE noise density = $0,4nV/\sqrt{Hz}$
- Tasa de sobremuestreo 16

Luego:

- A) Barrer la posición del target y computar la precisión del radar. Para computar la precisión, realizar N disparos (e.g. N=500) para el mismo target y computar el desvío estándar de la distancia estimada a partir de la señal de salida del MF. Para estimar la distancia, asumir por ahora que solo se utiliza la posición del pico máximo a la salida del MF. Dibujar la precisión vs la distancia del target
- B) Barrer el ancho del pulso (+50% alrededor del valor inicial) y dibujar nuevamente la curva anterior. Superponer todos los resultados y elaborar conclusiones

Ejercicio 3 Usando el mismo simulador del ejercicio anterior, barrer el rango del target y el ancho de pulso transmitido y computar la SNR teorica:

$$SNR = P_{RX} * \tau / N_o \quad (5)$$

donde P_{RX} es la potencia instantanea del pulso justo antes de adicionar el ruido

Usando la salida del MF, medir la SNR obtenida en simulación para cada caso y superponer la SNR medida a la SNR teorica.

Ejercicio 4 Usando el mismo simulador del ejercicio anterior, computar la resolución de rango teórica. Modificar el modelo de canal para incluir dos targets simultaneos y comprobar por simulación la resolución de rango obtenida en la teoría (e.g. mostrar la salida del MF para dos targets separados una distancia menor a la resolución teórica, igual a la resolución teórica, y mayor a la resolución teórica)

Ejercicio 5 Usando el mismo simulador anterior, computar la Receiver Operation Curve (ROC), usando la explicación vista en clase. Dejar todos los parámetros del radar fijos. Barrer la distancia del target (probar 250m, 500m, 1km, 1.5km) y superponer todas las ROCs obtenidas. En base a la SNR teorica de cada caso, computar la ROC teorica con la funcion `rocsnr(SNR, 'SignalType', 'NonFluctuatingNonCoherent')` y comparar con la ROC obtenida

Referencias

- [1] Mark A. Richards, "Fundamentals of Radar Signal Processing", Second Edition, McGraw Hill, 2014
- [2] Mark A. Richards, James A. Scheer, William A. Holm, "Principles of Modern Radar Basic Principles 1", SciTech Publishing, 2010