

TRABAJO PRÁCTICO 4

LiDAR FMCW

Ejercicio 1 Elaborar el código de un simulador de LiDAR FMCW tal cual se muestra en la 1, como se detalla a continuación:

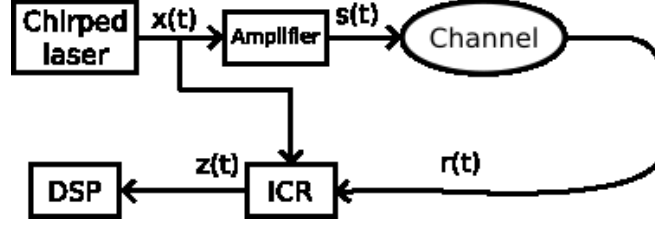


Figura 1: Modelo de simulador

1. Un transmisor que genere la señal $x(t)$ correspondiente a un chirp de amplitud unitaria, con ancho de banda B y con una duración $T_{mod} \geq T_{meas} + T_{wait}$, donde T_{meas} es el tiempo que se espera capturar señal en el RX, y T_{wait} es el tiempo mínimo que se debe esperar para cumplir con un rango máximo especificado por el usuario. Considerar una tasa de sobremuestreo N_{OS} , respecto al ancho de banda del chirp.
2. Un amplificador con ganancia tal que la potencia transmitida resulte P_{TX}
3. 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:

$$\alpha = \frac{P_{RX}}{P_{TX}} = \frac{A_{RX}\rho}{4\pi R^2} \quad (1)$$

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

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

Agregar al simulador todos los parametros 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} , identica a la tasa de sobremuestreo del transmisor. ρ es la reflectividad del target, A_{RX} es la apertura óptica del lente que se utiliza en el receptor para colimar la luz.

4. Un optical front-end formado por un ICR (Integrated Coherent Receiver). Dado que el modelo del ICR no se ha desarrollado, se propone reemplazarlo por el modelo equivalente de la Fig. 2.

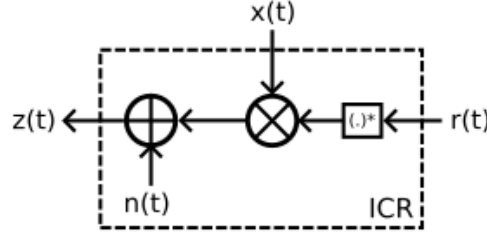


Figura 2: Modelo equivalente del ICR

La señal recibida es conjugada y mezclada con el chirp que se utilizó para la transmisión antes de amplificar, de tal manera que el oscilador local tenga potencia unitaria. Esencialmente, la señal luego de mezclar debería tener la misma potencia que antes de la mezcla. Luego se agrega un ruido aditivo blanco gaussiano (AWGN) con densidad de potencia $N_o = q/R_{PD}$, donde R_{PD} es la responsividad del fotodiodo (en A/W) y q es la carga del electrón.

5. Un receptor que ejecute el matched-filter para FMCW. Primero, el receptor debe recortar la señal que ingresa, para medir exactamente T_{meas} segundos. Hay que asegurarse que la ventana donde se realiza la captura se corresponda con el momento en que la señal de RX y LO están realmente coincidiendo. Luego, se computa la transformada de Fourier de la señal recortada, usando una FFT de muchos puntos (de tal manera que la FFT sea una buena aproximación de la DTFT). Finalmente, se computa el valor absoluto al cuadrado de la salida de la FFT.

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 de la FFT (e.g. cambiar el rango del target y verificar que el pico a la salida de la FFT se mueva en el eje horizontal). Calibrar las escalas de frecuencia en forma adecuada para visualizar rápidamente el rango real del objetivo.

Ejercicio 2

Fijar los siguientes parámetros:

- Max range = 350m, hacer las pruebas hasta 300m
- $P_{TX} = 15dBm$

- $B = 2GHz$
- $\lambda = 1550nm$
- Tasa de sobremuestreo 4
- $\rho = 0,1$
- $R_{PD} = 0,7A/W$
- $T_{meas} = 2,5us$
- Apertura de RX de 2.5cm de diámetro

Luego:

- A) Barrer la posición del target y computar la precisión del LiDAR. 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 de la FFT. Para estimar la distancia, asumir por ahora que solo se utiliza la posición del pico máximo a la salida de la FFT. Dibujar la precisión vs la distancia del target
- B) Barrer la SNR (cambiando la potencia de TX). Superponer todos los resultados y elaborar conclusiones acerca de la variación de la precisión vs la SNR (i.e., es lineal?)
- C) Barrer el ancho de banda del chirp (cambiando B desde 2GHz hasta 5GHz). Superponer todos los resultados y elaborar conclusiones acerca de la variación de la precisión vs el ancho de banda (i.e., es lineal?)

Ejercicio 3 Usando el mismo simulador del ejercicio anterior, barrer el rango del target y T_{meas} y computar la SNR teórica:

$$SNR = \frac{P_{RX} T_{meas}}{q/R_{PD}} \quad (4)$$

donde P_{RX} es la potencia de la señal recibida justo antes de adicionar el ruido

Usando la salida de la FFT, medir la SNR obtenida en simulación para cada caso y superponer la SNR medida a la SNR teórica.

Ejercicio 4 Usando el mismo simulador anterior, computar la Receiver Operation Curve (ROC), usando la explicación vista en clase. Dejar todos los parámetros del LiDAR fijos. Barrer la distancia del target (probar 100m, 150m, 200m, 250m, 300m) y superponer todas las ROCs obtenidas. En base a la SNR teórica de cada caso, computar la ROC teórica con la función `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