

Documento de análisis de escenarios

Escenario Plataformas ISTAR sistemas de guerra electrónica

Escenario Plataformas ISTAR sistemas de guerra electrónica

Introducción

Se ha decidido realizar una herramienta en MATLAB para simular ciertas características de un sistema de guerra electrónica embarcado en una plataforma ISTAR, en función de si la plataforma es estática o aérea, se han tenido en cuenta una serie de parámetros.

La herramienta se divide principalmente en dos partes, una primera que es prácticamente común a ambas plataformas y una segunda parte que es específica para cada una de las plataformas.

En la primera parte se realiza una simulación del alcance que se puede llegar a obtener con el número de bits utilizados para la cuantización de la señal en una DRFM (memoria digital de radiofrecuencia) para obtener una relación señal a ruido determinada. Para ello se definen un conjunto de parámetros de entrada a partir de los cuáles se calculan ciertos parámetros de interés.

Parámetros de entrada	Descripción
plataforma	Indica si la plataforma ISTAR es estática aérea
Fig_ruido	Figura de ruido del receptor
S_N_req	S/N requerida por el receptor
K	Constante de Boltzmann
To	Temperatura ambiente 290°C
B	Ancho de banda instantáneo del DRFM
Fs	Frecuencia de muestreo
M	Margen de seguridad considerado en las pérdidas de propagación de la señal a detectar
n_bits	Vector que indica los posibles bits con los que el DRFM puede cuantificar la señal
Ptx	Potencia con la que emite la señal que se quiere detectar
Tipo_com	El usuario indica si se quiere detectar una señal de comunicaciones, un radar de onda continua o un radar pulsado
banda_trabajo	Banda en la que trabaja el radar que se quiere interceptar se considera S o X.
f	Frecuencia de la señal que se quiere interceptar
DRFM_max_bits	Máximo número de bits que puede utilizar el DRFM para cuantificar una señal
DC	Ciclo de trabajo (únicamente para radar pulsado)
área_cubrir	Área que se quiere cubrir para interceptar un radar
velocidad_plataforma	Velocidad de la plataforma

Tabla 1. Tabla con los parámetros de entrada utilizados en la primera parte de la simulación

Parámetros de salida	Descripción
N_q	Ruido de cuantificación obtenido a partir del número de bits utilizados en la cuantificación de la señal utilizando la siguiente fórmula: $N_q = \frac{2^{-2*n.bits}}{12}$
N	Ruido térmico utilizando la siguiente fórmula $N = K * T_o * B * Fig_{ruido}$
N_{total}	La suma de los ruidos térmicos y de cuantificación
S	Señal mínima que puede llegar al receptor considerando la SNR y el ruido
d	Máxima distancia a la que se puede encontrar el sistema que emite la señal que queremos detectar.
N_{ideal}	El número de bits más adecuado que se puede utilizar para cuantificar la señal, dependerá del máximo número de bits del DRFM y de la variación del alcance

Tabla 2. Tabla con los parámetros calculados a partir de los parámetros de entrada de la primera simulación.

En la segunda parte se analiza la capacidad de un receptor de guerra electrónica de detectar una señal radar, en función de si la plataforma es estática o aérea se siguen distintos procedimientos. En el caso de la plataforma estática se realizan varias simulaciones y se obtiene el tiempo necesario para que el receptor pueda interceptar una señal con una probabilidad del 95%. En el caso de la plataforma aérea se supone una plataforma que se desplaza siempre en la misma dirección y se analiza la velocidad máxima a la que puede ir la plataforma para poder interceptar el radar con una probabilidad del 95 %. Por último, en ambas situaciones se calcula la memoria necesaria para poder almacenar esa información. Para la realización de este programa se ha utilizado como ayuda un ejemplo del libro¹. A continuación se van a detallar los parámetros de entrada para el caso de una plataforma estática.

Parámetros de entrada	Descripción
rpm_1	Vueltas que da el radar que se quiere interceptar en un minuto
rpm_2	Vueltas que da la antena receptora en un minuto
beamwidth_1	Ancho de haz del radar que se quiere interceptar
beamwidth_2	Ancho de haz de la antena del receptor
n	Número de simulaciones realizadas
r	Número aleatorio para determinar la fase de la señal recibida

Tabla 3. Tabla con los parámetros de entrada de la segunda parte de la simulación

A continuación, se van a detallar los parámetros de salida obtenidos a partir de los parámetros de entrada definidos en la Tabla 3.

Parámetros de salida	Descripción
tot	Tiempo que se tarda en una iteración en interceptar una señal
s	Vector con los tiempos obtenidos en realizar la intercepción de la señal
hits	Probabilidades de que en un determinado tiempo se detecte una señal
y	Contiene la acumulación de probabilidades de detectar una señal
a	Indica el tiempo que se tarda en interceptar una señal con una probabilidad del 95 % en el caso de las simulaciones
Memoria	Capacidad del DRFM

Tabla 4. Tabla con los parámetros calculados a partir de los parámetros de entrada de la Tabla 3.

¹ D. Curtis Schleher, (1999), Electronic Warfare in the Information Age, pp 389-392, Norwood EEUU, ARTECH HOUSE

En la siguiente tabla se pueden los parámetros de entrada para el caso de una plataforma aérea.

Parámetros de entrada	Descripción
rpm_1	Vueltas que da el radar que se quiere interceptar en un minuto
beamwidth_1	Ancho de haz del radar que se quiere interceptar
beamwidth_2	Ancho de haz de la antena del receptor
v_plataforma	Velocidad a la que circula la plataforma aérea

Tabla 5. Tabla con los parámetros de entrada en el caso de una plataforma aérea.

Parámetros de salida	Descripción
a	Indica el tiempo que se tarda en interceptar una señal con una probabilidad del 95 % en el caso de las simulaciones
d1	Distancia a la que se encuentra el radar
v	Velocidad máxima a la que puede ir la plataforma para poder detectar al menos una vez el radar
area	Area/s que cubre el radar para una distancia o velocidad dada
v_ideal	Velocidad que optimiza el area/s que cubre la plataforma.
Memoria	Capacidad del DRFM

Tabla 6. Tabla con los parámetros de salida obtenidos a partir de los parámetros de entrada de la Tabla 5

Análisis caso plataforma estática

A continuación, se ha realizado una simulación seleccionando dispositivos comerciales para realizar un análisis con la herramienta con la herramienta comentada anteriormente. Para ello se han seleccionado un DRFM y una plataforma ISTAR estática, de las comentadas en el documento del estado del arte, la plataforma puede ser un vehículo militar, aunque durante la interceptación del radar el vehículo se mantiene estático, y un radar marítimo que es el que se desea interceptar.

Dispositivo	Modelo
DRFM ²	Model 1225 Ruggedized DRFM Mercury Systems
Plataforma ISTAR ³	UltraEAGLE ULR-501 Ultra Electronics
Radar ⁴	JMR-5410-6XH

Tabla 7. Dispositivos utilizados en el primer caso

² Página web de Mercury Systems. Available on: https://www.mrcy.com/products/microwave-rf/drfm/airborne_1225/ [Accesed on:12/07/2018]

³ Página web de Ultra Electronics. Available on: http://ultra-tes.com/files/Ultra_TCS_UltraEAGLE_ULR-501_WEB_2.pdf [Accesed on :12/07/2018]

⁴ Página web de JRC. Available on: <https://www.jrc.co.jp/eng/product/lineup/jmr5400/pdf/jmr5400e2-1.pdf#view=Fit> [Accesed on: 12/07/2018]

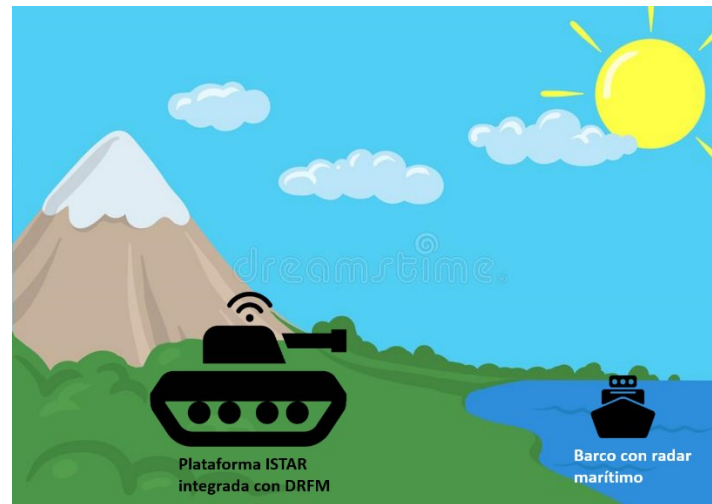


Ilustración 1. Escenario que se analiza para una plataforma ISTAR estática.

A continuación, se va a mostrar una tabla con los parámetros de entradas introducidos en el programa en este primer caso acorde con los dispositivos seleccionados.

Parámetros de entrada	Valor	Unidad
plataforma	estática	-
Fig_ruido	6	dB
S_N_req	10	dB
K	$1.38 \cdot 10^{-23}$	J/K
To	290	°C
B	1.2	GHz
Fs	2.4	GHz
M	6	dB
n_bits	Vector de 0 a 20	-
Ptx	70	dBm
Tipo_com	Radar pulsado	-
banda_trabajo	Banda X	-
f	9.41	GHz
DRFM_max_bits	12	-
DC	10	%
rpm_1	48	rev/min
rpm_2	30	rev/min
beamwidth_1	1.2	°
beamwidth_2	2	°
n	1000	-
area_cubrir	100	km ²
velocidad_plataforma	40	m/s

Tabla 8. Valores de los parámetros de entrada del primer caso.

En la primera parte de la simulación se obtiene una gráfica en la que se puede observar la distancia hasta la que se puede llegar a detectar un radar en función del número de bits. En la segunda parte de la simulación se obtiene un gráfico con el tiempo que debe estar el receptor para obtener una probabilidad de interceptación del 95 del radar que se quiere interceptar, en este caso el modelo JMR-5420-6XH, se muestran dos gráficas una azul con la probabilidad acumulada de las 1000 simulaciones que se realizan y otra roja que muestra el tiempo que se tendría que utilizar

de forma teórica. Como se puede ver en las gráficas se obtiene un alcance de 2.589 km para el máximo número de bits con el que puede trabajar el DRFM, es necesario un tiempo de búsqueda de 685.8 segundos para poder interceptar el radar con una probabilidad del 95 %. Por último, el tiempo necesario para cubrir el área deseada, en este caso 100 km² es de 25990.8 segundos y la memoria necesaria en el DRFM para una probabilidad de interceptación del 95 % es 2468.8 GB.

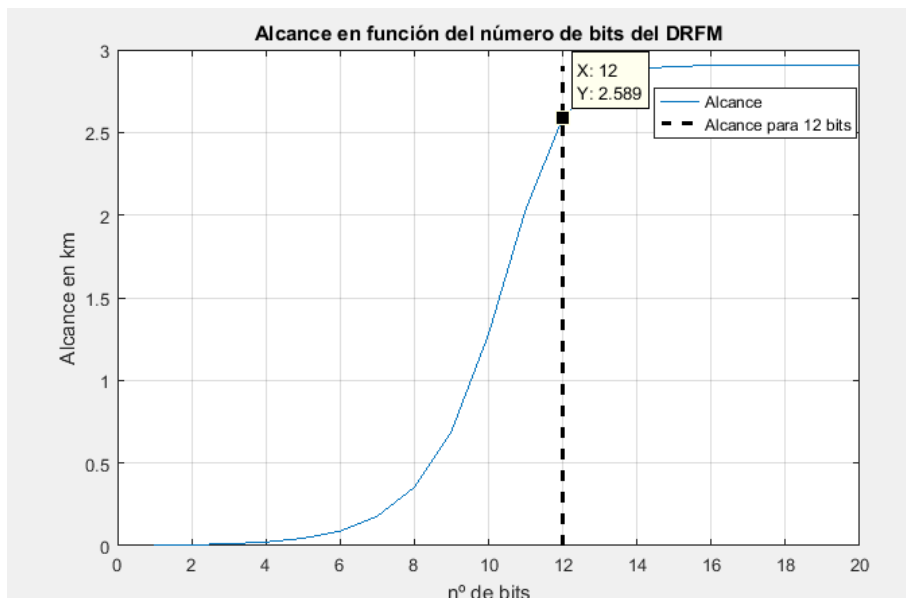


Ilustración 2. Alcance que se puede obtener en función del número de bits utilizados para la cuantificación de la señal en un DRFM.

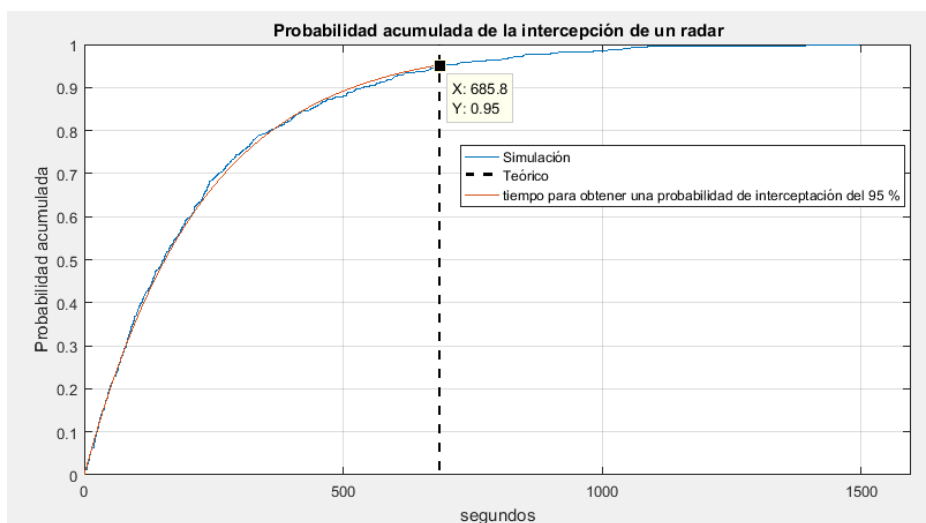


Ilustración 3. Gráfica que muestra la probabilidad acumulada de detectar un radar en cierto tiempo.

Análisis caso plataforma aérea

En este caso se ha realizado una simulación con una plataforma aérea, un DRFM comercial de las mismas características que el seleccionado anteriormente y un radar marítimo que es el que se quiere interceptar. En este caso la plataforma ISTAR conoce la dirección en la que se encuentra el barco y por tanto la antena receptora de la plataforma se encuentra orientada hacia el objetivo.

Dispositivo	Modelo
DRFM	Model 1225 Ruggedized DRFM Mercury Systems
Plataforma ISTAR ⁵	UltraEAGLE ALR-510 Ultra Electronics
Radar	JMR-5410-6X

Tabla 9. Dispositivos utilizados en el análisis de la plataforma aérea.



Ilustración 4. Escenario que se analiza para una plataforma ISTAR aérea.

A continuación, se va a mostrar una tabla con los valores de los parámetros de entrada indicados anteriormente para los dispositivos seleccionados.

Parámetros de entrada	Valor	Unidad
plataforma	aérea	-
Fig_ruido	6	dB
S_N_req	10	dB
K	$1.38 \cdot 10^{-23}$	J/K
To	290	°C
B	1.2	GHz
Fs	2.4	GHz
M	6	dB
n_bits	Vector de 0 a 20	-
Ptx	70	dBm
Tipo_com	Radar pulsado	-
banda_trabajo	Banda X	-
f	9.41	GHz
DRFM_max_bits	12	-
DC	10	%
rpm_1	27	rev/min
beamwidth_1	1.2	°
beamwidth_2	120	°
v_plataforma	340	m/s

Tabla 10. Valores de los parámetros de entrada en el análisis de una plataforma estática.

En los resultados de este análisis se obtiene el mismo alcance en función del número de bits utilizados en el DRFM, ya que se utiliza el mismo dispositivo. Respecto a la velocidad

⁵ Página web de Ultra Electronics. Available on: https://ultra-tcs.com/files/Ultra_TCS_UltraEAGLE_ALR-510.pdf [Accesed on :12/07/2018]

máxima de la plataforma para poder interceptar un radar, que se encuentre dentro de la huella del receptor de la plataforma aérea, en el 95% de los casos se puede observar que se obtienen velocidades elevadas, difícil de superar, para distancias superiores a los 200 metros. Además, se obtiene una gráfica, donde se puede ver la optimización del área cubierta por segundo en función de la distancia a la que se encuentra el radar y por consiguiente se puede obtener la velocidad máxima a la que habría que ir para optimizar el área cubierta por segundo, cuyo valor es 1734.4 m/s. Finalmente, se obtiene que la capacidad del DRFM tiene que ser 7.6GB para almacenar la señal del radar, considerablemente menor, al caso estático ya que el tiempo para interceptar el radar con una probabilidad del 95 % es mucho menor en este caso.

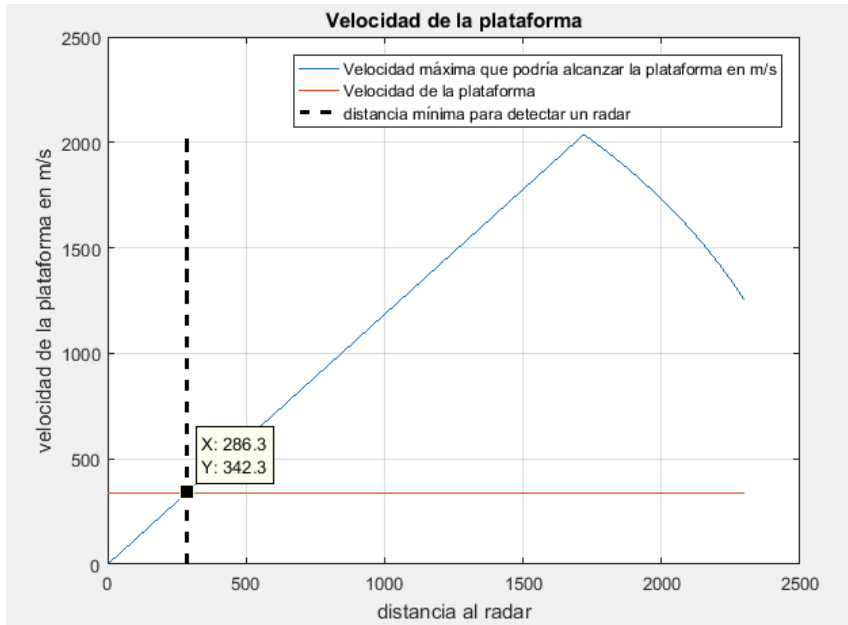


Ilustración 5. Velocidad máxima a la que puede ir la plataforma en función de la distancia a la que se encuentre el radar en metros desde la trayectoria de vuelo.

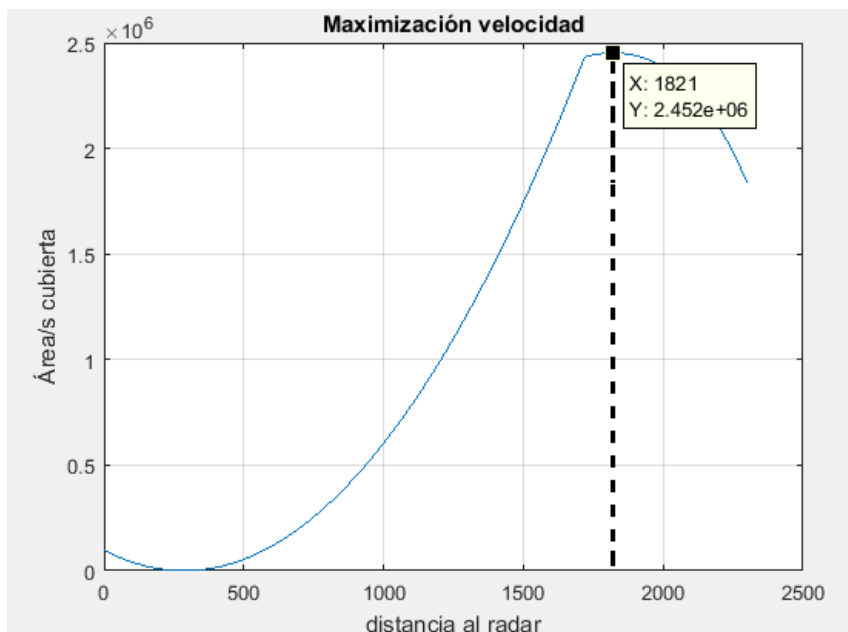


Ilustración 6. Gráfica en la que se muestra la distancia en la que se optimiza el área cubierta en un segundo.

Conclusiones

Como se puede observar en los resultados obtenidos, es de vital importancia el número de bits a utilizar en el DRFM, tanto en el caso de que la plataforma sea aérea o estática, para poder obtener un mayor alcance con una relación señal a ruido fija.

Respecto a la plataforma estática se puede observar que el tiempo necesario para interceptar con una probabilidad del 95 % un radar pulsado es similar en el caso teórico que en el caso práctico después de realizar 1000 simulaciones. También se puede observar que el tiempo necesario para interceptar con una probabilidad del 95% un radar pulsado en el caso de una plataforma estática es mucho mayor que en el caso de una plataforma aérea, donde se conoce la dirección del radar que se quiere interceptar, mientras que en caso de la plataforma estática no se conoce. Otra consecuencia de que el tiempo sea mayor para una plataforma estática es que la memoria necesaria en el DRFM es mucho mayor que en el caso de una plataforma estática.

Respecto a la plataforma aérea, también se ha analizado la velocidad máxima a la que debe ir la plataforma para poder interceptar el radar con una probabilidad del 95 %, en función de la distancia a la que se encuentre, como se puede ver en la gráfica para una velocidad de vuelo de la plataforma de 340 m/s se puede detectar radares a partir de los 286.3 metros hasta el alcance máximo, ya que dentro de estas distancias se puede detectar al menos una vez al radar. Por último, se puede observar una gráfica en la que se muestra la distancia, de la cuál se puede obtener la velocidad máxima a la que puede ir la plataforma aérea cuyo valor es 1937.6 m/s, en la que se optimiza el área cubierta por segundo.