

Diseño de Filtros Corrugados mediante la Técnica de Enjambre de Partículas

Alejandro Díaz Morcillo^{*}, Juan Monzó Cabrera^{*}, Antonio J. Lozano Guerrero^{*}, Óscar E. Herrera Bedoya^{**},
Ivan A. Mantilla Gaviria^{**} y Juan V. Balbastre Tejedor^{**}

^{*}Grupo de Electromagnetismo y Materia, Universidad Politécnica de Cartagena

Campus Muralla de Mar. Cuartel de Antigones, 30202 – Cartagena. Email: alejandro.diaz@upct.es

^{**}Grupo de Electromagnetismo Aplicado, Instituto ITACA, Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n. 46022 - Valencia

Resumen. En este artículo se presenta la experiencia en la aplicación de la técnica de optimización de enjambre de partículas o PSO (Particle Swarm Optimization) al diseño de filtros corrugados en guía de onda. Los resultados obtenidos indican que esta técnica permite realizar diseños que se adaptan a una máscara de filtrado predeterminada con una alta convergencia hacia la solución óptima.

1. Características de PSO

PSO es un algoritmo evolutivo introducido en 1995 y que se basa en la “inteligencia de enjambre”. La concepción original proviene de investigaciones sobre la búsqueda de alimento de aves, pero su filosofía se puede emplear en la resolución de complejos problemas de optimización global. PSO presenta características muy interesantes como, por ejemplo:

- Es sencillo de entender e implementar.
- Presenta un bajo coste computacional

Esta técnica aplicada a un problema de diseño que requiere la optimización de N variables, configura un conjunto o enjambre de partículas con posiciones aleatorias en el espacio N -dimensional del problema.

La posición de cada partícula corresponde a una posible solución del problema de optimización. Cada una de esas posiciones se evalúan para obtener un coste escalar basado en un determinado criterio de ajuste a la solución deseada. Así, cada partícula presenta un valor de ajuste o bondad, determinado por una función objetivo, y una velocidad direccional que controla su movimiento.

Todas las partículas tienen una posición y velocidad determinadas, y estas posiciones y velocidades se van modificando iterativamente. En este trabajo se ha empleado para la actualización de posición y velocidad de cada partícula el procedimiento descrito en [1], que muestra un mejor comportamiento de exploración global, exploración local y convergencia que la formulación original de PSO [2].

El tamaño de la población debe ser cuidadosamente elegido. Poblaciones grandes permiten una exploración extensa del espacio de soluciones, pero el número de evaluaciones y, por tanto, el coste computacional, aumenta considerablemente. En PSO pequeñas poblaciones pueden explorar eficientemente

el espacio de soluciones. La literatura recomienda un tamaño de 30 partículas para la mayoría de problemas, pero incluso tamaños alrededor de 10 o 20 partículas se han mostrado efectivos en diferentes problemas de ingeniería.

En cuanto a la delimitación del espacio de búsqueda, se han empleado “paredes invisibles” [2] como condiciones de contorno. Este tipo de condición permite a la partícula moverse sin restricciones físicas. Sin embargo, aquellas partículas que se salen del espacio de soluciones especificado no se evalúan. De esta manera se produce una considerable reducción del coste computacional mientras que no se interfiere en el movimiento natural del enjambre.

2. Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en el diseño de filtros de cavidad acoplados paso-alto. En concreto, los resultados presentados a continuación son para filtros en banda C formados por iris simétricos de 0,5mm de espesor sobre una guía de ondas rectangular de dimensiones 34,85 x 15,80mm (WR137). Una sección en planta de este tipo de filtro se muestra en la figura 1.

Las anchuras d_i de las aperturas y las distancias s_i entre ellas son los atributos a optimizar y, por tanto, definen la posición de cada partícula a lo largo del proceso de optimización. La frecuencia de corte del filtro objetivo es de 5,4GHz, suficientemente superior a la de corte de la guía WR137 (4,3GHz.). El límite superior de la banda estudiada es 9GHz.

La función de evaluación empleada para cada partícula mide el ajuste de la solución correspondiente a esa partícula al filtro objetivo, esto es, la diferencia entre el parámetro s_{21} objetivo y el obtenido con la partícula, todo ello en el margen de frecuencia para el que se realiza el diseño:

$$f_i = \frac{\sum_{j=1}^N |s_{21j}^i - s_{21j}^{obj}|^2}{N}$$

donde N es el número de puntos en frecuencia evaluados y j representa cada punto de frecuencia.

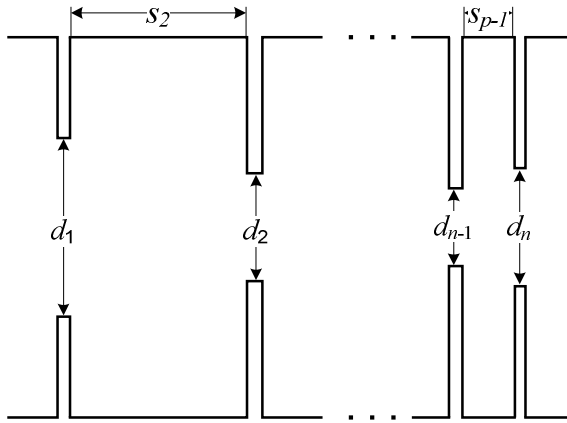


Fig. 1. Sección del filtro corrugado

La respuesta del filtro, dada la geometría del problema, se obtuvo con la técnica de ajuste modal o "mode matching" (MM). Para este problema en concreto el número de modos analizados en cada puerto del filtro con esta técnica fue de 30.

La tabla 1 muestra los diferentes parámetros empleados para esta optimización. El número total de iteraciones en el que se consiguió el error predeterminado fue de 298. La figura 2 muestra los valores mínimo y medio del error obtenido con la función de evaluación en cada iteración. En ella se aprecia claramente la convergencia del procedimiento.

Tabla 1. Parámetros de PSO

Parámetro	Valor
Número de partículas	10
Máximo de iteraciones	1000
Error objetivo	0.1
Condiciones de contorno	Paredes invisibles

La respuesta del filtro diseñado cuando se alcanzó el objetivo de error (iteración 289) se muestra en la figura 3. Se puede apreciar en ajuste casi perfecto con el filtro objetivo. Finalmente el filtro diseñado se muestra en la figura 4.

3. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la técnica PSO presenta una alta velocidad de convergencia que permite diseñar filtros corrugados a partir de una máscara o función de filtrado predeterminada.

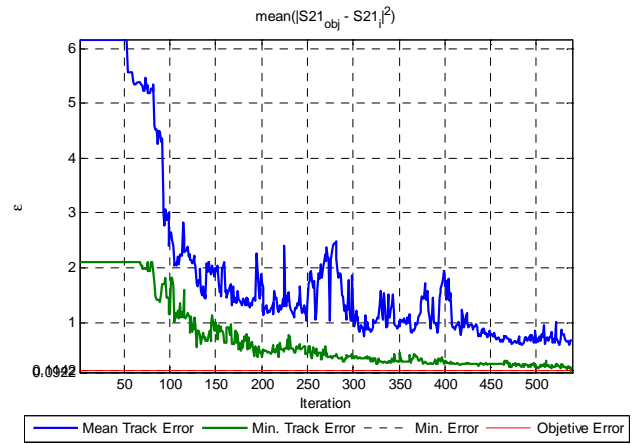


Fig. 2. Convergencia del proceso de optimización

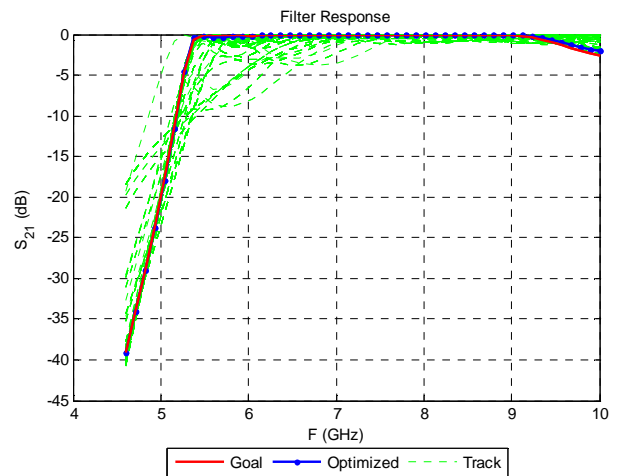


Fig. 3. Comparación entre la respuesta del filtro obtenido y el objetivo

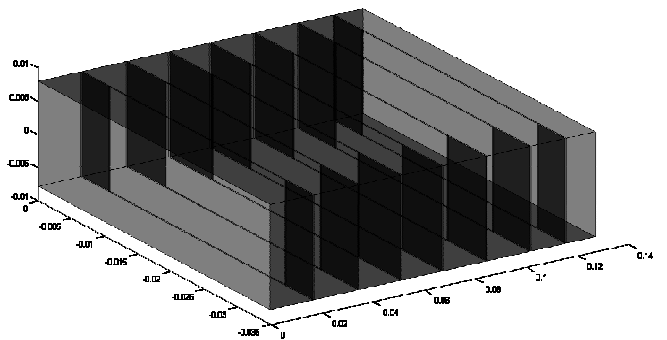


Fig. 4. Estructura del filtro diseñado

Referencias

- [1] M. Clerc and J. Kennedy, "The particle swarm - explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 6, pp. 58 - 73, Febrero 2002
- [2] J. Robinson and Y. Rahmat-Samii, "Particle swarm optimization in electromagnetics," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, pp. 397 - 407, Febrero 2004.