1er encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia
21 mayo 2004 León Guanajuato

"CÁLCULO DE LA DISPERSIÓN DE LUZ POR SUPERFICIES RUGOSAS USANDO UN METODO DE APROXIMACIÓN BASADO EN MATRICES ESPARCIDAS "

Alicia Campos Hernández [a], Alberto Mendoza Suárez [a] y Rafael Espinosa Luna [b] .

[a] Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo , alicammx@yahoo.com, almend@zeus.umich.mx
[b] Centro de investigaciones en Óptica, A. C., reluna@cio.mx

RESUMEN. El cálculo de la dispersión de la luz por superficies rugosas usualmente requiere simulaciones numéricas realizadas con un alto costo computacional. Partiendo de un método de cálculo que utiliza la solución numérica de ciertas ecuaciones integrales, expandimos una matriz, que representa el efecto del sistema físico, en una serie de matrices esparcidas (matrices con muchos ceros). Sustituyendo la matriz exacta por la expansión truncada podemos obtener resultados aproximados hasta el orden que queramos. Nuestro interés por el método propuesto es que, con relativa facilidad, podemos combinar los factores: precisión de resultados y rapidez del cálculo.

INTRODUCCIÓN. El cálculo de la dispersión de la luz por superficies rugosas unidimensionales se lleva a cabo utilizando tanto métodos aproximados [1] como otros más rigurosos [2]. Los métodos aproximados tienen menor costo computacional aunque están limitados a sus respectivos rangos de validez. Así, por ejemplo, para un problema que involucre a una superficie aleatoria, cuya curvatura no sea lo suficientemente pequeña para que el método de la "aproximación de Kirchhoff" sea aceptable, tendríamos que utilizar alguno de los métodos de cálculo rigurosos. En este resumen presentamos un método que, en relación a cierto método riguroso [2], nos permite obtener resultados tan aproximados como queramos. El grado de aproximación requerida determina el costo computacional a pagar, el cual, en general es menor que el del método riguroso de referencia.

TEORÍA. El método numérico reportado en [2] está basado en la resolución numérica de ecuaciones integrales por medio de ecuaciones algebraicas. Por ejemplo, para una superficie de conductor perfecto y polarización p, se calculan las "fuentes", F_n , resolviendo el sistema de ecuaciones lineales

$$H^{inc}_m = \Sigma M_{mn} F_n , \qquad (1)$$

donde H^{inc}_m es el campo magnético de la onda incidente evaluado sobre la superficie, M_{mn} representa a una matriz que depende de la geometría de la superficie y de la longitud de onda, λ, de la luz incidente y la suma se extiende desde 1 hasta N, que es el número de puntos de una discretización de la superficie. Los elementos de matriz, M_{mn} , son proporcionales a la función de Hankel de primera clase y orden 1, cuya magnitud decae al principio (en una distancia entre puntos igual a λ) con relativa rapidez, aunque para valores mayores del argumento esa magnitud permanece casi estacionaria. Nuestro método está basado precisamente en esta propiedad: Resulta que los elementos de la diagonal tienen magnitud máxima y sus elementos vecinos decaen en magnitud. Expandimos a la matriz M_{mn} por medio de la expresión

$$M_{mn}=\Sigma M_{mn}^{(j)}\,, \qquad (2)$$

donde la matriz $M_{mn}^{(j)}$ es una matriz esparcida cuyos únicos elementos distintos de cero son M_{mm-j} y M_{mm+j}, ésto para toda m, y la suma se extiende entre 0 y N-1 Así, $M_{mn}^{(0)}$ contiene solamente a los elementos de la diagonal, $M_{mn}^{(1)}$ contiene tanto al primer vecino a la izquierda como a la derecha de la diagonal, etc.

RESULTADOS NUMÉRICOS. Se trabajó con un ensamble de 1000 realizaciones que representan una superficie con una longitud 10λ, cuya estadística es gaussiana con una desviación estándar de alturas de 0.25λ y una longitud de correlación de 0.5λ. Las realizaciones usadas tienen una curvatura apreciable. Simulaciones numéricas con estos parámetros muestran que la aproximación de Kirchhoff es inadecuada y la propuesta está en buen acuerdo con la obtenida por el método riguroso. Los tiempos de cómputo utilizados fueron 40 minutos para el método riguroso y 24 minutos para el propuesto, obteniéndose un ahorro de tiempo apreciable, hecho que muestra la utilidad de nuestro trabajo.

BIBLIOGRAFÍA.

[1] N. C. Bruce , "Scattering from infinitely sloped surfaces by use of the Kirchhoff approximation", Appl. Opt., Vol. 42, 13, 2003, 2398-2406.

[2] A. Mendoza-Suárez and E. R. Méndez, "Light scattering by a reentrant frectal surface", Appl. Opt., Vol. 36, 15, 1997, 3521-3531.