

# Diseño y aplicaciones de antenas

Jaume Anguera Pros  
Aurora Andújar Linares

PID\_00175733

Material docente de la UOC


**Jaume Anguera Pros**

Jaume Anguera nació en Vinaròs, España, en 1972. Se diplomó como Ingeniero Técnico en Sistemas Electrónicos y obtuvo la licenciatura de Ingeniería Electrónica, en la Universidad Ramon Llull (URL), Barcelona, y se licenció y doctoró en Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona. En 1997-1999, se unió a la UPC como investigador de antenas fractales impresas microstrip. En 1999 fue investigador en sistemas radiantes, Madrid, España. Ese mismo año, empezó a trabajar como Profesor Asociado en la URL, donde imparte clase de antenas y propagación electromagnética. Desde 1999, es I+D Manager en Fractus. En 2003-2004 estuvo en Fractus-Repbública de Corea. Desde 2005, lidera proyectos de investigación en el campo de las antenas en un marco de cooperación entre universidad e industria. Ha obtenido 95 patentes y tiene 30 más pendientes en el campo de las antenas. Es autor de más de 170 publicaciones en revistas científicas y conferencias nacionales e internacionales, y ha dirigido más de 70 tesis de licenciatura y máster. El Dr. Anguera fue uno de los miembros del equipo fractal que recibió el European Information Technology Grand Prize en 1998. En 2003, fue finalista de la Mejor Tesis Doctoral en UMTS. "New faces of Engineering" 2004 (IEEE). En 2004, logró el premio a la Mejor Tesis Doctoral de COIT y ONO. Es revisor y editor de varias publicaciones científicas. Su biografía aparece en Who'sWho in the World, Science and Engineering, y en Emerging Leaders. Senior Member IEEE.


**Aurora Andújar Linares**

Aurora Andújar nació en Barcelona, España, 1984. Se licenció en Ingeniería de Telecomunicaciones, en la especialidad de Sistemas de Telecomunicaciones en 2005. Máster en Ingeniería de Telecomunicaciones en 2007, máster en Ingeniería y Gestión de Telecomunicaciones en 2007, y doctora en Ingeniería de la telecomunicación en 2013 por la UPC, Barcelona, España. En 2004-2005, obtuvo una beca de investigación del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la UPC. En 2005, trabajó como Ingeniera de Pruebas de Software para aplicaciones destinadas a dispositivos portátiles inalámbricos. En 2006, trabajó como Ingeniera de Software diseñando una herramienta de simulación de carga para probar Digital Campus en entornos académicos. Desde 2007, trabaja como Ingeniera de I+D en Fractus, Barcelona, España, donde contribuye al mantenimiento y crecimiento de la cartera de patentes de la compañía. También participa en varios proyectos relativos al diseño de antenas miniatura y multibanda para dispositivos móviles. Es autora de más de 56 publicaciones en revistas científicas y conferencias nacionales e internacionales. Ha dirigido 13 proyectos de fin de carrera y máster, y es también autora de 9 patentes de invención en el campo de las antenas.

El encargo y la creación de este material docente han sido coordinados por el profesor: Germán Cobo Rodríguez (2014)

Primera edición: febrero 2014

© Jaume Anguera Pros, Aurora Andújar Linares

Todos los derechos reservados

© de esta edición, FUOC, 2014

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Diseño: Manel Andreu

Realización editorial: Oberta UOC Publishing, SL

Depósito legal: B-1.514-2014



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

## Introducción

Desde la primera antena diseñada por Heinrich R. Hertz en el año 1888 con la que demostraba la existencia de las ondas electromagnéticas postuladas por James C. Maxwell en 1865, el diseño de las antenas ha ido evolucionando. Se pasó de las primeras antenas de radiodifusión como las utilizadas por Guglielmo Marconi a antenas de radar embarcadas en aviones durante los albores de la revolución sin hilos. Con los avances en el campo computacional, los programas de simulación electromagnética han ido progresando y han permitido analizar antenas con geometrías cada vez más complejas, teniendo en cuenta además los materiales constituyentes, así como el entorno en el que se encuentran, como el cuerpo humano.

Una de las aplicaciones donde el éxito de la antena es extraordinario, es el de la telefonía móvil, que supera los mil millones de dispositivos cada año. Teniendo en cuenta que estos dispositivos están poblados de diversas antenas, la cifra del número de antenas es sorprendente. Por este motivo, la presente asignatura dedica el módulo “Tecnología de antenas para terminales móviles” a tratar el diseño y caracterización de antenas miniatura y multibanda para terminales móviles.

No solo en el campo de las antenas para terminales móviles sino en el campo de las antenas en general, es posible enfrentarse a problemas de diseño en los que intervienen numerosas variables. Imaginémonos, por ejemplo, el hecho de sintetizar un diagrama de radiación para que sea de una forma determinada a partir de la manipulación de las amplitudes, fases y distancias entre elementos de una agrupación. El problema puede abordarse mediante métodos analíticos, como el método de Fourier o Woodyard-Lawson por ejemplo, con las limitaciones inherentes. Una de ellas es que las amplitudes no están sujetas a restricciones y ello puede conllevar problemas a la hora de implementar una red de distribución. Existen alternativas que resuelven este y otros problemas, como los basados en métodos de optimización inspirados en la evolución natural de las especies propuesta por Charles Darwin, como es el caso de los algoritmos genéticos. Este método es tratado en el módulo “Optimización de antenas mediante algoritmos genéticos”, con el objetivo de entender el principio básico de funcionamiento y el campo de aplicación.

Con el aumento de la velocidad de computación y capacidad de memoria de los ordenadores, los métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones de Maxwell han cobrado un protagonismo trascendental en las etapas de diseño de antena. Con el objetivo de entender las ventajas e idoneidad de dichos métodos, se presentan en el módulo “Métodos numéricos para la resolución

de las ecuaciones de Maxwell” dos métodos ampliamente utilizados en la industria, como son el método de los momentos y el de las diferencias finitas en el dominio del tiempo.

Desde sus orígenes, las antenas estaban constituidas básicamente por conductores y dieléctricos. Bien conocido es el problema de tener antenas lineales eléctricamente cercanas a conductores eléctricos debido a una baja eficiencia en términos generales. Teóricamente, si dicho conductor eléctrico se sustituye por uno magnético, el problema se resuelve. Sin embargo, no existe en la naturaleza un conductor magnético. Afortunadamente, se puede sintetizar mediante estructuras periódicas entrando en el campo de lo que se conoce como metamateriales. Estos materiales sintéticos permiten, entre otros aspectos, diseñar conductores magnéticos en un cierto margen de frecuencias, conseguir índices de refracción negativos útiles para miniaturizar antenas y crear estructuras de banda prohibida para mitigar acoplamientos entre antenas. El módulo “Metamateriales” introduce los metamateriales de forma básica e ilustra el campo de aplicación.

### **Metodología de trabajo**

La lectura de los módulos debe completarse con las referencias bibliográficas adjuntas. Es necesario además que se tengan consolidados los conceptos básicos de teoría de antenas, pues muchos de los conceptos nuevos introducidos en la presente asignatura están fundamentados en la teoría clásica. De forma general deben tenerse consolidados los siguientes conceptos: ondas planas, índice de refracción, ondas planas en medios materiales, velocidad de grupo y de fase, vector de Poynting, impedancia de entrada, eficiencia, directividad, polarización, diagramas de radiación, campo cercano y lejano, ecuaciones de Maxwell, ecuaciones de radiación, forma de radiación de antenas elementales como dipolos, ranuras y antenas microstrip, teoría de imágenes, adaptación de impedancias y teoría de agrupaciones.

## Objetivos

Objetivos generales:

1. Adquirir conocimientos sobre el diseño y fabricación de antenas utilizadas en la industria.
2. Desarrollar aptitudes para dimensionar las necesidades de una empresa en cuanto a equipos de software y para el diseño de antenas.
3. Ampliar conocimiento en el campo de las antenas conociendo los últimos avances.
4. Adquirir capacidad para diseñar sistemas de antenas enfocados a la industria.
5. Aprender a enlazar la teoría básica de antenas con problemas complejos existentes en la industria.
6. Fomentar la lectura de revistas especializadas de antenas para complementar el material didáctico y saber qué fuentes utilizar para futuros trabajos en el campo del diseño de antenas.

Objetivos particulares:

1. Obtener una visión general del estado del arte en el diseño de antenas para terminales móviles (módulo 1).
2. Entender los desafíos existentes en el campo (módulo 1).
3. Conocer las prestaciones de los sistemas de medida para terminales móviles como cámaras anecoicas, reverberantes, y equipos de medida de SAR (*specific absorption rate*) (módulo 1).
4. Regulaciones SAR y HAC (*hearing aid compatibility*) (módulo 1).
5. Utilidad de *phantoms* de cabeza y mano (módulo 1).
6. Entender los parámetros pasivos y activos utilizados para caracterizar antenas de terminales móviles (módulo 1).

- 7.** Enlazar los conceptos de teoría de antenas con aplicaciones para el diseño de antenas miniatura y multibanda para terminales móviles (módulo 1).
- 8.** Comprender el principio de funcionamiento de un algoritmo genético (GA) (módulo 2).
- 9.** Entender qué problemas de optimización puede resolver un GA. Conocer el uso del cruzamiento, mutación y elitismo (módulo 2).
- 10.** Conocer los diversos métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones de Maxwell relacionados con el diseño de antenas y circuitos de microondas (módulo 3).
- 11.** Comprender el método de los momentos y el de diferencias finitas en el dominio del tiempo para la resolución de las ecuaciones de Maxwell. Saber la idoneidad de cada método y sus limitaciones (módulo 3).
- 12.** Disponer de la base suficiente para abordar actividades profesionales relacionadas con los métodos numéricos (módulo 3).
- 13.** Entender qué son los metamateriales. Saber en qué campos se aplican (módulo 4).

## Contenidos

Módulo didáctico 1

### **Tecnologías de antenas para terminales móviles**

Jaume Anguera Pros y Aurora Andújar Linares

1. Evolución de los teléfonos móviles
2. Caracterización de antenas para terminales móviles
3. Tecnología de antenas para terminales móviles

Módulo didáctico 2

### **Optimización de antenas mediante algoritmos genéticos**

Jaume Anguera Pros y Aurora Andújar Linares

1. Elementos y partes de un algoritmo genético
2. Codificación de los parámetros
3. Estrategias de selección
4. Mejoras del algoritmo genético simple
5. El problema del viajero
6. Ejemplos de aplicación

Módulo didáctico 3

### **Métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones de Maxwell**

Jaume Anguera Pros y Aurora Andújar Linares

1. Técnicas de resolución de las ecuaciones de Maxwell
2. Método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD)
3. Método de los momentos (MoM)

Módulo didáctico 4

### **Metamateriales**

Jaume Anguera Pros y Aurora Andújar Linares

1. Orígenes
2. Medios zurdos
3. Aplicaciones

