

# Disseny i aplicacions d'antenes

Jaume Anguera Pros  
Aurora Andújar Linares

PID\_00175721

Material docent de la UOC


**Jaume Anguera Pros**

Jaume Anguera va néixer a Vinaròs, Espanya, l'any 1972. Va rebre el títol d'Enginyer Tècnic en Sistemes Electrònics i d'Enginyer Superior en Electrònica ambdós per la Universitat Ramon Llull (URL), Barcelona. Va rebre el títol d'Enginyer Superior de Telecomunicació i Doctor Enginyer de Telecomunicació ambdós per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona. Durant el període 1997-1999 va entrar a la UPC com a investigador en el camp de les antenes fractals microstrip. L'any 1999 va ser investigador a S. Radiantes, Madrid, Espanya. Aquest mateix any es vincula com a professor associat a la URL, on dona classes sobre antenes i propagació electromagnètica. Des de l'any 1999 treballa a Fractus com a Manager R+D. Els anys 2003 i 2004 va treballar a Fractus-Corea del Sud. Des de l'any 2005 ha liderat projectes en el camp de les antenes dins el marc de la col·laboració universitat-indústria. Té més de noranta-cinc patents i trenta més en tràmit en l'àmbit de les antenes. És autor de més de cent setanta publicacions en revistes científiques i conferències nacionals i internacionals i ha dirigit més de setanta projectes de fi de carrera i màster. El Dr. Anguera va ser membre de l'equip fractal que l'any 1998 va rebre l'European Information Technology Grand Prize. L'any 2003 va ser finalista a la Millor Tesi doctoral en UMTS. L'any 2004 va rebre el New Faces of Engineering 2004 (IEEE) i aquest mateix any va rebre el premi a la millor tesi doctoral atorgat pel Col·legi Oficial d'Enginyers de Telecomunicació i per l'empresa ONO. És revisor i editor de diverses publicacions científiques. La seva biografia apareix al *Who's Who in the World*, a les seccions de *Science and Engineering* i *Emerging Leaders*. Senior Member IEEE.


**Aurora Andújar Linares**

Aurora Andújar va néixer a Barcelona, Espanya, l'any 1984. Es va llicenciar en Enginyeria de Telecomunicacions l'any 2005 en l'especialitat de Sistemes de Telecomunicacions, l'any 2007 va obtenir el màster en Enginyeria de Telecomunicacions i el màster d'Enginyeria i Gestió de Telecomunicacions, i és doctora en Enginyeria de Telecomunicacions per la UPC des de l'any 2013. Durant el curs 2004-2005 va rebre una beca d'investigació del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions de la UPC. L'any 2005 va treballar com a enginyera de proves de programari per a aplicacions concebudes per a dispositius sense fils portàtils i el 2006, com a enginyera de programari dissenyant una eina de simulació de càrrega per tal de provar Digital Campus en entorns acadèmics. Des de l'any 2007 treballa com a enginyera d'I+D a Fractus, Barcelona, Espanya, on contribueix en el manteniment i el creixement de la cartera de patents de la companyia. També participa en diversos projectes en el camp del disseny d'antenes miniatura i multibanda per a dispositius mòbils. Des de l'any 2009 lidera projectes de recerca en el camp de les antenes per a dispositius sense fils portàtils dins el marc de la col·laboració universitat-indústria. Actualment està fent el doctorat en el camp de les antenes miniatura i multibanda per a dispositius mòbils. És autora de més de cinquanta-sis publicacions en revistes científiques i conferències nacionals i internacionals. Ha dirigit tretze projectes de fi de carrera i màster i també és autora de nou patents d'invents en el camp de les antenes.

L'encàrrec i la creació d'aquest material docent han estat coordinats pel professor: Germán Cobo Rodríguez (2014)

Primera edició: febrer 2014

© Jaume Anguera Pros, Aurora Andújar Linares

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2014

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Disseny: Manel Andreu

Realització editorial: Oberta UOC Publishing, SL

Dipòsit legal: B-1.515-2014



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

## Introducció

Des de la primera antena dissenyada per Heinrich R. Hertz l'any 1888 amb què demostrava l'existència de les ones electromagnètiques postulades per James C. Maxwell el 1865, el disseny de les antenes ha anat evolucionant. Es va passar de les primeres antenes de radiodifusió, com les utilitzades per Guglielmo Marconi, a antenes de radar embarcades en avions durant els inicis de la revolució sense fil. Amb els avenços en el camp computacional, els programes de simulació electromagnètica han anat progressant i han permès analitzar antenes amb geometries cada vegada més complexes tenint en compte a més els materials constituents i l'entorn en què es troben, com el cos humà.

Una de les aplicacions en què l'èxit de l'antena és extraordinari és la telefonia mòbil, que supera els mil milions de dispositius cada any. Tenint en compte que aquests dispositius estan poblats de diverses antenes, la xifra del nombre d'antenes és sorprenent. Per això, aquesta assignatura dedica el mòdul "Tecnologia d'antenes per a terminals mòbils" a tractar del disseny i de la caracterització d'antenes miniatura i multibanda per a terminals mòbils.

No solament en el camp de les antenes per a terminals mòbils, sinó també en el camp de les antenes en general, és possible enfrontar-se a problemes de disseny en què intervenen nombroses variables. Imaginem-nos, per exemple, el fet de sintetitzar un diagrama de radiació perquè sigui d'una forma determinada a partir de la manipulació de les amplituds, fases i distàncies entre elements d'una agrupació. El problema pot abordar-se mitjançant mètodes analítics com el mètode de Fourier o Woodyard-Lawson, per exemple, amb les limitacions inherents. N'és una el fet que les amplituds no estan subjectes a restriccions i això pot comportar problemes a l'hora d'implementar una xarxa de distribució. Hi ha alternatives que resolen aquest i altres problemes, com els basats en mètodes d'optimització inspirats en l'evolució natural de les espècies proposada per Charles Darwin, com és el cas dels algorismes genètics. Tractem d'aquest mètode en el mòdul "Optimització d'antenes mitjançant algorismes genètics" amb l'objectiu d'entendre'n el principi bàsic de funcionament i el camp d'aplicació.

Amb l'augment de la velocitat de computació i capacitat de memòria dels ordinadors, els mètodes numèrics per a la resolució de les equacions de Maxwell han cobrat un protagonisme transcendental en les etapes de disseny d'antenes. Amb la finalitat d'entendre'n els avantatges i la idoneïtat, es presenten en el mòdul "Mètodes numèrics per a la resolució de les equacions de Maxwell" dos mètodes que s'utilitzen àmpliament en la indústria com són el mètode dels moments i el de les diferències finites en el domini del temps.

Des dels orígens, les antenes estaven constituïdes bàsicament per conductors i dielèctrics. Ben conegut és el problema de tenir antenes lineals elèctricament properes a conductors elèctrics degut a una baixa eficiència en termes generals. Teòricament, si aquest conductor elèctric se substitueix per un de magnètic, el problema es resol. Ara bé, a la naturalesa no existeixen els conductors magnètics. Afortunadament, se'n poden sintetitzar a partir d'estructures periòdiques tot i entrant en el camp del que es coneix com a *metamaterials*. Aquests materials sintètics permeten, entre altres aspectes, dissenyar conductors magnètics en un cert marge de freqüències, assolir índexs de refracció negatius útils per a miniaturitzar antenes i crear estructures de banda prohibida per a mitigar acoblaments entre antenes. El mòdul "Metamaterials" introdueix els metamaterials de manera bàsica i n'il·lustra el camp d'aplicació.

### Metodologia de treball

La lectura dels mòduls ha de completar-se amb les referències bibliogràfiques adjuntes. És necessari, a més, haver consolidat els conceptes bàsics de teoria d'antenes, ja que molts dels conceptes nous introduïts en aquesta assignatura es fonamenten en la teoria clàssica. De manera general s'han de tenir consolidats els conceptes següents: ones planes, índex de refracció, ones planes en medis materials, velocitat de grup i de fase, vector de Poynting, impedància d'entrada, eficiència, directivitat, polarització, diagrames de radiació, camp proper i llunyà, equacions de Maxwell, equacions de radiació, forma de radiació d'antenes elementals com dipols, ranures i antenes *microstrip*, teoria d'imatges, adaptació d'impedàncies i teoria d'agrupacions.

## Objectius

Objectius generals:

1. Adquirir coneixements sobre el disseny i la fabricació d'antenes utilitzades en la indústria.
2. Desenvolupar aptituds per a dimensionar les necessitats d'una empresa quant a equips de programari per al disseny d'antenes.
3. Ampliar coneixements en el camp de les antenes coneixent-ne els últims avenços.
4. Adquirir capacitat per a dissenyar sistemes d'antenes enfocats a la indústria.
5. Aprendre a enllaçar la teoria bàsica d'antenes amb problemes complexos existents en la indústria.
6. Fomentar la lectura de revistes especialitzades d'antenes per a complementar el material didàctic i saber quines fonts utilitzar per a futurs treballs en el camp del disseny d'antenes.

Objectius particulars:

1. Obtenir una visió general de l'estat de la qüestió en el disseny d'antenes per a terminals mòbils (mòdul 1).
2. Entendre els desafiaments que hi ha al camp (mòdul 1).
3. Conèixer les prestacions dels sistemes de mesura per a terminals mòbils com cambres anecoiques, reverberants, i equips de mesura de SAR (*specific absorption rate*)(mòdul 1).
4. Regulacions SAR i HAC (*hearing aid compatibility*) (mòdul 1).
5. Utilitat de *phantoms* de cap i mà (mòdul 1).
6. Entendre els paràmetres passius i actius utilitzats per a caracteritzar antenes de terminals mòbils (mòdul 1).

- 7.** Enllaçar els conceptes de teoria d'antenes amb aplicacions per al disseny d'antenes miniatura i multibanda per a terminals mòbils (mòdul 1).
- 8.** Comprendre el principi de funcionament d'un algorisme genètic (GA) (mòdul 2).
- 9.** Entendre quins problemes d'optimització pot resoldre un GA. Conèixer l'ús de l'encreuament, la mutació i l'elitisme (mòdul 2).
- 10.** Conèixer els diversos mètodes numèrics per a la resolució de les equacions de Maxwell relacionats amb el disseny d'antenes i circuits de microones (mòdul 3).
- 11.** Comprendre el mètode dels moments i el de diferències finites en el domini del temps per a la resolució de les equacions de Maxwell. Saber la idoneïtat i les limitacions de cada mètode (mòdul 3).
- 12.** Disposar de prou base per a abordar activitats professionals relacionades amb els mètodes numèrics (mòdul 3).
- 13.** Entendre què són els metamaterials. Saber en quins camps s'apliquen (mòdul 4).

## Continguts

Mòdul didàctic 1

### **Tecnologia d'antenes per a terminals mòbils**

Jaume Anguera Pros i Aurora Andújar Linares

1. Evolució dels telèfons mòbils
2. Caracterització d'antenes per a terminals mòbils
3. Tecnologia d'antenes per a terminals mòbils

Mòdul didàctic 2

### **Optimització d'antenes mitjançant algorismes genètics**

Jaume Anguera Pros i Aurora Andújar Linares

1. Elements i parts d'un algorisme genètic
2. Codificació dels paràmetres
3. Estratègies de selecció
4. Millores de l'algorisme genètic simple
5. El problema del viatger
6. Exemples d'aplicació

Mòdul didàctic 3

### **Mètodes numèrics per a la resolució de les equacions de Maxwell**

Jaume Anguera Pros i Aurora Andújar Linares

1. Tècniques de resolució de les equacions de Maxwell
2. Mètode de les diferències finites en el domini del temps (FDTD)
3. Mètode dels moments (MoM)

Mòdul didàctic 4

### **Metamaterials**

Jaume Anguera Pros i Aurora Andújar Linares

1. Orígens
2. Medis esquerrans
3. Aplicacions

