

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
4313797 Enginyeria de Telecomunicació / Telecommunication Engineering	OT	2	1

Professor de contacte

Nom: Gonzalo Seco Granados

Correu electrònic: Gonzalo.Seco@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

Prerequisites

For students who have been admitted indirectly to the master (e.g. those who must attend complementary courses), they should have already passed the course on "Tractament digital del senyal" (TDS) offered within the B.Sc. degree on Telecommunication Systems Engineering (i.e. "Grau d'Enginyeria en Sistemes de Telecomunicació"). Basic knowledge on Matlab programming is also required.

Objectius

The objective of this course is to introduce traditional methods of array signal processing for multi-antenna transceivers, including spatial filtering (beamforming), direction of arrival estimation and multiple-input multiple-output (MIMO) communication systems.

The use of transmitters and/or receiver with multiple antennas is nowadays widespread in modern wireless communications, localization and radar systems. The trend of increasing the number of antenna in any device will likely continue in the next years. After this course, the student will have the understanding of the fundamental concepts of array signal processing and the capability to apply them to the design of future telecommunications and positioning systems.

Competències

- Capacitat de raonament crític i pensament sistemàtic, com mitjans per a tenir una oportunitat de ser originals en la generació, desenvolupament i/o aplicació d'idees en un context d'investigació o professional.
- Capacitat per a desenvolupar sistemes de radiocomunicacions: disseny d'antenes, equips i subsistemes, modelatge de canals, càlcul d'enllaços i planificació.
- Capacitat per a la integració de tecnologies i sistemes propis de l'Enginyeria de Telecomunicació, amb caràcter generalista, i en contextos més amplis i multidisciplinaris com per exemple en bioenginyeria, conversió fotovoltaica, nanotecnologia, telemedicina.
- Capacitat per aplicar la teoria dels mètodes d'informació, modulació adaptativa i codificació de canal, així com tècniques avançades de processament de senyal digital en telecomunicacions i sistemes audiovisuals.
- Capacitat per dissenyar radionavegació, sistemes i sistemes de radar de posicionament.
- Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
- Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions, així com els coneixements i les raons últimes que les fonamenten, a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats

- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit
- Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca

Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar les implicacions a nivell de sistema de l'ús de arrays antenes en diverses aplicacions.
2. Aplicar les principals tècniques de conformació intel·ligent de feix, estimació d'adreça d'arribada i comunicacions MIMO
3. Avaluar els avantatges d'usar múltiples antenes en recepció i/o transmissió en els sistemes de radionavegació i de radar.
4. Capacitat de raonament crític i pensament sistemàtic, com mitjans per a tenir una oportunitat de ser originals en la generació, desenvolupament i/o aplicació d'idees en un context d'investigació o professional.
5. Classificar els diferents algorismes de processament de senyal en array i a partir d'ells descriure les característiques fonamentals dels tècniques multicanal.
6. Descriure les diferents formes de modelar els senyals rebudes en un array.
7. Dissenyar algorismes de processat en array que resolguin problemes concrets en el camp de les comunicacions o en altres camps afins a l'enginyeria de telecomunicacions.
8. Posar en pràctica les diferents tècniques a partir de mostres reals o sintètiques de senyals.
9. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
10. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions, així com els coneixements i les raons últimes que les fonamenten, a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats
11. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit
12. Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca

Continguts

1. Introduction to array processing
 - 1.1. Baseband signal model and analytic signal.
 - 1.2. Far field and near field models. Narrowband approximation.
 - 1.3. Direction of arrival. Spatial covariance matrix. Source coherence.
2. Spatial filtering
 - 2.1. Space-time filtering and beamforming.
 - 2.2. Design of time reference beamformers. Communication applications.
 - 2.3. Design of spatial reference beamformers. Radar/sonar applications.
 - 2.4. Other training methods for spatial filtering.
3. Direction of arrival (DoA) estimation
 - 3.1. Main principles in DoA estimation.
 - 3.2. Phased arrays and spatial periodogram.
 - 3.3. Subspace-based techniques. MUSIC.

- 3.4. Spatial prediction: ESPRIT.
- 3.5. High resolution methods: maximum likelihood and approximations.
- 4. Multiple-input Multiple-output processing: spatial diversity and multiplexing
 - 4.1. Spatial diversity at the transmitter and at the receiver.
 - 4.2. Space-time coding.
 - 4.3. Introduction to Information Theory for multi-antenna system. MIMO capacity.
 - 4.4. Optimum spatial processing. Waterfilling.
- 5. Examples of array signal processing in 5G wireless communications systems, MIMO radar, and positioning systems.

Metodologia

Lectures: development of the theoretical concepts of the course. Written evaluation tests, including a mid-term exam and a final one.

Laboratory: development of Matlab-based exercises covering the theoretical contents of the course.

Student self-learning activities: Study of the material presented during the lectures. Preparation of lab exercises, other homework and exams.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes magistrals	30	1,2	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
Estudi, preparació de sessions de problemes i de laboratori	86	3,44	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Tipus: Supervisades			
Classes de laboratori i problemes	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Avaluació

The final evaluation will take into account the lab exercises (30%), a mid-term exam (30%) and the final exam (40%).

FinalGrade = max (Final Exam, 0.7*Final Exam + 0.3*Lab Exercises, 0.4*Final Exam + 0.3*Lab Exercises + 0.3*Mid-Term Exam).

The course will be declared to be passed when FinalGrade ≥ 5 .

If FinalGrade < 5 , students will have a second chance to pass the course by doing a second final exam. The FinalGrade will be the grade of this exam.

Students missing both the Final Exam and the Mid-Term Exam will be declared to be "Not Graded" in the final mark of this course.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen final	40%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Examen parcial	30%	2	0,08	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8
Informes de les sessions de laboratori i resolucions de problemes	30%	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Bibliografia

H. Van Trees, Optimum Array Processing, part IV of Detection, Estimation and Modulation Theory, New York, Wiley 2002.

Don H. Johnson, Dan E. Dudgeon, Array Signal Processing, Concepts and Techniques, Prentice Hall, 1993.

E. Larsson, P. Stoica, Space-time block coding for wireless communications, Cambridge University Press, UK, 2003.

S. Haykin, Array signal processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.

P. Stoica and R. Moses, Spectral Analysis of Signals, Prentice Hall, NJ, 2005.

Steven M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Prentice Hall, 1993.