

Tractament Digital del Senyal

Codi: 102687

Crèdits: 12

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500898 Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació	OB	3	1

Professor/a de contacte

Nom: José A. Lopez Salcedo

Correu electrònic: jose.salcedo@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: No

Grup íntegre en espanyol: No

Equip docent

Francisco Jose Fabra Cervellera

Prerequisits

Es recomana haver cursat amb aprofitament les assignatures de Càlcul, Àlgebra, Estadística, Senyals i Sistemes Discrets i Fonaments de Comunicacions.

Objectius

Un cop cursada l'assignatura, l'alumne haurà de ser capaç de:

- Fer servir amb facilitat l'àlgebra de vectors i matrius.
- Operar amb sèries numèriques i processos estocàstics.
- Manipular amb rigor diferents eines probabilístiques.
- Estimar els paràmetres d'un model a partir de les mostres del senyal observades a la seva sortida.
- Estimar la densitat espectral de potència d'un procés aleatori.
- Dissenyar filtres òptims en el sentit MMSE i implementar-los de forma eficient mitjançant algorismes iteratius/adaptatius.
- Aplicar tècniques de processament del senyal a situacions reals.

Competències

- Actitud personal
- Aplicar tècniques de processament de senyal determinista i estocàstic en el disseny de subsistemes de comunicacions i en l'anàlisi de dades.
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions.
- Fer mesures, càlculs, valoracions, taxacions, peritatges, estudis, informes, planificació de tasques i altres treballs anàlegs en l'àmbit dels sistemes de telecomunicació.
- Hàbits de pensament.
- Hàbits de treball personal

Resultats d'aprenentatge

1. Adaptar els coneixements i les tècniques del tractament digital de senyal en funció de les característiques dels sistemes i els serveis de comunicació així com dels escenaris de treball, ja siguin fixos o mòbils.
2. Adaptar-se a situacions imprevistes.
3. Analitzar els avantatges i els inconvenients de diferents alternatives tecnològiques o d'implementació de sistemes de comunicacions des del punt de vista del tractament digital de senyal.
4. Analitzar i especificar els paràmetres fonamentals dels subsistemes de comunicacions des del punt de vista de la transmissió, la recepció i el tractament digital de senyals.
5. Aplicar el filtratge estadístic adaptatiu i la teoria de control en el disseny d'algoritmes dinàmics per a la codificació, el processament i la transmissió d'informació multimèdia. Aplicar el processament de senyal multicanal en el disseny de sistemes de comunicacions fixos i mòbils basats en agrupacions d'antenes.
6. Aplicar el processament de senyal estadístic per a estimar paràmetres de sincronització en receptors digitals de comunicacions i de radionavegació.
7. Aplicar la teoria de la detecció i la teoria de l'estimació en el disseny de receptors de comunicacions.
8. Aprendre de manera autònoma nous coneixements relacionats amb el processament digital de senyal orientats a concebre i desenvolupar sistemes de comunicacions.
9. Descriure els principis de funcionament dels sistemes de radionavegació, la seva arquitectura i les tècniques per combatre les seves fonts d'error.
10. Desenvolupar el pensament científic.
11. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
12. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi.
13. Desenvolupar la curiositat i la creativitat.
14. Desenvolupar models matemàtics per simular el comportament de subsistemes de comunicacions i per avaluar-ne i predir-ne les prestacions.
15. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics.
16. Generar propostes innovadores i competitives en l'activitat professional.
17. Gestionar el temps i els recursos disponibles.
18. Gestionar la informació incorporant de manera crítica les innovacions del propi camp professional, i analitzar les tendències de futur.
19. Proposar solucions innovadores per a problemes relacionats amb la transmissió, la recepció i el tractament digital de senyals.
20. Ser capaç d'analitzar, codificar, processar i transmetre informació multimèdia emprant tècniques de processament analògic i digital de senyal.
21. Treballar en entorns complexos o incerts i amb recursos limitats.

Continguts

1. Introducció

- Processos aleatoris discrets, representació freqüencial.
- Fonaments d'àlgebra matricial.
- La matriu d'autocorrelació.

2. Teoria de l'estimació

- Fonaments i metodologia orientada a model.
- Aproximació clàssica vs. bayesiana.
- Propietats desitjables dels estimadors. Criteri MVU.
- Estimació de màxima versemblança. Criteri ML.
- Cota de Cramér-Rao.
- Mètodes subòptims d'estimació.
- Aplicacions a sistemes de comunicació i de posicionament.

3. Estimació espectral

- Mètodes no-paramètrics.

- Mètode de Capon o mínima varianza.
- Mètodes paramètrics.
- Mètodes de super-resolució.
- Aplicacions a codificació de veu i processament del senyal multi-antena.

4. Filtrat de Wiener i filtrat adaptatiu

- Estimació minimum mean square error (MMSE).
- Predicció lineal.
- Mètode d'steep descent.
- Condicions de convergència.
- Mètode de Least Mean Square (LMS).
- Aplicacions a cancel·lació de soroll

Metodologia

Activitats dirigides:

- Classes de teoria: exposició dels continguts teòrics
- Classes de problemes: resolució de problemes relacionats amb la teoria, amb participació dels propis alumnes.
- Pràctiques de laboratori: aplicació de les tècniques presentades a les classes de teoria mitjançant exercicis amb Matlab.
- Realització de proves d'avaluació.

Activitats autònomes

- Estudi dels continguts teòrics i pràctics de l'assignatura. Preparació dels problemes. Preparació dels exàmens.
- Treballs pràctics: realització i aprofundiment de les pràctiques de laboratori. Preparació de la memòria de cada pràctica.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de laboratori	25	1	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 20
Classes de problemes	15	0,6	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 19, 20
Classes de teoria	60	2,4	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 20
Tipus: Supervisades			
Tutories	15	0,6	5, 6, 7, 9, 15, 20
Tipus: Autònomes			
Estudi	100	4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20

Preparació classes laboratori	30	1,2	1, 3, 4, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19
Resolució de problemes	40	1,6	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 19, 20

Avaluació

Avaluació continuada

Consta d'un examen a meitat de semestre (Examen1) i un altre examen al final de semestre (Examen2). La nota promig d'aquests dos exàmens configura la nota de teoria d'avaluació continuada:

$$NotaTeoria = [(0.35 \times Nota\ Examen1) + (0.35 \times Nota\ Examen2)] / 0.7$$

Per altra banda, la nota de pràctiques ve donada pel promig entre la nota dels informes de pràctiques, la nota dels informes "in-situ" i la nota de l'examen de laboratori segons:

$$NotaPràctiques = [(0.13 \times NotaInformesPràctiques) + (0.13 \times NotaInformes\ "in-situ") + (0.04 \times NotaExamenLaboratori)] / 0.3$$

A partir de les notes de teoria i laboratori, la nota final de l'assignatura es calcula segons:

$$Si\ (NotaTeoria \geq 3.5) \ \&\&\ (NotaPràctiques \geq 3.5) \rightarrow NotaFinal = (0.7 \times NotaTeoria) + (0.3 \times NotaPràctiques)$$

$$Si\ (NotaTeoria < 3.5) \ ||\ (NotaPràctiques < 3.5) \rightarrow NotaFinal = \min\{NotaTeoria, NotaPràctiques\}$$

Per tant, cal que l'estudiant tregui una nota de teoria i de pràctiques igual o superior a 3.5 per a poder fer promig.

Recuperació

Per accedir a la recuperació caldrà que l'estudiant s'hagi presentat als dos exàmens d'avaluació continuada i que la nota final de l'assignatura sigui $NotaFinal \geq 3.5$.

Cal tenir en compte que si un estudiant té una nota de pràctiques inferior a 3.5, la nota final de l'assignatura serà aquesta nota de pràctiques inferior a 3.5 (d'acord amb la fórmula de nota final de l'apartat anterior). Per tant, en ésser la nota final d'assignatura inferior a 3.5, l'estudiant no s'hi podrà presentar a la recuperació.

Per altra banda, si la nota final d'assignatura és igual o superior a 3.5, l'estudiant sí podrà presentar-s'hi a l'examen de recuperació que es durà a terme dintre del període d'exàmens publicat per l'Escola. A aquest examen, l'estudiant podrà recuperar la part corresponent a l'Examen1, la part corresponent a l'Examen2, o totes dues alhora. La nota que s'obtingui a cada part de l'examen de recuperació (nota ExamenRecup1, nota ExamenRecup2) substituirà la nota que tingués l'estudiant a l'examen d'avaluació continuada corresponent. La nota de teoria recuperada es calcularà doncs segons:

$$NotaTeoriaRecup = [(0.35 \times Nota\ \{Examen1\ o\ ExamenRecup1\}) + (0.35 \times Nota\ \{Examen2\ o\ ExamenRecup2\})] / 0.7$$

La nota final de l'assignatura es calcularà segons:

$$Si\ (NotaTeoriaRecup \geq 3.5) \ \&\&\ (NotaPràctiques \geq 3.5) \rightarrow NotaFinal = (0.7 \times NotaTeoriaRecup) + (0.3 \times NotaPràctiques)$$

$$Si\ (NotaTeoriaRecup < 3.5) \rightarrow NotaFinal = NotaTeoriaRecup$$

Normativa de pràctiques

- L'assistència a totes les pràctiques de laboratori és obligatòria.
- Les pràctiques es duran a terme de forma individual.

- L'informe de cada pràctica s'haurà d'entregar obligatòriament en el termini d'una setmana des de la finalització de la darrera sessió de la pràctica. Qualsevol retard en l'entrega dels informes es veurà penalitzat en la nota del mateix.
- Sense perjudici d'aquest informe que s'haurà d'entregar a posteriori, el professor de pràctiques sol·licitarà als alumnes que entreguin una versió preliminar d'aquest informe tot just acabar el laboratori (informe "in situ"), per tal d'avaluar el progrés real i l'aprofitament de la sessió.

Alumnes repetidors

Si en cursos passats van aprovar la part de laboratori de l'assignatura, se'ls hi mantindrà la mateixa nota i no caldrà que tornin a repetir el laboratori. Si algun alumne repetidor vol tornar a fer les pràctiques, caldrà que ho informi explícitament al professor responsable. En cas contrari, no cal informar al professor doncs la opció de mantindre la nota es pressuposa per defecte.

Consideració de "No Avaluable"

Els alumnes que no es presentin a cap dels exàmens (ni els dos exàmens d'avaluació continuada ni tampoc al de recuperació) tindran la consideració de "No Avaluable".

Consideracions addicionals

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa vigent, es qualificaran amb un zero les irregularitats comeses per l'estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació. Per tant, copiar o deixar copiar una pràctica o qualsevol altra activitat d'avaluació implicarà suspendre aquesta pràctica o activitat d'avaluació amb un 0 i no es podrà recuperar en el mateix curs acadèmic. Si aquesta activitat té una nota mínima associada, aleshores l'assignatura quedarà suspesa.

Si l'estudiant reincideix i comet irregularitats a diversos actes d'avaluació de l'assignatura, l'assignatura quedarà suspesa amb una nota final de 0 en virtut del punt 10 de l'article 116 de la Normativa Acadèmica.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen 1	35%	2,5	0,1	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 18, 19, 20
Examen 2	35%	2,5	0,1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 18, 19, 20
Laboratori: examen de coneixements pràctics	5%	1	0,04	1, 3, 4
Laboratori: informes "in-situ"	10%	4	0,16	3, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21
Laboratori: informes pràctiques	15%	5	0,2	1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 20

Bibliografia

Bàsica:

- S. M. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Estimation theory, vol. I*, Prentice-Hall, 1993. (temes 1 i 2)
- M. H. Hayes, *Statistical digital signal processing and modeling*, John Wiley and Sons, 1996. (temes 1, 3 i 4)
- P. Stoica and R. Moses, *Spectral analysis of signals*, Prentice-Hall, 2005. (tema 3)
- S. Haykin, *Adaptive filter theory*, Pearson, 2013. (tema 4)

Complementària:

- D. G. Manolakis, V. K. Ingle, S. M. Kogen, *Statistical and adaptive signal processing: spectral estimation, signal modeling, adaptive filtering and array processing*, Artech-House, 2005. (temes 1, 3 i 4)
- S. M. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Practical algorithm development, vol. III*, Pearson, 2013. (temes 1, 2 i 3)
- S. Lawrence Marple, *Digital spectral analysis*, Dover Publications, 2019. (tema 3)
- B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive signal processing*, Prentice-Hall, 1985. (tema 4)
- A. Hjørungnes, *Complex-Valued Matrix Derivatives: With Applications in Signal Processing and Communications*, Cambridge University Press, 2011.
- Fonaments previs:
 - S. M. Kay, *Intuitive probability and random processes using Matlab*, Springer, 2006.
 - V. K. Ingle and J. G. ProakisManolakis, *Digital signal processing using Matlab*, Cengage Learning, 2012.

Programari

- A les sessions de pràctiques es farà servir el programari MATLAB.
- Els informes de pràctiques es recomana que es redactin fent servir LaTeX, per exemple, fent servir l'editor en línia Overleaf.