

Tractament Digital del Senyal

Codi: 102687
Crèdits: 12

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

Professor de contacte

Nom: Jose A. Lopez Salcedo

Correu electrònic: Jose.Salcedo@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: espanyol (spa)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: No

Grup íntegre en espanyol: Sí

Equip docent

Sergi Locubiche Serra

Vicente Lucas Sabola

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.
- Dissenyar i analitzar estimadors.
- Definir models de sistemes reals.
- Aplicar, comparar i caracteritzar estadísticament les principals tècniques d'estimació, i conèixer alguns dels mètodes bàsics.
- Dissenyar filtres adaptatius, conèixer les seves prestacions i reconèixer els seus mecanismes de funcionament.
- Aplicar tècniques de processament del senyal a camps com la sincronització de receptors de comunicacions, el processament de veu i d'imatge, o el processament de senyal amb agrupacions d'antenes.

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.
- Cas d'estudi I: sincronització de receptors digitals de comunicacions.

3. Estimació espectral

- Mètodes no-paramètrics.
- Mètode de Capon o mínima varianza.
- Mètodes paramètrics.
- Mètodes de super-resolució.
- Cas d'estudi II: estimació d'angle d'arribada amb arrays d'antenes.

4. Filtrat de Wiener

- Estimació minimum mean square error (MMSE).
- Predicció lineal.
- Cas d'estudi III: codificació de veu.

5. Filtrat adaptatiu

- Mètode d'steepent descent.
- Condicions de convergència.
- Mètode de Least Mean Square (LMS).
- Cas d'estudi IV: cancel·lació d'ecos.

Metodologia

Activitats presencials

- 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 a diferents sistemes reals i posada en pràctiques amb diferents programaris de simulació.
- Realització de proves d'avaluació escrites.

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.

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

Hi haurà un examen a meitat de semestre (Examen1) incloent els temes 1 i 2, i un altre examen al final de semestre (Examen2) incloent els temes 3, 4 i 5. La nota promig d'aquests dos exàmens configura la nota de teoria d'avaluació continuada:

$$\text{NotaTeoriaAC} = (\text{Nota Examen1} + \text{Nota Examen2}) / 2$$

A partir d'aquesta nota de teoria d'avaluació continuada, la nota final de l'assignatura es calcula segons:

$$\text{Si } \text{NotaTeoriaAC} \geq 4 \rightarrow \text{NotaFinal} = (0.13 \times \text{NotaInformesPràctiques}) + (0.13 \times \text{NotaInformes "in-situ"}) + (0.04 \times \text{NotaExamenLaboratori}) + (0.7 \times \text{NotaTeoriaAC})$$

$$\text{Si } \text{NotaTeoriaAC} < 4 \rightarrow \text{NotaFinal} = \text{NotaTeoriaAC}$$

Per tant, cal que l'estudiant tregui una nota de teoria igual o superior a 4 per a poder fer promig amb les notes de laboratori.

Recuperació

L'estudiant **que hagi suspès** algun dels dos exàmens previstos té la opció de presentar-se a un examen de síntesi que es durà a terme dintre del calendari d'exàmens de l'Escola. A aquest examen de síntesi, l'estudiant podrà recuperar la part corresponent a l'Examen1 (cas #1), la part corresponent a l'Examen2 (cas #2), o totes dues alhora (cas #3), segons el que tingui suspès. Com a resultat de l'examen de síntesi s'obtindrà una nota de teoria de recuperació, en funció dels tres casos anteriors en què es pugui trobar l'estudiant:

$$\text{- Cas \#1: } \text{NotaTeoriaRecup} = (\text{NotaExamenSíntesi_part1} + \text{NotaExamen2}) / 2$$

$$\text{- Cas \#2: } \text{NotaTeoriaRecup} = (\text{NotaExamen1} + \text{NotaExamenSíntesi_part2}) / 2$$

$$\text{- Cas \#3: } \text{NotaTeoriaRecup} = (\text{NotaExamenSíntesi_part1} + \text{NotaExamenSíntesi_part2}) / 2$$

A partir d'aquesta nota de teoria recuperada, es calcularà la nota final recuperada de la mateixa forma que a l'avaluació continuada:

$$\text{Si } \text{NotaTeoriaRecup} \geq 4 \rightarrow \text{NotaFinalRecup} = (0.13 \times \text{NotaInformesPràctiques}) + (0.13 \times \text{NotaInformes "in-situ"}) + (0.04 \times \text{NotaExamenLaboratori}) + (0.7 \times \text{NotaTeoriaRecup})$$

$$\text{Si } \text{NotaTeoriaRecup} < 4 \rightarrow \text{NotaFinalRecup} = \text{NotaTeoriaRecup}$$

La nota final de l'assignatura es calcularà com el màxim entre la nota final d'avaluació continuada i la nota final de recuperació:

$$\text{NotaFinal} = \max\{ \text{NotaFinal}, \text{NotaFinalRecup} \}$$

Cal tenir en compte, però, que l'examen de síntesi s'entén com a prova de recuperació per als alumnes que han suspès algun dels exàmens de l'avaluació continuada. Els alumnes que tinguin aprovats aquests exàmens i vulguin presentar-se igualment a l'examen de síntesi, perdran la nota que tenien als exàmens

d'avaluació continuada i se'ls hi comptarà només la nota de l'examen de síntesi. Per tant, pels alumnes que es presentin a l'examen de síntesi tenint aprovat l'examen corresponent d'avaluació continuada, la nota final de l'assignatura es calcularà com:

$$\text{NotaFinal} = \text{NotaFinalRecup}$$

Normativa de pràctiques

L'assistència a totes les pràctiques de laboratori és obligatòria.

- Cada lloc de treball del laboratori estarà integrat per un grup de 2 estudiants com a màxim.
- L'estudi previ té caràcter individual i cada alumne l'haurà de lliurar a l'inici de cada pràctica o sessió de pràctica.
- L'informe de cada pràctica s'haurà d'entregar obligatòriament en el termini d'una setmanades de la finalització de la pràctica; si la pràctica consta de més d'una sessió, s'entregarà un únic informe per a totes les sessions, en el termini d'una setmana des de l'última 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 sortir del laboratori (informe "in situ"), per tal d'avaluar el progrés real i l'aprofitament de la sessió de laboratori.

Alumnes repetidors

Si en cursos passats van aprovar la part de laboratori de l'assignatura ($\text{NotaLaboratori} > 5$), no és obligatori que tornin a fer les pràctiques de laboratori al curs actual.

Consideració de "No Avaluable"

Els alumnes que no es presentin a cap dels dos exàmens, ni tampoc a la prova final de síntesi, 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-la amb un zero i no es podrà recuperar en el mateix curs acadèmic. Si aquesta activitat té una nota mínima associada, aleshores l'assignatura quedarà suspesa.

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	4%	1	0,04	1, 3, 4
Laboratori: informes "in-situ"	13%	4	0,16	3, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21
Laboratori: informes pràctiques	13%	5	0,2	1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 20

Bibliografia

Bibliografia bàsica:

- S. M. Kay, Fundamentals of statistical signal processing. Estimation theory, vol. I, Prentice-Hall, 1993. (temes 1 i 2)
- P. Stoica and R. Moses, Spectral analysis of signals, Prentice-Hall, 2005. (tema 3)
- S. Haykin, Adaptive filter theory, Pearson, 2014. (temes 4 i 5)

Bibliografia complementària:

- M. H. Hayes, Statistical digital signal processing and modeling, John Wiley and Sons, 1996.
- 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.
- Fonaments:
 - J. G. Proakis and D. G. Manolakis, Digital signal processing: principles, algorithms and applications, Prentice-Hall, 1996.
 - A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer and J.R. Buck, Discrete-time signal processing, Prentice-Hall, 1999.
- Àlgebra matricial:
 - J. R. Magnus, H. Neudecker, Matrix differential calculus with applications in statistics and econometrics, John-Wiley and Sons, 1999.
 - R. A. Horn, C. R. Johnson, Matrix analysis, Cambridge University Press, 1985.