

Tratamiento Digital de Señal

Código: 102687
Créditos ECTS: 12

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500898 Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación	OB	3	1

Contacto

Nombre: José A. López Salcedo
Correo electrónico: Jose.Salcedo@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: español (spa)
Algún grupo íntegramente en inglés: No
Algún grupo íntegramente en catalán: No
Algún grupo íntegramente en español: Sí

Equipo docente

Sergi Locubiche Serra

Equipo docente externo a la UAB

Fran Fabra
Sergio Tomás

Prerequisitos

Se recomienda haber cursado con aprovechamiento las asignaturas de Cálculo, Álgebra, Estadística, Señales y Sistemas Discretos, así como Fundamentos de Comunicaciones.

Objetivos y contextualización

Una vez cursada la asignatura, el alumno tendrá que ser capaz de:

- Utilizar con facilidad el álgebra de vectores y matrices.
- Operar con series numéricas y procesos estocásticos.
- Manipular con rigor diferentes herramientas probabilísticas.
- Estimar los parámetros de un modelo a partir de las muestras de señal observadas a su salida.
- Estimar la densidad espectral de potencia de un proceso aleatorio.
- Diseñar filtros óptimos en el sentido MMSE e implementarlos de forma eficiente mediante algoritmos iterativos/adaptativos.
- Aplicar técnicas de procesamiento de señal a situaciones reales.

Competencias

- Actitud personal
- Aplicar técnicas de procesamiento de señal determinístico y estocástico en el diseño de subsistemas de comunicaciones y en el análisis de datos.

- Aprender nuevos métodos y tecnologías en base a sus conocimientos básicos y tecnológicos, con gran versatilidad de adaptación a nuevas situaciones.
- Hábitos de pensamiento
- Hábitos de trabajo personal
- Realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos en el ámbito de los sistemas de telecomunicación.

Resultados de aprendizaje

1. Adaptar los conocimientos y técnicas del tratamiento digital de señal en función de las características de los sistemas y servicios de comunicación así como de los escenarios de trabajo, ya sean fijos o móviles.
2. Adaptarse a situaciones imprevistas.
3. Analizar las ventajas y desventajas de diferentes alternativas tecnológicas o de implementación de sistemas de comunicaciones desde el punto de vista del tratamiento digital de señal.
4. Analizar y especificar los parámetros fundamentales de los subsistemas de comunicaciones desde el punto de vista de la transmisión, recepción y tratamiento digital de señales.
5. Aplicar el filtrado estadístico adaptativo y la teoría de control en el diseño de algoritmos dinámicos para la codificación, procesamiento y transmisión de información multimedia. Aplicar el procesamiento de señal multicanal en el diseño de sistemas de comunicaciones fijos y móviles basados en agrupaciones de antenas.
6. Aplicar el procesamiento de señal estadístico para la estimación de parámetros de sincronización en receptores digitales de comunicaciones y de radionavegación.
7. Aplicar la teoría de la detección y la teoría de la estimación en el diseño de receptores de comunicaciones.
8. Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos relacionados con el procesamiento digital de señal orientados a la concepción y desarrollo de sistemas de comunicaciones.
9. Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesamiento analógico y digital de señal.
10. Desarrollar el pensamiento científico.
11. Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
12. Desarrollar la capacidad de análisis y de síntesis.
13. Desarrollar la curiosidad y la creatividad.
14. Desarrollar modelos matemáticos con los que simular el comportamiento de subsistemas de comunicaciones así como evaluar y predecir sus prestaciones.
15. Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico.
16. Describir los principios de funcionamiento de los sistemas de radionavegación, su arquitectura y las técnicas para combatir sus fuentes de error.
17. Generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
18. Gestionar el tiempo y los recursos disponibles
19. Gestionar la información incorporando de forma crítica las innovaciones del propio campo profesional, y analizar las tendencias de futuro.
20. Proponer soluciones innovadoras a problemas relacionados con la transmisión, recepción y tratamiento digital de señales.
21. Trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.

Contenido

1. Introducción

- Procesos aleatorios discretos, representación frecuencial.
- Fundamentos de álgebra matricial.
- La matriz de autocorrelación.

2. Teoría de la estimación

- Fundamentos y metodología orientada a modelo.

- Aproximación clásica vs. bayesiana.
- Propiedades deseables de los estimadores. Criterio MVU.
- Estimación de máxima verosimilitud (criterio ML).
- Cota de Cramér-Rao.
- Métodos subóptimos de estimación.

3. Estimación espectral

- Métodos no-paramétricos.
- Método de Capon o mínima varianza.
- Métodos paramétricos.
- Métodos de super-resolución.

4. Filtrado de Wiener y filtrado adaptativo

- Estimación minimum mean square error (MMSE).
- Predicción lineal.
- Método de steepest descent.
- Condiciones de convergencia.
- Método de Least Mean Square (LMS).

Metodología

Actividades presenciales

- Clases de teoría: exposición de los contenidos teóricos
- Clases de problemas: resolución de problemas relacionados con la teoría, con participación de los propios alumnos.
- Prácticas de laboratorio: aplicación de las técnicas presentadas en las clases de teoría a diferentes sistemas reales y puesta en práctica con diferentes programarios de simulación.
- Realización de pruebas de evaluación escritas.

Actividades autónomas

- Estudio de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. Preparación de los problemas. Preparación de los exámenes.
- Trabajos prácticos: realización y profundización de las prácticas de laboratorio. Preparación de la memoria de cada práctica.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de laboratorio	25	1	3, 4, 5, 6, 7, 16, 11, 14, 9
Clases de problemas	15	0,6	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 10, 12, 14, 15, 20, 9
Clases de teoría	60	2,4	3, 4, 5, 6, 7, 16, 10, 12, 13, 14, 9
Tipo: Supervisadas			
Tutorías	15	0,6	5, 6, 7, 16, 15, 9
Tipo: Autónomas			

Estudio	100	4	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 9
Preparación clases de laboratorio	30	1,2	1, 3, 4, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 19, 20
Resolución de problemas	40	1,6	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 10, 12, 14, 15, 20, 9

Evaluación

Evaluación continua

Consta de un examen a mitad de semestre (Examen1) y otro examen al final de semestre (Examen2). La nota promedio de estos dos exámenes configura la nota de teoría de la evaluación continua:

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

A partir de esta nota de teoría de evaluación continua, la nota final de la asignatura se calcula según:

Si $\text{NotaTeoriaEC} \geq 4 \rightarrow \text{NotaFinal} = (0.7 \times \text{NotaTeoriaEC}) + (0.13 \times \text{NotaInformesPrácticas}) + (0.13 \times \text{NotaInformes "in-situ"}) + (0.04 \times \text{NotaExamenLaboratorio})$

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

Por tanto, es necesario que el estudiante tenga una nota igual o superior a 4 para poder hacer media con la nota de laboratorio.

Recuperación

Los alumnos que se hayan evaluado de un mínimo de dos terceras partes del peso global de la asignatura y que hayan obtenido una calificación media superior a 2.5, pueden presentarse al examen de recuperación que se llevará a cabo dentro del periodo de exámenes publicado por la Escuela. En el examen de recuperación el estudiante podrá recuperar la parte correspondiente al Examen1, la parte correspondiente al Examen2 o ambas. La nota que se obtenga en cada parte del examen de recuperación (nota ExamenRecup1, nota ExamenRecup2) sustituirá la nota que tuviera el estudiante en el examen de evaluación continua correspondiente. La nota de teoría recuperada se calculará según:

$$\text{NotaTeoriaRecup} = (\text{Nota } \{\text{Examen1 o ExamenRecup1}\} + \text{Nota } \{\text{Examen2 o ExamenRecup2}\}) / 2$$

La nota final de la asignatura se calculará según:

Si $\text{NotaTeoriaRecup} \geq 4 \rightarrow \text{NotaFinal} = (0.7 \times \text{NotaTeoriaRecup}) + (0.13 \times \text{NotaInformesPrácticas}) + (0.13 \times \text{NotaInformes "in-situ"}) + (0.04 \times \text{NotaExamenLaboratorio})$

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

Normativa de prácticas

- La asistencia a todas las prácticas de laboratorio es obligatoria.
- Cada puesto de trabajo del laboratorio estará integrado por un grupo de dos estudiantes como máximo.
- El estudio previo tiene carácter individual y cada alumno tendrá que entregarlo al inicio de la sesión de prácticas.
- El informe de cada práctica se tendrá que entregar obligatoriamente en el plazo de una semana tras la finalización de la última sesión que compone la práctica. Cualquier retardo en la entrega de los informes será penalizado en la nota del mismo.
- Sin perjuicio de este informe que se entrega a posteriori, el profesor de prácticas solicitará a los estudiantes que entreguen una versión preliminar de este informe justo al salir de la sesión de laboratorio (informe "in situ"), para evaluar el aprovechamiento de la sesión.

Alumnos repetidores

Por defecto, si en cursos pasados se aprobó la parte de laboratorio de la asignatura con:

$$\text{NotaLaboratorio} = ((0.13 \times \text{NotaInformesPrácticas}) + (0.13 \times \text{NotaInformes "in-situ"}) + (0.04 \times \text{NotaExamenLaboratorio})) / 0.3 \geq 5$$

se mantendrá la misma nota y no hará falta repetir el laboratorio.

Consideración de "No Evaluable"

Los alumnos que no se presenten a ningún examen (ni los dos exámenes de evaluación continua ni tampoco el de recuperación) tendrán la consideración de "No Evaluable".

Consideraciones adicionales

Sin perjuicio de otras medidas disciplinarias que se estimen oportunas, y de acuerdo con la normativa vigente, se calificará con un cero las irregularidades cometidas por el estudiante que puedan conducir a una variación de la calificación de un acto de evaluación. Por lo tanto, copiar o dejarse copiar una práctica o cualquier otra actividad de evaluación implicará suspenderla con un cero y no se podrá recuperar en el mismo curso académico. Si esta actividad tiene una nota mínima asociada, entonces la asignatura quedará suspensa.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Examen 1	35%	2,5	0,1	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 12, 14, 19, 20, 9
Examen 2	35%	2,5	0,1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 12, 14, 19, 20, 9
Laboratorio: examen de conocimientos prácticos	4%	1	0,04	1, 3, 4
Laboratorio: informes "in-situ"	13%	4	0,16	3, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21
Laboratorio: informes prácticas	13%	5	0,2	1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 20, 9

Bibliografía

Bibliografía básica:

- 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)
- B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive signal processing*, Prentice-Hall, 1985. (tema 4)

Bibliografía complementaria:

- M. H. Hayes, *Statistical digital signal processing and modeling*, John Wiley and Sons, 1996.
- S. Lawrence Marple, *Digital spectral analysis*, Dover Publications, 2019. (tema 3)
- 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.
- Fundamentos previos:
 - 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.

- Álgebra 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.