

MÁSTER Y DOCTORADO TICRM

1. Identificación de la asignatura

NOMBRE	TRATAMIENTO AVANZADO DE SEÑAL EN COMUNICACIONES	CÓDIGO	S1
TIPO	Optativa	CRÉDITOS	4,5
PERIODO	Anual	IDIOMA	Castellano
COORDINADOR/ES	TELÉFONO /EMAIL		UBICACIÓN
Santamaría Caballero, Ignacio	942201552/nacho@gtas.dicom.unican.es		UC
PROFESORADO	TELÉFONO /EMAIL		UBICACIÓN
Santamaría Caballero, Ignacio	942201552/nacho@gtas.dicom.unican.es		UC
Vielva Martínez, Luis Antonio	942201388/antonio.vielva@unican.es		UC
Via Rodríguez, Javier	942201388/jvia@gtas.dicomunican.es		UC

UC - Universidad de Cantabria

2. Contextualización

El Máster TICRM está dividido en seis grupos de asignaturas:

1. Cursos Metodológicos (M#).
2. Cursos de Tratamiento de Señal (S#).
3. Cursos de Telemática (T#).
4. Cursos de Electromagnetismo (EM#).
5. Cursos de Sistemas de Telecomunicación (ST#).
6. Cursos de Radiocomunicaciones (R#).

Esta asignatura se enmarca dentro de los cursos de Tratamiento de Señal y su objetivo es presentar al alumno un conjunto de técnicas y algoritmos de procesamiento de señal empleados en los actuales sistemas de comunicaciones, con especial énfasis en los sistemas MIMO que emplean varias antenas en transmisión y recepción. El curso comprende tres grandes bloques. En el primero se presentan técnicas de procesamiento algebraico que capacitan al alumno para entender los algoritmos basados en la descomposición de subespacios y en la descomposición en valores singulares de una matriz, los cuales aparecen frecuentemente en comunicaciones. El segundo de los bloques revisa algunas técnicas de análisis estadístico multivariado, como, por ejemplo, el análisis en componentes principales o el análisis en componentes independientes. Finalmente, el tercer bloque considera en detalle sistemas de comunicaciones MIMO que emplean codificación espacio-temporal por bloques. Este esquema de transmisión sirve para ilustrar alguna de las técnicas y algoritmos descritos con anterioridad.

El índice de experimentalidad del curso es de 4.

3. Requisitos

Los requisitos y conocimientos previos recomendados son los siguientes:

MÁSTER Y DOCTORADO TICRM

- Conocimientos básicos de álgebra: operaciones con matrices y vectores.
- Conocimientos básicos de tratamiento estadístico de señales: funciones densidad de probabilidad, esperanzas matemáticas, caracterización de un proceso estocástico.
- Conocimientos de comunicaciones digitales: modulaciones paso banda (QPSK, QAM, etc.), detección.
- Nociones básicas de Matlab.

4. Objetivos

Los objetivos establecidos para la asignatura son los siguientes:

- Que el alumno conozca la utilidad de ciertos métodos algebraicos como la descomposición en valores singulares y su aplicación en sistemas de comunicaciones.
- Que el alumno sepa aplicar el análisis en componentes principales a un conjunto de datos y extraer información relevante del mismo para su compresión, por ejemplo.
- Que el alumno conozca los fundamentos de la codificación espacio-temporal por bloques en sistemas MIMO, los distintos tipos de códigos existentes, sus principales características y su empleo en los estándares recientes de comunicaciones inalámbricas.
- Que el alumno tenga capacidad de simular un sistema de comunicaciones MIMO que emplee códigos espacio-temporales, analizando sus principales características: capacidad, probabilidad de error, etc.

5. Contenidos

- Bloque 1 **HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS Y ALGEBRAICAS.**
Revisitando la multiplicación por matrices. Vectores y matrices ortogonales. Normas. La descomposición en valores singulares (SVD). Proyectores. Factorización QR. Ortogonalización de Gram-Schmidt. Triangularización de Householder. Problemas de mínimos cuadrados. Problemas de autovalores. Algoritmos para el cálculo de autovalores. Cociente de Rayleigh, iteración inversa. El algoritmo QR.
- Bloque 2 **TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO.**
a. Métodos basados en estadísticos de segundo orden. Análisis de Componentes Principales (*principal component analysis* o PCA), Mínimos Cuadrados Parciales (*partial least squares* o PLS), Regresión Lineal Múltiple (*multiple linear regression* o MLR). Análisis de Correlaciones Canónicas (*canonical correlation analysis* o CCA). Ejemplos y aplicaciones.
b. Métodos basados en estadísticos de orden superior. Separación Ciega de Fuentes (*Blind Source Separation* o BSS). Mezclas instantáneas. Mezclas Convolutivas. Problemas determinados. Problemas indeterminados. Análisis de componentes independientes (*independent component analysis* o ICA).
- Bloque 3 **TÉCNICAS DE CODIFICACION ESPACIO-TEMPORAL EN SISTEMAS MIMO.**
a. Introducción a los sistemas MIMO. Características del canal MIMO. Capacidad ergódica y *outage*. Sistemas con y sin conocimiento del canal en el transmisor. El compromiso entre ganancia de multiplexado y ganancia de diversidad (*diversity-multiplexing tradeoff*). Diseño de códigos espacio-temporales: los criterios del rango y del determinante.
b. Codificación espacio-temporal por bloques. Códigos espacio-temporales por bloques

MÁSTER Y DOCTORADO TICRM

(*space-time block codes* o STBCs). Modelos de señal en transmisión y recepción. Detección óptima y detectores lineales. Códigos STBC ortogonales (OSTBC): características, propiedades y ejemplos. Códigos quasi-ortogonales (QSTBC). Detección de los códigos QSTBC. Códigos QSTBC de tasa 1 y diversidad total. Ejemplos. Códigos de tasa y diversidad totales: códigos ortogonales en traza (TSTBC) y perfectos (PSTBC). Características y ejemplos. Códigos STBC en canales con selectividad frecuencial: sistemas STBC-OFDM, SFBC y *time-reversal*. Características, propiedades y ejemplos.

6. Metodología y plan de trabajo

- **Tutorías:** dado que los alumnos de cada asignatura pueden pertenecer a cualquiera de las Universidades participantes, las tutorías se realizarán a lo largo de todo el curso y podrán ser en grupo o individualizadas, presenciales o a distancia a través de videoconferencia, correo electrónico, etc.
- **Prácticas:** los horarios de prácticas se fijarán en función de los alumnos matriculados en la asignatura. Al poder pertenecer a diferentes Universidades y dado que en muchos casos los alumnos del Máster pueden estar también trabajando en empresas, el horario de dichas prácticas se fijará a lo largo del curso intentando hacerse en la forma más oportuna para el grupo de alumnos matriculados en el curso y de acuerdo a sus condiciones particulares.

7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del aprendizaje del alumno se llevará a cabo a través de diferentes herramientas. Por un lado se evaluarán las prácticas de laboratorio realizadas por el alumno. También se tendrán en cuenta en la evaluación las prácticas de aula y la participación y aportación del alumno en los seminarios que se realizan. Asimismo se cuenta con el resultado de un cuestionario final en el que se recogerán los conceptos más relevantes impartidos en la materia.

8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

Como recursos, se dispone de las bibliotecas de los diferentes centros, en la que la bibliografía propuesta se encuentra disponible, también se dispone del servidor WWW del Máster, donde se colgarán los apuntes con antelación suficiente y de un aula de ordenadores de libre acceso desde la que realizar los trabajos relacionados con la asignatura y las búsquedas en Internet.

Asimismo se dispondrá de un aula con sistema de videoconferencia para la recepción de las clases magistrales presenciales en los centros donde existan alumnos (UPV/EHU, UZ, UAC, UC y UO).

Bibliografía básica, bibliografía de profundización, direcciones de Internet de interés, revistas, etc.

- L. N. Trefethen, D. Bau: *Numerical linear algebra*. SIAM, 1997.
- G. H. Golub, C. F. Van Loan: *Matrix computations*. 2nd Ed. John Hopkins University Press, 1996.
- D. J. Higham, N. J. Higham: *Matlab guide*. SIAM, 2000.
- K. I. Diamantaras, S. Y. Kung: *Principal component neural networks*. John Wiley & Sons, 1996.
- A. Hyvärinen, J. Karhunen, E. Oja: *Independent component analysis*. John Wiley & Sons, 2001.
- R. A. Johnson, D. W. Wichern: *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River (5th. Ed.), 2002.
- A. J. Izenman: *Modern multivariate statistical techniques*. Springer, 2008.



Universidad del País Vasco



Universidad de Oviedo



Universidad de Cantabria



Universidad de Zaragoza



Universidade Da Coruña

MÁSTER Y DOCTORADO TICRM

- E. G. Larsson, P. Stoica: *Space-time block coding for wireless communications*. Cambridge University Press, UK, 2003.
- S. Barbarossa: *Multiantenna wireless communication systems*. Artech House, Norwood, MA, 2005.
- D. Tse, P. Viswanath: *Fundamentals of wireless communications*. Cambridge University Press, UK, 2005.
- A. B. Gershman, N. D. Sidiropoulos (Eds.): *Space-time processing for MIMO communications*. John Wiley, 2005.
- A. Paulraj, R. Nabar, D. Gore: *Introduction to space-time wireless communications*. Cambridge University Press, UK, 2003.
- E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Paulraj, H. V. Poor (Eds.): *MIMO wireless communications*. Cambridge University Press, UK, 2007.
- H. Jafarkhani: *Space-time coding theory and practice*. Cambridge University Press, UK, 2005.