



Guía docente de la asignatura

Asignatura	TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL		
Materia	TRATAMIENTO DE SEÑAL, SONIDO E IMAGEN		
Módulo	MATERIAS ESPECIFICAS DE TECNOLOGIAS DE TELECOMUNICACION		
Titulación	GRADO EN INGENIERIA DE TECNOLOGIAS DE TELECOMUNICACION		
Plan	460	Código	45029
Periodo de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	3º
Créditos ECTS	6		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	Alberto Izquierdo Fuente		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	Despacho 2L026 TELÉFONO: 983 185801 E-MAIL: alberto.izquierdo@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Lunes, Miércoles y Viernes de 10.00 a 12.00 Despacho 2L026		
Departamento	TEORIA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERIA TELEMATICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Los modernos sistemas de comunicación están basados en la digitalización de las señales y su posterior tratamiento mediante procesadores digitales. Para el diseño y análisis de las señales y de los sistemas involucrados es necesario conocer las herramientas matemáticas que permiten caracterizarlos en el dominio temporal y frecuencial.

Esta asignatura se desarrolla por tanto en el ámbito de los sistemas digitales, en contraposición a los sistemas analógicos, y engloba las señales y sistemas unidimensionales y bidimensionales.

Tras la caracterización de las señales y los sistemas, la asignatura describe los principales algoritmos de procesamiento: filtrado y estimación espectral, así como las técnicas para emular un sistema analógico mediante un sistema discreto.

Finalmente, la asignatura aborda la caracterización de sistemas basados en múltiples sensores, denominados arrays, donde las señales se muestrean en el dominio espacial.

1.2 Relación con otras materias

La asignatura pertenece al bloque “Tratamiento de señal, sonido e imagen” dentro de las Materias específicas de Tecnologías de Telecomunicación.

Dentro del bloque “Fundamentos de señales y sistemas” se relaciona con la asignatura “Sistemas Lineales” donde se adquieren los conocimientos básicos de los sistemas analógicos y digitales, junto con el teorema de muestreo. La asignatura supone una intensificación en los sistemas digitales y una extrapolación a los sistemas 2D y de video. También se relaciona con la asignatura “Señales aleatorias y Ruido” del donde se adquieren conocimientos sobre los procesos estocásticos necesarios para la caracterización de los algoritmos de estimación espectral.

Colateralmente también se relaciona con la asignatura “Teoría de la Comunicación” del bloque Fundamentos de comunicaciones, donde se presentan modelos de sistemas de comunicación, que actualmente se implementan mediante emulación (radio Software).

Dentro del bloque “Tratamiento de señal, sonido e imagen” se complementa con la asignatura “Fundamentos de Sonido e Imagen” donde se describen los estándares de compresión y codificación para sonido, imagen y video, así como la asignatura “Aplicaciones Audiovisuales”

1.3 Prerrequisitos

Se recomienda haber cursado la asignatura “Sistemas lineales” del bloque “Fundamentos de Señales y Sistemas” puesto que: 1) la Discretización de la transformada de Fourier (DFT) se basa en la Transformada de



Fourier para secuencias discretas, 2) el diseño de filtros discretos se basa en las técnicas de diseño de filtros analógicos y 3) la emulación necesita los conocimientos del teorema de muestreo y reconstrucción.

2. Competencias

2.1 Generales

- GBE2 Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4 Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GE1 Capacidad para trabajar en diversos entornos como laboratorios y empresas, supervisados por profesionales especializados.
- GC1 Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2 Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

2.2 Específicas

- SI1 Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, tratamiento analógico y digital, codificación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, reproducción, gestión y presentación de servicios audiovisuales e información multimedia
- ST6 Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

3. Objetivos

Objetivos conceptuales

- Comprender los fundamentos de las señales asociadas al sonido, la imagen y el video
- Comprender fundamentos básicos del tratamiento digital de la señal para señales unidimensionales y bidimensionales.
- Utilizar correctamente instrumental básico de medida.
- Ser capaz de implementar en tiempo real mediante un DSP los principales subsistemas discretos.

Objetivos Procedimentales y Actitudinales

- Visualizar los dominios transformados
- Resolver problemas nuevos a partir de los conocimientos previos y las herramientas a su alcance (toma de decisiones)
- Resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico
- Diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar los datos.



4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	26	Estudio y trabajo autónomo individual	70
Clases prácticas	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	20
Laboratorios	24		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios	0		
Otras actividades	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90





5. Bloques temáticos

Bloque 1: TEORIA: FUNDAMENTOS

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.2

a. Contextualización y justificación

Este bloque engloba todos los contenidos teóricos de la asignatura, estando dividido en 5 temas. Se asume que el alumno tiene un conocimiento preliminar del concepto de señal y sistema unidimensional para entornos continuos y discretos.

En primer lugar se presentan los dispositivos digitales que permiten adquirir y procesar las señales en tiempo real.

A continuación, se aborda con profundidad las técnicas básicas para procesar señales unidimensionales discretas asociadas a dominios temporales, presentando: la DFT que caracteriza a las secuencias y sistemas en frecuencia mediante un procesador discreto, las técnicas emulación, que permiten implementar sistemas analógicos mediante sistemas discretos, los filtros digitales que permiten modificar el contenido frecuencial de una señal y finalmente los algoritmos de estimación espectral que permiten analizar en el dominio frecuencial una señal continua.

Tomando como base las técnicas unidimensionales, se extrapolan a los sistemas bidimensionales, asociados a imágenes redefiniendo las herramientas de la DFT, del filtrado discreto y del muestreo.

Finalmente, se estudian los sistemas basados en múltiples sensores, denominados arrays y sus técnicas para la detección de ángulos de llegada de una onda y realizar un filtrado espacial en función del ángulo de llegada.

Al término de cada tema se desarrollan clases de problemas con los aspectos prácticos asociados al diseño de un sistema, en base a los fundamentos teóricos de la asignatura.

b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer los diferentes tipos de procesadores digitales de señal, identificar los tipos de arquitecturas de DSP y sus elementos, así como conocer diferentes fabricantes de DSP
- Conocer y manejar la DFT para la representación de señales y sistemas discretos en el dominio frecuencial.
- Conocer y manejar la convolución circular, y comprender su relación con la convolución lineal.
- Identificar y manejar las herramientas de caracterización de sistemas LTI en el dominio temporal y frecuencial.
- Identificar y conocer las características de los sistemas paso-todo, de fase mínima y de fase máxima, así como de los distintos tipos de sistemas FIR de fase lineal generalizada
- Conocer las relaciones discretas entre la entrada y la salida del diezmador e interpolador en el dominio temporal y frecuencial.
- Conocer las técnicas para emular un sistema continuo mediante un sistema discreto.



- Identificar y manejar las distintas técnicas de diseño e implementación de filtros digitales.
- Extender el uso de la DFT al análisis de Fourier de señales continuas, señales aleatorias y señales no estacionarias.
- Conocer e identificar los métodos de estimación espectral no paramétricos.
- Conocer la formas de representación de una señal bidimensional
- Conocer la caracterización en el dominio frecuencial de las secuencias bidimensionales
- Conocer las técnicas muestro para señales bidimensionales
- Identificar y manejar las distintas herramientas de caracterización de sistemas LTI discretos bidimensionales en el dominio temporal y frecuencial.
- Identificar y manejar las distintas técnicas de diseño de filtros digitales 2D
- Conocer el conformador de haz
- Conocer los tipos de conformador y los tipos de arrays
- Calcular el diagrama de radiación de un array
- Identificar y manejar las distintas técnicas de conformación
- Caracterizar un conformador determinístico delay-sum

c. Contenidos

TEMA 1: TÉCNICAS BÁSICAS DE PROCESADO PARA SEÑALES Y SISTEMAS DISCRETOS UNIDIMENSIONALES

1. Herramientas: DFT y FFT
2. Análisis temporal y frecuencial de sistemas LTI discretos
3. Función de transferencia y relaciones módulo-fase. Sistemas: paso todo, de fase mínima y máxima, y FIR de fase lineal generalizada
4. Técnicas de diezmado e interpolación. Emulación de sistemas continuos.
5. Diseño e implementación de filtros digitales: FIR e IIR
6. Análisis de Fourier de señales continuas vía DFT y Transformada de Fourier dependiente del tiempo (STFT)

TEMA 2: TÉCNICAS BÁSICAS DE PROCESADO PARA SEÑALES Y SISTEMAS DISCRETOS BIDIMENSIONALES

1. Señales y sistemas bidimensionales
2. Caracterización en el dominio transformado frecuencial
3. Muestreo bidimensional
4. Filtros bidimensionales

TEMA 3: ARRAYS DE SENSORES Y PROCESADO ESPACIAL

1. El conformador de haz.: Clasificación y topología de arrays.
2. Modelo de onda espacial. Diagrama de radiación de un array
3. Algoritmos de conformación: Determinísticos, Estadísticamente óptimos y adaptativos
4. Caracterización de un conformador Determinístico delay-sum

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Cuestionarios de evaluación continua



e. Plan de trabajo

Ver anexo I, con plan de trabajo global para los tres bloques

f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante técnicas de evaluación continua consistentes en la realización de un conjunto de cuestionario asociados a cada tema que estarán en coherencia con los objetivos de la asignatura. Los objetivos de la evaluación serán evaluar el conocimiento de los conceptos teóricos explicados durante las clases de teoría y potenciar el estudio de los conceptos teóricos antes de realizar las prácticas en laboratorio.

Los cuestionarios se realizarán dentro del horario de clases, preferentemente al principio de las clases de teoría, en la semana siguiente en la que se han impartido los conceptos susceptibles de evaluación. Las fechas de estas evaluaciones estarán reflejadas en el Anexo I.

g. Bibliografía básica

- Oppenheim, "Tratamiento de señales en tiempo discreto". Prentice, 2000 2ed. ISBN: 8420529877
- Proakis, "Digital signal processing ". Macmillan. 2007 (4 ed.). ISBN 0131873741
- Mitra, "Digital signal processing: a computer-based approach", Boston, Massachusetts. MacGraw-Hill, 2001 (2nd ed.)
- González, Woods, Digital Image Processing, 2nd Ed., Prentice Hall, 2002. ISBN: 0201600781

h. Bibliografía complementaria

- Kehtarnavaz. "Digital Signal Processing System Design" Amsterdam : Academic Press, 2008 (2nd. ed.)
- Smith, "Digital signal processing : a practical guide for engineers and scientists" Amsterdam ; Boston : Newnes, 2003
- Barrero, "Procesadores digitales de señal de altas prestaciones de Texas Instruments TM : de la familia TMS320C3x a la TMS320C6000" McGraw-Hill/Interamericana de España, 2005
- Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989.
- Pratt, "Digital Image Processing", 2nd Ed., Wiley-Interscience, 1991
- Bovik, "Handbook of Image and Video Processing", Academic Press, 2005. ISBN 9780121197926

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid



Bloque 2: PROBLEMAS

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.4

a. Contextualización y justificación

Este bloque hace referencia a la adquisición de las aptitudes y estrategias relativas a la resolución de ejercicios analíticos que capaciten a los estudiantes para resolver, diseñar y afrontar sistemas de tratamiento digital.

El aprendizaje acerca de la resolución de problemas analíticos afianza el conocimiento de los conceptos teóricos, además de ampliarlo y complementarlo, mostrando la aplicación práctica de las formulaciones teóricas.

Un estudiante de ingeniería debe alcanzar los conceptos teóricos orientados a su aplicación práctica, que es objetivo ineludible para su desarrollo como profesional.

b. Objetivos de aprendizaje

- Calcular la DFT de una secuencia en función del tamaño de la DFT y de la longitud de la secuencia
- Calcular la convolución por bloques vía DFT
- Analizar la función de transferencia $H(z)$ de un filtro y su respuesta frecuencial
- Descomponer un filtro en sistemas paso todo y sistemas de fase mínima
- Diseñar filtros multietapa
- Diseñar filtros FIR
- Diseñar filtros IIR
- Relacionar el dominio frecuencial continuo y discreto en un emulador.
- Implementar algoritmos de procesamiento basados en las técnicas de diezmado e interpolación
- Estimar un espectro en base a la resolución, manchado y separación requeridos.
- Analizar imágenes en el dominio temporal-frecuencial
- Filtrar imágenes 2D
- Implementar conformadores con arrays lineales
- Caracterizar el diagrama de radiación de un conformador

c. Contenidos

Se estructuran 6 seminarios de problemas:

- S1: Problemas de DFT y sistemas LTI
- S2: Problemas de sistemas LTI avanzados y emulación
- S3: Problemas de filtrado
- S4: Problemas de análisis espectral
- S5: Problemas señales y sistemas bidimensionales
- S6: Problemas procesamiento en array



d. Métodos docentes

- Resolución de problemas tipo mediante pizarra electrónica (grabaciones pizarra + audio)
- Planteamiento de problemas y resolución de los mismos por los alumnos en grupos reducidos de forma no presencial
- Resolución de dudas sobre la colección de problemas planteados

e. Plan de trabajo

Ver Anexo I, con plan de trabajo global para los tres bloques

f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante una prueba escrita de resolución individual que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar la capacidad del alumno para aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura para la resolución analítica de problemas.

g. Bibliografía básica

- Oppenheim, "Tratamiento de señales en tiempo discreto". Prentice-Hall, 2000 (2ª ed.)
- Proakis, "Digital signal processing". Macmillan. 2007 (4 ed.)
- Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing". Prentice Hall, 1989.

h. Bibliografía complementaria

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid

Bloque 3: LABORATORIO

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.4

a. Contextualización y justificación

Este bloque desarrolla a nivel práctico los conocimientos teóricos mediante su implementación en tiempo real. Se utiliza un dispositivo hardware basado en DSP y un software que permite su programación, de forma que los sistemas corren en tiempo real y permiten trabajar con señales reales a la entrada y a la salida del sistema.

b. Objetivos de aprendizaje

- Generar señales con formas y parámetros específicos
- Analizar y medir parámetros de las señales en el dominio de tiempo y la frecuencia
- Realizar e implementar en el DSP un esquema sencillo en Labview utilizando la librerías básicas de Labview
- Caracterizar los márgenes dinámicos del los conversores A/D y D/A del DSP
- Calcular la DFT de un numero de puntos diferentes a la longitud de la secuencia
- Implementar una convolución lineal mediante DFT
- Diseñar e implementar filtros FIR e IIR
- Emular un filtro continuo mediante un filtro discreto
- Diezmar e interpolar secuencias discretas
- Estimar el espectro y seleccionar la resolución frecuencial, la separación frecuencial y el nivel de manchado espectral
- Analizar imágenes en el dominio frecuencial
- Implementar filtros para imágenes 2D
- Implementar conformadores de haz
- Obtener los diagramas de radiación de un array de sensores

c. Contenidos

Se estructuran 11 prácticas de laboratorio:

- P1: Introducción a los sistemas de instrumentación y medida
- P2: Introducción Labview y DSP
- P3: DFT
- P4: Diezmado e interpolación
- P5: Emulación
- P6: Diseño de filtros
- P7: Análisis espectral
- P8: TF 2D
- P9: Filtrado 2D
- P10: Conformador determinístico
- P11: Sistema acústico de vigilancia

d. Métodos docentes

Prácticas de laboratorio individuales con soporte del profesor

e. Plan de trabajo

Ver Anexo I, con plan de trabajo global para los tres bloques



f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante una prueba práctica que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar la capacidad del alumno para aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura para la resolución práctica de problemas así como la capacidad del alumno en la programación de DSP mediante herramientas visuales.

g. Bibliografía básica

- Lajara, "LabVIEW : entorno gráfico de programación " Marcombo, 2006
- Clark "LabVIEW digital signal processing : and digital Communications". McGraw-Hill. 2005
- Kehtarnavaz, "Digital Signal Processing System-Level Design Using LabVIEW". Newnes, 2005
- Bishop. "Learning with LabVIEW 8" Pearson Prentice Hall, cop. 2007

h. Bibliografía complementaria

- Bitter, "LabView advanced programming techniques". CRC Press/Taylor & Francis Group, 2007 (2 ed)
- Essick "Hands-on introduction to LabVIEW for scientists and engineers". Oxford University Press, 2009

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Laboratorio docente con puestos dotados de: generador de funciones avanzado con modulaciones analógicas y digitales, Osciloscopio digital con FFT, PC, DSP Speedy y software LABVIEW para DSP.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid

**6. Temporalización (por bloques temáticos)**

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEORIA: FUNDAMENTOS	2.2	15 semanas
TEORIA: PROBLEMAS	1.4	12 semanas
LABORATORIO	2.4	15 semanas

7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación continua del bloque de fundamentos teóricos	20%	<p>La calificación obtenida está vigente en las dos convocatorias del curso académico, en el que se haya realizado la evaluación continua.</p> <p>Este ítem no puede evaluarse mediante un examen escrito alternativo.</p> <p>La calificación total será el promedio de la nota de todos los cuestionarios realizados.</p> <p>No se requiere obtener una puntuación mínima.</p>
Examen escrito del bloque resolución de problemas	40%	<p>La prueba consistirá en la resolución analítica de un conjunto de problemas que podrán estar divididos en varios apartados. En el enunciado de la prueba se indicará el valor de cada problema y apartado de los mismos.</p> <p>Se requiere una puntuación mínima del 30%.</p>
Examen práctico de laboratorio	40%	<p>La prueba consistirá en el diseño e implementación en tiempo real de un sistema. Se puntuará en base a la superación de un conjunto de objetivos, cuya puntuación es conocida a priori en el enunciado.</p> <p>Se requiere una puntuación mínima del 30%.</p>

Para poder superar la asignatura, la nota final será al menos de 5.0 y será necesario superar la nota mínima en el examen escrito del bloque de resolución de problemas y en el examen práctico del laboratorio.

En el caso de no se supere la nota mínima de alguna de las partes, la nota final se calculará mediante la fórmula: $\text{nota final} = \min(\text{nota real}, 4.0)$



8. Consideraciones finales

El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.

