

Asignatura: **Procesamiento de Señales**

Código: 10-09808

RTF

10

Semestre: 6

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

38

Departamento: Electrónica

Correlativas:

- Señales y Sistemas

Contenido Sintético:

- Visión de conjunto e historia.
- Procesos estocásticos. Estimación. Predicción. Filtrado FIR.
- Densidad espectral de potencia. Filtro blanqueador. Muestreo de procesos aleatorios limitados en banda.
- Estadística suficiente. Diseño de etapas de procesamiento de señales de tiempo continuo. Filtro apareado.
- Test de hipótesis. Diseño de etapas de procesamiento de señales de tiempo discreto. Detección de señales.
- Filtro de Wiener IIR y FIR. Filtro adaptativo. Interferencia intersímbolo. Ecuación.

Competencias Genéricas:

- CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Alta.
- CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería. Alta.
- CG5: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. Alta.
- CG9: Aprender en forma continua y autónoma. Alta.

Aprobado por HCD: 1042-HCD-2023

RES: Fecha: 27/11/2023

Competencias Específicas:

- CE7.1: Proyectar, desarrollar, dirigir, controlar, construir, operar y mantener sistemas de procesamiento de señales
- CE7.1.1 Interpretar y emplear las técnicas, tecnologías, principios físicos y matemáticos y herramientas necesarias para planteo, interpretación, modelización y solución de problemas de detección, estimación y comunicación de señales.
- CE7.1.2 Conocer los principios básicos de los procesamientos de señales y de comunicación digitales
- CE7.1.3 Diseñar y analizar sistemas y componentes para la detección de señales aleatorias
- CE7.1.4 Diseñar y analizar sistemas y componentes para la estimación espectral y de parámetros
- CE7.1.5 Diseñar, implementar y analizar sistemas de procesamiento de señales y de comunicaciones

Presentación

En el ámbito de la ingeniería y la ciencia abundan multitud de señales, que abarcan desde imágenes de sondas espaciales hasta impulsos eléctricos producidos por el corazón y el cerebro, ecos en sistemas de radar y sonar, vibraciones sísmicas y un sinfín de otras aplicaciones. El procesamiento de señales digitales (DSP) es la disciplina que aprovecha las computadoras para dar sentido a dichos datos. Esto abarca una amplia gama de objetivos, incluido el filtrado, el reconocimiento de voz, la mejora de imágenes, la compresión de datos, la utilización de redes neuronales y mucho más. El procesamiento de señales digitales se erige como una de las tecnologías más potentes e influyentes preparadas para dar forma al panorama de la ciencia y la ingeniería en el siglo veintiuno.

Hemos sido testigos de transformaciones innovadoras en un amplio espectro de aplicaciones, incluidas las comunicaciones, las imágenes médicas, el radar, el sonar, la reproducción de música de alta fidelidad, por mencionar sólo algunas. En cada uno de estos dominios, el procesamiento de señales digitales ha desempeñado un papel fundamental, con su propio conjunto de algoritmos, marcos matemáticos y metodologías especializadas. La enorme amplitud e influencia del DSP hacen que sea una tarea insuperable para cualquier individuo convertirse en un maestro de todas las tecnologías DSP que han surgido. La educación en DSP abarca dos esfuerzos esenciales: en primer lugar, comprender los principios generales que son aplicables a todo el campo y, en segundo lugar, profundizar en las técnicas especializadas pertinentes al área de interés específica de cada uno.

En este curso se presentan e interpretan funciones de correlación y densidades espectrales de potencia para describir y procesar señales aleatorias. Los contextos de aplicación incluyen modulación de amplitud de pulso, filtros lineales óptimos para una estimación mínima del error cuadrático medio y filtrado adaptado para la detección de señales. Se enfatizan los enfoques de inferencia basados en modelos, en particular para la estimación de señales y la detección de señales. El curso explora ideas, métodos y herramientas comunes a numerosos campos que involucran señales, sistemas e inferencia: procesamiento de señales, comunicación, análisis de series temporales, biomedicina y muchos otros.

La educación en DSP implica dos tareas: aprender conceptos generales que se aplican al campo en su conjunto y aprender técnicas especializadas para su área de interés particular. Este capítulo inicia nuestro viaje hacia el mundo del procesamiento de señales digitales describiendo el espectacular efecto que DSP ha tenido en varios campos diversos. La revolución ha comenzado.

Contenidos

Modelos probabilísticos

El modelo de probabilidad básico. Probabilidad condicional, regla de Bayes e independencia. Variables aleatorias. Distribución acumulativa, densidad de probabilidad y función de masa de probabilidad para variables aleatorias. Variables aleatorias distribuidas conjuntamente.

Expectativas, momentos y variaciones. Correlación y covarianza para variables aleatorias bivariadas. Una imagen en el espacio vectorial para las propiedades de correlación de variables aleatorias.

Estimación con error cuadrático medio mínimo.

Estimación de una variable aleatoria continua. De estimaciones a estimador. Ortogonalidad. Estimación de mínimo Error cuadrático medio lineal.

Procesos aleatorios.

Definición y ejemplos de un proceso aleatorio. Estacionariedad en sentido estricto. Estacionariedad de sentido amplio. Algunas propiedades de las funciones de correlación y covarianza de WSS. Resumen de definiciones y notación. Otros ejemplos. Ergodicidad. Estimación lineal de procesos aleatorios. Predicción lineal. Filtrado FIR lineal. El efecto de los sistemas LTI en los procesos WSS.

Densidad espectral de potencia

Potencia instantánea esperada y densidad espectral de potencia. Teorema de Einstein-Wiener-Khinchin sobre la potencia esperada promediada en el tiempo. Identificación del sistema utilizando procesos aleatorios como entrada. Invocando la ergodicidad. Filtros de modelado y filtros blanqueadores. Muestreo de procesos aleatorios de banda limitada

Filtro Wiener

Filtro Wiener de tiempo discreto no causal. Filtro Wiener de tiempo continuo no causal. Propiedad de ortogonalidad. Filtrado Wiener causal. Tratamiento con media distinta de cero.

Modulación de amplitud de pulso (PAM), modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

Modulación de amplitud de pulso. La señal transmitida. La señal recibida. Caracterizaciones en el dominio de la frecuencia. Interferencia entre símbolos en el receptor. Pulsos de Nyquist. Transmisión portadora. FSK. PSK. QAM.

Evaluación de la hipótesis

Modulación de amplitud de pulso binario en ruido. Prueba de hipótesis binaria. Decidir con mínima probabilidad de error (P_e): la regla MAP. Comprensión de P_e : falsa alarma, fallo y detección. Test de verosimilitud. Otros escenarios. Características operativas del receptor y detección de Neyman-Pearson. Decisiones de Riesgo Mínimo. Pruebas de hipótesis en comunicación digital codificada. Decisión óptima a priori. El modelo de transmisión. Decisión óptima a posteriori.

Detección de señal.

Detección de señales como prueba de hipótesis. Detección óptima de ruido blanco gaussiano. Filtrado adaptado. Clasificación de señales. Una estructura general de detectores. Detección de pulsos en ruido blanco. Maximizando la SNR. Filtros adaptado de tiempo continuo. Detección de pulsos en ruido coloreado.

Metodología de enseñanza

Enfoque Activo y Participativo: Se fomenta la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje en las clases teórico-prácticas. Se promueve la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la discusión de casos prácticos. Los estudiantes son alentados a plantear preguntas, desafiar ideas preconcebidas y explorar nuevas perspectivas, lo que les permite desarrollar habilidades críticas para el diseño de sistemas de procesamiento de señales.

Aprendizaje Basado en Proyectos: Los proyectos prácticos desempeñan un papel central. Los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar los conceptos y técnicas aprendidos en situaciones del mundo real. A través del diseño de algoritmos de procesamiento de señales, la optimización de parámetros y la resolución de problemas específicos, los estudiantes adquieren habilidades prácticas esenciales para su futura carrera profesional.

Enfoque Interdisciplinario: el procesamiento de señales es una herramienta fundamental en una amplia variedad de campos profesionales. Por lo tanto, fomentamos un enfoque interdisciplinario que permite a los estudiantes explorar cómo se aplican las técnicas de procesamiento de señales en diferentes sectores, como la salud, la tecnología de la información y comunicación, y la investigación científica. Esto les brinda una visión más amplia de las oportunidades profesionales disponibles.

Evaluación Continua y Retroalimentación: La evaluación continua es un pilar pedagógico. Los estudiantes reciben retroalimentación constante a lo largo del curso, lo que les permite identificar áreas de mejora y ajustar su enfoque de aprendizaje. Además, se fomenta la autorreflexión y la autoevaluación como herramientas para el desarrollo profesional.

Recursos Tecnológicos Avanzados: Se utilizan herramientas y recursos tecnológicos de vanguardia para enriquecer la experiencia de aprendizaje. Esto incluye el acceso a repositorios en la nube de algoritmos de procesamiento de señales, laboratorio de radio definida por software con acceso remoto y software de simulación que replica situaciones del mundo real.

Colaboración y Comunicación: Se promueve la comunicación efectiva y la colaboración entre estudiantes, imitando las dinámicas profesionales. El trabajo en equipo y la capacidad para explicar y defender soluciones son competencias esenciales que se desarrollan a lo largo del curso.

Cuestiones Éticas: El manejo y la interpretación de los resultados implica una formación ética y profesional que asegure su correcta administración teniendo en cuenta la responsabilidad ante la sociedad que ello representa.

Evaluación

Evaluaciones Continuas: A lo largo de la asignatura, se realizan evaluaciones formativas automatizadas que permiten a los estudiantes recibir retroalimentación regular sobre su progreso. Esto puede incluir ejercicios prácticos y cuestionarios automatizados. La retroalimentación se utiliza para ayudar a los estudiantes a ajustar su enfoque de aprendizaje y mejorar sus habilidades. Como parte de los ejercicios se presentan casos de uso en los que los estudiantes individualmente analizan y proponen soluciones basadas en procesamiento

de señales. Estos estudios de caso requieren que los estudiantes apliquen conceptos teóricos a situaciones concretas y presenten soluciones argumentadas.

Exámenes teóricos-prácticos: Los exámenes teóricos-prácticos evalúan el conocimiento conceptual de los estudiantes en áreas como detección, filtrado y estimación de señales, y el diseño de sistemas de procesamiento de señales. Se realizan de manera automatizada y comprende dos instancias de evaluación.

Proyectos de Laboratorio de Procesamiento de Señales: Los estudiantes trabajan en equipos para diseñar, implementar y analizar sistemas de procesamiento de señales del mundo real. Los proyectos incluyen el diseño de algoritmos basados en transformaciones matemáticas de las señales, la simulación del escenario de trabajo, la implementación en hardware y su posterior análisis de desempeño y complejidad computacional.

Los resultados de aprendizaje serán evaluados mediante rúbrica basada en los resultados de aprendizajes propuestos.

Condiciones de aprobación

Para regularizar y promoción se exige un 80% de asistencia y participación en clase.

Para regularizar, además, se exige un 60% de la calificación en las evaluaciones continuas y en los exámenes teóricos prácticos.

Para promoción, se exige además un 70% de calificación en el proyecto de laboratorio de procesamiento de señales y haber alcanzado un nivel mínimo de desarrollo en los resultados de aprendizaje propuestos.

Actividades prácticas y de laboratorio

Estas actividades forman parte de los Recursos Tecnológicos Avanzados que se emplean durante el cursado de la asignatura, y que permiten trabajar con señales adquiridas del mundo real.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Al final del curso se espera que un estudiante alcance los siguientes habilidades:

- Interpreta correctamente el dominio de un problema.
- Posee las habilidades comunicacionales suficientes para realizar las preguntas necesarias para desarrollar un diseño completo ajustado a las necesidades del dominio presentes y futuras.
- Identifica los aspectos de la encomienda profesional que por su naturaleza tienen connotaciones éticas
- Cumple en tiempo con los compromisos asumidos con su equipo de trabajo.
- Respeta las pautas de trabajo establecidas en clase para las actividades de equipo.
- Diseña un sistema de procesamiento de señales que permita estimar o detectar la información.
- Implementa un sistema de procesamiento de señal.
- Elabora y ejecuta procesamiento digital de señales en lenguajes de programación de alto nivel y evalúa su desempeño y complejidad computacional

- Trabaja en equipo asumiendo los distintos roles dentro de un grupo de trabajo
- Detecta y comunica errores y oportunidades de mejoras en diseños de propios y de terceros.
- Conoce los fundamentos de un sistema de procesamiento de señales.
- Asegura un procesamiento de señales según buenas prácticas de seguridad e identifica los compromisos éticos que surgen de implementar seguridad en los sistemas de procesamiento de señales.
- identifica y evalúa de manera crítica diversos recursos de aprendizaje, como libros, artículos, tutoriales en línea y otros, para seleccionar aquellos que mejor se adapten a sus necesidades de aprendizaje.

Bibliografía

“Signals, Systems and Inference” de Alan Oppenheim y George Verghese.
Prentice Hall, 2015. ISBN: 9780133943283

“The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing” de Steven W. Smith.
California Technical Pub. <http://www.dspguide.com/>

“Principles of Digital Communication: A Top-Down Approach” de Bixio Rimoldi”. Cambridge University Press.