



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Programa de PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES DE AUDIO

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Procesamiento digital de señales de audio.

2. CRÉDITOS

8 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

La unidad curricular busca profundizar la formación de los estudiantes en procesamiento de señales. Al finalizar la unidad curricular el estudiante comprenderá los fundamentos del procesamiento digital de señales de audio, tales como el análisis de tiempo corto, el compromiso tiempo-frecuencia, el modelo fuente-filtro, o la deconvolución. También tendrá experiencia en técnicas clásicas del área, como la Codificación por Predicción Lineal (LPC) ó el análisis Cepstral. Será capaz de programar algoritmos para implementar las técnicas estudiadas y resolver problemas recurrentes, como la detección de frecuencia fundamental y la estimación de envolvente espectral. Esta formación le permitirá abordar proyectos en los que intervengan señales de audio (como la voz hablada, la música o los sonidos del entorno), con aplicaciones en telecomunicaciones, producción audiovisual, o bioacústica, entre otras.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El dictado del curso está organizado en dos clases semanales de dos horas, alternando clases teóricas y clases prácticas. En las clases teóricas se presentarán los temas de forma expositiva, conectando los contenidos con ejemplos prácticos y problemas reales, así como habilitando espacios activos para la reflexión e intercambio. Luego de cada bloque temático de unas cuatro clases teóricas tendrá lugar una clase práctica. En las clases prácticas se formularán ejercicios que permitan mejorar la comprensión de los aspectos teóricos abordados en el curso. Los estudiantes desarrollarán habilidades prácticas relativas a la programación y aplicarán técnicas de procesamiento de audio sobre señales reales. Durante las tres últimas semanas de clase los estudiantes trabajarán en grupos de a dos, resolviendo un problema de aplicación, que integre los conocimientos adquiridos durante el curso.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

Horas de teórico: 36

Horas de práctico: 14

Horas de evaluación: 5

Horas de estudio y resolución de ejercicios prácticos: 35

Horas de proyecto final: 30

Horas de dedicación total: 120

5. TEMARIO

1. Introducción al procesamiento de audio: objetivos, aplicaciones, conceptos básicos de señales de audio (e.g. digitalización, densidad espectral de potencia, autocorrelación, dithering, etc).
2. Señales de voz y audio: aparato fonador, modelo de producción de voz, modelo fuente-filtro, modelos tonal+transitorio+ruido.
3. Percepción auditiva: fisiología del sistema auditivo, sonoridad, bandas críticas, enmascaramiento, percepción de altura, modelos del sistema auditivo.
4. Filtros digitales con aplicaciones en audio: resonadores, notch, peine, pasa-todo, interpoladores y aplicaciones en efectos de audio y síntesis de sonido.
5. Síntesis de sonido: síntesis aditiva, AM, anillo, FM, modelado físico, aplicaciones.
6. Análisis de tiempo corto de señales de audio: inventariado, STFT, espectrograma, variantes multiresolución, transformada Q constante (CQT).
7. Análisis Homomórfico: cepstrum y complex cepstrum, estimación de envolvente, detección de pitch, deconvolución, MFCC, codificación de voz.
8. Análisis por Predicción Lineal: modelo todo polo, cálculo de LPC, orden, inestabilidad, aplicaciones: estimación de formantes.
9. Procesamiento tiempo-frecuencia: Overlap-add, convolución rápida, phase vocoder, aplicaciones y efectos.
10. Análisis por modelado espectral: modelado espectral, componentes tonal transitorio y ruido, estimación de altura, seguimiento de parciales, aplicaciones.
11. Codificación de voz y audio: cuantización, codificación con y sin pérdidas, modelos perceptivos, codificación de voz, codificación de audio.
12. Extracción de información musical: separación de fuentes, reconocimiento de instrumentos, sincronismo temporal, detección de acordes, seguimiento de pulso, análisis de estructura, transcripción automática.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 Básica

1. Rabiner, L.R. & Schafer, R.W. (2011). Theory and Applications of Digital Speech Processing. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall - Pearson

2. Quateri, T.F. (2001). Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR
3. Rabiner, L.R. & Schafer, R.W. (1978). Digital Processing of Speech Signals. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.

6.2 Complementaria

4. Smith, J.O. (2007). Introduction to Digital Filters with Audio Applications. USA: W3K Publishing
5. Smith, J.O. (2010). Physical Audio Signal Processing: for Virtual Musical Instruments and Digital Audio Effects. USA: W3K Publishing
6. Smith, J.O. (2010). Spectral Audio Signal Processing: for Virtual Musical Instruments and Digital Audio Effects. USA: W3K Publishing
7. Müller Meinard (2015). Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications. Switzerland: Springer International Publishing AG
8. Virtanen, T & Plumbey, M. & Ellis, D (2018) Computational Analysis of Sound Scenes and Events. Switzerland: Springer International Publishing AG
9. Lerch, A. (2012). An Introduction to Audio Content Analysis: Applications in Signal Processing and Music Informatics. New Jersey, USA: John Wiley & Sons
10. Klapuri, A. & Davy, M. editors (2006). Signal Processing Methods for Music Transcription. NY, USA: Springer
11. Zölzer, U. (2008) Digital Audio Signal Processing. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons
12. Wang, D. & Brown G. editors (2006). Computational Auditory Scene Analysis: Principles, Algorithms, and Applications. New Jersey, USA: John Wiley & Sons
13. Spanias, A. & Painter, T & Atti, V. (2007). Audio Signal Processing and Coding. New Jersey, USA: John Wiley & Sons

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos: Análisis de sistemas lineales, análisis espectral de señales en tiempo continuo y discreto, filtros digitales, programación básica, matemáticas de la ingeniería.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados: Modulación AM y FM, aprendizaje automático.

ANEXO A**Para todas las Carreras**

Esta primera parte del anexo incluye aspectos complementarios que son generales de la unidad curricular.

A1) INSTITUTO

Indicar el Instituto a cargo de la unidad curricular.

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Introducción y conceptos básicos (2 hs de clase). Presentación del curso, digitalización, cuantización, dithering, etc. Modelos para voz y audio (2 hs de clase). Mecanismo y modelo para procesamiento de voz.
Semana 2	Procesamiento en el dominio del tiempo (2 hs de clase). Medidas de tiempo corto, energía, tasa de cruces por cero, autocorrelación, estimación de frecuencia fundamental. Percepción auditiva (2 hs de clase). Fisiología, psicoacústica, modelo del sistema auditivo.
Semana 3	Práctico 1 (2 hrs de clase). Filtros digitales en audio (2 hrs de clase). Conceptos básicos, diseño de filtros, filtros peine, pasa-todos.
Semana 4	Filtros digitales en audio (2 hrs de clase). Aplicaciones, síntesis de sonido. Síntesis de sonido (2 hrs de clase). Síntesis aditiva, síntesis por modelado físico, síntesis AM, síntesis FM.
Semana 5	Práctico 2 (2 hrs de clase). Análisis de tiempo corto (2 hrs de clase). enventanado, Transformada de Fourier de Tiempo Corto, espectrograma, variantes multiresolución.
Semana 6	Procesamiento tiempo-frecuencia (4 hrs de clase). Solapamiento y suma, convolución rápida, phase vocoder, modelado espectral, seguimiento de altura y parciales, aplicaciones.
Semana 7	Práctico 3 (2 hrs de clase). Análisis homomórfico (2 hrs de clase). Cepstrum real y cepstrum complejo.
Semana 8	Análisis homomórfico (2 hrs de clase). Estimación de altura y envolvente espectral, deconvolución cepstral, coeficientes cepstrales de frecuencia Mel.
Semana 9	Análisis por predicción lineal (4 hrs de clase). Métodos de autocorrelación y covarianza, interpretación en el dominio de frecuencia, estimación de formantes, estimación de altura, aplicaciones en codificación de voz.
Semana 10	Codificación de voz y audio (2 hrs de clase). Cuantización, codificación con y sin pérdidas, modelos perceptivos, codificación de voz y audio. Práctico 4 (2 hrs de clase).
Semana 11	Extracción de información musical (4 hrs de clase). Separación de fuentes, reconocimiento de instrumentos, sincronismo temporal.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

Semana 12	Extracción de información musical (4 hrs de clase). Detección de acordes, seguimiento de pulso, análisis de estructura, transcripción automática.
Semana 13	Proyecto de fin de curso
Semana 14	Proyecto de fin de curso
Semana 15	Proyecto de fin de curso

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El proceso de evaluación incluye la realización de trabajo individual de resolución de ejercicios, distribuidos en 4 entregables a lo largo del curso. Además se deberá realizar un proyecto final de curso en grupos de dos estudiantes. Los ejercicios entregables corresponden al 50% del puntaje total de la unidad curricular, mientras que el proyecto final corresponde al restante 50%. Para aprobar la unidad curricular el estudiante deberá cumplir con la entrega de todos los entregables y deberá alcanzar un 60% del puntaje total del curso. La unidad curricular no tiene examen.

A4) CALIDAD DE LIBRE

Los estudiantes no podrán acceder a la Calidad de Libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

No se definen cupos.

ANEXO B para la carrera Ingeniería en Sistemas de Comunicación

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Procesamiento de la Información

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso: el curso de Fundamentos de Aprendizaje Automático y Reconocimiento de Patrones, el curso de Señales Aleatorias y Modulación (o Muestreo y Procesamiento Digital), y el examen de Programación 1.

Examen: no aplica.

1

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ANEXO B para la carrera Ingeniería Eléctrica

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Telecomunicaciones

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso:

Examen de Señales y sistemas

7 créditos de Informática

Alternativamente, estarán habilitados al curso quienes tengan aprobados
El examen de Sistemas Lineales 1 o Sistemas lineales 2,
curso de Señales Aleatorias y Modulación o examen de Muestreo y Procesamiento
Digital

Examen: no aplica.

APROB RES CONSEJO DE FAC. 1116.

Fecha 30/06/2020 Exp. 060180-001402+12