



Pla Docent de l'Assignatura

Guia Docent

Nom de l'assignatura: Sistemes de Codificació de Veu i d'Àudio

Curs acadèmic: 2011-2012

Curs: Tercer

Trimestre: Tercer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica (Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Obligatòria)

Codi assignatura: 21614

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores

Llengua o llengües de docència: Anglès

Professorat: Daniel Arteaga, Waldo Nogueira

Professorat responsable: Waldo Nogueira

1. Dades descriptives de l'assignatura

Nom de l'assignatura: Sistemes de Codificació de Veu i Àudio

Curs acadèmic: 2011-2012

Curs: Tercer

Trimestre: Tercer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica(Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Obligatòria)

Codi assignatura: 21491-21628

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores

Llengua o llengües de docència: Anglès

Professorat: Waldo Nogueira

Professorat responsable: Waldo Nogueira

2. Presentació de l'assignatura

Aquest és un curs avançat relacionat amb la codificació digital de senyals d'àudio, pensat per estudiants de Enginyeria en Sistemes Audiovisuals.

El curs està dissenyat sobre la base de assignatures prèvies de la titulació, principalment Transmissió de Dades i Codificació (segon curs, Enginyeria en Sistemes Audiovisuals), Senyals i Sistemes (segon curs, Enginyeria en Sistemes Audiovisuals) i Processament de la Parla (segon curs, Enginyeria en Sistemes Audiovisuals).

Ens centrarem en l'estudi dels principals mètodes de codificació de senyals d'àudio.

3. Competències a assolir a l'assignatura

Competències¹ a treballar a l'assignatura segons l'indicat en el pla d'estudis del grau.

Competències transversals	Competències específiques
<i>Instrumentals</i>	<i>Competències Específiques Professionals</i>
G1. Capacitat d'anàlisi i síntesi	Elija un elemento.
G2. Capacitat d'organització i planificació	
G3. Capacitat per aplicar els coneixements a l'anàlisi de situacions i la resolució de problemes	<i>Competències Específiques de Formació Bàsica</i>
G4. Habilitat en la cerca i la gestió de la informació	B4-INF. Capacitat per analitzar funcions de variable complexa.
G5. Habilitat en la presa de decisions	B7-INF. Conèixer les transformades de Fourier per a senyals analògics i digitals i els elements bàsics de la teoria del mostreig de senyals.
G7. Capacitat de comunicar-se en contextos acadèmics i professionals de forma oral i escrita en anglès, tant davant audiències expertes com a inexpertes	B8-INF. Capacitat per resoldre sistemes lineals i invariants i les funcions i transformades relacionades. B3-A. Utilitzar i resoldre equacions diferencials i equacions diferencials en derivades parcials.

¹ **Competències transversals:** Aquelles que es requereixen en l'exercici de qualsevol titulació o carrera (comunicació verbal i escrita, pensament analític i sistèmic, resolució de problemes, creativitat, etc.). Es classifiquen en:

- **Instrumentals:** Inclouen habilitats cognitives, metodològiques, tecnològiques i lingüístiques. (Ex: capacitat d'organitzar i planificar, capacitat de comunicar-se amb propietat de forma oral i escrita en català, castellà i/o anglès, tant davant d'audiències expertes com inexpertes).
- **Interpersonals:** Es defineixen com habilitats que tendeixen a facilitar els processos d'interacció social i cooperació. (Ex: capacitat per a treballar en grup, expressió del compromís ètic/social).
- **Sistèmiques o integradores:** Suposen una combinació de comprensió, sensibilitat i coneixement que permeten veure com s'agrupen i s'estableixen relacions entre les parts d'un tot. Aquestes competències requereixen, com a base, l'adquisició prèvia de competències instrumentals i interpersonals. (Ex: capacitat d'adaptar-se a nous contextos d'aprenentatge)

Competències específiques: Es relacionen amb els coneixements i pràctiques concretes del grau. (Ex: capacitat de descriure, programar, validar i optimitzar protocols i interfaces de comunicació en els diferents nivells d'una arquitectura de xarxes)

<i>Interpersonals</i> G8. Capacitat de treball en equip Elija un elemento. <i>Sistèmiques</i> G11. Capacitat d'aplicar amb flexibilitat i creativitat els coneixements adquirits i d'adaptar-los a contextos i situacions noves G12. Capacitat per progressar en els processos de formació i aprenentatge de manera autònoma i contínua Elija un elemento.	B5-A. Capacitat per comprendre i utilitzar l'anàlisi vectorial i numèric. B9-A. Adquirir els coneixements bàsics de la física de la propagació del so i la seva relació amb els mètodes de processament de l'assenyals àudio. Elija un elemento. <i>Competències Específiques d'Enginyeria en Informàtica</i> Elija un elemento. <i>Competències Específiques Comunes a la branca de Telecomunicació</i> Elija un elemento. <i>Competències de tecnologia específica: Enginyeria Telemàtica</i> Elija un elemento. <i>Competències de tecnologia específica: Sistemes Audiovisuals</i> AU23. Saber decidir que sistema de codificació d'àudio i música ha d'utilitzar-se per a una determinada aplicació. AU8. Saber realitzar projectes de locals i instal·lacions destinats a la producció i enregistrament de senyals d'àudio i vídeo. AU34. Conèixer les tècniques i procediments d'enregistrament, generació i producció de continguts d'àudio i música. Aplicació pràctica dels coneixements d'acústica, de
---	--

	processament de senyal i de sistemes multimèdia en la electroacústics; Sistemes de mesura, anàlisi i control de soroll i vibracions; Acústica mediambiental; Sistemes d'acústica submarina. AU10. Comprendre els problemes relacionats amb la reproducció de so en una sala i el disseny acústic d'espais arquitectònics. AU11. Adquirir el coneixement de les lleis que permeten la producció de so surround, des de la fase de captació fins a la d'exhibició, passant per la de postproducció. AU12. Adquirir coneixements sobre la cadena de producció, post-producció i exhibició en projectes audiovisuals. AU14. Adquirir els coneixements bàsics sobre mètodes numèrics d'optimització de problemes lineals i no lineals sense i amb restriccions. Tenir un coneixement de les aplicacions d'aquests mètodes en l'enginyeria i en particular, en l'enginyeria de la comunicació audiovisual. AU22. Entendre i conèixer els principis matemàtics en els quals es basen els sistemes de codificació d'àudio i música. Entendre i conèixer els avantatges i inconvenients de cadascun d'aquests sistemes de codificació d'àudio i música. AU23. Saber decidir que sistema de codificació d'àudio i música ha d'utilitzar-se per a una determinada aplicació. Elija un elemento.
--	--

4. Continguts

En aquesta assignatura es vol que l'estudiant desenvolupi una metodologia per a codificar i decodificar senyals d'àudio (veu, so i música). Més concretament es pretén que l'estudiant adquireixi competències teòriques i pràctiques relacionades amb:

- ☐ Esquema de blocs general d'un sistema de codificació de veu i àudio.
- ☐ El sistema auditiu humà: aplicació a la codificació.
- ☐ Anàlisi.
 - Anàlisi de so, veu i música.
 - Transformada del Cosinus Discreta.
 - Anàlisi en subbandes.
 - Estratègies de ubicació de bits.
 - Tècniques de rate/distortion.
- ☐ Codificació en el domini temporal.
 - Codificació PCM.
 - Codificació predictiva.
- ☐ Codificació en el domini freqüencial.
 - Audio MPEG-1, MPEG-2 i MPEG-2 AAC, MPEG-4.
 - Audio Dolby AC-3.
- ☐ Aplicacions. Voice over IP.
- ☐ Estàndards actuals de codificació d'àudio.

5. Avaluació del nivell d'assoliment de les competències

Criteris generals d'avaluació

L'avaluació es fa per a cada una de les tres activitats que constitueixen l'assignatura: classes de teoria, seminaris i laboratoris. Essent:

- T: l'avaluació de la teoria mitjançant un examen final i un control de coneixements al mig del trimestre (que val un 30% de la nota de teoria). L'examen final avalua tota la matèria de l'assignatura i ha de ser qualificat amb com a mínim un 4/10 per tal de aprovar l'assignatura.
- L: l'avaluació dels laboratoris amb la participació en aquests i l'entrega de les memòries de pràctiques. En els laboratoris es realitzen un sèrie de pràctiques que posen a prova la capacitat dels alumnes de resoldre problemes pràctics i d'implementar algorismes en forma de programes en un ordinador. Les pràctiques s'han d'entregar individualment abans de la pràctica següent. L'avaluació es fa a partir del seguiment realitzat a classe pel professor i de la correcció de les memòries de pràctiques. Aquesta avaluació també és obligatòria i ha de ser qualificada com a mínim amb un 5/10 per tal de aprovar l'assignatura.
- S: l'avaluació dels seminaris amb la participació en aquests i l'entrega dels exercicis proposats. Abans de cada seminari s'entrega una sèrie d'activitats als alumnes, com a una preparació prèvia al seminari. Aquestes activitats corresponen a conceptes o coneixements tractats a classe de teoria i posats a la pràctica en els laboratoris. Durant el seminari tots els estudiants han de participar en la resolució de les activitats.

La nota final s'obté fent la mitjana ponderada de la següent manera:

$$\text{Nota Final} = 0,5 \cdot T + (0,3 + 0,1) \cdot L + 0,1 \cdot S$$

	ELEMENTS	PES	RECUPERABLE
Proves escrites	Prova escrita Condició: >=5 a cadascuns dels elements d'avaluació (excepte seminaris)	50%	Recuperable
Treballs	Treball codificació d'àudio	10%	Recuperable
Productes escrits	- Control - Lliuraments de seminari	10%	No recuperable
Proves d'execució	Pràctiques (amb informe) (participació en un mínim de 4 pràctiques)	30%	No recuperable
Proves de validació d'execució	En casos "límits" a les pràctiques, prova de validació		

Notes:

(1) La part de seminaris es divideix en dues parts que tenen el mateix pes de ponderació, entregables i (control examen parcial)

(2) L'examen final no lliure matèria per l'examen final

(3) Les pràctiques s'han d'aprovar per tal d'aprovar l'assignatura i s'ha de participar com a mínim a 4 de 5 pràctiques

(4) Es realitzarà un codificador d'àudio fent servir els mateixos grups de laboratori. A l'última pràctica es compararà aquest codificador d'àudio amb un estàndard

6. Bibliografia i recursos didàctics

Marina Bosi and Richard E. Goldberg. *Introduction to digital audio coding standards*, The Springer International Series in Engineering and Computer Science, Vol. 721, 2003. <http://www.springer.com/engineering/signals/book/978-1-4020-7357-1>

Udo Zölzer. *Digital Audio Signal Processing*, Wiley
<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470997850.html>

Andreas Spanias, Ted Painter, Venkatraman Atti et al. *Audio Signal Processing and Coding*, Wiley, 2007. <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471791474.html> ISBN: 978-0-471-79147-8

Atti, V., Spanias, A. *On-line simulation modules for teaching speech and audio compression techniques*, Frontiers in Education, 2003. FIE 2003. 33rd Annual, T4E - 17-22 Vol.1.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?reload=true&arnumber=1263383

Khalid Sayood, *Introduction to Data Compression*, Elsevier, 2005.

http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/706873/description#description

John Watkinson, *The Art of Digital Audio*, Elsevier, 2000.

http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/679497/description#description

Kenn Pohlmann, *Principles of Digital Audio*, McGraw Hill, 2010.

<http://www.mhprofessional.com/product.php?isbn=0071663460> Recursos didàctics.

Material docent de l'assignatura

- Per a cada sessió de teoria hi ha disponible uns apunts a la Web de l'assignatura.
- Per a cada sessió de seminari hi ha disponible una col·lecció d'activitats a la Web de l'assignatura.
- Per a cada sessió de pràctiques hi ha disponible el enunciat de la pràctica a la Web de l'assignatura.

7. Metodologia

El procés habitual d'aprenentatge per cada un dels blocs de continguts està compost per una sessió de teoria, un seminari i una part d'una sessió de laboratori. Cada bloc comença amb una sessió de teoria en la que es presenten certs fonaments teórico-pràctics. Aquesta activitat es realitza en grup gran. L'estudiant ha de complementar aquesta activitat amb una lectura detinguda dels seus propis apunts i del material addicional que el professor hagi proporcionat. Per exemple, una sessió de teoria de 2 hores, convenientment aprofitades, requerirà un treball addicional fora de l'aula d'1 hora per part de l'estudiant.

Posteriorment es realitzarà un seminari centrat en la resolució d'exercicis o problemes per posar en pràctica els conceptes i tècniques presentades a la sessió de teoria. Per als primers exercicis de la sessió es proporcionaran les solucions, però per a la resta no. L'objectiu és que l'estudiant consolidi els fonaments per tal que posteriorment pugui resoldre problemes de major complexitat. Aquesta activitat es realitza en grups petits de seminari on tots els estudiant han de participar activament en la resolució dels problemes.

El següent pas en el procés d'aprenentatge és el laboratori o sessió de pràctiques. En ell es proposen uns problemes pràctics que requereixen un disseny previ de la solució a implementar i que han d'integrar diferents conceptes i tècniques. Aquesta activitat es pot realitzar per parelles, i es pressuposa que continua fora de l'aula.

L'últim pas en el procés d'aprenentatge de cada bloc de continguts és el de la realització de l'examen final de teoria i de la prova oral de pràctiques per comprovar si l'estudiant ha adquirit les competències demanades.

Blocs de contingut	Hores a l'aula			Hores fora de l'aula
	Grup gran	Grup mitjà	Grup petit	
1	2	1		3
2	2	1		3
3	2	1		3
4	2	2		6
5	2	1		3
6	2	3		10
7	2	3		6
8	2	1		3
9	2	3		6
10		2		3
Examen	18			
Total	36	18		46
				# d'hores total (ECTS*25)

Teoria: es corresponen amb els blocs de continguts esmentats. 18 hores (9 sessions de 2 hores).

- Lecture 1: Introduction
- Lecture 2: Fundamentals of theoretical information theory
 - o Source Models
 - o Discrete Sources without memory
 - o Discrete Sources with memory
 - o Reduction of redundancy coding
 - o Rate Distortion Theory
- Lecture 3: Quantization
 - o Uniform Quantization
 - o Non-uniform quantization
 - o Vector Quantization
 - o Dither
 - o Oversampling
- Lecture 4: Entropy Coding applied to Audio
 - o Huffman
 - o Arithmetic Coding
- Lecture 5: Time-Frequency Analysis and Synthesis.
 - o Two-Band decomposition and perfect reconstruction
 - o Quadrature Polyphase Filterbanks
 - o Modified Discrete Transform (MDCT)
- Lecture 6: Psychoacoustics and Psychoacoustic Models of Perceptual Audio Codecs
 - o Spectral Masking
 - o Temporal Masking
 - o Auditory Models
- Lecture 7: Quality Measurement of Perceptual Audio Codecs
 - o MOS
 - o MUSHRA

- Teoria 8: Speech Coding
 - Predictive Coding
 - MLP
 - CELP

Seminars: 8 sessions de 1 hora.

- Seminari 1: History of Audio Coding
- Seminari 2: Entropy Coding and Quantization.
- Seminari 3: Time Frequency Analysis.
- Seminari 4: Quality Measurements of Perceptual Audio Codecs.
- Seminari 5: Specialities in Audio Coding (HILN, HE-AAC, SBR).
- Seminari 6: Stereo and Spatial Audio Coding.
- Seminari 7: Speech Coding.
- Seminari 8: Applications of Speech Coding: VoIP.

Laboratoris: 5 sessions de 2 hores.

- Lab 1: Quantization and Dither.
- Lab 2: Redundancy reduction.
- Lab 3: Psychoacoustic Models for Audio Coding.
- Lab 4: Filterbanks and Perfect Reconstruction.
- Lab 5: Evaluation of Audio Coders

8. Programació d'activitats

- Programació de sessions presencials

HORES	GRUPS DE CLASSE			
TEORIA 18 h / grup	T1			
PRÀCTIQUES 10 h / grup	P101		P102	
SEMINARIS 8 h / grup	S101	S102	S103	S104

Teoria: Grup gran (aula de teoria) – 2 hores
 Laboratori: Grup mitjà (aula d'ordinadors) – 2 hores
 Seminari: Grup mitjà (aula d'ordinadors) – 1 hora

Waldo Nogueira
 (18 hores teoria,
 24 hores seminaris,
 20 hores laboratori)

	Dilluns 12.30-14.30	Dijous 8.30-10.30	Divendres 10.30-12.30
1 24-28 set	24/09 FESTIU	27/09 Teoria 1	28/09 Seminari 1 (10:30-S101;11:30-S102)
2 1-5 oct	01/10 Laboratori 1-P101 Seminari 1 (12:30-S103;13:30-S104)	04/10 Teoria 2	05/10 Seminari 2 (10:30-S101;11:30-S102)
3 08-12 oct	08/10 Laboratori 1-P102 Seminari 2 (12:30-S103;13:30-S104)	11/10 Teoria 3	12/10 FESTIU
4 15-19 oct	15/10 Laboratori 2-P101	18/10 Teoria 4	19/10 Seminari 3 (10:30-S101;11:30-S102)
5 22-26 oct	22/10 Laboratori 2-P102 Seminari 3 (12:30-S103;13:30-S104)	25/10 Teoria 5	26/10 Seminari 4 (10:30-S101;11:30-S102)
6 29 oct-2 nov	29/10 Laboratori 3-P101 Seminari 4 (12:30-S103;13:30-S104)	01/11 FESTIU	02/11 NO LECTIU
7 5-09 nov	05/11 Laboratori 3-P102	08/11 Teoria 6	09/11 Seminari 5 (control) (10:30-S101;11:30-S102)
8 12-16 nov	12/11 Laboratori 4-P101 Seminari 5 (control) (12:30-S103;13:30-S104)	15/11 Teoria 7	16/11 Seminari 6 (10:30-S101;11:30-S102)

9 19-23 nov	19/11 Laboratori 4-P102 Seminari 6 (12:30-S103;13:30-S104)	22/11 Teoria 8	23/11 Seminari 7 (10:30-S101;11:30-S102)
10 26 -30 nov	26/11 Laboratori 5-G1 Seminari 7 (12:30-S103;13:30-S104)	29/11 Teoria 9	30/11 Seminari 8 (10:30-S101;11:30-S102)
11 3 – 4 des	03/12 Laboratori 5-G2 Seminari 8 (12:30-S103;13:30-S104)	NO LECTIU	NO LECTIU

- Llistat d'activitats (amb termini de lliurament i avaluació)

Activitat	Data enunciat	Data lliurament	Data de lliurament de resultats
Control	9-Nov-2012	09-Nov-2012	18-Nov-2012
Lab 1	1-Oct/15-Oct-2012	7-Oct/22-Oct-2012	14-Oct/29-Oct-2012
Lab 2	15-Oct/22-Oct-2012	22-Oct/29-Oct-2012	29-Oct/6-Nov-2012
Lab 3	29-Oct/05-Nov-2012	05-Nov/12Nov-2012	12-Nov/19Nov-2012
Lab 4	12-Nov/19-Nov-2012	19-Nov/26Nov-2012	26-Nov/03-Dec-2012
Lab 5	26-Nov/03-Dec-2012	03-Dec/10-Dec-2012	10-Dec/17-Dec-2012
Treball	27-Sep-2012	26 o 03-Dec-2012	10-Dec-2012