



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Diseño y experimentación de un cuantizador  
vectorial hardware basado en redes neuronales para un  
sistema de codificación de video

TESIS DOCTORAL

Presentada por: Agustín Ramírez Agundis

Dirigida por: Dr. D. Rafael Gadea Gironés

Dr. D. Ricardo Colom Palero

Valencia, Octubre de 2008

# Índice

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes . . . . .	1
1.2	Objetivo . . . . .	2
1.3	Metodología . . . . .	2
1.4	Organización . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Compresión de imágenes</b>	<b>5</b>
2.1	Representación digital de imágenes . . . . .	5
2.2	Fundamentos de la compresión de imágenes . . . . .	7
2.2.1	Teoría de la información . . . . .	7
2.2.2	Origen de la compresión de imágenes . . . . .	9
2.2.3	Clasificación de compresores de imágenes . . . . .	15
2.3	Métodos de transformación . . . . .	19
2.3.1	Generalidades . . . . .	19
2.3.2	Extensión a dos dimensiones . . . . .	21
2.3.3	Transformadas empleadas para la compresión de imágenes . . . . .	22
2.4	La transformada wavelet . . . . .	28
2.4.1	La transformada wavelet continua . . . . .	28
2.4.2	Descomposición wavelet . . . . .	29
2.4.3	Función de escala y bases ortonormales . . . . .	30
2.4.4	Descomposición wavelet multiresolución . . . . .	31
2.4.5	Transformada wavelet bidimensional . . . . .	33
2.5	Cuantización vectorial . . . . .	34
2.5.1	Definición y generalidades . . . . .	34
2.5.2	Medidas de distorsión . . . . .	36
2.5.3	Generación del diccionario . . . . .	38
2.5.4	Compresión de imágenes mediante VQ . . . . .	41
2.5.5	Técnicas especiales para VQ . . . . .	41
2.5.6	Implementación hardware de VQ . . . . .	46
<b>3</b>	<b>Redes neuronales para compresión de imágenes</b>	<b>49</b>
3.1	Introducción . . . . .	49
3.1.1	Redes neuronales biológicas (BNN) . . . . .	49
3.1.2	Redes neuronales artificiales (ANN) . . . . .	51
3.1.3	Clasificación de las ANN . . . . .	55

3.1.4	Enfoques de la investigación en el campo de las ANN . . . . .	60
3.2	Implementación hardware de las redes neuronales . . . . .	61
3.2.1	Clasificación del hardware neuronal . . . . .	62
3.2.2	Aportaciones deseables . . . . .	63
3.2.3	Neurochips . . . . .	65
3.2.4	Neurochips digitales . . . . .	66
3.2.5	Implementación hardware basada en ASICs . . . . .	68
3.3	Técnicas para compresión de imágenes basadas en el MLP . . . . .	69
3.3.1	Fundamentos del perceptrón multicapa . . . . .	69
3.3.2	Compresión de imágenes por transformación autoasociativa mediante el MLP . . . . .	72
3.3.3	Codificación predictiva mediante redes neuronales . . . . .	77
3.4	Redes SOM para cuantización vectorial . . . . .	79
3.4.1	Redes competitivas . . . . .	79
3.4.2	El algoritmo SOM . . . . .	83
3.4.3	Variantes . . . . .	88
3.4.4	Compresión de imágenes basada en VQ mediante redes SOM . . . . .	90
<b>4</b>	<b>Diseño de la red SOM</b> . . . . .	<b>95</b>
4.1	Arquitecturas SOM . . . . .	95
4.1.1	Arquitecturas tipo SIMD . . . . .	96
4.1.2	Procesamiento secuencial . . . . .	99
4.1.3	Arquitecturas sistólicas . . . . .	99
4.1.4	Comparación de arquitecturas . . . . .	104
4.2	Bloques de procesamiento . . . . .	106
4.2.1	Cálculo de distancias . . . . .	106
4.2.2	Comparador de distancias . . . . .	108
4.2.3	Memoria sináptica . . . . .	112
4.3	Desarrollo de la red . . . . .	113
4.3.1	Generador de direcciones . . . . .	114
4.3.2	Arreglo de unidades de procesamiento . . . . .	114
4.3.3	Interface de la red . . . . .	119
4.3.4	Controlador . . . . .	120
4.4	Implementación, pruebas y resultados . . . . .	122
4.4.1	Ocupación y frecuencia de operación . . . . .	122
4.4.2	Comparación del rendimiento en velocidad con otros diseños . . . . .	123
4.4.3	Experimentación de la red como codificador . . . . .	124
4.5	Conclusiones . . . . .	129
<b>5</b>	<b>Banco de entrenamiento y aplicaciones de investigación</b> . . . . .	<b>131</b>
5.1	Diseño del banco de entrenamiento para redes SOM . . . . .	131
5.1.1	Esquema de codiseño Simulink/System Generator . . . . .	135
5.1.2	Estructura del sistema . . . . .	137
5.1.3	Aplicaciones de investigación para prueba del sistema . . . . .	144
5.2	Sistema 2D-DWT/VQ para compresión de imágenes . . . . .	149
5.2.1	Generalidades del esquema desarrollado . . . . .	151

---

5.2.2	La etapa 2D-DWT . . . . .	154
5.2.3	Etapa de cuantización vectorial . . . . .	157
5.2.4	Codificador estadístico . . . . .	158
5.2.5	Implementación, experimentación y resultados . . . . .	161
5.3	Conclusiones . . . . .	165
<b>6</b>	<b>Conclusiones y trabajos futuros</b>	<b>167</b>
6.1	Conclusiones . . . . .	167
6.2	Líneas para trabajos futuros . . . . .	168
	<b>Bibliografía</b>	<b>171</b>