

Índice

Capítulo 1: Introducción.....	6
1.1 Motivación del proyecto.....	6
1.2 Objetivo y estructura del proyecto.....	9
Capítulo 2: Modulación OFDM.....	12
2.1 Introducción.....	12
2.2 Historia de la modulación OFDM.....	13
2.3 Fundamentos de la modulación OFDM.....	18
2.3.1 Concepto de modulación multiportadora.....	18
2.3.2 Análisis de un sistema OFDM.....	19
2.3.3 La transformación DFT.....	24
2.3.4 Extensión cíclica.....	29
2.4. Propiedades de la modulación OFDM.....	32
2.4.1 Protección ante ISI.....	32
2.4.2 Ancho de banda de coherencia.....	34
2.4.3 Efectos de un canal sobre una señal OFDM.....	36
2.5 Aplicaciones de la modulación OFDM.....	37
Capítulo 3: Algoritmos de estimación de canal.....	40

3.1 Introducción.....	40
3.2 Introducción a los algoritmos de estimación de canal.....	41
3.3 Tipos de algoritmos de estimación de canal.....	43
3.3.1 Algoritmos basados en secuencias de entrenamiento.....	43
3.3.2 Algoritmos ciegos.....	47
3.3.3 Comparativa entre ambos.....	48
3.4 Algoritmos ciegos de estimación de canal.....	49
3.4.1 Funcionamiento.....	50
3.4.2 Algoritmos analizados.....	53
3.4.2.1 Algoritmo nº1, de Bangwon Seo y Hyun Gyu Chung.....	53
3.4.2.2 Algoritmo nº2, de Ruifeng Zhang.....	56
3.4.2.3 Algoritmo nº3, de Ruifeng Zhang.....	59
3.4.2.4 Algoritmo nº4, de Feifei Gao y Arumugan Nallanathan.....	61
Capítulo 4: Análisis de los algoritmos estudiados.....	66
4.1 Introducción.....	66
4.2 Sistema de comunicaciones OFDM.....	67
4.2.1 Transmisor.....	68
4.2.2 Receptor.....	71
4.3 Implementación y análisis de los algoritmos.....	74
4.3.1 Consideraciones previas.....	74
4.3.2 Algoritmo nº1, de Bangwon Seo y Hyun Gyu Chung	78
4.3.3 Algoritmo nº2, de Ruifeng Zhang.....	91
4.3.4 Algoritmo nº 3, de Ruifeng Zhang.....	95
4.3.5 Algoritmo nº 4, de Feifei Gao y Arumugam Nallanathan.....	106
4.4 Conclusiones.....	118
Capítulo 5: Conclusiones y líneas futuras de trabajo.....	121
5.1 Introducción.....	121
5.2 Conclusiones.....	122
5.3 Líneas futuras de trabajo.....	124
Capítulo 6: Referencias y bibliografía.....	126

Índice de figuras

Figura 2.1 The Collins Kineplex receiver.....	14
Figura 2.2 Modelo de OFDM presentado por R. W. Chang.....	15
Figura 2.3 Espectro solapado de una modulación OFDM.....	16
Figura 2.4 Esquema primitivo de la modulación OFDM.....	16
Figura 2.5 Esquema básico de un transmisor OFDM.....	20
Figura 2.6 Ejemplo de mapeador QAM.....	20
Figura 2.7 Esquema básico de un receptor OFDM.....	23
Figura 2.8 Versión de la FFT “Decimation in Time”.....	25
Figura 2.9 Sistema OFDM con transmisión compleja.....	26
Figura 2.10 Sistema OFDM con transmisión de símbolos reales.....	28
Figura 2.11 Inserción del prefijo cíclico	30
Figura 2.12 Ejemplo de Perfil de Retardo de Potencia.....	32
Figura 2.13 Ejemplo de interferencia intersimbólica.....	33
Figura 2.14 Ejemplo de Fading plano a la izquierda y Fading selectivo a la derecha.....	34
Figura 2.15 Relación período de símbolo y ancho de banda del subcanal.....	35
Figura 2.16 Relación entre el delay spread y el ancho de banda de coherencia del canal.....	35
Figura 2.17 Efectos de un canal sobre una señal OFDM.....	36
Figura 3.1 Funcionamiento de un algoritmo de estimación de canal.....	42
Figura 3.2 Ubicación de los algoritmos de estimación de canal.....	43
Figura 3.3 Ejemplo de trama GSM con inserción de secuencia de entrenamiento.....	44
Figura 3.4 Tipos de inclusión de pilotos, a la izquierda el tipo block y a la derecha el tipo comb....	45
Figura 3.5 Transmisor OFDM con precodificación lineal.....	51
Figura 3.6 Receptor OFDM con estimador ciego de canal.....	51

Figura 4.1 Modelo en tiempo discreto del sistema OFDM implementado.....	68
Figura 4.2 NMSE para el algoritmo n°1.....	80
Figura 4.3 NMSE del algoritmo n°1 con respecto a la SNR.....	81
Figura 4.4 NMSE del algoritmo n°1 para distintas SNR.....	82
Figura 4.5 NMSE del algoritmo n°1 con respecto al parámetro c.....	83
Figura 4.6 NMSE del algoritmo n°1 para distintos valores de c.....	84
Figura 4.7 Figura 4.5 NMSE del algoritmo n°1 con respecto al parámetro b.....	85
Figura 4.8 NMSE del algoritmo n°1 para distintos valores de b.....	85
Figura 4.9 NMSE del algoritmo n°1 con respecto al parámetro M.....	86
Figura 4.10 NMSE del algoritmo n°1 para distintos valores de M.....	87
Figura 4.11 NMSE del algoritmo n°1 con respecto al parámetro N.....	88
Figura 4.12 NMSE del algoritmo n°1 para distintos valores de N.....	88
Figura 4.13 NMSE del algoritmo n°1 con respecto al parámetro a.....	90
Figura 4.14 NMSE del algoritmo n°1 para distintos valores de a.....	90
Figura 4.15 NMSE para el algoritmo n°2.....	93
Figura 4.16 NMSE del algoritmo n°2 para N=4.....	94
Figura 4.17 NMSE para el algoritmo n°3.....	96
Figura 4.18 NMSE del algoritmo n°3 con respecto a la SNR.....	98
Figura 4.19 NMSE del algoritmo n°3 para distintas SNR.....	99
Figura 4.20 NMSE del algoritmo n°3 con respecto al parámetro m.....	100
Figura 4.21 NMSE del algoritmo n°3 para distintos valores de m.....	101
Figura 4.22 NMSE del algoritmo n°3 con respecto al parámetro M.....	102
Figura 4.23 NMSE del algoritmo n°3 para distintos valores de M.....	102
Figura 4.24 NMSE del algoritmo n°3 con respecto al parámetro N.....	103

Figura 4.25 NMSE del algoritmo n°3 para distintos valores de N.....	104
Figura 4.26 NMSE del algoritmo n°3 con respecto al parámetro a.....	105
Figura 4.27 NMSE del algoritmo n°3 para distintos valores de a.....	106
Figura 4.28 NMSE para el algoritmo n°4.....	109
Figura 4.29 NMSE del algoritmo n°4 con respecto a la SNR.....	110
Figura 4.30 NMSE del algoritmo n°4 para distintas SNR.....	111
Figura 4.31 NMSE del algoritmo n°4 con respecto al parámetro p.....	112
Figura 4.32 NMSE del algoritmo n°4 para distintos valores de p.....	113
Figura 4.33 NMSE del algoritmo n°4 con respecto al parámetro M.....	114
Figura 4.34 NMSE del algoritmo n°4 para distintos valores de M.....	114
Figura 4.35 NMSE del algoritmo n°4 con respecto al parámetro N.....	115
Figura 4.36 NMSE del algoritmo n°4 para distintos valores de N.....	116
Figura 4.37 NMSE del algoritmo n°4 con respecto al parámetro a.....	117
Figura 4.38 NMSE del algoritmo n°4 para distintos valores de a.....	118

Índice de tablas

Tabla 3.1 Parámetros de un sistema OFDM.....	46
Tabla 3.2 Principales características de los algoritmos de estimación de canal.....	49
Tabla 4.1 Comparativa de algoritmos.....	119