

Índice general

Agradecimientos	iii
Resumen	v
Índice general	xi
Glosario	xv
1 Introducción	1
1.1 Motivación	2
1.2 Objetivos	4
1.3 Notación empleada	6
1.4 Estructura de la tesis	7
2 Antecedentes	9
2.1 Introducción	10
2.2 Orígenes	12
2.3 Descripción del modelo del quadrotor	14
2.3.1 Obtención del modelo completo	17
2.3.2 Simplificación del modelo	21
2.3.3 Sistema doble integrador	23
2.4 Esquema descentralizado de control	25
2.5 Criterios de desempeño	27
2.6 Estrategias de control aplicadas a quadrotors	28
2.7 Conclusiones	33

3	Plataformas experimentales	35
3.1	Introducción	36
3.2	Consideraciones sobre el hardware	37
3.3	Consideraciones sobre el software	40
3.4	Sistema quadrotor	43
3.5	Descripción de las plataformas experimentales	45
3.5.1	Plataforma Hover 3DOF de Quanser	45
3.5.2	Plataforma Fl-Air	47
3.6	Conclusiones	50
4	Diseño de un control robusto basado en estimación de perturbaciones	51
4.1	Introducción	52
4.2	Planteamiento del problema	53
4.3	Obtención de la estrategia de control	54
4.4	Implementación digital	55
4.5	Diseño del controlador	56
4.6	Diseño de un control robusto tolerante a fallos en los motores	57
4.6.1	Desarrollo de un observador de fallos en los motores	58
4.6.2	Estrategia de control tolerante a fallos en los motores	60
4.7	Diseño de un controlador robusto para maniobras de vuelo agresivas	62
4.7.1	Esquema de control óptimo frente saturaciones de los motores	63
4.7.2	Consideraciones sobre el optimizador	66
4.8	Simulaciones	67
4.8.1	Ejemplo 1: Efecto de las incertidumbres en el modelo	67
4.8.2	Ejemplo 2: Desempeño del observador de fallos	71
4.8.3	Ejemplo 3: Efecto de las saturaciones en los motores	74
4.9	Resultados experimentales	79
4.9.1	Experimento 1: Efecto del viento en el desempeño del vehículo	80
4.9.2	Experimento 2: Desempeño frente un fallo crítico en un motor	83
4.9.3	Experimento 3: Desempeño frente fuertes ráfagas de viento	87
4.10	Conclusiones	92
5	Control PID basado en estimación de incertidumbres y perturbaciones	95
5.1	Introducción	96
5.2	Planteamiento del problema	97
5.3	Descripción de la estrategia de control	98
5.4	Equivalente 2-DOF PID	101
5.5	Diseño del controlador	104
5.6	Consideraciones para el sistema quadrotor	109

5.7	Simulaciones	110
5.7.1	Ejemplo 1: Proceso de primer orden con retardo	110
5.7.2	Ejemplo 2: Proceso de cuarto orden	112
5.7.3	Ejemplo 3: Proceso de segundo orden inestable con retardo	114
5.8	Resultados experimentales	116
5.9	Conclusiones	120
6	Diseño de controladores robustos frente a retardos variables y pérdidas de datos	121
6.1	Introducción	122
6.2	Planteamiento del problema	123
6.3	Consideraciones sobre los retardos variables	125
6.3.1	Obtención del retardo de un paquete	126
6.4	Descripción de la estrategia de control	126
6.4.1	Control por eventos	128
6.5	Modelo en espacio de estados interconectado libre de retardos	129
6.6	Análisis de estabilidad	138
6.7	Diseño del controlador	142
6.7.1	Descripción del algoritmo CCL	143
6.8	Simulaciones	144
6.8.1	Ejemplo 1: Proceso de segundo orden inestable	144
6.8.2	Ejemplo 2: Proceso doble integrador	147
6.9	Resultados experimentales	149
6.10	Conclusiones	152
7	Conclusiones y trabajos futuros	155
7.1	Conclusiones	156
7.2	Futuras líneas de trabajo	158
7.3	Publicaciones	159
	Bibliografía	161