

# Índice general

Índice General . . . . .	XIV
<b>Objetivos, Estructura y Contribuciones</b>	<b>1</b>
<b>Publicaciones</b>	<b>7</b>
<b>I Estado del Arte</b>	<b>9</b>
<b>1 Control Predictivo Basado en Modelo</b>	<b>11</b>
1.1 Teoría de Sistemas . . . . .	11
1.1.1 Sistemas en Tiempo Discreto . . . . .	11
1.1.2 Estabilidad . . . . .	12
1.2 Teoría de Conjuntos Invariantes . . . . .	14
1.3 Polítopos . . . . .	17
1.4 Problema de Optimización Estándar . . . . .	21
1.5 Controladores Predictivos . . . . .	22
1.5.1 Breve Historia sobre MPC . . . . .	23
1.5.2 Idea Básica del MPC . . . . .	23
1.5.3 Estabilidad y Factibilidad en MPC . . . . .	25
1.5.4 MPC para Sistemas LTI . . . . .	27
1.5.5 Control Predictivo Robusto para Sistemas LTI Inciertos .	28
1.6 Diferentes Formulaciones de los MPC . . . . .	35
<b>2 Sistemas Lineales con Saltos Markovianos</b>	<b>41</b>
2.1 Introducción . . . . .	41
2.2 Cadena de Markov . . . . .	42
2.3 Control Óptimo para MJLS sin Restricciones . . . . .	44
2.4 Estabilidad de MJLS . . . . .	46
2.5 Control Óptimo para MJLS con Incertidumbres sujeto a Restricciones . . . . .	48
2.5.1 Formulación del problema . . . . .	48
2.5.2 Discusión . . . . .	52

2.6	Conclusiones . . . . .	53
<b>3</b>	<b>Control Predictivo para Sistemas Lineales con Saltos Markovianos</b>	<b>55</b>
3.1	Introducción . . . . .	56
3.2	Preliminares y Notación . . . . .	56
3.2.1	Notación . . . . .	57
3.2.2	Control Óptimo sin Restricciones para MJLS . . . . .	59
3.2.3	Descripción del Problema . . . . .	60
3.3	Desarrollo del Control Predictivo para MJLS . . . . .	61
3.3.1	Modelo de Predicción . . . . .	61
3.3.2	Conjuntos Terminal y Factible . . . . .	63
3.3.3	Cálculo de la acción de control . . . . .	65
3.3.4	Cuestiones Computacionales . . . . .	66
3.4	Ejemplo Ilustrativo . . . . .	68
3.4.1	Resultados para diferentes simulaciones . . . . .	71
3.5	Control Predictivo Basados en Escenarios . . . . .	76
3.5.1	Diseño MPC Estocástico . . . . .	77
3.6	Conclusiones . . . . .	83
<b>II Contributions</b>		<b>84</b>
<b>4</b>	<b>Multiple-horizon Predictive Control for Markov/switched Linear Systems</b>	<b>85</b>
4.1	Introduction . . . . .	86
4.2	Preliminaries and Problem statement . . . . .	86
4.2.1	Predictive Control for Markov/switched Systems. . . . .	87
4.2.2	Problem Statement . . . . .	88
4.3	Sequence-set Predictive Control . . . . .	89
4.3.1	Prediction Model . . . . .	89
4.3.2	Sequence-set-Dependent Cost Index for Predictive Control	90
4.4	Terminal and Feasible Sets . . . . .	92
4.4.1	Mode-dependent Terminal Set. . . . .	92
4.4.2	Mode-dependent Feasible Sets. . . . .	92
4.5	Multiple-horizon Predictive Control . . . . .	93
4.5.1	Receding Horizon Implementation (minimax case) . . . . .	95
4.5.2	Choice of Sequence Sets . . . . .	97
4.6	Numerical example . . . . .	98
4.7	Conclusions of this Chapter . . . . .	100

<b>5 Ingredients for Stable Receding-horizon Scenario-based Predictive Control</b>	<b>101</b>
5.1 Introduction . . . . .	102
5.2 Preliminaries and Problem Statement . . . . .	103
5.2.1 Information Model . . . . .	104
5.2.2 Infinite Horizon and Mean-square Stability. . . . .	105
5.2.3 Problem Statement . . . . .	107
5.3 Terminal Ingredients of the Scenario-based Approach . . . . .	107
5.3.1 Quadratic Case . . . . .	108
5.4 Predictive Control on Scenarios/trees . . . . .	110
5.4.1 Cost Index Associated to a non-empty Tree . . . . .	114
5.4.2 Constraints and Predictive Control Problem Set-up . .	115
5.5 Feasibility Analysis . . . . .	116
5.5.1 Recursive Feasibility in Receding-horizon Implementation	120
5.6 Stability . . . . .	121
5.6.1 Scenario Generation . . . . .	123
5.7 Conclusions of this Chapter . . . . .	124
<b>6 Reliable MPC for Markov-jump Linear Systems</b>	<b>127</b>
6.1 Introduction . . . . .	128
6.2 Preliminaries . . . . .	128
6.2.1 Problem Statement . . . . .	129
6.3 Reliability analysis of a stochastically stable	
Markov-jump system . . . . .	130
6.3.1 Choice of high-likelihood terminal and feasible sets for	
MPC technique . . . . .	131
6.4 Numerical Example . . . . .	135
6.5 Conclusions of this Chapter . . . . .	139
<b>7 Reliable Controllable Sets for Constrained Markov-Jump Linear Systems</b>	<b>141</b>
7.1 Introduction . . . . .	142
7.2 Preliminaries, Problem Statement . . . . .	143
7.2.1 Robust $h$ -step Sets . . . . .	143
7.2.2 Problem Statement and Auxiliary Notation . . . . .	144
7.3 Augmented and Sequence-dependent Sets . . . . .	146
7.3.1 Augmented $h$ -step Sets . . . . .	146
7.3.2 Sequence-dependent $h$ -step Sets . . . . .	148
7.4 Reliable On-line Controller Design . . . . .	151

7.4.1	Controller with known Current Mode in On-line Operation . . . . .	151
7.4.2	Controller With no On-line Mode Information . . . . .	155
7.4.3	Discussion and Computational Issues . . . . .	156
7.5	Numerical Example . . . . .	157
7.6	Conclusions of this Chapter . . . . .	161
<b>8</b>	<b>Reliability and Time-to-Failure Bounds for Constrained MJLS</b>	<b>163</b>
8.1	Introduction . . . . .	164
8.2	Preliminaries . . . . .	165
8.2.1	Problem statement . . . . .	167
8.3	Reliability Bound Computation . . . . .	168
8.3.1	Iterative $RL_l(\cdot, \cdot)$ Algorithm . . . . .	170
8.3.2	Terminal Set Based Algorithm . . . . .	175
8.4	Mean time to failure bound computation . . . . .	178
8.5	Terminal-set algorithm and implementation guidelines . . . . .	179
8.6	Examples . . . . .	184
8.7	Conclusion . . . . .	187
<b>Conclusiones y Trabajo Futuro</b>		<b>188</b>
<b>Bibliografía</b>		<b>192</b>
<b>Apéndices</b>		<b>204</b>
<b>A Optimización con Restricciones</b>		<b>205</b>
<b>B Ejemplos</b>		<b>209</b>
B.1	Ejemplo: MPC para Sistemas LTI . . . . .	209
B.2	Ejemplo: MPC Robusto para Sistemas LTIs Inciertos . . . . .	212
B.3	Ejemplo: MPC Robusto para MJLS Inciertos . . . . .	218