

Indice

Prefazione	9
1 Introduzione	11
1.1 La robotica e la visione	11
1.2 Architetture di servoing	12
1.3 Localizzazione del robot	14
2 Stabilizzazione con visual servoing	15
2.1 Localizzazione con conoscenza dell'altezza delle feature	15
2.2 Considerazioni sulla localizzazione	18
2.2.1 Quali ingressi al filtro	19
2.3 Sistema robot-videocamera	20
2.4 Implementazione del filtro	21
2.5 Modello Simulink del sistema in esame	24
2.5.1 Blocco <i>Robot</i>	25
2.5.2 Blocco <i>Inverse of perspective projection</i>	26
2.5.3 Blocco <i>Localization</i>	27
2.6 Simulazioni	28
2.6.1 Simulazione 1	28
2.6.2 Simulazione 2	31
2.7 Considerazioni sul problema	32
3 Stima delle coordinate delle feature in terna solidale al robot con filtro di Kalman	35
3.1 Sistema delle feature in terna solidale al robot	36
3.2 Implementazione del filtro	37
3.3 Modello Simulink del sistema in esame	38
3.4 Simulazioni	39
3.4.1 Simulazione 1	39
3.4.2 Simulazione 2	44
3.5 Controllo del robot	45

INDICE

3.6	Descrizione del comportamento del filtro	47
3.7	Localizzazione del robot	50
3.8	Studio dell'osservabilità per 1 feature	50
3.8.1	Unico ingresso: velocità lineare	53
3.8.2	Unico ingresso: velocità angolare	53
3.9	Studio dell'osservabilità per 2 features	54
4	Stima delle coordinate delle feature in terna solidale al robot con metodo alternativo	59
4.1	Un'alternativa all'EKF	59
4.2	Descrizione del comportamento del filtro	60
4.3	Simulazioni	63
4.3.1	Simulazione 1	63
4.3.2	Simulazione 2	65
4.4	Considerazioni sul filtro alternativo	66
5	Stima delle coordinate del robot e delle feature in terna fissa con filtro di Kalman	69
5.1	Sistema robot-feature in terna fissa	70
5.2	Implementazione del filtro	72
5.3	Simulazioni	74
5.3.1	Simulazione 1	74
5.3.2	Simulazione 2	77
5.3.3	Simulazione 3	79
5.4	Determinazione dei parametri reali	80
5.5	Conclusioni	81
6	Prove sperimentali	83
6.1	Tecnologia utilizzata	83
6.2	Stima delle coordinate delle feature in terna solidale al robot	84
6.2.1	Prova sperimentale 1	84
6.2.2	Osservazioni sulla prova sperimentale 1	85
6.2.3	Prova sperimentale 2	85
6.2.4	Osservazioni sulla prova sperimentale 2	87
6.2.5	Considerazioni sulle simulazioni	89
6.3	Conclusioni e sviluppi futuri	89
A	Il modello di proiezione della videocamera	91
A.1	Modello <i>basic pinhole</i>	92
A.1.1	Proiezione centrale in coordinate omogenee	93
A.1.2	Offset del punto principale	93

A.1.3	Rotazioni e traslazione della videocamera	94
A.1.4	CCD (charge coupled device)	96
A.2	Modello <i>scaled orthographic projection</i>	96
A.3	Modello <i>affine projection</i>	97
A.4	<i>Image features</i> e relativo spazio dei parametri	97
B	Filtraggio alla Kalman	99
B.1	Filtro di Kalman lineare	99
B.1.1	Descrizione dell'algoritmo	101
B.1.2	Step 1: inizializzazione dell'algoritmo	101
B.1.3	Step 2: previsione dello stato	102
B.1.4	Step 3: calcolo del guadagno di Kalman	102
B.1.5	Step 4: aggiornamento della stima dello stato	103
B.1.6	Step 5: aggiornamento della varianza dei disturbi sullo stato e aggiornamento del ciclo	103
B.2	Filtro di Kalman esteso	103
B.2.1	Descrizione del filtro	104
B.2.2	Implementazione del filtro di Kalman esteso	106
B.2.3	Schema generale di filtraggio	107
B.3	Confronto tra KF e EKF	108
C	Osservabilità	111
	Bibliografia	115