

Índice general

Financiación	V
Dedicatoria	VII
Agradecimientos	IX
Resumen	XI
Resum	XV
Abstract	XIX
Índice general	XXIII
Índice de contenidos.XXIII
Índice de figurasXXIX
Índice de tablas.XXXIII

1	Introducción	1
1.1	Introducción	1
1.2	Presentación	1
1.3	Definición	2
1.4	Objetivos	4
1.5	Estructura	5
2	Estado del Arte	7
2.1	Estado del arte actual	7
2.1.1	Introducción	7
2.1.2	Características	10
2.1.3	Modelos del cuerpo humano	13
2.1.4	Metodologías	19
3	Modelo 4D - DPM	35
3.1	Introducción	35
3.2	MSER	36
3.3	Modelo original DPM	39
3.3.1	Motivación	39
3.3.2	Modelo	40
3.3.3	Simplificaciones del modelo	42
3.3.4	Inferencia	43
3.3.5	Entrenamiento	45
3.3.6	Representación de las partes	48
3.4	Modelo 4D-DPM	49
3.4.1	Introducción	49
3.4.2	Formulación introducida	50
3.4.3	Representación de las partes	53
4	Restricciones en el filtro de partículas	55
4.1	Introducción	55
4.2	Restricción 1: límites de las variables de articulación	56
4.3	Restricción 2: Detección de colisiones	57

4.4 Restricción 3: Proyección 2D de las poli-esferas	59
4.4.1 Envolvente a dos elipses	60
4.4.2 Envolvente a “N” elipses	63
4.4.3 Diferencia entre conjuntos de elipses.	66
4.5 Utilización del filtro de partículas	72
5 Modelado de las cadenas cinemáticas utilizadas	75
5.1 Introducción	75
5.2 Aplicación del modelo cinemático utilizando cuaterniones duales	77
5.2.1 Cinemática directa	77
5.2.2 Cinemática inversa	80
5.2.3 Obtención de todas las posibles configuraciones de una cadena cinemática	86
5.3 Modelado	88
5.3.1 Modelado geométrico	89
5.3.2 Modelado cinemático - Cuaterniones duales	92
6 Experimentos y Resultados	97
6.1 Introducción	97
6.2 Herramienta de desarrollo utilizada	98
6.3 Modo de evaluación	99
6.4 Datasets utilizados	101
6.4.1 Base de datos “PARSE”	101
6.4.2 Base de datos “CAD60”	101
6.4.3 Base de datos “CAD60 AMPLIADA”	101
6.5 Resultados	102
6.5.1 Utilización de MSER	102
6.5.2 DPM vs 4D-DPM sin MSER y sin el filtro de partículas	103
6.5.3 DPM vs 4D-DPM sin y con el filtro de Kalman	104
6.5.4 DPM vs 4D-DPM sin y con el filtro de partículas.	105
6.5.5 4D-DPM con el filtro de Kalman vs 4D-DPM con el filtro de partículas	106
6.5.6 Comparación del modelo 4D-DPM, utilizando MSER, el filtro de partículas y la visualización utilizando los cuaterniones duales, con otros modelos de seguimiento	107
6.5.7 Visualización de los resultados	108
6.5.8 Análisis del coste computacional	112

7 Conclusiones y Trabajos futuros	117
7.1 Conclusiones	117
7.2 Artículos publicados	119
7.3 Trabajos futuros	120
A Anexo: Estado del arte anterior	121
A.1 Estado del arte anterior	121
A.1.1 Introducción	121
A.1.2 Aplicaciones	122
A.1.3 Taxonomía	125
A.1.4 Inicialización	128
A.1.5 Seguimiento	129
A.1.6 Estimación de la postura	137
A.1.7 Reconocimiento	145
B Anexo: Modelo DPM	151
B.1 Introducción	151
B.2 Modelo	153
B.2.1 Representación de HOG	153
B.2.2 Filtros	155
B.2.3 Partes deformables	156
B.3 Entrenamiento	159
B.3.1 SVMs latente	159
B.3.2 Semi-convexidad	160
B.3.3 Extracción de datos negativos fuertes (Data Mining Hard Negatives)	161
C Anexo: Filtro de partículas	163
C.1 Introducción	163
C.1.1 Objetivo	164
C.1.2 Modelo	164
C.1.3 Aproximación de MonteCarlo	165
C.1.4 Sequential importance resampling (SIR)	166
C.1.5 Sequential importance sampling (SIS)	168

C.1.6 Versión directa del algoritmo	168
D Anexo: Cálculos previos para las proyecciones de las esferas en 2D	
D.1 Introducción	171
D.1.1 Cálculos previos	171
D.1.2 Intersección entre dos rectas en el mismo plano	172
D.1.3 Intersección entre dos elipses en el mismo plano	174
D.1.4 Intersección entre una elipse y una recta en el mismo plano	178
D.1.5 Tangentes a dos elipses	179
D.1.6 Punto medio entre los centros de dos elipses	183
D.1.7 Ángulo que forma un punto respecto a su elipse	184
D.1.8 Ángulo que forma un punto de la elipse con respecto a un eje paralelo a OX que pasa por el punto medio de la recta que une los centros de las elipses dadas . . .	186
D.1.9 Conocer si un punto está dentro de la elipse o no	187
D.1.10 Dibujar el tramo deseado: recta	187
D.1.11 Dibujar el tramo deseado: elipse	188
D.1.12 Diferencia entre dos elipses	190
D.1.13 Diferencia entre “N” elipses	194
E Anexo: Álgebra de cuaterniones	
E.1 Introducción	199
E.2 Conocimientos matemáticos previos	200
E.2.1 Cuaterniones	200
E.2.2 Operaciones con cuaterniones	200
E.2.3 Cuaterniones duales	202
E.2.4 Operaciones con cuaterniones duales	202
E.3 Teoría del tornillo o “screw theory”	204
E.3.1 Movimiento SCREW utilizando cuaterniones duales	205
E.4 Coordenadas de “PLÜCKER”	206
E.5 Números duales	207
E.6 Intersección de dos vectores ortogonales	207
E.7 Sub-problemas de “Paden-Kahan” utilizando el álgebra de cuaterniones	209
E.7.1 Sub-problema 1: rotación sobre un eje simple	209
E.7.2 Sub-problema 2: rotación sobre dos ejes que se cruzan	210

E.7.3 Sub-problema 3: rotación a una distancia determinada	212
E.8 Cinemática	213
E.8.1 Cinemática directa	213
E.8.2 Cinemática inversa	215
 Bibliografía	 217

Índice de figuras

1.1. Esquema del método propuesto.	6
3.1. Introducción del procesamiento de imágenes.	37
3.2. (a) Imagen de profundidad original; (b) Profundidad tras aplicar MSER; (c) Imagen original de RGB; (d) Combinamos las imágenes (b) y (c).	38
3.3. Introducción del método utilizado para el seguimiento de los puntos de interés.	39
3.4. Visualización del modelo utilizando 14 partes y 4 mezclas locales. En la fila superior se muestran las plantillas locales, y en la fila inferior se muestran las estructuras de árbol utilizadas. Fuente: Yang y Ramanan 2013.	49
3.5. (a) modelo DPM en el que nos hemos basado utilizando 14 partes. (b) modelo DPM propuesto reducido utilizado 10 partes.	50
3.6. Mapa de pesos de los componentes a diferentes niveles. La figura muestra que la mezcla de partes en RGBD es complementaria.	52
3.7. Visualización del modelo utilizando 10 partes y 4 mezclas locales. En la fila superior (a) se muestran las plantillas locales, y en la fila inferior (b) se muestran las estructuras de árbol utilizadas.	53

4.1. Introducción del filtro de predicción utilizado.	56
4.2. Envoltente entre dos elipses.	60
4.3. Envoltente entre “N” elipses.	63
4.4. Diferencia entre conjuntos de elipses.	66
5.1. Introducción modelo geométrico y cinemático utilizado.	76
5.2. ABB IRB 140.	77
5.3. Articulaciones ABB IRB 140.	78
5.4. Configuraciones posibles de una cadena cinemática.	88
5.5. Partes en que hemos dividido el cuerpo.	89
5.6. Partes en que se ha dividido cada cadena cinemática.	90
5.7. Modelado geométrico del brazo utilizando poli-esferas.	91
5.8. Modelo del esqueleto del cuerpo humano.	91
5.9. Modelo del cuerpo humano utilizando líneas.	92
5.10. Sistemas de Coordenadas de los brazos.	93
5.11. Sistemas de Coordenadas de las piernas.	94
5.12. Sistemas de Coordenadas del tronco.	94
6.1. Comparación cualitativa entre el modelo original DPM, entrenado con el dataset PARSE y testeado en el dataset CAD60 ampliado, y el modelo 4D-DPM, entrenado y testeado en el dataset CAD60 ampliado.	108
6.2. Comparación cualitativa entre el modelo original DPM y el modelo 4D-DPM propuesto, entrenados y testeados en la base de datos “CAD60 ampliada”.	109

6.3. Modelo 4D-DPM, entrenado y testeado en la base de datos “CAD60 ampliada”. La primera fila muestra los resultados del modelo reducido con 10 partes. La segunda fila muestra el modelo inferido para estimar los codos y las rodillas utilizando la cinemática inversa.	110
6.4. Comparación cualitativa entre 4 modelos diferentes para la estimación de la postura en 4 secuencias de la base de datos CAD60.	111
6.5. Comparación número de cálculos necesarios entre DH y Cuaterniones Duales.	113
6.6. Tiempos empleados (en segundos) para obtener la solución de la cinemática directa.	114
6.7. Tiempos empleados (en segundos) para obtener la solución de la cinemática inversa.	114
7.1. Estructura final.	119
A.1. Esquema de clasificación. Esquema de clasificación de trabajos en el área de análisis del movimiento humano. Las etapas están representadas en el lado izquierdo. El centro son las técnicas. El lado derecho es una descripción más detallada de las técnicas .	127
B.1. Ejemplo de detección obtenido con el modelo de persona. El modelo se define mediante una plantilla gruesa (a), varias plantillas de partes de mayor resolución (b) y un modelo espacial para la ubicación de cada parte (c).	152
B.2. La pirámide multiescala de características HOG y una hipótesis de objeto definida en términos de una colocación del filtro raíz (cerca de la parte superior de la pirámide) y los filtros de parte (dos niveles por debajo).	154
D.1. Intersección entre rectas.	172
D.2. Intersección entre dos elipses.	174
D.3. Intersección entre una elipse y una recta en el mismo plano. . .	178

D.4. Tangente a dos elipses.	179
D.5. Punto medio de la recta que une los centros de dos elipses.	183
D.6. Ángulo que forma un punto con respecto a su elipse.	184
D.7. Ángulo que forma un punto de la elipse con respecto a un eje paralelo a OX	186
D.8. Diferencia entre dos elipses.	190
D.9. Diferencia entre “N” elipses.	194
E.1. Movimiento general de SCREW.	205
E.2. Intersección de dos líneas.	208
E.3. Rotación de a sobre el eje l hasta ser coincidente con b	209
E.4. Rotación de a sobre el eje l_1 seguido de una rotación sobre el eje l_2 hasta ser coincidente con el punto b	210
E.5. Rotación de a sobre el eje l hasta estar a una distancia δ de b	212

Índice de tablas

4.1. Límites de las variables.	57
4.2. Tabla de colisiones.	59
6.1. Métricas APK, PCK y Error para la eliminación del fondo en las imágenes. Las métricas APK y PCK están expresadas en %, mientras que el error está expresado en píxeles.	102
6.2. Métricas APK, PCK y Error utilizando la base de datos “CAD60”. Las métricas APK y PCK están expresadas en %, mientras que el error está expresado en píxeles.	104
6.3. Comparación entre el modelo original DPM entrenado y testeado en la base de datos “CAD60” y el modelo 4D-DPM con y sin el filtro de Kalman. Las métricas APK y PCK están expresadas en %, mientras que el error está expresado en píxeles.	105
6.4. Comparación entre el modelo 4D-DPM entrenado y testeado en la base de datos “CAD60 ampliada” con y sin la utilización del filtro de partículas. Las métricas APK y PCK están expresadas en %, mientras que el error está expresado en píxeles.	106
6.5. Comparación entre el modelo 4D-DPM entrenado y testeado en la base de datos “CAD60 ampliada” utilizando el filtro de Kalman en un caso y el filtro de partículas en el otro.	106

6.6. Comparación entre el modelo 4D-DPM, modelo DPM original y el algoritmo “Kinect”	107
6.7. Comparación de rendimiento de las operaciones de rotación. . .	112
6.8. Comparación de rendimiento de las operaciones de transformación rígida.	112
6.9. Sistema utilizado.	115
A.1. Posibles aplicaciones en el campo de captura del movimiento. .	123