

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS

Estudio comparativo de algoritmos disponibles en ITK para la segmentación de imágenes médicas

Aplicación al caso particular de la aurícula izquierda

Autor
Joaquín Panduro Cívico
Tutora
Carmen Serrano Gotarredona

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Superior de Telecomunicación
Escuela Superior de Ingenieros – Universidad de Sevilla
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Marzo 2010
Curso 2009/2010

I. Índice

II. Introducción 8

1. Organización de la memoria 8
2. Antecedentes y Motivación 9
3. Alcance y objetivos 11
4. Conceptos esenciales 13
    1. Formato DICOM 13
    2. TAC - Tomografía Axial Computerizada 14
    3. Resonancia Magnética 14
    4. Segmentación de imágenes médicas 15
    5. Anatomía del corazón humano 16
    6. Estudio electrofisiológico 17

III. Algoritmos de segmentación: Estado del arte 19

1. Introducción 19
2. Umbralización 20
3. Crecimiento de región (*Region Grow*) 21
4. Clasificadores 22
5. Agrupamiento 23
6. Campos aleatorios de Markov 24
7. Redes neuronales artificiales 25
8. Modelos deformables 26
9. Guiados por plantillas 26
10. Otros métodos 27
11. Plataforma ITK – Insight ToolKit 28
12. Segmentación de la aurícula izquierda en el ámbito hospitalario. Herramientas comerciales 29

IV. Algoritmos de segmentación evaluados 33

1. Introducción 33
2. Confidence connected 35
3. Isolated Connected 37
4. Otsu Multiple Segmentation 38
5. Threshold level set segmentation 40

V. Métricas de evaluación para algoritmos de segmentación 44

1. Introducción 44
2. Métricas para la evaluación de algoritmos de segmentación 45
    1. Precisión 45
    2. Estabilidad 48
    3. Eficiencia 48
    4. Comparación de algoritmos 48

3. Especificación de la métrica empleada en la evaluación 49
1. Precisión, Sensibilidad y Estabilidad. 49
2. Similitud 52
3. Espacio de parámetros 54
4. Eficiencia 54
5. Interacción con el operador 55
VI. Resultados: Evaluación y comparativa 57
1. Imágenes empleadas para la evaluación 57
2. Herramientas empleadas para la evaluación 59
3. Metodología empleada para la evaluación 60
4. Algoritmo ConfidenceConnected. Evaluación. 63
1. Análisis de espacio paramétrico 63
2. Estrategia de evaluación 63
3. Resultados de la evaluación de ConfidenceConnected 64
5. Algoritmo IsolatedConnected. Evaluación 69
1. Análisis de espacio paramétrico 69
2. Estrategia de evaluación 69
3. Resultados de la evaluación de IsolatedConnected 71
6. Algoritmo OtsuMultipleThreshold. Evaluación. 75
1. Análisis del espacio paramétrico 75
2. Estrategia de evaluación 75
3. Resultados de la evaluación de OtsuMultipleThreshold 76
7. Algoritmo ThresholdLevelSet. Evaluación. 79
1. Análisis de espacio paramétrico 79
2. Estrategia de evaluación 79
3. Evaluación de resultados 80
8. Comparativa de los algoritmos estudiados. 85
1. Compilación de resultados 85
2. Presentación de segmentaciones óptimas. Comparativa visual. 89
3. Comparativa. Conclusiones 92
VII. Conclusiones y líneas futuras de investigación. 95
VIII. Referencias 98

A. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Anatomía del corazón humano 16
Ilustración 2: a) Corazón Humano B) Corte Transversal corazón 17
Ilustración 3: (a) histograma mostrando posibles umbrales (b) imagen en escala de grises 20
Ilustración 4: (a) Imagen mostrando semilla inicial (b) ejemplo de región creciente 21
Ilustración 5: (a) Imagen original (b) segmentación usando el algoritmo de las k-medias 23
Ilustración 6: (a) Imagen original (b) segmentación con algoritmo de k-medias usando MRF previo . 24
Ilustración 7: (a) imagen plantilla (b) imagen deseada (c) deformación de plantilla 26
Ilustración 8: Modelo geométrico realizado durante la intervención 29
Ilustración 9: Herramienta de segmentación ensite Verismo 30
Ilustración 10: Herramienta de registro 30
Ilustración 11: Volúmenes superpuestos tras registro 31
Ilustración 12: Navegación tras segmentación y registro 31
Ilustración 13: concepto de curva cero en un conjunto de level sets 40
Ilustración 14: Posiciones más cercanas a los cruces por cero de la imagen 41
Ilustración 15: Término de propagación 42
Ilustración 16: Diagrama de bloque del algoritmo ThresholdLevelSet 42
Ilustración 17: Distancia y similitud 53
Ilustración 18: Diagrama de flujo empleado para la evaluación de los distintos algoritmos 62
Ilustración 19: Precisión y sensibilidad ThresholdLevelSet. Imagen 1 80
Ilustración 20: Ampliación de la zona estable ThresholdLevelSet. Imagen 1 81
Ilustración 21: Zona estable precisión y sensibilidad. ThresholdLevelSet. Imagen 2 82
Ilustración 22: Ampliación de la zona estable. ThresholdLevelSet. Imagen 2 83
Ilustración 23: Segmentaciones óptimas de los distintos algoritmos para Imagen 1 89
Ilustración 24: Segmentaciones óptimas de los distintos algoritmos para Imagen 2 90
Ilustración 25: Segmentaciones óptimas de los distintos algoritmos para Imagen 3 91

B. Índice de tablas

Tabla 1: Algoritmos disponibles en ITK 34
Tabla 2: Características Computador 54
Tabla 3: Herramientas empleadas 59
Tabla 4: área de las imágenes a segmentar 63
Tabla 5: Rango de parámetros con salida no trivial. Isolated Connected. 69
Tabla 6: Estrategia para la evaluación de IsolatedConnected. Parámetro LowerThreshold. 70
Tabla 7: Diferencia de tiempos de ejecución 8-16bits resolución gris. Threshold Level Set. 79
Tabla 8: Rango de parámetros con salida no trivial. ThresholdLevelSet. 79
Tabla 9: Compilación de resultados de la evaluación 85
Tabla 10: Comparativa global 92