

DETECCIÓN DE PÓLIPOS EN COLONOGRAFÍAS VIRTUALES

Esteban Bel Navarro^{1,2}, Rasmus Larsen², Bjarne Ersbøll², Regnar Arnesen³

¹ Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones
Centro Politécnico Superior, Universidad de Zaragoza.

² IMM, Universidad Técnica de Dinamarca.

³ Departamento de Radiología, Hospital de Hillerød, Dinamarca.

RESUMEN

El cáncer de colon representa la segunda causa de muerte en Estados Unidos [1] después del cáncer de pulmón. La colonografía virtual se perfila como una novedosa técnica que permite la prematura detección de este tipo de cáncer así como su seguimiento. Es una técnica no invasiva que se sirve de métodos computerizados para automatizar el proceso y ayudar al especialista en la detección de pólipos como posibles fuentes de cáncer. La correcta localización de los mismos es esencial para una posible intervención posterior. En el presente artículo se analizan las diferentes fases en las que se divide esta técnica así como se presentan resultados sobre una base de datos de cuatro pacientes. Los resultados obtenidos se contrastan con la información proporcionada por un especialista.

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer de colon representa la segunda causa de muerte en Estados Unidos. Los informes presentados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [2] revelan la importancia que éste tiene. Su prematura detección y seguimiento son muy importantes para impedir el desarrollo de la enfermedad. Varios estudios señalan diferentes factores de riesgo como la edad, dieta, pólipos, historia médica personal/familiar y colitis ulcerosa.

Existen diferentes métodos para detectar esta posible prematura aparición de cáncer [3]: test de sangre oculta en heces, sigmoidoscopia, colonoscopia convencional, colonografía virtual y doble contraste de enema de bario.

La colonografía virtual es una reciente técnica que aprovecha las ventajas que ofrece el diagnóstico computerizado para ahorrar tiempo al especialista a la vez que proporcionar un método automático para la detección de pólipos. Entre las principales venta-

jas de esta técnica se pueden citar las siguientes: no invasiva, rápida y permite la completa visualización del colon. Sin embargo, no mejora la preparación que debe sufrir el paciente con respecto a la colonoscopia convencional, ya que la limpieza de intestino grueso sigue siendo necesaria. Además, el paciente recibe radiación cuando es escaneado. La colonografía virtual es una técnica de seguimiento y detección, y nunca se presenta para suplantar a la colonoscopia convencional. Si se detectan pólipos que deben ser extraídos, una colonoscopia convencional debería ser llevada a cabo para tal fin.

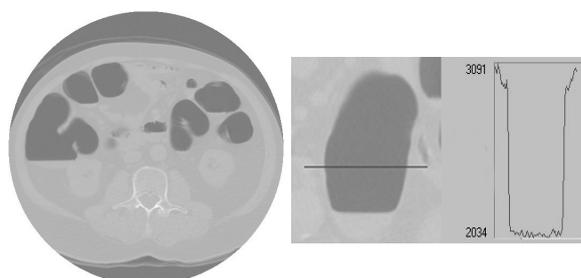


Figura 1. Izquierda, imagen obtenida por el escáner. Derecha, perfil de intensidades.

2. SEGMENTACIÓN AUTOMÁTICA

Es muy común en la literatura utilizar un algoritmo de crecimiento de semillas para realizar la segmentación automática [4], [5]. Basado en las propiedades de la región a extraer y de acuerdo a cierto criterio, el algoritmo de crecimiento de semillas coloca una o varias semillas en el interior de esa región de interés y va incluyendo los vecinos de las mismas recursivamente a la región segmentada. Las propiedades de la región a extraer dependen de la aplicación, así como el criterio de inclusión.

En el caso del colon, las imágenes presentan un gran contraste, como se puede apreciar en la Figura 1. Las regiones correspondientes al colon se

presentan en el histograma mediante una distribución gaussiana que se caracteriza mediante su media, I_{colon} y su varianza, s_{colon} . Para realzar estas regiones, se aplica la transformación descrita en la ecuación (1).

$$I' = \left(\frac{I - I_{colon}}{2\sqrt{2 \ln 10} \sigma_{colon}} \right) \quad (1)$$

Considerando que la información más relevante se da para los cambios de intensidad, la transformación descrita en la ecuación (2) proporciona una medida relacionada con el gradiente.

$$G(x) = \sum_{n=1}^{n=26} |I_n - I_x| / 26 \quad (2)$$

La ecuación (2) considera el valor de cada píxel x y realiza una media entre el valor absoluto de la resta de cada valor adyacente (n) y ese mismo en un 26-entorno.

Posteriormente, se combinan los resultados obtenidos por estas dos transformaciones mediante un producto de las mismas píxel a píxel, y se aplica una transformación exponencial, descrita en la ecuación (3). En esta ecuación, x representa el valor previamente obtenido en el producto píxel a píxel anteriormente descrito.

$$E(x) = e^{-0.005|x|} \quad (3)$$

Finalmente se obtiene la función criterio que es utilizada para la inclusión de nuevos píxeles a la región segmentada por el algoritmo.

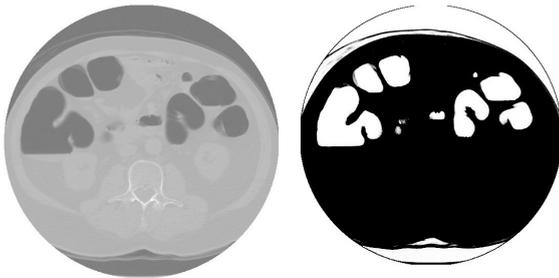


Figura 2. Izquierda, imagen original. Derecha, imagen criterio.

El criterio considerado es un umbral situado en la mitad de los valores máximo y mínimo que la misma función criterio toma. Éste es 0.5.

3. ALGORITMO DE DEFICIENCIAS CONVEXAS

Considerando la definición de pólipo como tejido que sobresale de las paredes del colon hacia su interior, el algoritmo de deficiencias convexas de-

tecta cualquier elemento que sobresale de las paredes del colon.

Partiendo de las imágenes bidimensionales, obtenidas en el proceso de escaneado, cada objeto presente en las imágenes es aislado y clasificado. Posteriormente se computa el polígono convexo envolvente de cada objeto aislado mediante el algoritmo denominado *Graham's scan*. Este algoritmo selecciona en primer lugar un punto extremo como punto pivote y calcula los ángulos correspondientes al resto de puntos. El algoritmo va recorriendo los puntos uno a uno, en orden creciente de ángulo, de tal manera que si realiza un giro a la derecha, elimina el punto del conjunto y retrocede. De esta manera prosigue hasta que recorre todo el conjunto de puntos. Una vez calculado este polígono envolvente, se identifica la región denominada deficiencia convexa como la región que supone un entrante en la figura y se perfila el borde.

Posteriormente, y una vez aplicado el algoritmo a todo el conjunto de imágenes, se necesita recuperar la información tridimensional. Para ello se emplea un algoritmo de crecimiento de semillas que considera como criterio de inclusión la conectividad existente entre los vóxeles a incluir.

La figura 3 muestra los diferentes pasos del algoritmo presentado.

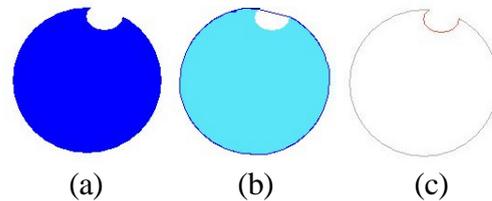


Figura 3. Diferentes pasos del algoritmo de deficiencias convexas. (a) Imagen original. (b) Polígono envolvente sobre imagen original. (c) Deficiencia convexa resaltada.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Población estudiada

Se han evaluado cuatro pacientes diferentes con dos posiciones de escaneado: prona y supina. Los pólipos, previamente localizados por el especialista, se encontraban en diferentes regiones para cada sujeto.

4.2. Preparación del paciente y adquisición de imágenes

Los pacientes han sufrido una limpieza de colon llevada a cabo durante los dos días anteriores al

escaneado. Además, dióxido de carbono ha sido insuflado por el recto para alcanzar un mayor contraste en las imágenes.

Las imágenes han sido adquiridas con una resolución de 1 mm^2 en el plano axial y con un espaciado de 5 mm. La resolución de las mismas es de 512×512 píxeles, con un número de imágenes que varía para cada paciente, siendo el mínimo 103 y el máximo 142.

4.3. Segmentación automática

Para cada paciente se obtiene una pila de imágenes que es procesada con el algoritmo de crecimiento de semillas. La semilla se coloca automáticamente en la imagen número cinco partiendo del final de la pila en el píxel con mínimo valor de intensidad en una región centrada que cubre aproximadamente el 8% de la imagen.

4.4. Detección automática de pólipos

Para la detección automática se ha empleado el algoritmo de deficiencias convexas. Con el objeto de reducir la gran cantidad de candidatos detectados, algunas características especiales se han calculado: superficie, varianza esférica, dispersión, radio de la esfera ajustada al candidato e índice de vecindad. Posteriormente, se ha aplicado un umbral en estas características para discernir entre candidatos y falsos positivos (FP).

La figura 4 muestra cómo un pólipo es detectado por el algoritmo. En la figura 5 se pueden ver dos pólipos diferentes extraídos y visualizados mediante VTK (Visualization Toolkit) [6].



Figura 4. Secuencia de imágenes correspondiente a un pólipo marcado por el algoritmo de deficiencias convexas.

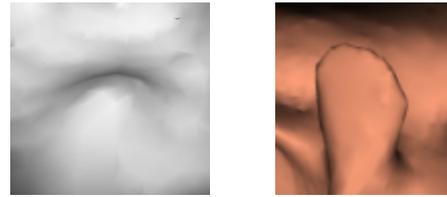


Figura 5. Dos diferentes pólipos renderizados con VTK.

4.5. Inspección virtual automática

Para poder realizar la inspección automática se necesita extraer la línea central del colon, por la cual navegará la cámara. La extracción de la misma se ha llevado a cabo mediante el algoritmo que T. Deschamps presenta en su tesis, [7]. El posicionamiento de los puntos inicial y final ha sido manual.

Una interesante aplicación ha sido utilizada para examinar por completo las paredes del colon. Esta técnica consiste en considerar una cámara rodeada por un cubo que puede fotografiar sus caras, de tal manera que la visualización del colon es completa.

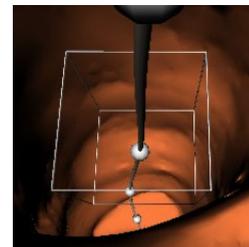


Figura 6. Cubo rodeando la posición de la cámara.

5. RESULTADOS

El estudio se ha llevado a cabo con cuatro diferentes pacientes. Con relación a la segmentación del colon, la validación solamente ha sido visual. El algoritmo es capaz, en media, de segmentar alrededor de 3600 vóxeles por segundo en una estación con procesador Pentium II a 450 MHz y 256 MB RAM.

Los resultados muestran un detector de pólipos 100% sensible, es decir, en todos los casos en los que los pacientes presentaban pólipos visibles (no ocultos por otras sustancias presentes), previamente señalados por un especialista, han sido detectados. Sin embargo, el sistema sólo es un 5% específico, ya que, aproximadamente, por cada pólipo existente en los pacientes, ha detectado veinte. La

estadística se ha realizado sobre un total de 4 pólipos previamente localizados y el número de candidatos detectados ha sido 79, entre los cuales se encontraban los pólipos reales. La medida de especificidad se ha calculado como una media de todos los valores.

6. DISCUSIÓN

En relación con la segmentación, el algoritmo de crecimiento de semillas es adecuado para automatizar el proceso, ya que, visualmente, no ofrece errores y es relativamente rápido.

El detector de pólipos presenta una baja especificidad, ya que no todos los candidatos detectados son pólipos reales. Sin embargo, es más importante detectar todos los pólipos a costa de tener falsos positivos, porque un simple pólipo no detectado obliga al especialista revisar todo el conjunto de imágenes y, por tanto, invalida todo el procedimiento automático.

7. CONCLUSIONES

La sensibilidad que se presenta es necesaria para ahorrar tiempo, ya que un detector automático que no es 100% sensible requiere la visualización convencional de las imágenes e invalida el proceso automático.

Sin embargo, la detección de una gran cantidad de falsos candidatos simplemente requiere una rápida discriminación del especialista.

El proceso de automatización de la detección de pólipos es una tarea compleja que requiere unas condiciones óptimas de preparación del paciente y de adquisición de imágenes para poder facilitar dicha tarea. Sin embargo, el diseño de un detector de pólipos fiable supone un desafío debido a las diferentes formas que toman y a que otras estructuras en el colon pueden imitar su apariencia.

8. REFERENCIAS

- [1] The American Cancer Society. "Facts and Figures 2002". www.cancer.org.
- [2] World Health Organization. "World Health Report". 1999.
- [3] National Cancer Institute, USA. "What you need to know about cancer of the colon and rectum," NIH Publication No. 99-152.
- [4] C.L. Wyatt, Y. Ge, D.J. Vining. "Automatic Segmentation of the colon for virtual colonoscopy," Computerized Medical Imaging and Graphics 24, Wake Forest University School of Medicine, Medical Center Boulevard, Winston-Salem, NC, USA, pp. 1-9, 2000.
- [5] T.Y. Lee, P.H. Lin, C.H. Lin, Y.N. Sun and X.Z. Lin. "Interactive 3-D Virtual Colonoscopy System," IEEE Transactions on information technology in biomedicine, vol. 3, no. 2, June 1999.
- [6] W. Schroeder, K. Martin and B. Lorensen. *The Visualization Toolkit*. Prentice Hall, 1998.
- [7] T. Deschamps. "Curve and Shape Extraction with Minimal Path and Level-Sets techniques. Applications to 3D Medical Imaging", University of Paris-Dauphine. 2001.