

Segmentación de imágenes de Tomografía Computarizada en pacientes que han sufrido un Accidente Cerebro Vascular

Segmentation of images of Computed Tomography in Patients with a stroke

Mauricio Barrios Barrios¹, Hernando Ramírez Llinas², Pablo Bonaveri Arangoa²

¹MSc. Docente-Investigador de Ingeniería Mecatrónica. ²Director del Programa de Ingeniería Mecatrónica. Universidad ³Director del Centro de Investigaciones. Universidad Autónoma del Caribe. Grupo de Investigación en Ingeniería Mecatrónica (GIIM).
emails: mauricio.barrios@uac.edu.co, giim@uac.edu.co

Recibido 2/05/11, Aceptado 20/10/2011

RESUMEN

La segmentación de regiones anatómicas en el cerebro que están afectadas por un infarto es un campo complejo debido a la similitud de las tonalidades de la región cerebral y de las características de las imágenes de Tomografía Computarizada (CT). En este proyecto se implementó como solución operaciones morfológicas, umbralización y comparaciones de los hemisferios para poder segmentar de forma efectiva la región afectada. Una vez hecha la segmentación, se construyó una imagen en 3D para visualización y calcular el volumen en porcentaje con respecto al volumen total del cerebro. Las zonas anatómicas afectadas se obtuvieron a partir del programa de Talairach.

Palabras clave: Crecimiento de regiones, Umbralización, Operaciones morfológicas, Lesiones isquemias cerebrales, Segmentación.

ABSTRACT

The segmentation of anatomical regions in the brain that are affected by a stroke is a complex field due to the similarity of the tones of the brain region and to the characteristics of CT images. This project was implemented as a solution morphological operations, thresholding and comparison of the hemispheres in order to effectively target the affected region. Once the segmentation, it built a 3D image display and calculate the volume as a percentage of the total volume of the brain. The anatomical areas affected were derived from Talairach program.

keywords: Region growing, Thresholding, Morphological operations, Stroke, Segmentation

1. INTRODUCCIÓN

La Tomografía Computarizada (TC) es un procedimiento de diagnóstico por imágenes que utiliza un equipo de rayos X y tecnología computarizada para obtener imágenes de cortes axiales del cuerpo (a menudo llamadas rebanadas) y permite reconstruir las imágenes en cortes transversales, horizontales y oblicuas. La TC utiliza los rayos X emitidos en haces para obtener cortes por planos (tomografía), los cuales son procesados con un programa de computador, y que permiten obtener imágenes tanto de tejidos blandos como de tejidos óseos, lo cual marca la gran diferencia con los rayos X convencionales.

En los rayos X (RX) estándar, se dirige un rayo de energía a la parte del cuerpo que se está estudiando. Una placa situada detrás de la zona del cuerpo captura las variaciones del rayo de energía después de que éste pasa a través de la piel, el hueso, el músculo y otros tejidos. Aunque puede obtenerse mucha información de los rayos X regulares, no pueden obtenerse muchos detalles de los órganos internos y otras estructuras.

En la tomografía computarizada, el haz de rayos X atraviesa los tejidos y es recibido al otro lado del gantry por un detector o colimador y este a su vez va a captar la intensidad con que llega el rayo lo cual se denomina "coeficiente de atenuación" que va a permitir indicar la densidad del tejido estudiado. La información de los RX es enviada a una computadora que interpreta los datos de los RX y los presenta en forma bidimensional en un monitor. La tecnología y software informático más modernos hacen posible la obtención de imágenes tridimensionales (3-D) [1].

1.1. Bancos de imágenes

Los bancos de imágenes médicas en la red de redes permiten trabajar con imágenes de tomografía computarizada, rayos x, angiografía de cerebro. Estos bancos prestan las imágenes exclusivamente para la academia, con el objetivo de realizar algoritmos de procesamiento de imágenes para el reconocimiento de una patología [2].

1.2. Crecimiento de regiones

Crecimiento por Regiones es un procedimiento que agrupa píxeles o subregiones en regiones mayores basadas en un criterio previamente establecido. La aproximación básica es empezar con un conjunto de puntos "semillas" desde estos crecer regiones añadiendo a cada semilla aquellos píxeles adyacentes (vecinos) que tienen propiedades similares a la semilla (como un rango específico de nivel de gris o color).

1.3. Operaciones morfológicas

1.3.1. Apertura y cierre

Las operaciones de dilatación y erosión se combinan para formar diferentes métodos de procesar la imagen. Por ejemplo, uno de ellos es la apertura de una imagen, que es la realización de una erosión seguida de una dilatación utilizando el mismo elemento estructural en ambas operaciones. Este método se aplica cuando se desea eliminar los pequeños objetos y mantener el tamaño de los grandes.

La operación de cerradura de una imagen se realiza cuando se aplica la dilatación y posteriormente la erosión (contrario a la apertura). Este proceso se caracteriza por rellenar huecos y conectar objetos que están próximos entre sí.

1.3.2. Dilatación

Con A y B como conjuntos de Z^2 , la Dilatación de A dado B, está definida como:

$$A \oplus B = \{(z|\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (1)$$

Esta ecuación está basada en obtener la reflexión de B con respecto a su origen y cambiando esta reflexión por z. La dilatación de A dado B es entonces el conjunto de todos los desplazamientos, z, tales que B y A se traslapan en al menos un elemento [3].

1.3.3. Erosión

Para conjuntos A y B en Z^2 , la erosión de A dado B, está definida como:

$$A \ominus B = \{(z|B)_z \subseteq A\} \quad (2)$$

Esta ecuación indica que la erosión de A dado B es el conjunto de todos los puntos z tales que B, trasladados por z, está contenido en A [4].

1.4. Mapa estereotáxico de Talairach

Es un atlas publicado en 1967 y basado en cortes seriados macroscópicos de más de 100 hemisferios cerebrales de cadáveres humanos, realizados en condiciones estereotáxicas. Estos cortes fueron comparados con 400 telerradiografías. Los cerebros comparados utilizando la línea CA-CP (comisura anterior comisura posterior) que mantiene una relación constante con las estructuras telencefálicas. A partir de esta línea el cerebro resulta cuadrículado en un marco exterior, donde la longitud horizontal es la dis-

tancia frontoccipital y la longitud vertical es la distancia vértex lóbulo temporal, de forma que la dimensión transversal refleja la distancia entre los puntos más laterales. Con estos puntos de referencia se trazan líneas paralelas y perpendiculares para formar una rejilla que permite establecer una clara proporción de las estructuras cerebrales y su relación en el espacio, ventrículos, espacios subaracnoideos y vasos cerebrales [5].

2. METODOLOGÍA

Mediante del banco de imágenes medicas de infarto cerebrales se obtuvo imágenes de TC en formato comprimido JPG con una resolución de 113x113x32, es decir, imágenes de 113x113 en 32 rebanadas.

Se transformo las imágenes JPG en una matriz de R3 para permitir su procesamiento en MATLAB y de esa forma tratarla cada una. El procedimiento del procesamiento de las imágenes con el que se obtuvieron los mejores resultados fue el siguiente:

1. Determinar las imágenes que visualiza la región afectada.
2. Limpiar las imágenes a través de una operación morfológica de apertura y cierre.
3. Ecuilizar a través de 3 umbrales las imágenes.
4. Dividir la imagen en ventrículo izquierdo y derecho.
5. Comparar la imagen de los ventrículos y cambiar la tonalidad del ventrículo cercano a la región a un umbral predefinido.
6. Aplicar operaciones morfológicas de apertura y cierre para eliminar información que no es de la región afectada y de los ventrículos, para homogeneizar los contornos de los ventrículos..
7. Sembrar una semilla para el crecimiento de regiones de cada imagen.
8. Reconstruir la región afectada en 3D.
9. Calculo del volumen en porcentaje de la región afectada del paciente.
10. Hallar las zonas anatómicas afectadas

Toda esta metodología esta implementada en base al software de MATLAB y el mapeo para conocer las zonas afectadas se utilizó el programa de Talairach [6][7]. El programa de Talairach fue creado y desarrollado por Jack Lancaster y Peter Fox y ha sido ampliado para incluir tres componentes:

- Talairach cliente : una aplicación Java para encontrar las etiquetas individuales.
- Applet Talairach : una aplicación web que incluye su-

perposiciones gráficas y búsquedas rápidas de materia gris.

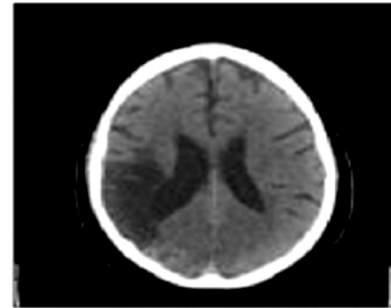
- Talairach Daemon : un servidor de base de datos de alta velocidad para la consulta y recuperación de datos sobre la estructura del cerebro humano a través de Internet. [8]

3. RESULTADO

En la figura 1 se muestra una rebanada de TC sin procesar, perteneciente al conjunto de imágenes del estudio del infarto en formato JPG. En dicha figura se puede observar que la información de zona afectada no está bien cerrada y que su tonalidad es muy similar a los ventrículos.

Figura 1. Imagen sin procesar del cerebro en un corte transversal

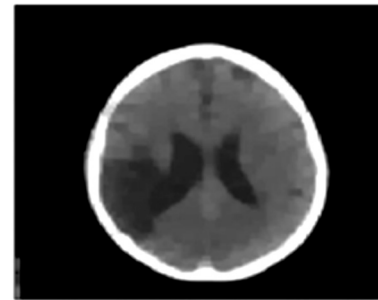
Figure 1. Raw image of the brain in a cross section



Es por ende necesario una operación de apertura y de cierre para suavizar la imagen y mejorar los límites de las regiones, como se visualiza en la figura 2.

Figura 2. Imagen con operación morfológica.

Figure 2. Image morphological operation.



Después se realizó una ecualización a través de 3 umbrales para separar las tres zonas, las cuales son los ventrículos, la materia cerebral (blanca y gris) y el fondo de la imagen. Como se observa en la figura 3, persiste el problema de que las tonalidades de la región afectada son muy similares a los ventrículos.

Figura 3. Imagen Ecuilizada con 3 umbrales
Figure 3. Image equalized with 3 thresholds



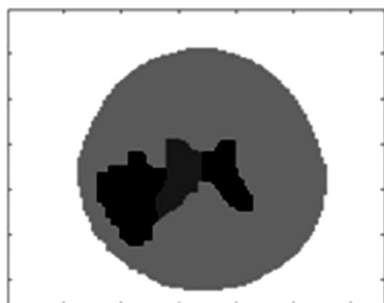
Por lo tanto, al basar que un infarto solo afecta a un hemisferio cerebral, se realiza una comparación del hemisferio izquierdo con el derecho para umbralizar con una tonalidad distinta el ventrículo cercano al infarto; para así poder segmentar la región afectada por el infarto. Ver figura 4.

Figura 4. Imagen de TC después de la comparación de ventrículos.
Figure 4. CT scan after the comparison of ventricles.



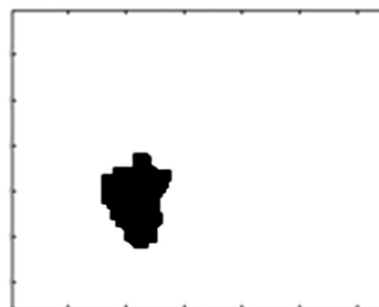
En este caso la operación de apertura seguida por una operación de cierre. Ambas operaciones morfológicas fueron realizadas con un cuadrado de 3x3 como elemento estructural. Ver figura 5.

Figura 5. Imagen de TC después de cerrar la región y suavizar la imagen.
Figure 5. CT scan after closing the area and soften the image.



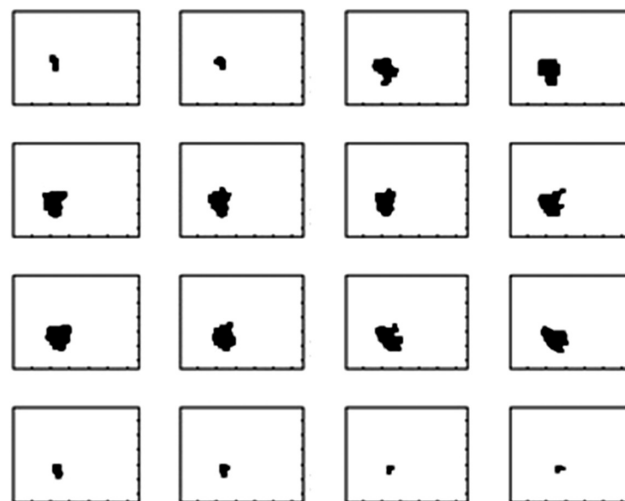
Después se ejecutó un algoritmo para la segmentación por crecimiento de regiones que no se desborda hacia los ventrículos. Ver Figura 6.

Figura 6. Imagen de la región afectada.
Figure 6. Image of the affected region.



Este proceso se realizó a todas las 16 imágenes donde está ubicado el infarto, logrando una segmentación de la región afectada en todas sus dimensiones. Ver figura 7.

Figura 7. Todas las imágenes segmentadas del infarto
Figure 7. All segmented images of stroke



Se construyó una matriz de 3D a partir de las imágenes para visualizar el volumen de la región afectada en comparación del volumen de la cabeza del paciente. Ver figura 8 (vista frontal).

Figura 8. Imagen en 3D del volumen afectado por el infarto
Figure 8. 3D Image of the volume affected by stroke



El volumen de la región afectada por el infarto fue 2.1% con respecto al volumen total del cerebro. Otro resultado fue la obtención de regiones anatómicas afectadas. Esto se consiguió a través de la conversión de la matriz de 3D a un archivo de formato IMA para después utilizar una librería del programa ANATOMIST llamada AimsFileConvert para crear un archivo de formato IMG [9].

Con el formato IMG y con la ayuda de SPM (statistical Parametric Mapping) se normalizó la imagen 3D al espacio de Talairach, para poder hallar la ubicación de los voxels de la región afectada al espacio anatómico y de esa manera conocer las zonas anatómicas afectadas por el infarto [10].

Según los resultados, las principales zonas anatómicas afectadas por el infarto fueron:

a) Brodmann area 22.

Es una región dedicada a la comprensión de las palabras, por ende afecta el lenguaje

b) Brodmann area 13

Su lesión puede conducir a alteraciones afectivas y pérdida de comportamientos inhibitorios sociales, así como alteraciones en el comportamiento sexual.

c) Putamen

Desempeña un importante papel en el condicionamiento operante (aprendizaje a través de refuerzo).

4. DISCUSIÓN

El procesamiento de las imágenes de TC es óptimo para la visualización adecuada de la región afectada por un infarto, además de dejar las imágenes umbralizadas con 3 tonalidades y con una morfología de los mismos para su detección con crecimiento de regiones.

El algoritmo de crecimiento de regiones por cada una de las rebanadas donde se encuentre el infarto es muy eficiente, debido a que cubre de manera adecuada la región de interés a partir de una sola semilla por cada rebanada. El algoritmo toma en promedio de 26 + 1 iteraciones dependiendo de qué tan grande es la zona afectada o en su defecto poner una semilla que tenga más de un voxel de tamaño.

La reconstrucción en 3D de la zona afectada propone una excelente aproximación de la forma de la región anatómica afectada por el infarto, además del cálculo del volumen a través del porcentaje sugiere que el método entrega buenos resultados, debido a que se basan del conjunto de imá-

genes proporcionada por el banco de imágenes del centro de infartos cerebrales de la Washington University.

El mayor problema que tenía el proyecto, era de no tener una máscara que aislara los ventrículos cerebrales, por ello se realizó una comparación del ventrículo izquierdo con el derecho y se umbralizó con una tonalidad diferente a la zona de ventrículos para después realizar una segmentación por crecimiento de regiones a la zona afectada del infarto, con lo cual se soluciona el problema de la segmentación del ventrículo cercano a la región afectada, por tener igual tonalidad.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una forma de generar la segmentación y reconstrucción en 3D de una región del cerebro afectada por un infarto, a partir de un conjunto de imágenes de TC.

Dado que la finalidad del trabajo es poder evaluar volumen de la región afectada por el infarto, es necesario contar con el tamaño del voxel y un patrón contra el cual poder comparar a cada paciente para poder tener una forma viable de cuantificar el daño ocasionado por el infarto.

REFERENCIAS

- [1] Cabrero F., Imagen radiológica: principios físicos e instrumentación, Elsevier, 2006. . p. 137
- [2] Washington University School of Medicine in St. Louis. **The Internet Stroke Center.** Disponible desde: <<http://www.strokecenter.org/radiology/>> [Acceso 01 de noviembre 2011].
- [3] Pertusa, J., Técnicas de análisis de imagen: aplicaciones en biología, Universidad de Valencia.
- [4] González, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002,
- [5] Talairach, J. Szikla, G., Atlas d'anatomie stéréotaxique du télencéphale. Etudes anatomo-radiologiques., Masson, 1967.
- [6] Lancaster, J. Woldorff, M., Automated Talairach Atlas labels for functional brain mapping, Human Brain Mapping, 10,120-131, 2000.
- [7] Lancaster, J., Rainey, L., Automated labeling of the human brain: A preliminary report on the development and

evaluation of a forward-transform method, *Hum Brain Mapp*, 5, 238-242, 1997.

[8] Research Imaging Center of the University of Texas Health Science Center San Antonio. **Talairach**. Disponible desde: <<http://www.talairach.org/>> [Acceso 01 de noviembre 2011].

[9] Rosse, C. Shapiro, L., The digital anatomist foundational model: principles for defining and structuring its concept domain, *Proc AMIA Symp.*, 820-824, 1998.

[10] Collins, D., Neelin, P., Automatic 3D Intersubject Registration of MR Volumetric Data in Standardized Talairach Space, *J. Comput. Assist. Tomog.*, 18, 192-205, 1994.