Dos métricas para evaluar el sistema CBIR-Esporas

Meléndez Acosta Nayeli Joaquinita, Ríos Figueroa Homero Vladimir y Marín Hernández Antonio

Departamento de Física e Inteligencia Artificial
Sebastián Camacho No.5 Xalapa, Veracruz,
nayelimelendez@gmail.com, hrios@uv.mx, anmarin@uv.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Editor's Proof

Resumen. El propósito de este trabajo es el desarrollo y prueba de dos métricas para medir la precisión de recuperación de nuestro sistema de recuperación de imágenes de esporas basado en el contenido (Content-Based Image Retrieval) ó CBIR-Esporas. Las métricas propuestas son llamadas Precisión Incremental (PI) y Precisión Incremental Posicional (PIP) debido a que fueron derivados de la métrica Precisión. Para los experimentos y pruebas se uso una base de datos de 100 imágenes con 15 clases, cada clase tiene de 5 a 10 esporas. Las métricas propuestas consideran en la recuperación a todas las imágenes relevantes de una consulta. Los resultados muestran que las métricas propuestas proporcionan un porcentaje de precisión de recuperación mas bondadoso que la métrica Precisión, PI =85% y PIP=90% comparados con Precisión=78 %.

Palabras clave: Precisión, Precisión Incremental, Precisión Incremental Posicional

1 Introducción

En muchas áreas del comercio, el gobierno, la medicina, el periodismo, el diseño gráfico, la arquitectura, la astronomía, etc., grandes colecciones de imágenes digitales han sido creadas. Muchas de estas colecciones son el resultado de la digitalización de colecciones existentes como fotografías, diagramas, dibujos, pinturas y grabados [1].

Un sistema de recuperación de imágenes basado en el contenido cuenta con cierta cantidad de imágenes almacenadas en una base de datos y en algún momento se desea recuperar las imágenes mas parecidas a una imagen de referencia.

En [2] se presentó la implementación de un sistema de recuperación de imágenes de esporas basado en el contenido o CBIR-Esporas, el cual proporciona un análisis visual usando las propiedades de la imagen tales como: color, textura y forma, las cuales describen el contenido de la imagen, con el fin de reconocer patrones similares en las distintas imágenes.

Generalmente, este tipo de sistemas CBIR son evaluados con respecto a sus ejecuciones relativas dependiendo de las observaciones humanas, entonces la medida cualitativa del rendimiento de un sistema recuperación de imágenes es subjetiva a las percepción humana.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 129-136

También la evaluación del rendimiento de recuperación es un problema crucial en CBIR. Muchas métricas diferentes han sido creadas y usadas por investigadores para medir el rendimiento de los sistemas.

En este artículo se presenta dos métricas para evaluar la efectividad de recuperación, estos métricas están fundamentados en un *Valor* de recuperación proporcionado a todas las esporas que pertenecen a la clase de la imagen de referencia, este valor es dependiendo del lugar de recuperación de la imagen.

El articulo esta organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se presentan algunos de las métricas utilizadas para evaluar el rendimiento de los sistemas CBIR. En la tercera sección se explica brevemente el funcionamiento de la metodología empleada en la implementación del sistema CBIR-Esporas que fue evaluado. En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada en las métricas de evaluación propuestas en este trabajo, *Precisión Incremental* y *Precisión Incremental Posicional*, además se explica la métrica *Precisión*. En la quinta sección se presentan el análisis de resultados experimentales y por ultimo las conclusiones y trabajo futuro.

2 Antecedentes

Los sistemas CBIR son evaluados en términos de efectividad de recuperación. La evaluación del rendimiento de la recuperación es un problema crucial en la recuperación de imágenes basada en el contenido (CBIR) [3]. Muchas métricas diferentes se han creado y utilizado por los investigadores para medir el rendimiento de un sistema. A continuación se mencionan algunas utilizadas actualmente:

1. ***Comparaciones de usuario***
   Los usuarios fungen como jueces del éxito de una consulta directamente después de la consulta. Es difícil obtener un gran número de comparaciones, debido a que le consume mucho tiempo al usuario.
2. ***Índice de Error***
   Es común en objetos o reconocimiento de rostros. Es el valor opuesto a precisión:

$$\text{Índice de Error} = \frac{\text{Número de imágenes No relevantes recuperadas}}{\text{Número total de imágenes recuperadas}} \quad (1)$$

3. ***Eficiencia de Recuperación***
   Si el número de imágenes recuperadas es mas bajo o igual al numero de imágenes relevantes, este valor es precisión, en caso contrario es recuperación.
4. ***Detección correcta o incorrecta***
   El número de clasificaciones correctas o incorrectas son contadas. Cuando se divide por el número de imágenes recuperadas, esta medida es equivalente al índice de error y precisión.

Editor's Proof

3 Metodología del sistema CBIR-Esporas

La metodología empleada en nuestro sistema CBIR-Esporas es analizada y presentada en la Figura 1. Dada la imagen de referencia para realizar la consulta (la cual es elegida por el usuario) el sistema realiza el procesamiento para la extracción de características. Primero se extra el vector color usando histogramas, luego el vector textura empleando las características de Tamura y por ultimo el vector forma utilizando momentos invariantes afines, estos tres vectores unido forman el vector de características de la imagen de referencia. Este vector resultante es comparado con los vectores de características de cada una de las imágenes de la base de datos. Por ultimo la comparación entre vectores para recuperar una lista de imágenes que se aproximen mejor a la imagen de referencia.

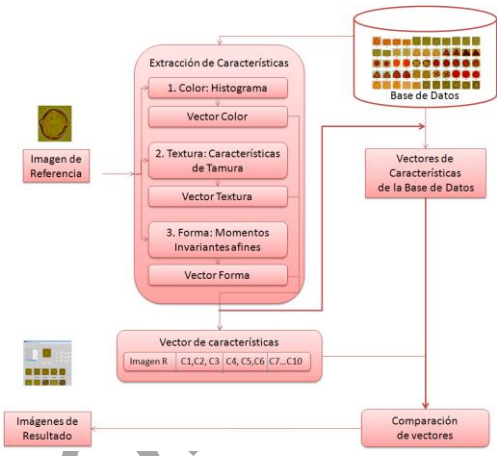

Fig. 1. Esquema de una Consulta en el sistema CBIR-Esporas

4 Precisión

En CBIR, *Precisión* es la métrica más usada para evaluar la precisión de recuperación [3]. Hemos usado esta métrica como base para calcular la *Precisión*. Esta es una medida estándar en recuperación de información la cual da un buen indicativo del rendimiento del sistema. *Precisión* mide la habilidad del sistema para recuperar solo las imágenes relevantes.

$$Precisión = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas}{Número\ total\ de\ imágenes\ recuperadas} \quad (2)$$

Los resultados de recuperación del sistema CBIR-Esporas se muestran en una ventana el tamaño de esta ventana es igual al número de imágenes relevantes de la clase a recuperar.

Editorial Proof

La métrica *Precisión* calcula su porcentaje de recuperación sobre una ventana, tomando en cuenta solo las imágenes relevantes que aparecen en ella. El resto de imágenes relevantes que no aparecen no son consideradas, aunque realmente han sido recuperadas en cierta posición.

5 Precisión Incremental

Precisión Incremental o PI es una extensión de la métrica *Precisión* explicada en la sección anterior, donde PI hace uso de n ventanas:

$$Precisión = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas}{Número\ total\ de\ imágenes\ recuperadas} \quad (3)$$

La métrica PI esta interesada en las posiciones de recuperación de todas las imágenes relevantes. Sin importar si no aparecen en la ventana de posiciones relevantes (1er ventana con todos elementos de la clase). Por ejemplo para una base de datos con 100 imágenes considerando que 10 es el numero de imágenes relevantes por clase, n=10 ventanas.

Por ventana se calcula un porcentaje de recuperación dependiendo del numero de imágenes relevantes que contenga, este porcentaje decrece conforme se aleje la ventana, es decir se castiga si las imágenes relevantes se encuentran en ventanas muy alejadas dando porcentajes muy bajos. Sea:

n = número de ventanas
i = ventana i
IRR = imágenes relevantes recuperadas

$$IRRi = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas\ en\ la\ ventana\ i}{Número\ de\ imágenes\ relevantes} \quad (4)$$

$$PI = \sum_{i=1}^{n} IRRi * \frac{1}{i} \quad (5)$$

La precisión de recuperación usando la métrica PI (ver Ecuación 5) es la sumatoria de multiplicar el promedio de imágenes relevantes que aparecen en cada ventana (ver Ecuación 4) por el promedio de la ventana.

Otro aspecto importante es la posición de recuperación dentro de la ventana, esta métrica no hace uso de ese dato, pero en la siguiente sección se explicará una métrica que toma en cuenta la posición de recuperación de la imagen relevante dentro de la ventana.

6 Precisión Incremental Posicional

En la métrica *Precisión Incremental Posicional o PI*P dada una consulta se calcula un $Valor_j$ de recuperación por cada imagen siendo $j=1,2,3,\ldots,N$ donde N es el número de

Editor's Proof

imágenes que contiene la clase C_i de la imagen de referencia, este Valor depende de la posición *Pos* en la cual fueron recuperadas. Entre más lejos se encuentre una imagen su importancia de recuperación decrece esto se puede observar en la Figura 2. A continuación se explica matemáticamente la métrica propuesta:

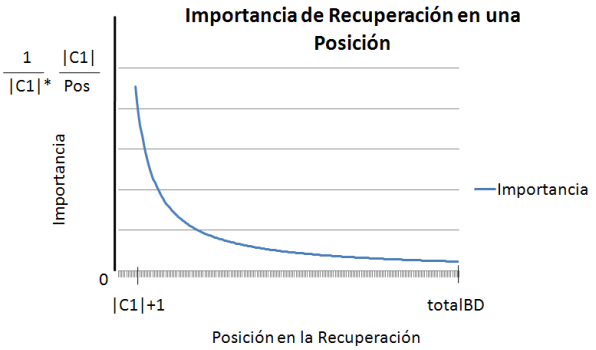

Fig. 2. Gráfica de la Función del *Valor* de recuperación en una posición determinada

Ci = Clase i
|Ci| =numero de elementos de la clase i
Pos =posición en el resultado de la consulta
totalBD =numero de elementos en la base de datos

$$y - y1 = m(x + x1)$$

$$y - \frac{1}{|Ci|} * \frac{|Ci|}{Pos} = \frac{0 - \frac{1}{|Ci|} * \frac{|Ci|}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)}$$

$$y = \frac{\frac{1}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)} + \frac{1}{Pos} \tag{6}$$

Entonces se le otorga un $Valor_j$ al j-esimo elemento de la clase dependiendo de su posición:

Si $C_j \in C_i$ y aparece dentro de lo primeros C_1, C_2 … C_i se le da un peso de:

$$Valorj = \frac{1}{|Ci|} \tag{7}$$

Si $C_j \in C_i$ y no aparece dentro de lo primeros C_1, C_2 … C_i se le da un peso de:

$$Valorj = \frac{\frac{1}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)} + \frac{1}{Pos} \tag{8}$$

La precisión de recuperación PIP esta dada por:

$$PIP = \sum_{j=1}^{N} Valorj \tag{9}$$

Editor's Proof

La Ecuación 1 otorga un valor de recuperación a las primeras n imágenes relevantes recuperadas, es decir a las imágenes que aparecen dentro de la primera ventana, mientras la Ecuación 2 que fue obtenida de la función graficada en la Figura 2 para otorgar un peso al resto de imágenes relevantes que ocupan un lugar en las siguientes ventanas.

7 Resultados experimentales

La base de datos utilizada en los experimentos contiene 15 clases de células y por cada clase se tiene de 5 a 10 imágenes dando un total de 100 imágenes. En la Figura 3 se pueden observar el uso de ventanas en las tres métricas que han sido explicas en secciones anteriores, podemos ver que la métrica PIP toma en cuenta la posición de recuperación de cada espora y la métrica PI el numero de ventana en el que aparece la espora.

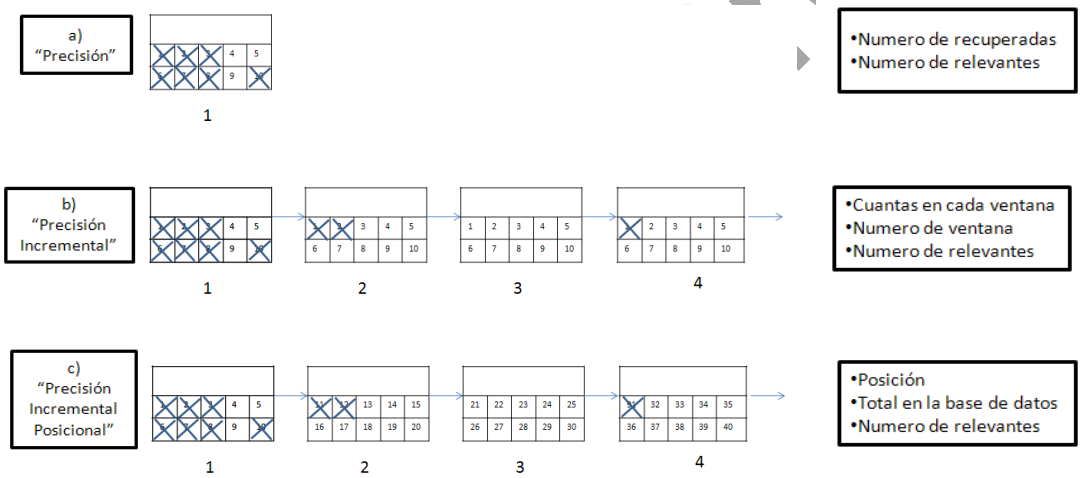

Fig. 3. Posiciones de Recuperación en las tres métricas. a) *Recuperación-Precisión*, b) *PI* y c) *PIP*

En la Figura 4 se muestran los resultados de la primera ventana dada una consulta, este ejemplo se tomara como guía para calcular los porcentajes de efectividad de precisión usando las tres métricas:

1. Precisión: Usa únicamente la primer ventana para calcular su porcentaje.

$$Precisión = \frac{7}{10} = 0.70 = 70\%$$

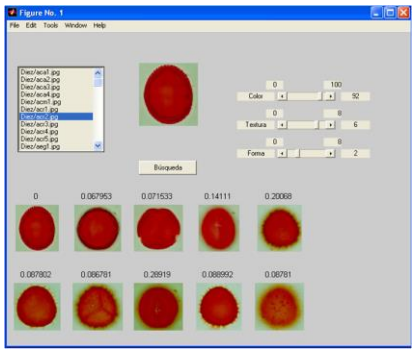

Fig. 4. Ejemplo: Resultados de una consulta

2. Precisión Incremental: Toma en cuenta las primeras 4 ventanas, ya que en la ventana 1, 2 y 4 aparecen las imágenes relevantes 7, 2 y 1 respectivamente y en la ventana 3 no hay imágenes relevantes dando un valor del 0.0.

$$PI1 = \frac{7}{10} * \frac{1}{1} = 0.70 \qquad PI2 = \frac{2}{10} * \frac{1}{2} = 0.10$$

$$PI3 = \frac{0}{10} * \frac{1}{3} = 0.0 \qquad PI4 = \frac{1}{10} * \frac{1}{4} = 0.025$$

$$PI = 70\% + 10\% + 2.5\% = 82.5\%$$

3. Precisión Incremental Posicional: Esta métrica usa la posición de aparición de las imágenes relevantes en la ventana 2 aparecen en la posición 11 y 12 y en la ventana 4 aparece en la posición 31. Para la ventana 1 no importa la posición todas tiene el mismo valor.

$$PIP_{1-7} = \sum_{j=1}^{7} \frac{1}{10} = 0.70 \qquad PIP_{11} = \frac{\frac{-1}{11}}{100-(10+1)} + \frac{1}{11} = 0.089$$

$$PIP_{12} = \frac{\frac{-1}{12}}{100-(10+1)} + \frac{1}{12} = 0.084 \qquad PIP_{31} = \frac{\frac{-1}{31}}{100-(10+1)} + \frac{1}{31} = 0.031$$

$$PIP = 70\% + 8.9\% + 8.4\% + 3.1\% = 90.4\%$$

Para probar la efectividad de nuestro sistema CBIR-Esporas se realizó una evaluación exhaustiva obteniendo una precisión promedio utilizando la métrica *Precisión* de *0.78*. En las métricas *PI* y *PIP* se obtuvo un promedio de *0.85* y *0.90* respectivamente.

Ahora bien es imposible mostrar los resultados de todas las consultas realizadas en la evaluación por ello se muestran solo 5 consultas aleatorias. En el Tabla 1 se puede observar el porcentaje de precisión en recuperación de 5 consultas aleatorias de

Editor's Proof

nuestro sistema CBIR-Esporas empleando tres métricas de evaluación el conocido *Precisión* y los propuestos en este trabajo: *PI* y *PIP*. Aquí podemos darnos cuenta que el mas bondadoso es el *PIP* ya que su porcentaje es mayor que los otros dos.

Tabla 1. *Precisión Incremental Posicional*, *Precisión Incremental* y *Precisión* para N esporas recuperadas, donde N es numero de esporas de la clase.

Consulta	Espora	PIP	PI	Precisión
1	Acronychia oblongifolia	0.92	0.90	0.80
2	Choricarpia leptopetala	0.80	0.75	0.50
3	Stylidium graminifolium	0.88	0.81	0.75
4	Trachymene incisa	1.00	1.00	1
5	Trifolium repens	0.94	0.87	0.75

8 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presentaron dos métricas para medir la efectividad de nuestro sistema de recuperación de imágenes basado en el contenido: *PI* y *PIP*, ambas son derivadas de la métrica *Precisión*. Las métricas propuestas toman en cuenta todas las imágenes relevantes importando la posición de recuperación. Los resultados obtenidos en los experimentos muestran que *PIP* es el mas bondadosa ya que su porcentaje de recuperación es mas grande. En un futuro consideramos seguir revisando las métricas de evaluación para refinar mejor nuestras métricas. Las métricas propuestas pueden ser usados por cualquier base de datos siempre y cuando se encuentre categorizada.

Referencias

1. Remco C. Veltkamp and Mirela Tanase, "`Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey'". This is a revised and extended version of Technical Report UU-CS-2000-34, October 2000.
2. Melendez Acosta Nayeli, Rios Figueroa Homero y Marín Hernández Antonio. "`Recuperador de imágenes en base a contenido: una aplicación con esporas'". 2013
3. Henniing Muller Wolfgang Muller and David McG Squire."` Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals'" .Swiss National Foundation for Scientific Research.1999
4. Tajman Sandhu and Parminder Singh, "`Performance Evaluation of Ontology and FuzzyBase CBIR'", Advanced Computing. an International Journal (ACIJ), Vol.4 No. 3, Mayo 2013.
5. Otávio A. B. Pentti and Ricardo da S. Torres, "`Eva - An Evaluation Tool for Comparing Descriptors in Content-Based Image Retrieval Tasks'", MIR'10, Marzo 2010.
6. Shanon McDonald, Ting-Sheng Lai and John Tait, "`Evaluating a Content Based Image Retrieval System'", SIGIR'01, Septiembre 2001.
7. Hideyuki Takagi, Sung-Bae Cho and Toshihiko Noda "`Evaluation of an IGA-based Image Retrieval System Using Wavelet Coefficients'".

Editor's Proof