

Restauración de imágenes y metaheurísticas en Hadoop

C. Marcelo Pérez Ibarra, Sandra A. Mendez, Nilda M. Pérez Otero
GIDIA / Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Jujuy
Ítalo Palanca 10, +54 (388) 4221587
cmperezi@gmail.com, smendez.fi.unju@gmail.com, nilperez@gmail.com

Resumen

El campo del procesamiento digital de imágenes abarca técnicas, algoritmos, métodos y procedimientos que manipulan una imagen digital cualquiera con el fin de evaluar su contenido, mejorar su apariencia, recuperar información perdida por degradación, comprimir la información para su almacenamiento o transmisión, detectar las características de los objetos presentes en la imagen, o interpretar su contenido para llevar a cabo una serie de procesos informáticos, como el aprendizaje de patrones y objetos, reconocimiento de caracteres escritos, reconocimiento facial, reconstrucción tridimensional de imágenes bidimensionales, detección de movimiento y clasificación de imágenes, entre otros.

Considerando esto, el procesamiento digital de imágenes puede resultar computacionalmente costoso y más aún si se procesa un volumen de imágenes que puede rondar el orden de los TB. Consecuentemente, trabajar sobre una única computadora resulta poco práctico por restricciones de memoria y tiempo. Lógicamente, esto deriva en la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan el procesamiento de grandes volúmenes de información así como la obtención de imágenes de buena calidad.

El uso de plataformas de procesamiento masivo y escalable de datos y las técnicas de optimización basadas en metaheurísticas aparecen entonces como una alternativa factible. Por un lado,

Hadoop es un *framework* para el procesamiento paralelo que ganó gran popularidad en los últimos años su modelo de programación simple y gran capacidad de almacenamiento. Por otro lado, las metaheurísticas se vienen aplicando con excelentes resultados en la resolución de problemas de optimización y tareas relacionadas al procesamiento de imágenes.

Es por ello que, la línea de investigación presentada aquí se enfoca en la integración de algoritmos de procesamiento de imágenes, metaheurísticas y plataformas de procesamiento para su aplicación en la restauración de imágenes digitales.

Palabras clave: Restauración de imágenes, Metaheurísticas, Hadoop, Metaheurísticas Paralelas.

Contexto

La línea de investigación aquí presentada se encuentra inserta en el proyecto *Restauración de imágenes basada en metaheurísticas y entornos paralelos*, ejecutado a partir de 2014 por el Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada (GIDIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy.

El proyecto se encuentra acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy y se encuentra bajo el Programa de Incentivos.

Introducción

El procesamiento digital de imágenes (PDI) consiste básicamente en alterar la información visual registrada por algún dispositivo para obtener mejores resultados o para aislar algunas características particulares de la imagen. A tal fin, el tratamiento de imágenes integra varias ciencias tales como óptica, electrónica, matemática, fotografía e informática. El procesamiento digital de imágenes, gracias al desarrollo de tecnologías como el cómputo paralelo, el uso de CCD (*charge-coupled devices*) de alta resolución, redes neuronales y procesadores matriciales, extendió su campo de aplicación a la medicina, las telecomunicaciones, el control de procesos industriales y el entretenimiento, entre otras.

Teniendo en cuenta el objetivo y los métodos utilizados en el tratamiento de la imagen, éste puede clasificarse en mejora, reconstrucción o restauración [1]:

- La mejora de imágenes se refiere a aquellas operaciones que aportan una mayor calidad subjetiva a la imagen para facilitar su interpretación. Estas operaciones suelen basarse en primitivas genéricas del procesamiento de imágenes como el procesamiento morfológico o mejora de características de la imagen.
- La reconstrucción intenta recuperar una imagen original operando sobre un conjunto de proyecciones de la imagen mediante la interpretación de los datos de reconstrucción a partir de transformaciones que conllevan a que el dominio de observación sea diferente al dominio de la imagen real.
- La restauración de imágenes, al igual que la reconstrucción, intenta recuperar una imagen original pero en este caso a través de una mejora

cuantitativa de la calidad de la imagen basándose en los aspectos físicos de la observación.

En restauración de imágenes, las degradaciones que afectan una imagen pueden presentarse en forma de blur y/o ruido. El fenómeno de blur se presenta cuando el proceso de adquisición produce una imagen borrosa o desenfocada debido a las condiciones incorrectas de la captura. Por ejemplo, una cámara fuera de foco o el movimiento relativo de la cámara respecto del objeto captado. La presencia de este defecto en la imagen puede cuantificarse mediante la función de dispersión puntual (PSF) del sistema de imagen [2]. El ruido en las imágenes digitales puede producirse durante la captura (condiciones ambientales o la calidad de los elementos de sensado) y/o la transmisión (interferencias en el canal de comunicación) [1].

La degradación de una imagen g puede modelarse mediante la siguiente expresión:

$$g = f * p + n$$

donde $*$ representa el operador de convolución, f es la imagen a recuperar (no degradada), p se denomina kernel de degradación (PSF) y n es el ruido.

La restauración trata de invertir o compensar el proceso de degradación estimando la imagen f a partir de la imagen g (degradada). Esto requiere un conocimiento preciso del modelo de degradación de la imagen. Éste puede ser desconocido, no ser fácilmente accesible o conocerse sólo en términos probabilísticos. Para conseguir una buena estimación de la imagen original, los algoritmos de restauración necesitan incorporar conocimiento a priori sobre tres elementos principales del modelo: el *blur*, el ruido y la imagen original. Respecto al *blur*, es necesario conocer la PSF que describe la degradación. En el

caso del ruido, éste depende de la naturaleza del problema aunque, usualmente, se asume como Gaussiano, aditivo y con media nula, requiriendo la estimación de la varianza. Dada la dependencia de toda esta información a priori existe una amplia gama de algoritmos que tratan de estimar los parámetros de la mejor manera posible. Un algoritmo de restauración debe encontrar el compromiso entre tres criterios fundamentales:

- calidad en la restauración;
- complejidad de cómputo (aprovechar al máximo CPU, memoria y almacenamiento);
- automatización (minimizar la interacción con el usuario).

Entre los métodos clásicos de restauración se encuentran los filtros. Un filtro es una forma específica de hacer operaciones sobre los píxeles de una imagen para obtener una nueva. A la nueva imagen se le podría llamar imagen filtrada. Los filtros más usados en la literatura son el filtro inverso y el filtro de Wiener. Estos métodos clásicos están limitados por varios factores, por ejemplo, algunos parámetros no siempre se conocen a priori, el blur no es estacionario, el *blur* no es lineal, el ruido puede depender del nivel de intensidad (no aditivo), entre otros. Por este motivo, en los últimos años se desarrollaron métodos ciegos (que no necesitan información a priori) para la restauración de imágenes [4]. La mayoría de estos métodos convierte la restauración de imágenes en un problema de optimización [5, 6].

Las metaheurísticas constituyen una rama de la optimización en informática y matemáticas aplicadas que está relacionada con los algoritmos y la teoría de la complejidad computacional. Se utilizan para resolver instancias de

problemas que se consideran difíciles mediante la exploración de un gran espacio de búsqueda de soluciones. Las metaheurísticas reducen el tamaño efectivo del espacio y lo exploran eficientemente. Estos algoritmos tienen tres propósitos principales: resolver problemas rápidamente, resolver problemas grandes, y obtener algoritmos robustos. Además, son simples de diseñar e implementar y son muy flexibles. La mayoría de las metaheurísticas imitan metáforas naturales para resolver problemas complejos de optimización (por ejemplo, evolución de especies, procesos de templado, colonias de hormigas, enjambres de partículas, sistemas inmunes, colonias de abejas y enjambres de avispas). En el último tiempo se desarrollaron numerosas metaheurísticas en varias comunidades que se sitúan en la intersección de campos como la inteligencia artificial, inteligencia computacional, programación matemática e investigación operativa [7], entre otros. El problema de la restauración de imágenes en su formulación original no puede resolverse eficientemente en computadoras escalares debido a su alta complejidad computacional [8].

Las tareas de tratamiento de imagen se prestan naturalmente al procesamiento paralelo. Básicamente, el cómputo paralelo de imágenes puede explotar dos modos de paralelismo en las tareas de procesamiento de imágenes: paralelismo de imagen y de función. El paralelismo de imagen es un tipo de paralelismo espacial donde la misma operación se repite en cada píxel o subregión de manera que la imagen se puede particionar en un conjunto de subimágenes que pueden ser procesadas por múltiples elementos de cómputo para una ejecución más rápida. Por otro lado, el paralelismo de función es un paralelismo temporal, donde una tarea de procesamiento de imagen

consiste en varios niveles de procesamiento [9].

En la actualidad el desafío está en el procesamiento de grandes y complejos conjuntos de imágenes. Por lo tanto, un tema de investigación importante es el procesamiento distribuido y paralelo de imágenes a gran escala mediante el uso de los recursos de cómputo de un cluster o de entornos Cloud. Actualmente, Hadoop se utiliza para el procesamiento distribuido y paralelo. Hadoop es un proyecto de software Apache que incluye subproyectos, tales como *MapReduce* y HDFS (un sistema de archivos distribuido de Hadoop) que es similar al principal sistema de archivos de Google.

El punto principal del uso de *MapReduce* es mover el cómputo a los nodos de datos, en lugar de llevar los datos a los nodos de cómputo, y así aprovechar al máximo la ventaja de localidad de datos. El código que divide el trabajo, ejerce el control, y la unión de la salida en *MapReduce* es transparente al usuario. De hecho, la mayoría de las aplicaciones paralelas pueden implementarse en *MapReduce*, siempre y cuando no requieran sincronizaciones y estados globales compartidos. *MapReduce* permite que el cómputo se realice en dos etapas: la etapa de *map* y luego la etapa de *reduce*. Los datos se dividen en conjuntos de pares clave-valor y sus instancias son procesadas en paralelo por la etapa de *map*, con un grado de paralelismo que coincide con el número de nodos esclavos. Este proceso genera pares clave-valor intermedios que son temporales y más tarde pueden ser dirigidos a etapas *reduce*. Las etapas de *map* y *reduce* se realizan de forma secuencial por lo cual la etapa *reduce* empieza cuando finaliza la etapa *map* [10, 11].

Existen antecedentes de la aplicación conjunta de métodos basados en metaheurísticas y procesamiento paralelo

en el campo de la restauración de imágenes [12, 13] formulada como un problema de estimación maximum a posteriori (MAP). Los resultados satisfactorios de estos estudios dejan una línea de investigación abierta en el área de restauración de imágenes mediante la aplicación simultánea de ambos enfoques.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En los últimos años, surgieron dentro de la informática dos líneas de investigación separadas, que se aplicaron con éxito a problemas de restauración de imágenes: las metaheurísticas y el procesamiento paralelo-distribuido.

En esta línea de investigación se propone combinar metaheurísticas y el paradigma de programación *MapReduce* para llevar a cabo la implementación de algoritmos paralelos robustos y eficientes para el tratamiento de imágenes en *clusters* Hadoop.

Resultados y Objetivos

Esta línea de investigación tiene como objetivo principal “Desarrollar algoritmos para la restauración de imágenes usando métodos metaheurísticos y procesamiento paralelo-distribuido”.

Sus objetivos específicos son:

- Definir un modelo de rendimiento para algoritmos de restauración de imágenes que usen *MapReduce*.
- Definir un modelo de rendimiento para algoritmos de restauración de imágenes que utilicen metaheurísticas para *MapReduce*.
- Proponer e implementar políticas de planificación para *clusters* Hadoop para el procesamiento eficiente de imágenes considerando modelos de rendimiento.

En 2014 se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se implementó, en el paradigma *MapReduce*, un algoritmo evolutivo con un mutador genético sencillo.
- Se implementó, en el paradigma *MapReduce*, un algoritmo de restauración para el tratamiento de imágenes con ruido basado en filtros.

En 2015

- Definir los criterios para la paralelización de algoritmos de restauración de imágenes que usen metaheurísticas e implementar éstos en *MapReduce*.
- Identificar los parámetros que influyen en el rendimiento del algoritmo implementado y definir un modelo de rendimiento.
- Definir, implementar y evaluar políticas de planificación en un *cluster* Hadoop para los algoritmos de restauración de imágenes propuestos.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está integrado por docentes-investigadores y alumnos de la Universidad Nacional de Jujuy: 1 Doctor por la UAB en Computación de Altas Prestaciones, 3 Ingenieros en Informática y 2 estudiantes de Ingeniería Informática. Se prevé la realización de 1 tesis de maestría y la finalización de 2 trabajos de especialidad y una tesina de grado.

Referencias

[1] Gonzalez, R. C. and R. E. Woods (2006). Digital Image Processing (3rd Edition). Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.

[2] Petrou, M. and C. Petrou (2011). Image Processing: The Fundamentals. 2da edición. Wiley. Singapore.

[4] Patil, P. A. and R. B. Wagh (2012). Review of blind image restoration methods.

World Journal of Science and Technology 2012, 2(3):168-170. ISSN: 2231 – 2587. Disponible: www.worldjournalofscience.com

[5] Kundur, D. and D. Hatzinakos (1998). Novel Blind Deconvolution Scheme for Image Restoration Using recursive Filtering. IEEE transactions on signal processing, vol. 46, n. 2, febrero de 1998.

[6] In Jae Myung (2002). Tutorial on maximum likelihood estimation,” Departamente de psicología, Ohio State University. Recibido el 30 November 2001; Revisado el 16 October 2002.

[7] Talbi, E.-G. (2009). Metaheuristics: From Design to Implementation. Wiley Publishing.

[8] Bevilacqua A. and Piccolomini, E. L (2000). Parallel image restoration on parallel and distributed computers. Parallel Computing, Volume 26, Issue 4, March 2000, Pages 495-506, ISSN 0167-8191

[9] Chi-kin Lee and Mounir Hamdi (1995). Parallel image processing applications on a network of workstations. Parallel Computing, Volume 21, Issue 1, January 1995, Pages 137-160, ISSN 0167-8191.

[10] Almeer, M. (2012). Hadoop Mapreduce for Remote Sensing Image Analysis. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 4, April 2012.

[11] Yamamoto, M. and Kaneko, K. (2012) Parallel Image Database Processing with MapReduce and Performance Evaluation in Pseudo Distributed Mode. International Journal of Electronic Commerce Studies Vol.3, No.2, pp.211-228, 2012.

[12] Rastogi, S. and J. W. Woods. Image restoration by parallel simulated annealing using compound Gauss-Markov models. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1991. ICASSP-91., 1991 International Conference on , vol., no., pp.2961,2964 vol.4, 14-17 Apr 1991

[13] Nanda, P. K. and D. Patra (2004). Parallel hybrid TABU search algorithm for image restoration. Proceedings of International Conference on Communications, Devices & Intelligent Systems, pp. 532-535. Calcuta, India.