

# Prácticas Concurrencia y Distribución (17/18)

Arno Formella, Anália García Lourenço, Lorena Otero Cerdeira, David Olivieri

semana 23–29 abril

## 10. Semana 10 (23/04–29/04) Conjuntos de Mandelbrot distribuidos

**Objetivos:** Calcular un conjunto de Mandelbrot en un orden específico utilizando métodos concurrentes y distribuidos con una nube de ordenadores organizados como una arquitectura cliente-servidor (con *sockets* como la semana pasada)

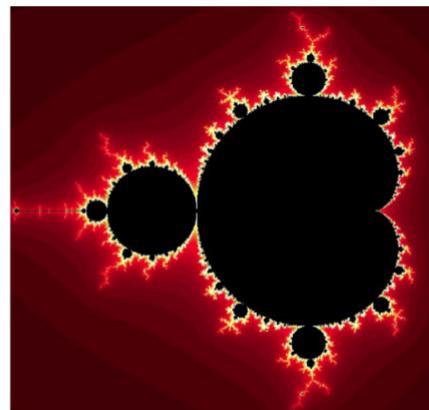
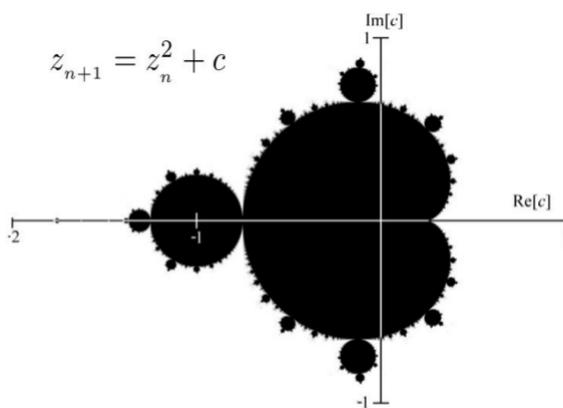
### 1. (P4 y P3: para entregar en grupo de práctica y para entregar dentro de una semana):

¿Qué es un conjunto de Mandelbrot? El conjunto de Mandelbrot es el más conocido de los conjuntos fractales y el más estudiado. El conjunto de Mandelbrot es el conjunto de valores de  $c$  en el plano complejo para el cual la órbita de 0 bajo la iteración del mapa cuadrático

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

queda acotado. Si esta sucesión queda acotada, entonces se dice que  $c$  pertenece al conjunto de Mandelbrot, y si no, queda excluido del mismo.

Ver información en [https://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot\\_set](https://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot_set)



¿Qué significa para una serie queda acotada? Considera estos ejemplos:

- Por ejemplo, si  $c = 1$  obtenemos la sucesión  $0, 1, 2, 5, 26 \dots$  que diverge. Como no está acotada, 1 no es un elemento del conjunto de Mandelbrot.
- En cambio, si  $c = -1$  obtenemos la sucesión  $0, -1, 0, -1, \dots$  que sí es acotada, y por tanto,  $-1$  sí pertenece al conjunto de Mandelbrot.

Sobre la figura:

- Se representa el conjunto mediante el algoritmo de tiempo de escape: los colores de los puntos que no pertenecen al conjunto indican la velocidad con la que diverge (tienden al infinito, en módulo) la sucesión correspondiente a dicho punto.
- el rojo oscuro indica que a cabo de pocos cálculos el punto no está en el conjunto; mientras que el blanco indica que se ha tardado mucho más para que diverja. Más detalles del algoritmo están dado en el anexo. En modo más sencillo, bastaría generar ficheros en blanco y negro, donde por ejemplo un píxel negro indica que las coordenadas correspondientes pertenecen al conjunto (la sucesión queda acotada), un píxel blanco que no.

Configuración del problema:

- a) **Arquitectura** de Código Server/cliente de la semana pasada: el servidor esté a la espera de recibir peticiones de trabajo de clientes. Como en el código de la semana pasada, el cliente le pedirá al servidor bloques para calcular. Considera en el uso del patrón de diseño productor/consumidor para la implementación del control del flujo de datos.
- b) **Cliente:** Cuando un cliente pide trabajo al servidor, el servidor asigna a tal cliente un bloque de la imagen de tamaño adecuado para que el cliente calcule la parte correspondiente de la imagen, es decir, el cliente devuelve los píxeles calculados según la especificación del servidor (coordenadas de la ventana y parámetros necesarios)
- c) **Servidor:** El servidor colecciona todos los datos devueltos por los clientes hasta que la imagen esté completada, en cual momento escribe el fichero resultante.
- d) Al lanzar el servidor se debe especificar por lo menos la región del conjunto Mandelbrot por calcular, la resolución de la misma, el número máximo de iteraciones, y el nombre del fichero de salida.
- e) Al lanzar el cliente se debe especificar por lo menos los datos necesarios para contactar al servidor.
- f) (Mejora) Una vez funcionando el sistema de cálculo en sí, intenta modificar el sistema para que sea robusto a fallos en un cliente, es decir, si un cliente todavía no ha devuelto el resultado y llega una nueva petición de trabajo, el cálculo faltante se puede asignar otra vez a tal nueva petición.
- g) Construyendo diferentes niveles de conjuntos de Mandelbrot. Para cada punto  $c = (x, y) = (\text{Re}[c], \text{Im}[c])$  en el plano complejo, el hilo debe determinar si la relación de recurrencia permanece finita o diverge a infinito. En el caso más simple, si la recurrencia permanece acotada, entonces el punto  $c$  se pinta de negro; de lo contrario, se pinta de blanco. Para casos más complejos, la escala de color puede indicar el ritmo al que se repite.

- h)* **Rendimiento:** ejecuta tu código para diferentes niveles de zoom. Con tu código, ¿cuánto tiempo tomaría calcular la profundidad de un conjunto de Mandelbrot con una resolución de  $10^{-220}$  dando pasos de  $10^{-1}$ ?